



# De trek van den glasaal naar het Ijsselmeer

<https://hdl.handle.net/1874/363398>

! . apr. 192, 1943.

# DE TREK VAN DEN GLASAAL NAAR HET IJSSELMEER

DOOR

G. P. H. VAN HEUSDEN



2.







DE TREK VAN DEN GLASAAL  
NAAR HET IJSSELMEER

TROUWDRIFT

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN  
HOUTEN IN DE WILDE EN NATUURGEWONE  
VAN DE HOUTENHOUTEN EN DE WILDE  
DE GLAS VAN DEN GLAS VAN DEN GLAS

L. VAN VULLEN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN  
HOUTEN IN DE WILDE EN NATUURGEWONE

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN  
HOUTEN IN DE WILDE EN NATUURGEWONE

DE VERBODEN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE VERBODEN VAN DEN KRAAT VAN

DE TREK VAN DEN GLASZAF  
NAAR HET IJSSERMEER

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



0824 4729

ct 24 192 343

# DE TREK VAN DEN GLASAAL NAAR HET IJSSELMEER

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE  
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT  
OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS  
L. VAN VUUREN

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN  
EN WIJSBEGEERTE

VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT  
DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BEDENKINGEN VAN  
DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE  
TE VERDEDIGEN

OP MAANDAG 12 JULI 1943  
DES NAMIDDAGS TE 3 UUR

DOOR

GERARDUS PETRUS HENDRIKUS  
VAN HEUSDEN

GEBOREN TE HILVERSUM

JOH. ENSCHEDÉ EN ZONEN  
HAARLEM

# DE TREK VAN DEN GLAASAL NAAR HET IJSELMER

PROEFSCHRIFT

TER VERVOLGING VAN DEN GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE  
AAN DE UNIVERSITEIT TE UTRECHT  
OP DRAC VAN DEN RECTOR MAGISTRUS  
L. VAN VUUREN

BOOGSTRAAT IN DE WAGTELSTRAAT DER KUNSTEN  
IN WISSENSCHAP

TOEGANG BEHOEFT VAN HET RECTOR  
DER UNIVERSITEIT TEGEN DE VERBODENDE VAN  
DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE  
TE VERLEDEN

DE MAASDIE IN 1872  
DES RECTOR MAGISTRUS L. VAN VUUREN

1872

GERARDUS PETRUS HENDRIKUS  
VAN HENDEN  
GEBOREN TE HILVERSUM



UNIVERSITEIT TE UTRECHT  
BIBLIOTHECA  
5-12-1872

Gedurende de 17 maanden (van Mei 1938 tot October 1939), dat ik als assistent aan het Zoölogisch Station te Den Helder verbonden was, heb ik op aanraden van den Directeur Dr. J. Verwey, getracht een inzicht te krijgen in den invloed van de uitwendige omstandigheden op den trek van den glasaal. Het werk, waarvan de resultaten in dit proefschrift zijn neergelegd, stelt niet veel meer voor dan een eerste bijdrage tot de oplossing van het probleem. Het vraagstuk raakt zoo veel kanten, de techniek van het onderzoek is zoo moeilijk en het probleem is zoo gecompliceerd, dat er nog heel wat werk verricht zal moeten worden voordat een goed gefundeerd en volledig inzicht is verkregen. Toch heb ik gemeend goed te doen het onderzoek te publiceeren. Reeds het formuleeren van de vraag en het aangeven van de methode van onderzoek kunnen immers veel tot verheldering van inzicht en tot stimulatie van verder onderzoek bijdragen.

Het zou mij nooit gelukt zijn in zoo korten tijd deze resultaten te bereiken, indien ik niet zoo veel hulp van anderen ondervonden had. Vooral mijn broer Theo, die mij een half jaar lang met zijn vernuft en vaardigheid bij het bouwen van de installatie hielp, en Verwey, die mij geheel de vrije hand liet bij het onderzoek, en ook de anderen, die verbonden waren aan het Zoölogisch Station en die mij met zoo vele „kleine” diensten behulpzaam waren, hebben veel tot het slagen van het onderzoek bijgedragen.

Ook de vele inlichtingen en gegevens, die ik mocht ontvangen van den Dienst der Zuiderzeewerken, het Rijksinstituut voor biologisch Visscherij-onderzoek, het Meteorologisch Instituut, het Rijksinstituut voor Chemisch, Microbiologisch en Hydrografisch Visscherijonderzoek, den Dienst van den Rijkswaterstaat, de Gemeente Waterleidingen van Amsterdam en van vele anderen, zijn van groot belang voor het onderzoek geweest.

De grondslag echter van dit onderzoek, die bestaat uit de belangstelling voor de Zoölogie, heb ik vooral te danken aan hen, die aan de Utrechtsche Universiteit de biologie doceeren. Vooral mijn leermeester Prof. Dr. H. J. Jordan heeft belangrijk tot die vorming bijgedragen.

Jammer genoeg ben ik niet in de gelegenheid geweest het stuk met Verwey te bespreken. Het zou er ongetwijfeld beter door geworden zijn.

Ook spijt het mij zeer, dat ik de gegevens, die Ter Pelkwijk ver-

zameld heeft, niet heb kunnen verwerken. Hij heeft zich eenige jaren met den trek van de glasaaltjes bezig gehouden en vooral goede waarnemingen bij Den Oever verricht. Mijn onderzoek is als een vervolg op het zijne te beschouwen. Het verslag, dat hij van zijn werk heeft uitgebracht, heb ik gelezen. Aangezien hij zich echter buitenslands bevindt, heeft hij mij geen toestemming kunnen verleenen uit het ongepubliceerde rapport gegevens te putten. Het lezen ervan heeft echter veel bijgedragen tot de vorming van mijn ideeën en is mij ook een baken geweest bij het opzetten van mijn proeven. Zijn werk was dan ook van groote waarde voor het mijne.

Tenslotte betuig ik mijn dank aan den Senaat der Rijksuniversiteit voor de welwillendheid Prof. Dr. Chr. P. Raven als promotor aan te wijzen.



## INHOUD

|                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| Inleiding . . . . .                                                              | p. 1 |
| Hoofdstuk 1. De levensgeschiedenis van den paling . . . . .                      | 4    |
| „ 2. Het probleem van den trek van den paling . . . . .                          | 13   |
| „ 3. Het gedrag van trekkende glasaaltjes . . . . .                              | 20   |
| „ 4. De proefinstallatie . . . . .                                               | 26   |
| „ 5. De resultaten van de proeven . . . . .                                      | 47   |
| „ 6. De trek van den glasaal naar het IJsselmeer . . . . .                       | 67   |
| „ 7. Het beheer van het IJsselmeer in verband met<br>de palingvisserij . . . . . | 102  |
| „ 8. De trek van de glasaaltjes in volle zee . . . . .                           | 117  |
| Literatuur . . . . .                                                             | 137  |

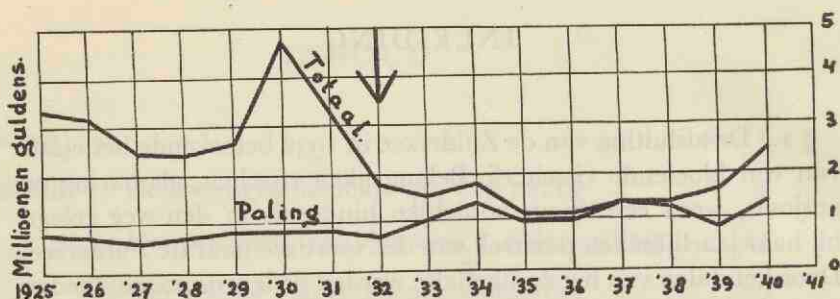
Toestemming is door de betrokken Departementen verleend tot het publiceeren van de gegevens, die door Rijksdiensten verzameld zijn en zijn weergegeven in de figuren 15, 16, 17 t/m 21, 23, 28 en 29.

## INLEIDING

§ 1. De afsluiting van de Zuiderzee in 1932 beteekende het einde van een bloeiende visscherij. Belangrijken visschen, als haring en ansjovis, werd een onoverkomelijke hindernis in den weg gelegd bij haar jaarlijkschen paaitrek van de Noordzee naar de Zuiderzee. Door het dalen van het zoutgehalte werden de levensmogelijkheden voor de ingesloten dieren steeds kleiner en spoedig verdween de zeevisscherij uit het IJsselmeer. Alleen de paling is tot nu toe gebleven en vormt er het belangrijkste object van visscherij. De opbrengst van de visscherij op de vroegere Zuiderzee en op het tegenwoordige IJsselmeer is weergegeven in figuur 1 en 2, waarin tevens de opbrengst van de palingvisscherij is te zien en waaruit duidelijk het groote belang van de paling blijkt.

Ook de paling is echter een zeevisch, die slechts een gedeelte van zijn leven in het zoete water verblijft en ver van onze kusten, midden in den Atlantischen Oceaan geboren wordt. De palingen, die wij in onze zoete wateren aantreffen, zijn gegroeid uit de kleine glasaaltjes, die in het voorjaar aan onze kusten verschijnen en bij duizenden de rivieren en zeegaten opzwemmen. Van het aantal, dat hun doel bereikt, hangen de toekomstige palingbevolking en het welslagen van de visscherij af.

Door de afsluiting van de Zuiderzee is ook aan de glasaaltjes een barricade in den weg gelegd en sedert dien heeft het welslagen van den trek steeds de belangstelling van het Rijksinstituut voor biologisch Visscherij-Onderzoek gehad. Op zijn aandringen zijn vanaf 1935 door den Dienst der Zuiderzeewerken speciale maatregelen genomen om de glasaaltjes door de sluizen van den Afsluitdijk binnen te laten. Deze maatregelen bestonden daarin, dat gedurende de periode, waarin de glasaaltjes bij de sluizen verschenen, bij gelijken waterstand binnen en buiten de sluizen, de schuiven van de spuisluizen eenigen tijd geopend werden. Dat in de eerste jaren na de afsluiting met de aaltjes tevens betrekkelijk groote hoeveelheden zeewater in het meer werden gebracht, leverde geen groot bezwaar op. De verzoeting was toen nog niet zoo ver voortgeschreden, dat door het zeewater de bruikbaarheid van het meerwater voor het inlaten in de omliggende landen geschaad werd. Men wenschte echter op aansporen van de Commissie Drinkwatervoor-

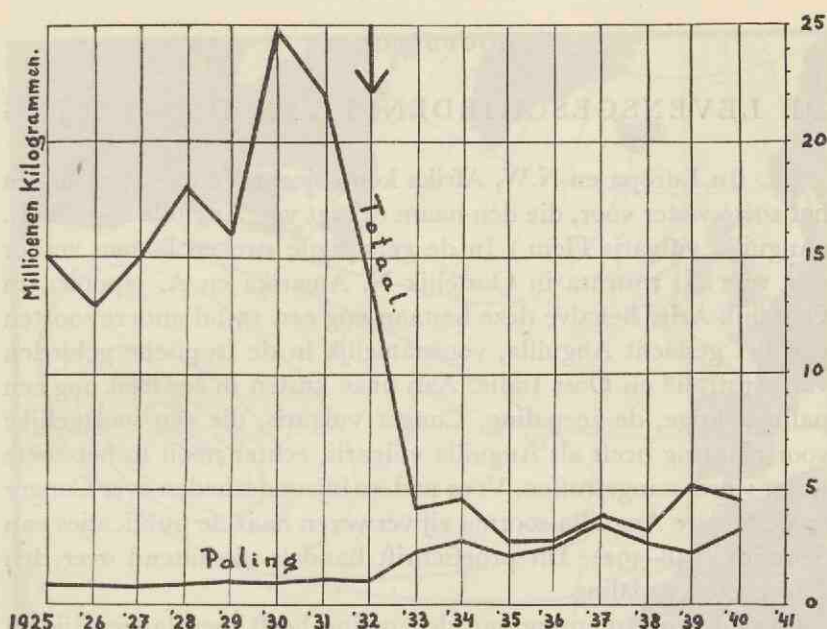


Figuur 1. De opbrengst van de IJsselmeer-visscherij in miljoenen guldens. De bovenste lijn geeft de besomming van alle visscherij weer, de onderste van de paling-visscherij alleen. Duidelijk zijn te zien: de vermindering van de visscherij na de afsluiting van de Zuiderzee in 1932 en hoe de paling de belangrijkste visch wordt. In 1937 is hij zelfs de eenige, daarna wordt ook de snoekbaars van belang.

ziening Westen des Lands (313)<sup>1)</sup> het meer bovendien geschikt te maken tot prise d'eau voor drinkwaterleidingen. Hiertoe was een zeer laag zoutgehalte gewenscht en was het noodig zoo veel mogelijk zout water te weren. Daarom werd o.a. naar middelen gezocht om gedurende het trekseizoen de glasaaltjes in grooten getale in het meer te brengen, zonder tegelijkertijd hinderlijke hoeveelheden zout water in het meer te moeten inlaten.

Door de samenwerking van den Dienst der Zuiderzeewerken, het Rijksinstituut voor biologisch Visscherij-Onderzoek en het Zoölogisch Station van de Nederlandsche Dierkundige Vereeniging is een onderzoek naar de mogelijkheid daarvan ingesteld. Dit werd onder leiding van Dr. B. Havinga en Dr. J. Verwey uitgevoerd door J. J. ter Pelkwijk in de jaren 1936 tot 1938. Ter Pelkwijk heeft zich hoofdzakelijk bezig gehouden met het waarnemen van den trek bij den Afsluitdijk en heeft daardoor het „zoutbezwaar” belangrijk kunnen verminderen. Zijn resultaten heeft hij vastgelegd in een rapport aan bovengenoemde diensten, dat niet gepubliceerd is. Tevens trachtte hij door proeven in het Zoölogisch Station een inzicht te krijgen in de factoren, die den trek van den glasaal beïnvloeden. Dit deel van het onderzoek kwam niet tot een definitief resultaat. Het werd door mij opnieuw ter hand genomen. Het kwam hierbij vast te staan, dat enkele factoren zoo'n grooten invloed hebben op trekkende glasaaltjes, dat verwacht kan worden, dat zij het binnentrekken geheel bepalen. Daarom zijn de gegevens, die

(1) De cijfers tusschen haakjes verwijzen naar de nummers in de literatuurlijst.



Figuur 2. De aanvoer van IJsselmeer-visch in millioenen kilogrammen.  
Overigens als figuur 1.

de Dienst der Zuiderzeewerken sinds 1938 over het binnentrekken van glasaaltjes door de sluizen bij Den Oever heeft verzameld, bewerkt en is nagegaan welke rol genoemde factoren bij den trek spelen. De gegevens, die hierdoor verkregen zijn, kunnen van belang zijn voor het binnenlaten van de aaltjes door de sluizen van den Afsluitdijk. Tevens verdiepen ze ons inzicht in de problemen, die zich voordoen bij den trek van de glasaaltjes van zee naar het binnenwater. De directe aanleiding tot dit onderzoek was dus een vraag uit de praktijk, maar naast praktische, zijn ook zuiver wetenschappelijke resultaten verkregen.

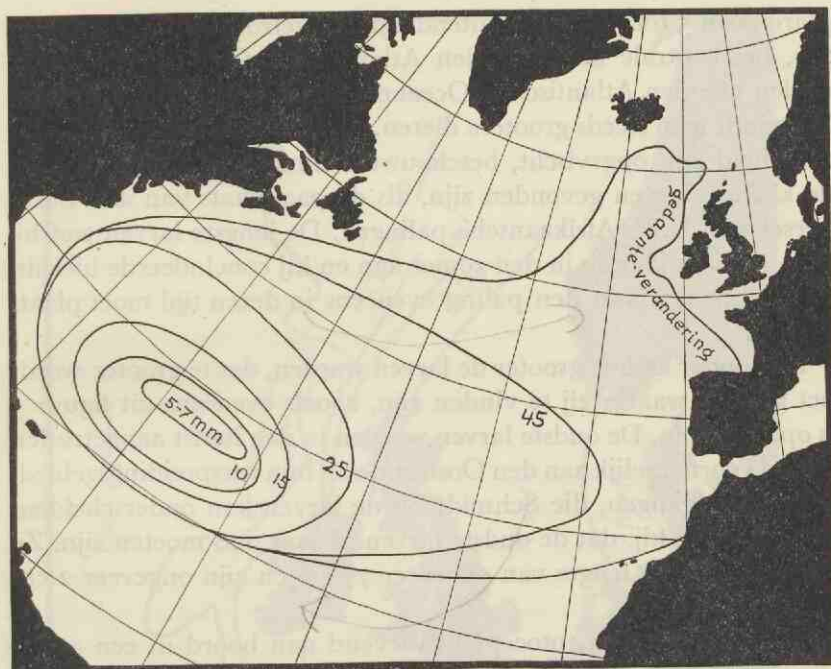
## DE LEVENSGESCHIEDENIS VAN DEN PALING

§ 2. In Europa en N.W. Afrika komt slechts één soort paling in het zoete water voor, die den naam draagt van *Anguilla anguilla* L. (*Anguilla vulgaris* Flem.) In de gematigde streken komen verder nog voor *A. rostrata* in Oostelijk N. Amerika en *A. japonica* in Oostelijk Azië. Behalve deze bestaan nog een 15-tal andere soorten van het geslacht *Anguilla*, voornamelijk in de tropische gebieden van Australië en Oost Indië. Aan onze kusten in zee leeft nog een palingachtige, de zeepaling, *Conger vulgaris*, die een soortgelijke voortplanting heeft als *Anguilla vulgaris*, echter nooit in het zoete water wordt aangetroffen. Voor nadere bijzonderheden over *Conger* en de andere *Anguilla*-soorten zij verwezen naar de publicaties van Schmidt (348-392). Dit proefschrift handelt uitsluitend over den Europeeschen paling.

Over de voortplanting van den paling heeft men langen tijd in het duister verkeerd en zeer fantastische ideeën heeft men zich erover gevormd. Den grooten stoot tot een juister inzicht hebben de proeven van Grassi en Calandruccio (136-144) gegeven. Zij toonden aan, dat uit een vischje, dat den naam van *Leptocephalus* droeg en dat in de Middellandsche Zee werd aangetroffen, de paling zich door gedaanteverandering ontwikkelde. Door het werk van Schmidt zijn wij uitvoerig ingelicht over de plaats en den tijd, waarop de *Leptocephalus* en de jonge palingjes worden aangetroffen. Den historischen gang van het onderzoek zullen we geheel ter zijde laten en in de volgende paragrafen een kort overzicht van den huidige stand van onze kennis van de biologie van den paling geven.

§ 3. De larve van den Europeeschen paling staat algemeen bekend onder den naam van *Leptocephalus brevirostris*. Het is een glashelder, doorzichtig vischje met een maximale lengte van ongeveer  $7\frac{1}{2}$  cm. Het heeft ongeveer den vorm van een wilgenblad en zwemt op de smalle zijde. Goede afbeeldingen en beschrijvingen zijn te vinden bij Schmidt.

Aangezien het niets op den volwassen paling gelijkt, heeft men het oorspronkelijk niet als de larve daarvan herkend en een eigen naam



Figuur 3. De plaats waar Schmidt de larven (*Leptocephalus*) van den paling in den Atlantischen Oceaan heeft aangetroffen. Binnen de binnenste ellips vond hij de kleinste dieren, die een lengte van 5 tot 7 mm hadden. Hoe groter de dieren worden, des te grooter wordt hun verspreidings-gebied. De ellipsen geven de grenzen van het verspreidings-gebied aan; zoo werden larven van 25 mm uitsluitend gevonden binnen de ellips met het cijfer 25. De buitenste lijn geeft de uiterste verspreiding van de grootste larven aan, die gemiddeld 75 mm lang zijn. Buiten deze lijn begint de gedaanteverandering. Om van de binnenste ellips naar de buitenste te komen, heeft de larve ongeveer twee jaar noodig. De volwassen paling wordt uitsluitend aangetroffen aan de Europeesche en Afrikaansche kusten die gelegen zijn tusschen den Noordelijken en Zuidelijken rand van deze kaart. (Naar Schmidt).

gegeven. Het is de verdienste van Grassi en Calandruccio geweest voor het eerst aan te toonen, dat deze dieren een gedaanteverandering ondergaan en dan in kleine palinkjes veranderen. Behalve de Europeesche paling hebben ook de andere palingachtigen *Leptocephalus*-achtige larven. *Leptocephalus brevirostris* metamorfoseert dus tot *Anguilla vulgaris*.

De plaatsen, waar tot nu toe *Leptocephalus brevirostris* is aangetroffen, zijn weergegeven in figuur 3, die aan Schmidt is ontleend. Uit deze kaart blijkt, dat de kleinste en dus ook de jongste exem-

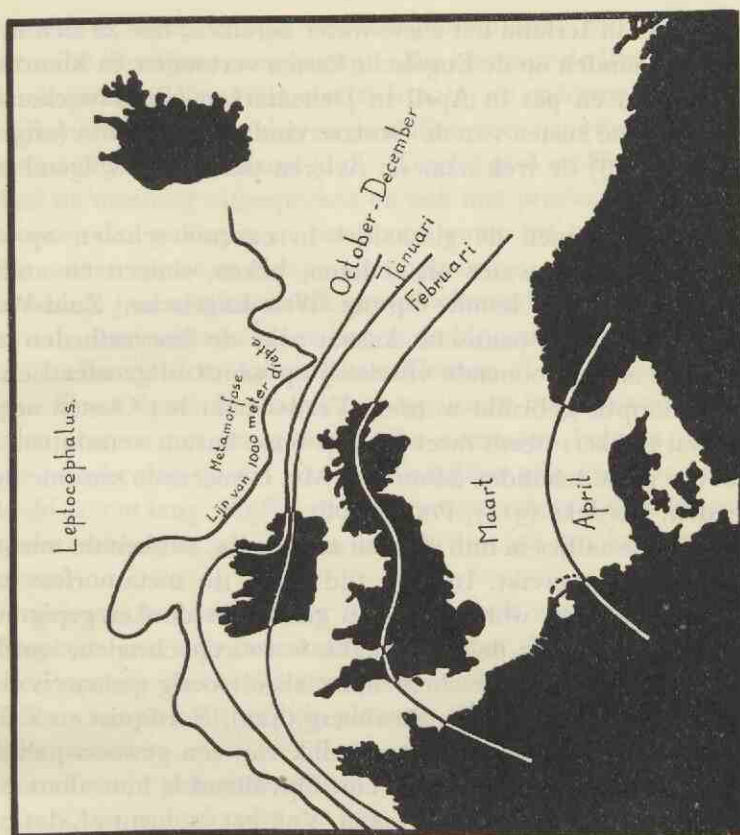
plaren van 5 tot 7 mm uitsluitend zijn aangetroffen in de Sargassozee, het centrale deel van den Atlantischen Oceaan. In andere deelen van den Atlantischen Oceaan en ook in de Middellandsche Zee vindt men steeds grootere dieren. Alhoewel de eieren nooit met zekerheid zijn opgevischt, beschouwt Schmidt het gebied, waarin de kleinste larven gevonden zijn, als de paaiplaats van alle Europeesche en N.W. Afrikaansche palingen. De jongste larven trof hij er in het voorjaar en in den zomer aan en hij concludeerde hieruit, dat het paaïen van den paling eveneens in dezen tijd moet plaats vinden.

Hoe ouder en hoe grooter de larven worden, des te grooter wordt het gebied, waarin zij te vinden zijn, zooals eveneens uit figuur 3 is op te maken. De oudste larven worden in den herfst aangetroffen en wel voornamelijk aan den Oostrand van hun verspreidingsgebied. Uit de jaargangen, die Schmidt bij de larven kon onderscheiden, concludeerde hij, dat de oudste larven  $2\frac{1}{2}$  jaar oud moeten zijn. Ze hebben dan een lengte van ongeveer  $7\frac{1}{2}$  cm en zijn ongeveer 2 cm hoog.

Schmidt, die de *Leptocephalus* levend aan boord in een aquarium observeerde, vertelt hoe ze zwommen met palingachtige kronkelingen van hun lichaam en hoe ze zich oprolden als ze met een stokje werden aangeraakt en zich dan eenigen tijd onbewegelijk hielden. Het zijn echte pelagische dieren, die nooit bij den bodem komen en Schmidt vertelt dan ook, dat zij er niets voor voelden zich in te graven in het zand, dat hij op den bodem van het aquarium had gedaan.

In zee worden de meesten overdag aangetroffen op diepten van enkele honderden meters, 's nachts houden zij zich in hoogere waterlagen op. Zooals de meeste dieren uit de diepten der zee, zijn zij lichtschuw, wat Schmidt's dieren duidelijk toonden door steeds de schaduw op te zoeken.

§ 4. De gedaanteverandering van de larve vindt plaats in de Middellandsche Zee en langs de Europeesche kusten met dien verstande, dat de lijn van 1000 m diepte ongeveer de juiste plaats aangeeft (zie figuur 4). Bij deze metamorfose is wel het opvallendst, dat de larven steeds minder hoog en van bladvormig tenslotte bijna rolrond worden. Ze blijven echter doorzichtig. Tegelijkertijd treedt ook een verandering in hun gedrag op. Schmidt vertelt, dat ze zeer



Figuur 4. De maand, waarin de glasaal-trek op de kust begint. De meest Westelijke lijn geeft de plaats aan waar de oceaan 1000 m diep is. Ten Westen van deze lijn komen uitsluitend *Leptocephalus*-larven voor, bij deze lijn heeft de gedaante-verandering plaats. De andere lijnen duiden de gebieden aan waar in een bepaalde maand de trek van de glasaaltjes naar het binnenwater begint. Duidelijk is te zien, dat in het Westen de trek eerder begint dan in ons land; in Denemarken begint de trek nog later. (Schematisch naar Schmidt.)

krachtig in hun bewegingen worden en dat ze vooral bij den bodem worden aangetroffen. De rolronde, doorzichtige larven, die reeds vrijwel de gedaante van den volwassen paling hebben, zijn bekend onder den naam van glasaaltjes. Zij zijn reeds zeer lang bekend. Beschrijvingen zijn o.a. te vinden bij Grassi en Calandruccio en bij Schmidt.

In October begint de trek van de glasaaltjes naar het zoete water. In figuur 4 is te zien, hoe in de laatste maanden van het jaar de

eerste aaltjes in Ierland het zoete water bereiken; hoe ze zich in de volgende maanden op de Engelsche kusten vertoonen, in Maart ons land bereiken en pas in April in Denemarken zijn aangekomen. Aan de Finsche kusten van de Oostzee vindt volgens Järvi (205) en Nordquist (278) de trek naar de rivieren pas in een volgend jaar plaats.

Overal verschijnen de glasaaltjes in enorme scholen op alle plaatsen, waar het water uit rivieren, beken, sluizen en andere waterloopen in zee komt. Op de West-Engelsche, Zuid-West-Fransche en West-Spaansche kusten zijn de hoeveelheden zoo enorm, dat er een loonende visscherij op wordt uitgeoefend en ze voor consumptie gebruikt worden. Verder naar het Oosten neemt het aantal trekkers steeds meer af. Op onze kusten verschijnen de glasaaltjes in de maanden Maart tot Mei eveneens in enorme hoeveelheden. (Redeke (314), Popta (306).)

Wanneer de aaltjes in hun vierden zomer zijn, hebben de meesten het zoete water bereikt. In dien tijd heeft de metamorfose nog steeds voortgang en worden zij van glashelder donker gepigmenteerd. Al naar gelang de pigmentatie is voortgeschreden, worden verschillende stadia onderscheiden, zooals uitvoerig gedaan is door Schmidt (348), Gilson (134), Strubberg (411), Nordquist en Vallin (286). Tenslotte hebben zij het uiterlijk van een gewoon palinkje met een lengte van ongeveer  $6\frac{1}{2}$  cm. Opvallend is hun afname in lengte sinds hun leven in den oceaan. Van het moment af, dat hun gedaanteverandering begint, houden ze namelijk op met eten en het wonderbaarlijke is, dat geheel de trek van den oceaan tot in het zoete water zonder voedselopname wordt afgelegd. Pas wanneer zij reeds sterk gepigmenteerd zijn, beginnen ze weer te eten. Gedurende dien tijd hebben ze niet alleen op hun hoogte, maar ook op hun lengte geteerd. De kleine palinkjes verspreiden zich over alle bereikbare zoete wateren en worden o.a. tot in de Zwitsersche meren aangetroffen. Zij hebben echter enkele jaren voor deze reis nodig. De meeste palingen blijven in den benedenloop van de rivieren; ook in het brakke water worden palingen aangetroffen. Hierdoor is Nederland een rijk palinggebied.

§ 5. Direct na de voedselopname begint ook de groei van de palinkjes. Door het groote economische belang, dat de paling vertegenwoordigt, heeft het niet ontbroken aan onderzoekingen over

groecisnelheid, sexe, leeftijd, voedselopname enz., zoodat hier een uitgebreide literatuur over bestaat. (Zie hiervoor de literatuurlijst.)

Het is een opvallend feit, dat zich nabij de riviermonden hoofdzakelijk mannetjes ophouden en de wijfjes meer naar het binnenland worden aangetroffen. Grassi (138), Tesch (420) en Hornyold (187) hebben de meening uitgesproken en ook met proeven trachten aan te toonen, dat palingen in het zoete water tot wijfjes en in het brakke water tot mannetjes zouden opgroeien.

Na eenige jaren, afhankelijk van de uitwendige omstandigheden en van de sexe, verlaten de palingen de binnenwateren weer om te gaan paaien in den Atlantischen Oceaan. In ons land blijven volgens Tesch (420) de mannetjes ongeveer 7 jaar, de wijfjes ongeveer 10 jaar in het zoete water. De mannetjes hebben dan een lengte bereikt van 30 tot 42 cm; de wijfjes zijn veel grooter, gemiddeld 60 cm lang. Wijfjes met een grootere lengte dan één meter zijn niet zeldzaam, mannetjes langer dan 42 cm komen echter niet voor.

De trek van het zoete water naar zee vindt voornamelijk in den herfst plaats met een maximum in October. Er heeft zich in ons land een groote visscherij ontwikkeld in de groote rivieren en bij de sluizen van den Afsluitdijk, plaatsen, die de trekkers op hun weg moeten passeeren.

De trekkende palingen hebben een eenigszins ander uiterlijk gekregen. Ze zijn donkerder op den rug en de onderzijde, die eerst geelachtig was, is nu blinkend wit. De borstvinnen zijn donkerder en de oogen zijn grooter geworden. Ze zijn bekend onder de namen van zilverpaling, schieraal, drijfpaling enz.

Zoodra de paling de zee heeft bereikt, onttrekt hij zich aan bijna iedere waarneming. Slechts sporadisch zijn in den vollen oceaan palingen gevangen en deze vertoonden sterk ontwikkelde geslachtsorganen en groote oogen. Dergelijke vangsten zullen uitvoeriger vermeld worden in paragraaf 11.

Ongetwijfeld paaien de palingen op de plaats, waar Schmidt de kleinste larfjes heeft gevonden, maar gegevens over het paaien zijn niet bekend. Het is waarschijnlijk, dat de palingen na het paaien sterven. Nooit heeft men n.l. uitgepaaide palingen zien terugkomen en ook in het aquarium stierven zij direct na het paaien, nadat zij kunstmatig daartoe waren aangezet. (Zie eveneens paragraaf 11.)

§ 6. Uit de levensgeschiedenis van den paling blijkt, dat de palingstand op een gegeven plaats geheel afhankelijk is van de aantallen glasaaltjes, die het betreffende water kunnen bereiken. Des te moeilijker zal dit zijn, naarmate het water Oostelijker en verder van de kust af ligt of door sluizen, stuwen, watervallen e.d. van de zee is afgesloten. Vooral in Duitschland heeft men sinds het bekend worden van deze gegevens (1906) den palingstand van moeilijk bereikbare wateren trachten te verbeteren door glasaaltjes uit te zetten. Ook kleine alen van 25-30 cm werden daartoe gebruikt. De glasaaltjes werden daartoe meestal gevangen bij Epney aan de Severn (bij Gloucester in Engeland), dat van ouds bekend is om zijn enorme hoeveelheden glasaal, die daar in het voorjaar verschijnen. Ook werden glasaaltjes bij de monden van de groote Duitsche rivieren, voor sluizen e.d. gevangen. Als organisator van dit transport is vooral Lübbert (239-254) bekend.

Voor zoover mij bekend is, zijn in Nederland voor 1932 slechts door de Ned. Heidemaatschappij kleine hoeveelheden glasaaltjes (afkomstig van de Severn) uitgepoot. Overigens zijn nooit maatregelen genomen om den aanvoer van glasaal te bevorderen. Dit was ook niet dringend noodig. Ten opzichte van den aanvoer van glasaal ligt ons land niet ongunstig, terwijl talloze wegen vanuit zee voor de aaltjes open staan. Wel vormen de sluizen in ons polderland obstakels, maar door het vele schutten kregen de palingen blijkbaar voldoende gelegenheid ook deze te passeeren. Het probleem kreeg voor ons land beteekenis toen de Zuiderzee werd afgesloten (1932). Een groot gedeelte van de natuurlijke toegangswegen van Noordelijk Nederland werd hierdoor afgedamd. De spui- en schutsluizen in den Afsluitdijk bleken voor de palinkjes moeilijk te passeeren. Door tijdig ingrijpen is dit euvel echter hersteld. De glasaaltjes worden thans door speciale manipulaties met de schut- en spuisluizen naar binnen geschut, zooals in de volgende paragraaf uitvoeriger zal worden beschreven. Ter Pelkwijk heeft vele gegevens omtrent het binnentrekken van de glasaaltjes door de sluizen verzameld. Doordat zijn resultaten nog niet gepubliceerd zijn, moeten deze hier echter buiten beschouwing blijven.

§ 7. Zooals bekend verondersteld mag worden, zijn in den Afsluitdijk zoowel bij Den Oever als bij Kornwerderzand sluizen aangebracht. Bij Den Oever zijn één schutsluis en een complex spui-

sluizen bestaande uit 15 spuikokers, bij Kornwerderzand zijn een groote en een kleine schutsluis en een complex spuisluizen, dat bestaat uit 10 spuikokers, aanwezig. De spuikokers worden afgesloten door twee schuiven, de Noorder- en de Zuiderschuif. In gewone omstandigheden doet alleen de Zuiderschuif dienst; de Noorderschuif wordt gesloten bij stormachtig weer en dient om den golfdruk op te vangen. Wanneer de Zuiderschuif in onderhoud is, neemt de Noorderschuif zijn functie over. Naast de spuisluizen bevinden zich de schutsluizen, die voor het schutten van de schepen dienen.

Door de getijbeweging ontstaat in de Waddenzee een verschil in waterstand bij hoog en laag water van bijna één meter. Bij hoog water staat de zee hooger, bij laag water lager dan het IJsselmeer. De deuren en schuiven zijn daardoor altijd gesloten en worden slechts geopend voor het doorlaten van schepen of het spuien van overtollig water. Dit laatste kan alleen bij laag water geschieden. Voor verdere details zij verwezen naar de „Driemaandelijksche Berichten betreffende de Zuiderzeewerken” (84).

Er bevinden zich in het voorjaar belangrijke opeenhoopingen van glasaal in de Waddenzee voor de sluizen van den Afsluitdijk. Deze vormen blijkbaar een hindernis voor de trekkende dieren. De hoeveelheden aaltjes, die zich voor de sluizen bevinden, zijn van dag tot dag verschillend. Er zijn een twintig- tot dertigtal topdagen, welke vrij willekeurig tusschen het geleidelijke begin en het bijna onmerkbare einde van de trekperiode gerangschikt zijn. Het is daarom moeilijk precies aan te geven wanneer de trek plaats heeft. Volgens de „Driemaandelijksche Berichten betreffende de Zuiderzeewerken” (84) viel de periode, waarin de glasaaltjes naar het IJsselmeer trokken in:

- 1936 van 16 Maart tot 25 Mei;
- 1937 van begin April tot begin Juni;
- 1938 van begin Maart tot in den loop van Mei;
- 1939 van 24 Februari tot 28 Mei;
- 1940 tot 25 Mei;
- 1941 tot begin Juni;
- 1942 van 12 April tot begin Juni.

De aaltjestrek bij den Afsluitdijk vindt dus gedurende ongeveer twee maanden plaats, maar niet elk jaar op precies dezelfde data.

Op aanraden van Ter Pelkwijk zijn vanaf 1938 door den Dienst der Zuiderzeewerken dagelijks bepalingen vericht van het aantal aaltjes, dat zich bij de spuisluizen ophield, door er steeds op dezelfde manier te visschen. De resultaten van deze quantitatieve vangsten worden in Hoofdstuk 6 besproken.

Grooter nog dan de verschillen van dag tot dag, zijn de verschillen van uur tot uur in de aantallen glasaaltjes, welke via de sluizen het IJsselmeer trachten te bereiken. Overdag is er van trek practisch geen sprake, terwijl omstreeks middernacht een maximum wordt bereikt. Ook dit zal in Hoofdstuk 6 uitvoerig ter sprake komen.

Hoe kunnen deze glasaaltjes de sluizen nu passeeren? Zoolang de sluisdeuren en schuiven gesloten zijn, vormen deze een onoverkomelijk obstakel. Oorspronkelijk werden daarom, bij ongeveer gelijke stand van het water in de Waddenzee en in het IJsselmeer, de spuisluizen een korten tijd geopend (Havinga (151)). Zooals echter reeds in paragraaf 1 is medegedeeld, waren de hoeveelheden zeewater, die eveneens tot het meer werden toegelaten, ongewenscht. Door Ter Pelkwijk is toen een methode uitgewerkt, welke sinds 1938 wordt gebruikt, waarbij de glasaaltjes naar binnen worden geschut door de spui- en schutsluizen. Bij de schutsluizen geschiedt dit op dezelfde manier als het schutten van een schip. Bij de spuisluizen geschiedt het op de volgende wijze: Wanneer de Noorderschuif openstaat en de Zuiderschuif gesloten is, verzamelen zich de glasaaltjes, aangelokt door het lekwater uit het IJsselmeer, voor de gesloten schuif. De Noorderschuif wordt na verloop van tijd gesloten en door het optrekken van de Zuiderschuif kunnen de glasaaltjes het IJsselmeer binnentrekken. De glasaaltjes worden dus door de spuisluizen op dezelfde wijze naar binnen geschut als een schip door de schutsluizen. De manipulaties met de deuren en schuiven geschieden in het trekseizoen eenige malen per nacht (Havinga (151)).

## HET PROBLEEM VAN DEN TREK VAN DEN PALING

§ 8. Het probleem van den trek van de dieren heeft steeds de belangstelling van de zoölogen gehad. Samenvattende werken zijn o.a. geleverd door Meek (269), Hilzheimer (164), Balzs (28), Scheuring (339). Vooral de trek van den paling, die voornamelijk door het onderzoek van Schmidt (348 – 392) bekend is geworden, heeft steeds in het brandpunt van de belangstelling gestaan.

Het leven van den paling is gekarakteriseerd door drie duidelijk te onderscheiden stadia, waarin trek over groote afstanden plaats vindt en wel:

1. Het Leptocephalus-stadium;
2. Het stadium van de gemetamorfoseerde jonge aaltjes;
3. Het volwassen stadium.

In de volgende paragrafen zullen deze drie stadia afzonderlijk besproken worden. Zooals daar nog zal blijken, zijn we vooral door de onderzoekingen van Schmidt goed ingelicht over het verloop van den trek van den Leptocephalus en den glasaal in zee. Van den trek van den volwassen paling daarentegen is vrijwel niets bekend.

Tot nu toe kwam men niet veel verder dan tot een beschrijving van het verloop van den trek, terwijl vragen als:

waarom verloopt de trek juist zoo?

hoe oriënteeren de dieren zich?

wat zet hen tot trekken aan?

wat remt den trek?

nog vrijwel onopgelost bleven. Juist een inzicht in deze vragen zou belangrijk kunnen bijdragen tot ons begrip van den trek en voor de visscherij belangrijke consequenties kunnen hebben.

In dit proefschrift zal meer speciaal voor den glasaal getracht worden een antwoord op bovengenoemde vragen te geven. Van de beide andere stadia is nog zoo weinig bekend, dat voor deze voorloopig nog van beantwoording moet worden afgezien.

Sinds het bekend worden van het verschijnsel van den palingtrek heeft men zich met bovengenoemde vragen bezig gehouden. Men kwam hierbij echter tot nog toe niet veel verder dan tot speculatieve beschouwingen, voornamelijk door het ontbreken van een goede methode van onderzoek. De enorme afmetingen van de zee bemoei-

lijken dergelijk onderzoek namelijk zeer. Ook thans is het slechts voor den glasaaltrek van de zee naar het binnenwater mogelijk meer gefundeerde argumenten aan te voeren.

§ 9. De weg, dien de *Leptocephalus* gedurende zijn bestaan aflegt, is weergegeven in figuur 3. Vanuit het punt, waarop zij geboren worden, verspreiden zij zich diffuus in alle richtingen. De grootste aantallen begeven zich hierbij in N.O. richting. Evenwel is het opvallend, dat een aantal dieren de kusten van Europa of N. Afrika blijkbaar niet bereikt en bij een grootte van meer dan 5 cm nog op de geboortegronden aanwezig is (Schmidt).

Van den *Leptocephalus* zegt Schmidt, dat het echte pelagische dieren zijn, die weliswaar met palingachtige kronkelingen zwemmen, maar dat van een krachtige beweging, zooals bij den glasaal, geen sprake is.

Daardoor zullen zij door den Golfstroom hoofdzakelijk in N.O. richting worden verplaatst en de dieren, die in de circuleerende stroomen van de Sargassozeë terecht komen, zullen op hun geboortegronden blijven.

Al weten we met zekerheid niets hiervan, toch is het plausibel van een oriëntatie bij een dergelijken trek niet te spreken en hem te zien als een noodzakelijk gevolg van de geringe zwemcapaciteit van het dier en de omstandigheden van zijn milieu.

Het einde van dit trekken treedt tegelijk met de metamorfose op. Schmidt vertelt, hoe de *Leptocephalus* bij zijn metamorfose tevens krachtig in zijn bewegingen wordt en meer nabij den bodem wordt aangetroffen. Al is ons verder van de verandering van het gedrag van deze dieren in volle zee niets bekend, deze verandering is reeds voldoende om het ontstaan van een geheel ander mechanisme van den trek plausibel te maken. Onderzoek in deze richting zal technisch buitengewoon moeilijk zijn.

§ 10. Voor den trek van den paling naar het IJsselmeer is de trek van het glasaal-stadium het belangrijkste. In dit stadium moeten zij immers voor de sluizen verschijnen en deze passeeren. Wij zullen daarom nagaan of er factoren zijn aan te wijzen, die dit verschijnen veroorzaken en welke factoren werkzaam zijn bij het passeeren van de sluizen. Indien wij goed op de hoogte zijn van deze factoren en ze kunnen beïnvloeden, zijn wij in staat de

aantallen aaltjes, die naar het IJsselmeer trekken, te vergrooten.

Bij het onderzoek heb ik twee methoden gevolgd. Bij de eerste wordt het gedrag van de trekkende glasaaltjes onder laboratorium-omstandigheden bestudeerd. Het bleek n.l. dat glasaaltjes in een beperkte ruimte evengoed als in volle zee trekken. Het voordeel hiervan is, dat men alle factoren op één na constant kan houden en deze laatste naar believen variëren.

Bij de tweede methode werd correlatie gezocht tusschen de aantallen trekkende dieren, die zich bij de sluizen van Den Oever ophielden, en de grootte van de beïnvloedende factoren. Waarnemingen in de natuur zijn meestal minder overtuigend dan die in het laboratorium, daar men er zelden geheel zeker van is, dat juist de aangegeven factor de trek van de dieren bepaalt. Vaak heeft men b.v. wanneer men glasaaltjes tegen een rivier op zag zwemmen, besloten dat de stroom de oorzaak van dit zwemmen zou zijn. Dit behoeft echter geenszins het geval te zijn; ook zou een dalende temperatuur of een veranderend zuurstofgehalte hen b.v. stroomopwaarts kunnen lokken. Het feit, dat de stroom de factor is, die hun gedrag bepaalt, is juist hetgeen aangetoond moet worden. Beschikt men echter over quantitatieve gegevens en vindt men goede correlatie tusschen hen, dan is het causale verband zeer plausibel.

De trek wordt dan opgevat als een gevolg van het optreden van bepaalde factoren in de natuur en een aangeboren gedrags-reactie van de dieren op deze factoren. Het gedrag van de aaltjes is een onveranderlijk gegeven. De factoren, die het beïnvloeden, kunnen bij den Afsluitdijk althans gedeeltelijk veranderd worden. Door deze zoo te maken, dat zoo veel mogelijk aaltjes bij de sluizen verschijnen en deze gemakkelijk gepasseerd kunnen worden, worden zoo gunstig mogelijke omstandigheden voor den trek verkregen.

§ 11. Zooals reeds in het begin van dit hoofdstuk is opgemerkt, is van den trek van de volwassen palingen van het binnenwater naar zee slechts weinig bekend. De waarnemingen, waarop onze kennis gebaseerd is, zijn de volgende:

De vangsten van zilveralen vinden bij de riviermonden en aan de kusten, b.v. in de Oostzee en tusschen de Deensche eilanden, voornamelijk in den herfst plaats. De beste vangsten worden gemaakt in donkere nachten (Jacobsen en Johansen (202)). Na warme zomers begint de trek vroeger in het seizoen.

Trybom en Schneider (430, 431) en Nordquist (279, 281) merkten zilveralen aan de Finsche kust, waarvan een groot percentage werd teruggevangen in de Deensche Wateren. Eén ervan had in 93 dagen 1200 km afgelegd, recht op zijn doel af.

Blegvad (32) en Sch. (334) hebben op donkere nachten in de Oostzee bij zoeklicht palingen zien zwemmen bij de oppervlakte, niet in scholen, maar stuk voor stuk. Ook Schmidt vertelt van visscherlui, die in de Groote Belt palingen zagen trekken bij de oppervlakte.

Uit volle zee zijn ons o.a. terugmeldingen van palingen bekend van Grassi en Calandruccio (136, 137, 142), die ze vonden in de wervelstroomen van de straat van Messina en in de magen van zwaardvisschen op dezelfde plaats, van Calderwood (65) in het Engelsche Kanaal, van Cligny (73) eveneens in het Engelsche Kanaal en van Vaillant (436, 437) bij de Azoren in de maag van een potvisch. Schmidt veronderstelt dat de palingen pelagisch trekken en dat dit de oorzaak ervan is, dat ze zoo weinig gevangen worden. Over het afzetten van het sperma en de eieren is niets bekend. Wel moesten in dit verband genoemd worden de proeven van Boucher & Fontaine (45), Fontaine (124), Tuzet en Fontaine (433) en van Schreiber (399, 400), die in een donker aquarium bij 17° C en door hormoon-injecties geslachtsrijpe palingen kregen, die zelfs sperma uitstootten, waarna ze binnen 24 uur dood waren. Van Oordt en Bretschneider (291) bestudeerden den invloed van verschillende hormonen in dit verband.

Deze waarnemingen zijn veel te fragmentarisch dan dat zij een goeden grondslag voor een inzicht in den trek van den paling zouden kunnen geven. Toch heeft het niet ontbroken aan veronderstellingen over het mechanisme van den trek, den invloed van de verandering van de uitwendige factoren daarop, het ontstaan in de phylogenie, enz. Zij zijn het bewijs van de groote belangstelling, die dit fascineerende probleem steeds heeft gehad. Het is evenwel duidelijk, dat deze theorieën weinig steekhoudend kunnen zijn. De voornaamste zullen hier kort besproken worden.

v. Ubisch (434, 435) was van meening, dat de volwassen alen steeds weer naar hun geboortegronden terug zouden trekken om te paaïen. De ligging van deze geboorteplaats bracht hij in verband met Wegener's theorie van de verschuiving van Amerika en Europa ten opzichte van elkaar. Toen pas geringe verschuiving had plaats

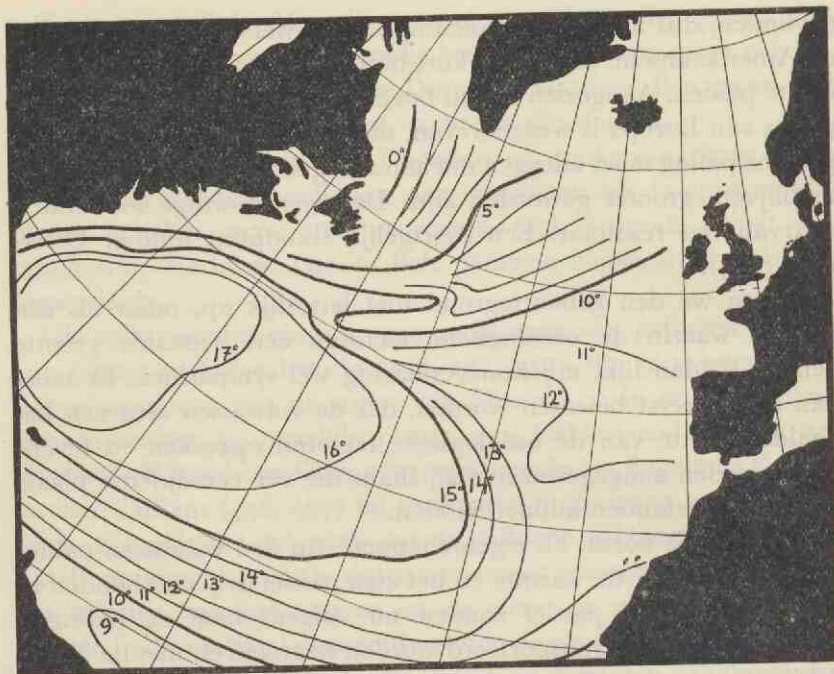
gevonden, dus in het Mesozoïcum, zou zoowel de Europeesche als de Amerikaansche aal slechts kort buiten de kust behoeven te gaan om te paaien. Aangezien hij nu bovendien aanneemt, dat de paaiplaats van Europa is weggedreven, moet de afstand, dien de Europeesche paling moet afleggen om aan zijn geboortegronden getrouw te blijven, grooter geworden zijn. De tegenwoordige toestand is daarvan het resultaat. Een soortgelijk standpunt huldigt Osterwald (293).

Vatten we den geboortegrond niet letterlijk op, maar als een gebied, waarin de oecologische factoren een bepaalde grootte hebben <sup>1)</sup>, dan lijkt mij hun verklaring wel sympathiek. Er moet dan echter eerst bewezen worden, dat de volwassen alen een bepaalde grootte van de oecologische factoren opzoeken en tevens moet worden aangegeven hoe zij thans die ver verwijderde plaats met deze toestanden kunnen vinden.

Roule (326) noemt als eigenschappen van den volwassen paling de voorkeur voor de warmte en het zich passief drijvend houden in stroomen. Geheel passief zouden nu volgens hem de palingen stroom-afwaarts getransporteerd worden naar zee en met de Noordelijke Equatoriale Stroom mee naar de Sargassozee. De *Leptocephalus* zou geheel passief met den Golfstroom meegesleept worden naar Europa. De geheele trek van den paling is volgens Roule dus een passief gebeuren.

Ekman (113, 114) wijst in navolging van Schmidt op de hooge temperaturen en zoutgehalten, die op de paaiplaats heerschen. Figuur 5 is van hem overgenomen. Nu neemt hij aan, dat een sterke negatieve rheotaxis optreedt bij de volwassen palingen. Hierdoor komen zij actief in zee terecht. In zee vertoonen zij positieve halitaxis, zooals bij de uittrekkende palingen in de Oostzee bleek. Verder zijn volgens hem de volwassen palingen positief thermotactisch. Bij deze tactische verschijnselen voegt hij een krachtige werking van de locomotorische organen, waarschijnlijk als gevolg van een hormoonwerking. Dit samenstel van taxiën en de natuur-

(1) Onder oecologische factoren of factoren van het milieu worden in dit verband verstaan de temperatuur, het zoutgehalte, de stroomsterkte, de lichtintensiteit, enz., kortom de physische en chemische eigenschappen van het water, die invloed hebben op den paling. De temperatuur kan hoog of laag zijn, de stroomsterkte groot of klein, enz. Elk der factoren heeft dus een bepaalde „grootte”.



Figuur 5. Jaar-isothermen in den Atlantischen Oceaan. De plaats van de hoogste temperatuur valt ongeveer met de paaiplaats van den paling samen. (Naar Ekman.)

lijke gesteldheid van den Atlantischen Oceaan dwingt den paling naar zijn paaiplaats te trekken.

Deze laatste verklaring heeft veel meer aantrekkelijks dan die van Roule. We moeten echter niet vergeten, dat de taxiën en de krachtige werking van de bewegingsorganen slechts zijn aangenomen en nooit stelselmatig zijn geobserveerd of in proefverband onderzocht. Dat de positieve halitaxis bij de trekkende Oostzeepalingen gebleken zou zijn, lijkt mij ook een voorbarige conclusie.

§ 12. Waarschijnlijk zoekt Ekman de verklaring in de goede richting. Vergelijken we met elkaar figuur 3, waarop de paaiplaats en het verspreidingsgebied van den Europeeschen paling staan afgebeeld, figuur 5, waarop de temperatuur van den Atlantischen Oceaan is weergegeven en een kaart uit een atlas, waarop de zee-stroomen staan afgebeeld, dan valt ons het volgende op:

1. De paaiplaats ligt juist op de plaats van het hoogste zoutgehalte en de hoogste temperatuur (Schmidt, Ekman).

2. Er bestaat een continue verval in temperatuur en zoutgehalte vanaf het zoetwater-verspreidingsgebied naar de paaiplaats toe, behalve in de Middellandsche Zee (Ekman).

3. Het geheele zoetwater-verspreidingsgebied wordt bespoeld door warme zeestroomen.

Het is onwaarschijnlijk, dat dit een toevallige samenloop van omstandigheden zou zijn, veeleer suggereert het de afhankelijkheid van den paling van de factoren: stroom, zoutgehalte en temperatuur. Hoe deze factoren op den volwassen paling inwerken is feitelijk onbekend. Nader onderzoek zou ons veel kunnen leeren omtrent het zoo interessante verschijnsel van den trek van den volwassen paling.

Toen het seizoen van de proeven met de glasaaltjes, die in hoofdstuk 5 besproken zullen worden, verstreken was, was het verleidelijk een aantal volwassen zilveralen aan dezelfde proeven te onderwerpen. Hetzelfde toestel, dat voor de glasaaltjes was gebruikt, werd in grootere afmetingen gemaakt en vier zilveralen kregen een kans om hun keuze te doen. Het gedrag der dieren was echter van dien aard, dat er op deze eenvoudige manier niet met hen te experimenteren viel, daar ze meer aandacht besteedden aan het zoeken naar kleine openingen in de afsluiting van het toestel om er door te kunnen ontsnappen, dan aan de keuze van zoet of zout.

Ook Sylvest (416) gelukte het niet met deze dieren te experimenteren en hij heeft zich tevreden moeten stellen met het bewonderen van de wijze, waarop zij de punt van hun staart over den aquarium-rand staken, deze als een haak van een wandelstok omkrulden, de bocht over hun lichaam van den staart naar den kop verplaatsten en verdwenen.

## HET GEDRAG VAN TREKKENDE GLASAALTJES

§ 13. In Maart en April wemelt het van de glasaaltjes in het Nieuwe Diep, de buitenhaven van Den Helder. Het was slechts een geringe moeite er eenige honderdtallen te vangen, in het laboratorium in een groot aquarium los te laten en hun doen en laten rustig te observeeren. Het vangen gebeurde met een groot trechtervormig net, dat van een soort jute gemaakt was, met zulke fijne mazen, dat het geen glasaaltjes doorliet. Door de haven loopt een sterke getijstroom, bij vloed naar binnen, bij eb naar buiten. Met springtij vooral is deze stroom zeer sterk. Van deze stroomen werd bij het vangen van de aaltjes gebruik gemaakt. Met een lange lijn werd het net n.l. aan een van de vele schepen, die in de haven gemeerd lagen, vastgebonden. Door den stroom werden de lijn en het net gespannen en tot vlak onder de wateroppervlakte getrokken. Door het volgen van deze methode was het alleen mogelijk gedurende de tijden, dat de stroom vrij sterk was, te vangen; het had echter het voordeel, dat op een geschikt tijdstip het net kon worden uitgezet en er in de eerste uren niet naar om behoefde te worden gezien.

Overdag was het een zeldzaamheid op deze manier een aaltje te vangen, 's nachts ving men er per getij eenige tientallen; onder dezelfde omstandigheden met springtij daarentegen honderden, zoowel bij eb als bij vloed. Ook aan de Duitsche visscherijbiologen (Fischer en Lübbert 120, 239-255), die jaren achtereen aan de Severn gevangen hebben, is dit verschil in vangsten met spring- en doottij herhaaldelijk opgevallen.

Het is een gelukkige omstandigheid, dat glasaaltjes niet eten. Dit vergemakkelijkte het levend houden van de dieren zeer. Voor 16 Juni, het einde van de proeven, heb ik ze dan ook niet gevoerd.

§ 14. De eerste paar uren zwommen de glasaaltjes, die in het aquarium waren losgelaten, rusteloos rond, maar na eenigen tijd begonnen zij zich in te graven in het zand, dat op den bodem van het aquarium lag. Dit deden ze met een buitengewoon groote behendigheid: ze zetten hun kop op het zand, kronkelden razend snel met lichaam en staart, schoven dan langzaam in het zand en waren

weldra geheel en al verdwenen. Even later kwam het doorzichtige kopje een eindje verder juist boven het zand te voorschijn en de bek ging open en dicht om het ademhalingswater aan te voeren. Dit was de rusthouding van de aaltjes; als men overdag naar de dieren keek, zag men slechts de kleine kopjes, nog geen millimeter boven het zand uit. De behendigheid, waarmede zij zich ingroeven en het feit, dat zij zich bij voorkeur in het zand ophielden, leek mij erop te duiden, dat zij zich ook in zee dikwijls zoo gedroegen en dit zandige milieu hun niets vreemds was.

Niet alle aaltjes waren echter overdag ingegraven. Enkelen waren er, die zich de moeite hiertoe niet gegeven hadden. Ze lagen stil op den bodem in een hoek van het aquarium, bij voorkeur achter de buis, die voor den afvoer van het water diende. Ook in zee zullen niet alle aaltjes zich altijd ingraven. Indien de omstandigheden daartoe geschikt zijn, zullen zij rusten tusschen steenen, wier, enz.

Maar geheel anders was het 's nachts. Als men 's avonds op de kamer, waar het aquarium stond, het licht aandraaide, zag men niets dan rusteloos in dichte troepen en bij voorkeur tegen den stroom in zwemmende aaltjes. Ter verversching van het water werd n.l. voortdurend nieuw water aangevoerd, dat met kracht uit een schuingestelde pipet juist op de oppervlakte spoot en fijn verdeelde lucht meenam in de diepte. Door dien krachtigen stroom kwam het water in heel het aquarium in circulatie. De aaltjes zwommen dus bij voorkeur tegen den stroom in, kwamen bij den straal terecht, worstelden om er tegenin te komen, werden door den stroom meegevoerd en dan begon het lieve leventje weer van voren af aan: een rusteloos spel, waaraan allen meededen. 't Was heel interessant hierbij te zien, hoe ze met hun kopje langs het zand of langs de ruiten gleden en zoo stroomopwaarts zwommen. Raakten ze door een of andere oorzaak het contact met den vasten ondergrond kwijt, dan waren ze ook hun oriëntatie ten opzichte van de stroomrichting kwijt en werden met den stroom meegevoerd of zwommen in willekeurige richting rond tot ze elders weer contact kregen. Vlak bij den straal, waar groote verschillen in stroomsterkte bestonden, konden zij zich echter ook oriënteren. Den volgenden morgen waren zij allen weer ingegraven en alleen hun kopjes staken boven het zand uit.

Om te zien of de nachtelijke activiteit van de aaltjes door het licht werd bepaald, dan wel of zij een ingeboren rythme volgden,

nam ik een proef, door de kamer, waarin het aquarium met de aaltjes zich bevond, een eigen dag en nacht te geven. De kamer werd verduisterd en verlicht door een sterke electriche lamp boven het aquarium. Deze lamp brandde den eersten dag, maar ging een uur voor zonsondergang uit om een uur voor zonsopgang weer aan te gaan. Den volgenden dag was het verschil twee uur, den daaropvolgenden drie uur en zoo voorts, tot het ten slotte 's nachts licht en overdag donker was. De aaltjes werden actief, wanneer het donker was en groeven zich in als de lamp brandde; zij stoorden zich niet aan dag en nacht, zooals deze buiten met elkaar afwisselden.

§ 15. Nog interessanter is het gedrag van de glasaaltjes als het zoutgehalte van het water in het aquarium daalt. De volgende twee voorbeelden mogen dit illustreeren:

Op een dag zijn alle aaltjes, zooals gewoonlijk, in het zand ingegraven. Het water in het aquarium wordt doorlopend ververscht door een sterken straal zeewater. Heel langzaam daalt het zoutgehalte van het toegevoerde water over een bedrag van enkele honderden mgr/l Cl'. Langzaam schuiven de aaltjes uit het zand te voorschijn, eerst komen alleen hun kopjes en ten slotte steken ze voor de helft van hun lengte boven het zand uit en wiegen met het voorste deel van hun lichaam tegen den stroom in. Het lijkt alsof ze iets onbepaalds merken wat hun aandacht trekt. Daarna beginnen ze één voor één rond te zwemmen, tegen den stroom in. Na een uurtje zijn allen uit het zand te voorschijn gekomen en probeeren in dichte drommen tegen den waterstraal in te zwemmen, zonder zich iets te bekommeren om het licht, dat boven het aquarium brandt en waar ze anders zoo schuw voor zijn.

Het zou interessant zijn te weten, hoe weinig verzoeting ze kunnen waarnemen, maar aangezien de trektijd snel verliep, heb ik hierover geen betrouwbare waarnemingen kunnen doen, al kreeg ik den indruk, dat een vermindering van eenige honderden mgr/l Cl' zeer goed werd waargenomen.

Een anderen keer zijn de glasaaltjes weer als gewoonlijk in het zand ingegraven. Er komt een scheut zoet water in het aquarium door het scheuren van een koelwaterbuis, waardoorheen gewoon leidingwater stroomt. De aaltjes schuiven bij tientallen uit het zand te

voorschijn en zwemmen met al de energie, die in hen is, door het aquarium rond, maar vooral langs de oppervlakte, waarheen het zoete water door het kleinere soortelijke gewicht gestroomd zal zijn. Ze verdringen zich langs de wanden bij voorkeur in de hoeken van het aquarium. Hun trekdrang schijnt plotseling losgebroken te zijn en hun eenige doel is: zoet water. Bovendien beginnen ze tegen de wanden op te klimmen. Eerst zetten ze kracht met hun staart, plakken hun kop tegen den kurkdrogen wand en probeeren door groote bochten in hun lichaam houvast te krijgen en zich zoo omhoog te werken. En inderdaad slagen enkele erin over den rand van het aquarium, die eenige centimeters hoog is, heen te klimmen.

Ik was verschillende malen in de gelegenheid soortgelijke waarnemingen te doen. Deze zijn slechts als voorbeeld uitvoerig beschreven. Bij stijging van het zoutgehalte heb ik nooit verandering in het gedrag van de glasaaltjes geconstateerd. Zij bleven allen rustig ingegraven.

Het was zeer gemakkelijk de aaltjes in het leven te houden en ik ben er dan ook maandenlang in geslaagd. In het begin waren alle aaltjes nog doorzichtig. Zij werden echter steeds meer gepigmenteerd en na eenigen tijd hadden allen de typische palingkleur. Ze waren toen alleen door hun afmetingen van groote palingen te onderscheiden. Met deze lichamelijke verandering trad ook verandering in gedrag op. Ze reageerden minder op stroom en zoutgehalte en waren veel minder trekklustig. Ook gingen ze voedsel zoeken. Het waren toen geheel andere dieren geworden, die wat hun gedrag betreft sterk van glasaaltjes verschilden.

Toch schijnt de trekklust bij oudere palingen niet geheel te verdwijnen. Tallooze waarnemers vermelden n.l. trek van oudere alen in het voorjaar. Ook worden tusschen trekkende glasaaltjes bijna steeds oudere alen aangetroffen. Het lijkt dus of het verdwijnen van den trekdrang bij de glasaaltjes slechts tijdelijk is en dat hij ieder voorjaar herleeft. De temperatuur van het water en de lichtintensiteit zouden er wel een rol bij kunnen spelen.

§ 16. Weldra bleek echter, als men meer gegevens wilde krijgen over den invloed van de verschillende factoren op de trekkende glasaaltjes, dat het noodig was proeven te nemen, waarbij de andere factoren als oorzaken konden worden uitgesloten. Dit is niet op eenvoudige wijze realiseerbaar. Zou men de aaltjes b.v. in een

aquarium met zout water laten trekken en plaatselijk zoet water toedienen, dan zouden hinderlijke mengstroomen optreden, die de resultaten geheel zouden vertroebelen. Het zoute water heeft immers een hooger soortelijk gewicht dan het zoete en dit laatste heeft zodoende steeds de neiging zich naar de oppervlakte te bewegen. Ook indien men het aan de oppervlakte zou toedienen, zou weldra door menging en diffusie het zoutgehalte geheel veranderd zijn, zoodat quantitatieve proeven vrijwel onuitvoerbaar zouden zijn. Ook indien het toegediende water een andere temperatuur heeft dan het oorspronkelijke, zouden mengstroomen en temperatuur-veranderingen plaats vinden.

Het is niet a priori aan te geven welke factoren op de trekkende glasaaltjes een invloed uitoefenen. Het mogelijke aantal factoren is enorm groot en valt ver buiten het bereik van de proefneming. Bij den overgang van de zee naar het zoete water veranderen n.l. talloze omstandigheden van het milieu en elk kan een invloed uitoefenen. Slechts de volgende factoren zijn als meest voor de hand liggende onderzocht: zoutgehalte van het water, stroomsterkte en temperatuur. De keuze van deze factoren was geïnspireerd door de waarnemingen, die in de literatuur vermeld zijn door Neubaur (275).

Bij de proeven is gebruik gemaakt van een goot, waardoorheen ik 100 aaltjes liet trekken. Zij trokken n.l. in zoo'n beperkte ruimte evengoed als in volle zee, mits zij van te voren goed tot rust waren gekomen. Om dit laatste te bereiken werden zij 22 uur vóór de proef in een bak gedaan, die aan de goot was vastgebouwd. Door een onopvallende manipulatie kon het water uit de goot met dat in den bak in verbinding gebracht worden en konden de aaltjes trekken. Hiertoe werd van de eigenschap van de aaltjes om tegen den stroom in te zwemmen gebruik gemaakt. In de goot was n.l. steeds stroomend water aanwezig. Om hun oriëntatie te onderzoeken bevond zich in het bovenstroomsche gedeelte van de goot een splitsing en op dit punt moesten zij kiezen tusschen twee waterstroomen, die in één eigenschap verschilden, maar overigens gelijk waren. Door een speciale vorm van de goot vermengden deze twee waterstroomen zich direct nadat zij samenvloeiden.

Na hun keuze passeerden de aaltjes een fuik en konden zodoende niet meer terug. Na afloop van de twee uren, waarin zij tot trekken in de gelegenheid gesteld waren, werden de aaltjes in de rechter en in de linker helft geteld. De verhouding van deze aantallen geeft

de voorkeur van de aaltjes aan en hieruit is af te leiden of zij door een bepaalden factor al dan niet georiënteerd worden. Door de samenstelling van het water in den bak, waarin zij 22 uur verbleven, te varieeren, is het mogelijk na te gaan, welke de invloed hiervan op hun treklust is.

Het was hiertoe noodig een zoodanige installatie te bouwen, dat twee stroomen water onderhouden konden worden, die ieder onafhankelijk van elkaar konden varieeren in temperatuur, zoutgehalte en stroomsterkte. Deze factoren zouden gedurende langen tijd zeer constant gehouden moeten kunnen worden. Door alle proeven in het donker te nemen is een invloed van de lichtintensiteit bij deze proeven uitgesloten en zijn tevens gunstige omstandigheden voor den trek ontstaan. Uit de waarnemingen, die reeds in paragraaf 14 besproken zijn, bleek het immers, dat glasaaltjes uitsluitend in het donker trekken.

Dit alles vorderde een uitgebreide installatie, die uitvoerig in het volgende hoofdstuk beschreven zal worden.

Hierbij werd uitgegaan van stroomen zee- en leidingwater, die zeer constant gehouden werden door het tusschenbouwen van een reservoir, dat voortdurend overstroomde en zodoende een constant niveau had. De stroomsterkte werd geregeld door een knijpkraan en afgelezen op een stroommeter.

Door meer of minder zee- en leidingwater met elkaar te mengen, kon het verlangde zoutgehalte verkregen worden. Deze menging was gemakkelijk uitvoerbaar, aangezien zoowel van het zoute als van het zoete water de stroomsterkte gevarieerd en op den stroommeter afgelezen kon worden.

De gewenschte temperatuur werd verkregen door electriche verwarming van het water of door koeling met stroomend leidingwater. Door het gebruiken van een thermoreguleur was ook de temperatuur constant.

## DE PROEFINSTALLATIE

§ 17. Soortgelijke proefinstallaties, als die welke in dit hoofdstuk beschreven zal worden, zijn door de volgende onderzoekers gebruikt:

Shelford (405) onderzocht den invloed van schadelijke stoffen op visschen. Hiertoe gebruikte hij een goot, waarin hij aan het ééne einde versch en aan het andere einde vervuild water toe liet vloeien. De visschen meden den vervuilden kant als de stoffen schadelijk waren.

Chidester (69) onderzocht den invloed van enkele factoren van het milieu op den trek van enkele Amerikaansche visschen. Hiertoe gebruikte hij twee evenwijdige goten, die samen in één breede goot uitliepen. In één van de drie uiteinden kreeg de factor een bepaalde grootte. Ook gebruikte hij stroomend water, waarvan de aanvoer aan de einden der beide evenwijdige gooten was en de afvoer in de ééne gemeenschappelijke goot. De visschen konden vrij kiezen waarheen ze wilden zwemmen.

Douderoff (83) onderzocht den voorkeur van enkele visschen voor een bepaalde temperatuur. Hiertoe gebruikte hij een langen bak, die in een aantal compartimenten was ingedeeld. In elk compartiment werd door stroomend water een bepaalde temperatuur onderhouden. De visschen konden vrij van het eene naar het andere compartiment zwemmen en toonden hun voorkeur door een langer verblijf.

De proefinstallatie, die ik gebruikte, leek in principe op die van Chidester. In de volgende punten week hij echter af en was daardoor veel uitgebreider:

- a. Van tegenstroom werd door een bepaalden bouw geen last ondervonden;
- b. Alle factoren waren naar believen variabel of constant;
- c. De dieren verbleven vóór de proef in een constant, bekend milieu.

De installatie was zeer uitgebreid en in één van de werkkamers van het Zoölogisch Station in Den Helder gebouwd. Deze kamer was tijdelijk als donkere kamer ingericht om den invloed van het licht op de aaltjes uit te sluiten. Op den vloer was een zinken bak

aangebracht, die een groot gedeelte van de kamer besloeg en een afvoer had naar het riool. Ongeveer 40 cm boven dezen bak was een losse balklaag aangebracht, waarop de vrij zware onderdeelen van de installatie stonden. Door deze opstelling had het gebouw niet te lijden van het mors- en lekwater, dat bij een dergelijke proefneming moeilijk te voorkomen is. Ook de afvoeren van de installatie liepen in dezen bak uit en konden daardoor gemakkelijk worden aangebracht. De ruimte onder de balklaag kon tevens gebruikt worden voor de verschillende buisleidingen en voor de elektrische draden van de verwarming.

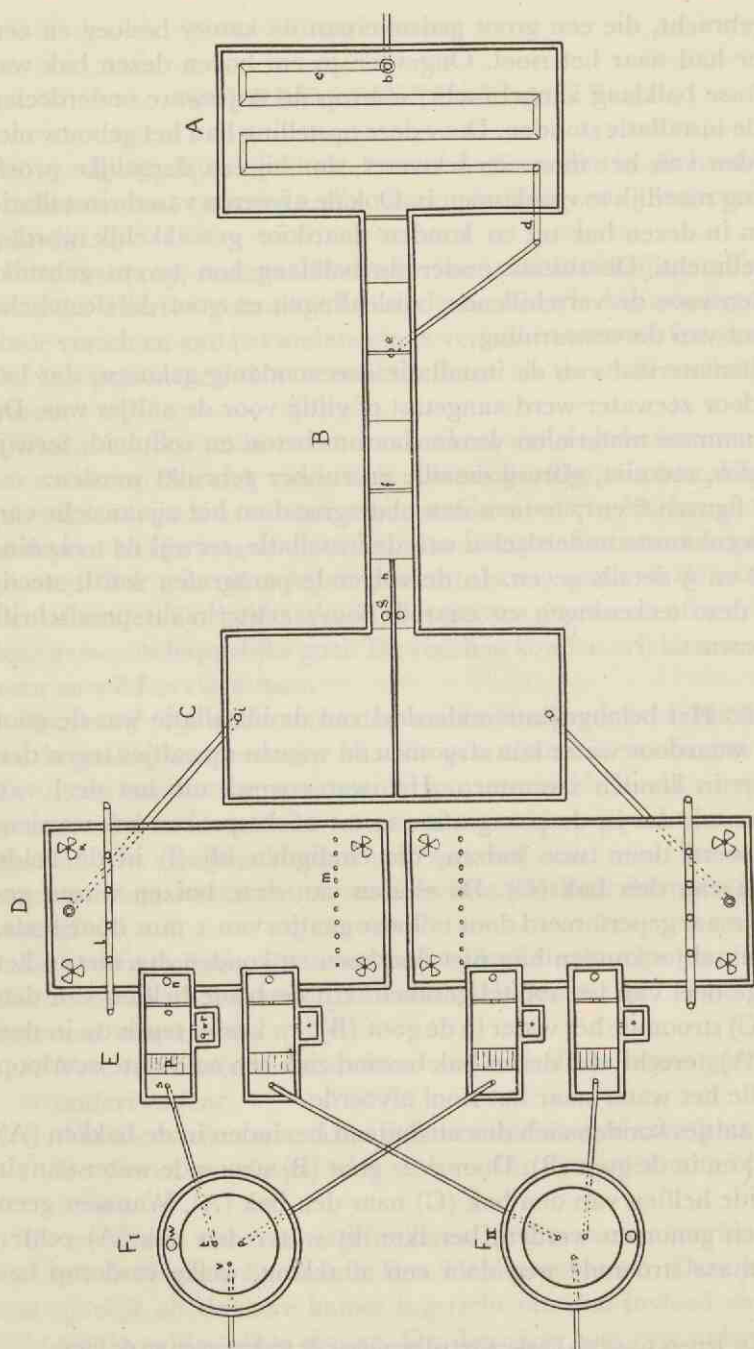
Het materiaal van de installatie was zoodanig gekozen, dat het niet door zeewater werd aangetast of giftig voor de aaltjes was. De voornaamste materialen waren daarom beton en celluloid, terwijl ook glas, eterniet, giftvrij emaille en rubber gebruikt werden.

De figuren 6 en 7 toonen den plattegrond en het zij aanzicht van de voornaamste onderdeelen van de installatie, terwijl de teekeningen 8 en 9 details geven. In de volgende paragrafen wordt steeds naar deze teekeningen en naar de foto's achterin dit proefschrift verwezen.

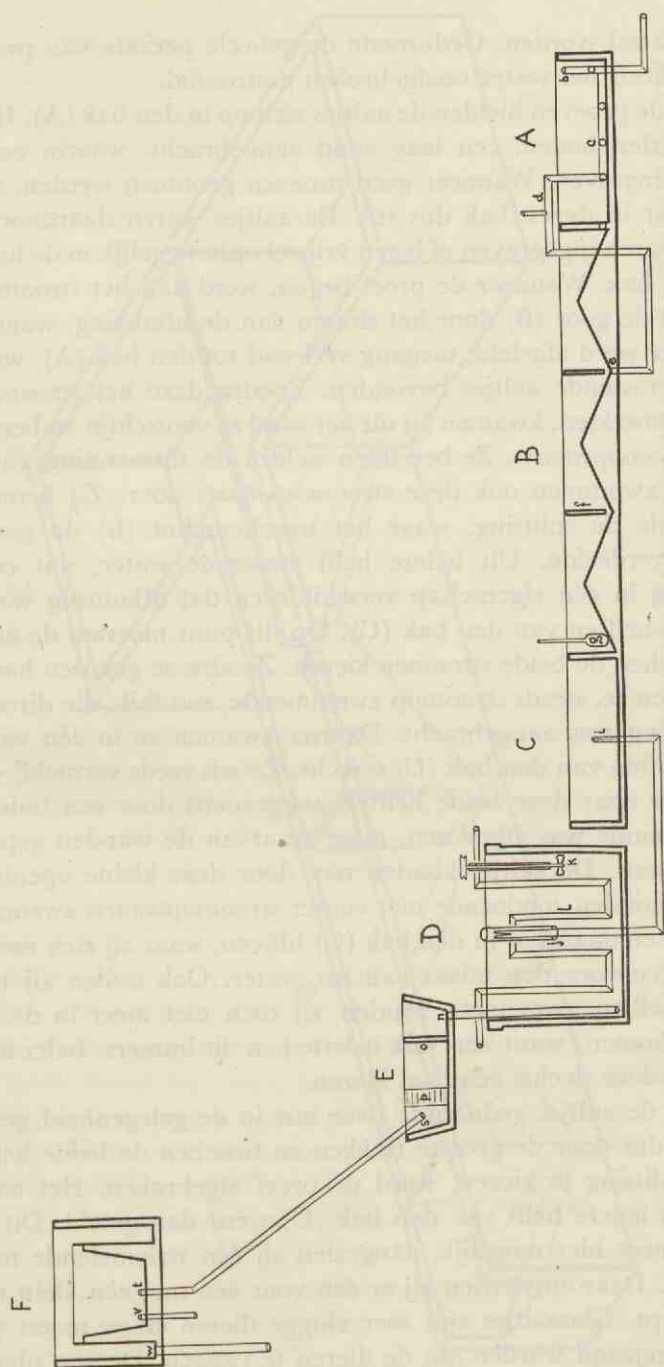
§ 18. Het belangrijkste onderdeel van de installatie was de goot (B)<sup>1</sup>) waardoor water kon stroomen en waarin de aaltjes tegen den stroom in konden zwemmen. Het water werd uit het deel van het toestel, dat in de paragrafen 22 tot 26 besproken zal worden, toegevoerd door twee buizen, die eindigden bij (i) in de beide helften van den bak (C). De einden van deze buizen waren gesloten maar geperforeerd door talloze gaatjes van 1 mm doorsnede. De glasaaltjes konden hier niet doorheen en konden dus niet in het overige deel van het toestel geraken. Uit de beide helften van den bak (C) stroomde het water in de goot (B), en kwam tenslotte in den bak (A) terecht. In dezen bak bevond zich een aaldichte overloop (b), die het water naar het riool afvoerde.

De aaltjes konden zich dus uitsluitend bevinden in de bakken (A) en (C) en in de goot (B). Door deze goot (B) stroomde water vanuit de beide helften van den bak (C) naar den bak (A). Wanneer geen proeven genomen werden, bereikte dit water den bak (A) echter niet, maar stroomde weg door een aftakking, welke verderop be-

(1) De letters tusschen haakjes verwijzen naar de teekeningen en de foto's.



Figuur 6. Bovenaanzicht van de proefinstallatie. Voor verklaring zie Hoofdstuk 5.

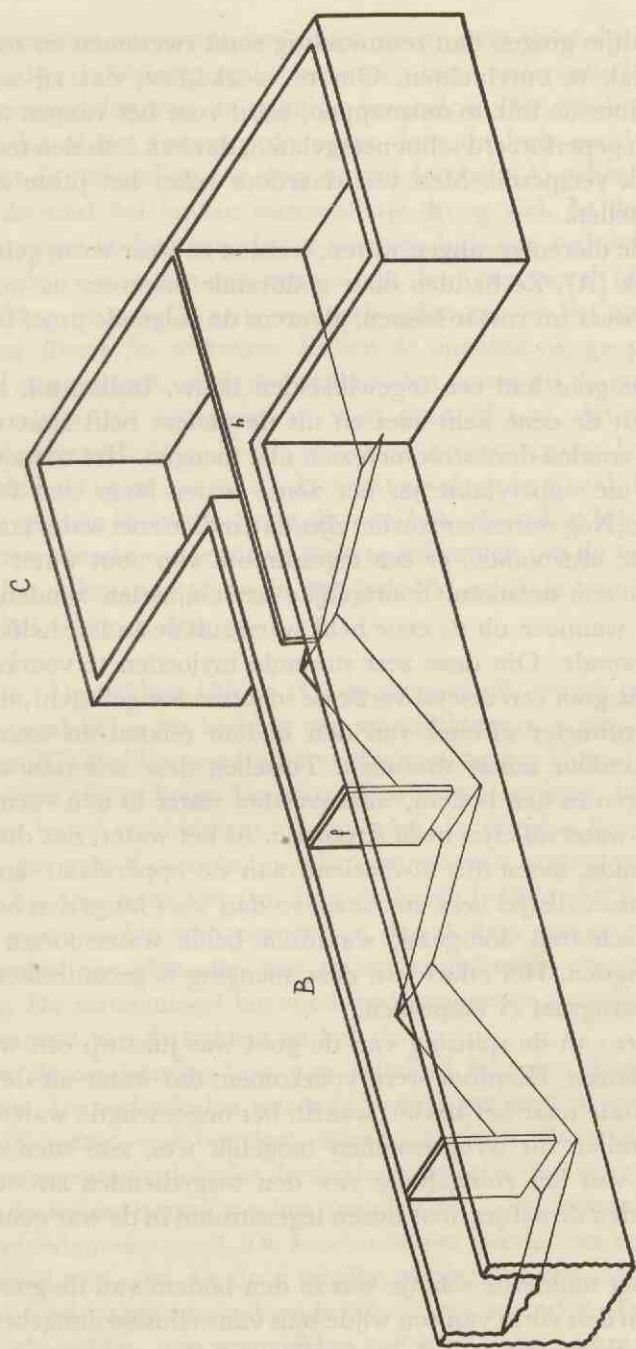


Figuur 7. Zijaanzicht van de profinstallatie. Voor verklaring zie Hoofdstuk 5.

schreven zal worden. Gedurende de geheele periode van proeven nemen heeft het water onafgebroken gestroomd.

Vóór de proeven hielden de aaltjes zich op in den bak (A). Hierin was op den bodem een laag zand aangebracht, waarin ze zich konden ingraven. Wanneer geen proeven genomen werden, stond het water in dezen bak dus stil. De aaltjes waren daardoor zeer rustig, waren ingegraven of lagen vrijwel onbewegelijk in de hoeken van den bak. Wanneer de proef begon, werd aan het stroomende water in de goot (B) door het sluiten van de aftakking, waardoor het water werd afgeleid, toegang verleend tot den bak (A), waarin zich de rustende aaltjes bevonden. Zoodra deze het stroomende water bemerkten, kwamen zij uit het zand te voorschijn en begaven zich stroomopwaarts. Ze bereikten weldra de uitmonding van de goot en zwommen ook deze stroomopwaarts door. Zij bereikten zodoende de splitsing, waar het tusschenschot (h) de goot in tweeën verdeelde. Uit iedere helft stroomde water, dat echter onderling in één eigenschap verschildte en dat afkomstig was uit de beide helften van den bak (C). Op dit punt moesten de aaltjes dus tusschen de beide stroomen kiezen. Zoodra ze gekozen hadden passeerden ze, steeds stroomop zwemmende, een fuik, die direct na de splitsing was aangebracht. Daarna kwamen ze in één van de beide helften van den bak (C) terecht. Zooals reeds vermeld, werd het water naar deze beide helften aangevoerd door een buis, die aan het einde was afgesloten, maar waarvan de wanden geperforeerd waren. De aaltjes konden niet door deze kleine openingen heen en konden zodoende niet verder stroomopwaarts zwemmen. Zij moesten daardoor in den bak (C) blijven, waar zij zich meestal verdrongen voor den inlaat van het water. Ook indien zij terug zouden willen zwemmen, zouden zij toch niet meer in de goot kunnen komen, want een fuik belette hen dit immers. Ieder aaltje kon daardoor slechts éénmaal kiezen.

Nadat de aaltjes gedurende twee uur in de gelegenheid gesteld waren aldus door de goot te trekken en tusschen de beide helften op de splitsing te kiezen, werd de proef afgebroken. Het aantal aaltjes in iedere helft van den bak (C) werd dan geteld. Dit was zonder meer niet mogelijk, aangezien zij één wriemelende massa vormden. Daarom werden zij er één voor één met een klein netje uitgeschept. Glasaaltjes zijn zeer vlugge dieren en er moest vaak duchtig gejaagd worden om de dieren te vangen. De nog niet ge-



Figuur 8. Het bovenstroomsche gedeelte van de goot, waardoorheen de aaltjes moesten trekken. Voor verklaring zie paragraaf 19.

vangen aaltjes gingen dan zenuwachtig rond zwemmen en zochten uit den bak te ontluchten. Om te voorkomen, dat zij zouden trachten door de fuik te ontsnappen, werd voor het vangen achter de fuik een geperforeerd schot neergelaten, dat hen zelfs den toegang tot de fuik versperde. Men was daardoor zeker het juiste aantal aaltjes te tellen.

Nadat de dieren gevangen waren, werden ze weer terug gebracht in den bak (A). Ze hadden daar gedurende ongeveer 22 uur gelegenheid weer tot rust te komen, alvorens de volgende proef begon.

§ 19. De goot had een ingewikkelden bouw. Indien n.l. bij de splitsing uit de eene helft zoet en uit de andere helft zout water stroomde, zouden deze stroomen zich niet mengen. Het zoete water zou langs de oppervlakte en het zoute water langs den bodem afstroomen. Nog storender zou het zijn, dat, indien zoet water langs de oppervlakte afstroomde, er een tegenstroom van zout water langs den bodem zou ontstaan. Soortgelijke verschijnselen zouden zich voordoen, wanneer uit de eene helft warm, uit de andere helft koud water stroomde. Om deze zeer storende invloeden te voorkomen waren in de goot een drietal verticale schotten aangebracht, die tot op één centimeter afstand van den bodem reikten en waar het water onderdoor moest stroomen. Tusschen deze schotten waren verhoogingen in den bodem, waarover het water in den vorm van miniatuur-watervalletjes heen stroomde. Al het water, dat door de goot stroomde, moest dus afwisselend aan de oppervlakte komen, over de watervalletjes heen stroomen en dan weer langs den bodem onder de schotten doorgaan, waardoor beide watersoorten zich intens mengden. Het effect van deze menging is gecontroleerd en wordt in paragraaf 21 besproken.

De plaats van de splitsing van de goot was juist op een watervalletje gekozen. Hierdoor werd voorkomen, dat water uit de goot terugstroomde naar het bassin, waarin het ongemengde water zich bevond. Indien dit terugstroomen mogelijk was, zou men nooit zeker zijn van het zoutgehalte van den toegedienden stroom en tevens konden de aaltjes door dezen tegenstroom in de war gebracht worden.

Onder het middelste schotje was in den bodem van de goot een aftakking in den vorm van een wijde buis van celluloid aangebracht, die met een stop kon worden afgesloten. Indien deze stop werd

weggenomen, stroomde het water uit de goot door deze buis weg en daalde de waterspiegel tusschen de twee watervalletjes, die zich aan weerszijden van de opening bevonden. Het resultaat hiervan was, dat al het toegevoerde water door de buis werd afgevoerd en dat de verbinding van de goot met den bak (A) geheel verbroken was doordat het laatste watervalletje droog viel. In den bak (A) was op den bodem een zigzag-vormige buis van celluloid (c) aangebracht, welke aan het eene einde door een hevel (d) met den aftakking (e) van de goot was verbonden en met het andere einde in den afvoer (b) uitkwam. Indien de opening (e) geopend en de hevel aangezogen werd, stroomde al het water uit de goot door de zigzag-buis (c). Aangezien er voor gezorgd was, dat de opening van de zigzag-buis (c) in den afvoer (b) hoger lag dan het punt (e), kon de hevel niet „afslaan”. Het was zodoende mogelijk het water in de goot te laten stroomen, in den bak (A) stil te laten staan en het stroomende water uit de goot te gebruiken om de temperatuur van het stilstaande water in den bak (A) gelijk te houden aan die van het water in de goot.

§ 20. De bakken (A) en (C) en de goot (B) waren gegoten van gewapend beton en hadden een wanddikte van 2 cm. De bakken (A) en (C) hadden een buitenwerksche afmeting van 50 bij 100 cm en waren 16 cm hoog. De goot (B) was 120 cm lang, binnenwerks 12 cm breed en eveneens 16 cm hoog. In de goot bevonden zich drie verticale dwarsschotjes, die van eterniet waren vervaardigd. Ook het tusschenschot tusschen de beide helften van bak (C) was van eterniet. De verhoogingen in den bodem van de goot waren op onderlinge afstanden van 40 cm aangebracht en waren 10 cm hoog. De waterspiegel lag zodoende ongeveer 4 cm beneden den bovenrand van de bakken en van de goot.

De zigzag-vormige buis van celluloid had een doorsnede van 38 mm. De onderdeelen waren in verstek gezaagd en met celluloid, dat in aceton was opgelost, aanéén geplakt. Deze verbindingen waren zeer stevig doordat de vlakken goed sluitend waren gemaakt. Ook de andere buizen van het toestel waren op deze manier bewerkt en voldeden zeer goed. De toe- en afvoer waren van een buis van celluloid gemaakt, die door talrijke gaatjes van één mm doorsnede doorboord waren en zodoende een rooster vormden, dat dicht was voor glasaaltjes. Aan weerszijden van het tusschenschot (h) bevon-

den zich de fuiken, die eveneens van geperforeerd celluloid waren vervaardigd. Door het gemak, waarmede het celluloid te bewerken was, toonde het zich als een zeer bruikbaar materiaal.

§ 21. De menging in de goot door de opeenvolgende schotjes en watervalletjes was duidelijk zichtbaar te maken door één van de twee instroomende watersoorten met methyleenblauw te kleuren. Hierbij bleek, dat tusschen het watervalletje van de splitsing en het eerstvolgende schotje reeds het grootste gedeelte van de menging plaats vond. Liet men uit de ééne helft zeewater en uit de andere helft zoet water in de goot stroomen, dan gleed het zoute water vooral langs den bodem en het zoete trachtte aan de oppervlakte te blijven. Tusschen deze beiden ontstond een tegenstroom, zoodat in het eerste vakje sterk wervelende stroomen aanwezig waren.

Op 6 en 7 Maart is het effect van de menging door titratie nagegaan. Uit de ééne helft van den bak (C) stroomde zeewater met 16640 en uit de andere helft een even groote hoeveelheid zoetwater met 70 mgr/l Cl'. In het eerste vakje van de goot werden monsters van 1 cm<sup>3</sup> genomen waarvan het Cl'-gehalte werd bepaald. De monsters, die in de vier hoeken van het vakje aan de oppervlakte genomen waren, hadden de volgende gehalten: 140, 190, 140 en 190 mgr/l Cl'. Op het diepste punt van het vakje werd aangetroffen 1050 mgr/l. Uit deze getallen blijkt duidelijk de drijvende positie van het zoete water. Precies in het midden van het vakje leverden de monsters, die eenigen tijd na elkaar genomen waren, de volgende gehalten: 7060, 7770, 7840, 7770, 7860, 7290, 5330 mgr/l, zoodat hier reeds krachtige menging moest zijn opgetreden.

In het tweede vakje van de goot werden monsters genomen op steeds verschillende plaatsen, zoowel bij den bodem als bij de oppervlakte. Zij leverden de volgende gehalten op: 8200, 8090, 7900, 7980, 8060, 7850 mgr/l, zoodat in dit vakje een zeer redelijk gemengd water aanwezig was.

Op dezelfde manier leverden monsters uit het laatste vakje van de goot, met groote tusschenpoozen genomen, de volgende gehalten: 8600, 8600, 8520, 8600, 8540, 8530, 8580, 8540, 8530, 8560 mgr/l (gemiddeld 8560). De schommelingen zijn even groot als de fouten, die bij de titratie optreden. Uit deze getallen mag dus tot een ideale menging van de beide watersoorten geconcludeerd worden.

§ 22. Het overige gedeelte van de installatie diende om aan de beide helften van den bak (C) een watertoevoer te verschaffen van willekeurige, maar constante grootte, temperatuur en zoutgehalte.

Het hoogste zoutgehalte, waarmede gewerkt kon worden, was dat van zeewater, het laagste dat van leidingwater; de tusschenliggende zoutgehalten werden verkregen door mengen van zeewater met een wisselende hoeveelheid leidingwater.

Het zeewater werd verkregen uit de zeewaterleiding, die door een groot gedeelte van het Zoölogisch Station loopt en ook de aquaria voorziet. Het is een steenen leiding, waarin een druk van ongeveer één atmosfeer wordt onderhouden door een centrifugaalpomp, die het water zuigt uit een reservoir met een nuttigen inhoud van 70 m<sup>3</sup>. De aquaria zijn voorzien van een afvoer, die het zeewater weer naar het reservoir doet terugvloeien, zoodat het een gesloten circulatie is. Op geschikte tijden wordt een gedeelte van het water ververscht door er water uit de haven bij te pompen en het overtollige af te spuien. Hiervoor worden zorgvuldig de tijden van hoog water uitgezocht op dagen, dat een sterke ZW-wind waait. De ervaring heeft geleerd, dat dan vaak een hoog zoutgehalte in de haven aanwezig is, aangezien dan veel water uit de Noordzee naar de Waddenzee wordt gestuwd. In de haven is dan water aanwezig, dat afkomstig is van streken ver uit de kust.

Het leidingwater was afkomstig van de Gemeente-Waterleiding van Den Helder, die het water pompt uit de duinen nabij Huisduinen. De samenstelling blijkt uit een analyse van 4 Juli 1939, die ontleend is aan het Statistisch Overzicht der Waterleidingen in Nederland (409) en gedeeltelijk in de volgende tabel is weergegeven.

|                             |            |   |
|-----------------------------|------------|---|
| KMnO <sub>4</sub> -verbruik | 22.3 mgr/l |   |
| Cl'                         | 70.        | - |
| NO'                         | spoor      |   |
| SO <sub>4</sub> "           | 20         | - |
| HCO <sub>3</sub> '          | 165.       | - |
| CO <sub>3</sub> "           | 0          |   |
| CO <sub>2</sub>             | 6.5        | - |
| SiO <sub>2</sub>            | 14.        | - |
| Fe                          | < 0.1      | - |
| Mn                          | 0          |   |
| Ca..                        | 58.4       | - |

|           |           |
|-----------|-----------|
| Mg..      | 6.7 mgr/l |
| Na· en K· | 41. -     |

Het zoutgehalte van het water wordt steeds in mgr/l Cl' opgegeven, aangezien deze waarde het gemakkelijkst te bepalen is en het algemeen gebruikelijk is het zoutgehalte zoo te karakteriseeren. Het werd bepaald door titratie met een  $\text{AgNO}_3$ -oplossing en wel zoo, dat het gehalte in één  $\text{cm}^3$  getitreerd werd. Het gebruik van deze kleine waterhoeveelheid had het voordeel, dat zeer nauwkeurige monsters genomen konden worden en niet reeds bij de monsternamen belangrijke menging optrad. Zij had echter het nadeel, dat ondanks het gebruik van een microburet geen zeer groote nauwkeurigheid bereikt kon worden. Om ook de hoogte van het zeewater te kunnen bepalen, werd bovendien met vrij sterke  $\text{AgNO}_3$ -oplossingen gewerkt. Ook hierdoor kon uiteraard geen hoogte nauwkeurigheid worden bereikt. De uitkomsten worden daarom zoo opgegeven, dat het laatste cijfer een nul is. Het cijfer vóór de nul is niet geheel betrouwbaar; duplo-bepalingen leerden, dat hier een fout van twee eenheden naar boven of naar beneden kon worden aangetroffen. Steeds wordt het gemiddelde van twee of drie bepalingen opgegeven.

Bij het nemen van de proeven werd het zoutgehalte bij het begin en het einde van elke proef gecontroleerd. Dit omvatte waarnemingen over het gehalte van het toegevoerde water, het gemengde water en het water, waarin de glasaaltjes vóór de proef verbleven. Deze gehalten worden in de tabel in paragraaf 29 vermeld. <sup>1)</sup>

§ 23. Aangezien noch de druk van het leidingwater, noch die van het zeewater constant waren, was het noodig bij beiden een druk-reguleur <sup>2)</sup> in te schakelen, die in staat was de drukschom-

(1) J. Gauw, analyst bij het Zoölogisch Station, ben ik veel dank verschuldigd voor de vele Cl'-titraties, die hij voor mij verrichtte.

(2) Voordat ik ben overgegaan tot het ontwerpen en bouwen van het gedeelte van de installatie, dat in paragraaf 23 en 24 beschreven wordt, heb ik onder leiding van Prof. B. G. Escher een bezoek gebracht aan het Geologisch Laboratorium te Leiden en onder leiding van Prof. Ir. J. Th. Thyse aan het Waterloopkundig Laboratorium te Delft. De installaties, die daar aanwezig zijn op het gebied van de waterloopkunde, heb ik uitvoerig bezichtigd en besproken. Het gedeelte van mijn installatie, dat in genoemde paragrafen beschreven wordt, is een verkleinde en aan de omstandigheden van het zeewater aangepaste uitvoering van de installaties, die op genoemde laboratoria aanwezig zijn.

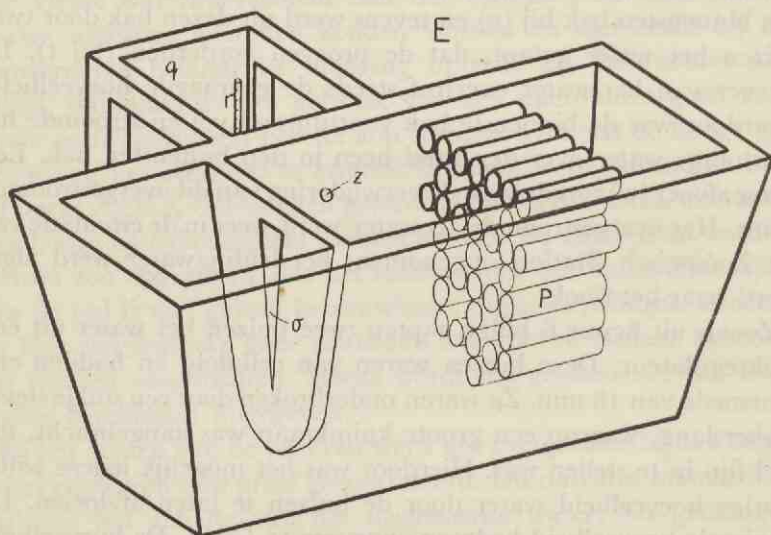
melingen op te vangen. Hiertoe werd gebruik gemaakt van een klein réservoir, dat voortdurend meer of minder overstroomde. Hierdoor had de waterspiegel een constante hoogte, waardoor de druk in het geheele volgende systeem eveneens constant was. Deze reservoirs ( $F_1$  en  $F_2$ ) (zie fig. 6 en 7) waren vrij hoog opgesteld en elk bestond uit twee ronde bakken in elkaar, die van beton gegoten waren. De buitenste was 42 cm in doorsnede en 30 cm hoog. De binnenste was iets kleiner en lager en had een rand van geslepen glas, die precies horizontaal gesteld was. De toevoer van het water vond plaats in den binnensten bak bij (v) en tevens werd uit dezen bak door twee buizen het water getapt, dat de proeven vorderden (bij t). De toevoer van het water overtrof steeds de gevraagde hoeveelheid. Daardoor was de binnenste bak voortdurend vol en stroomde het overtollige water over den rand heen in den buitensten bak. Een ruime afvoer (w) zorgde voor de verwijdering van dit overgestroomde water. Het overgestroomde zeewater werd weer in de circulatie van het Zoölogisch Station opgenomen; het leidingwater werd afgevoerd naar het riool.

Zooals uit figuur 6 blijkt, taptten twee buizen het water uit één drukreguleur. Deze buizen waren van celluloid en hadden een doorsnede van 18 mm. Ze waren onderbroken door een stukje stevig rubberslang, waarop een groote knijpkraan was aangebracht, die heel fijn in te stellen was. Hierdoor was het mogelijk iedere willekeurige hoeveelheid water, door de buizen te laten afvloeien. De maximale hoeveelheid bedroeg ongeveer 15 l/min. De hoeveelheid die afvloeide was, nadat de knijpkraan was ingesteld, voortdurend gelijk, aangezien de waterspiegel in den drukreguleur een constante hoogte had en ook de weerstand in het systeem steeds dezelfde bleef. De hoeveelheid water, die door de buis stroomde, werd gemeten in een stroommeter, die in de volgende paragraaf besproken zal worden.

Aangezien het zeewater voortdurend stukjes van sponzen en mosselschelpjes meevoerde, die afkomstig waren uit de leidingen en die de knijpkranen hinderlijk verstopten, moest het zeewater, voor het in den drukreguleur kwam, eerst gefiltreerd worden. Het filter bestond uit een laagje zand, dat met eenige overgangslagen van grootere korrelgrootte rustte op grof grind, waarin een draineersysteem van celluloiden buizen was aangebracht. Dit filter is niet in de teekeningen aangegeven.

§ 24. Er waren dus vier stroommeters (E), waarvan er twee gevoed werden met leidingwater en twee met zeewater (zie fig. 6). Zij bestonden uit een gootje, waarin een stuw (o) (zie fig. 9a en 9b) was aangebracht. De stroommeters berustten op het principe, dat hoe hoger het water boven den drempel van een stuw staat, des te meer er over de stuw heen kan stroomen.

Het water werd aan de stroommeters toegevoerd bij (s) (zie fig. 6 en 7). Om een regelmatige strooming over een stuw te verkrijgen

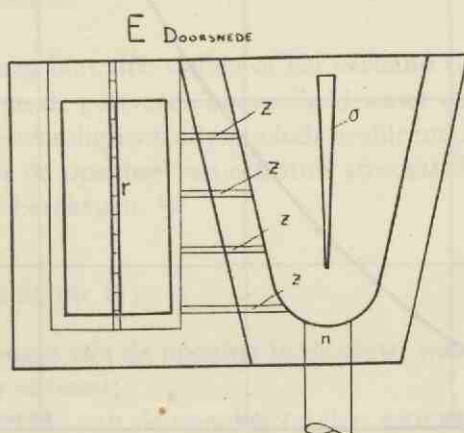


Figuur 9a. Aanzicht van een stroommeter. Voor verklaring zie paragraaf 24.

is het noodig, dat het wateroppervlak voor de stuw glad is en er geen golven zijn. Om dit te bereiken moest het water, dat met groote kracht bij (s) in den stroommeter stroomde, eerst een stroomrichter (p) (zie fig. 9a) passeeren. Deze stroomrichter bestond uit een aantal celluloiden buisjes, die overlans aan elkaar geplakt waren. De stroomingen in verticale richting werden hierdoor belangrijk tegengegaan en voor de stuw was het water daardoor voldoende glad.

De hoogte van het water vóór de stuw kon op een peilschaal (r) (zie fig. 9a en 9b) worden afgelezen. Het is noodig, zoo nauwkeurig mogelijk de aflezing te verrichten, aangezien de hoeveelheid water, die over de stuw stroomt, in een machts-verband met de afgelezen hoogte

samenhangt. Een kleine fout in de aflezing veroorzaakt daardoor een veel grootere fout bij de bepaling van de hoeveelheid stroomend water. De peilschaal bestond uit een glazen staaf met verdeeling in millimeters. Wanneer deze in den stroom zou zijn aangebracht, zou de opstuwing, die daardoor ontstaat, de aflezing vertroebelen. Ook zou het niet goed mogelijk zijn precies de hoogte van het stroomende wateroppervlak te bepalen, aangezien dit steeds, ondanks de grootste voorzorgen, geribbeld is. De peilschaal stond daarom in een klein bakje (q) (zie fig. 9a) naast het gootje. Dit bakje stond met een viertal dunne buisjes (z) met het gootje (vóór de stuw) in verbinding. Door deze buisjes werd wel zeer nauwkeurig de druk overgebracht,

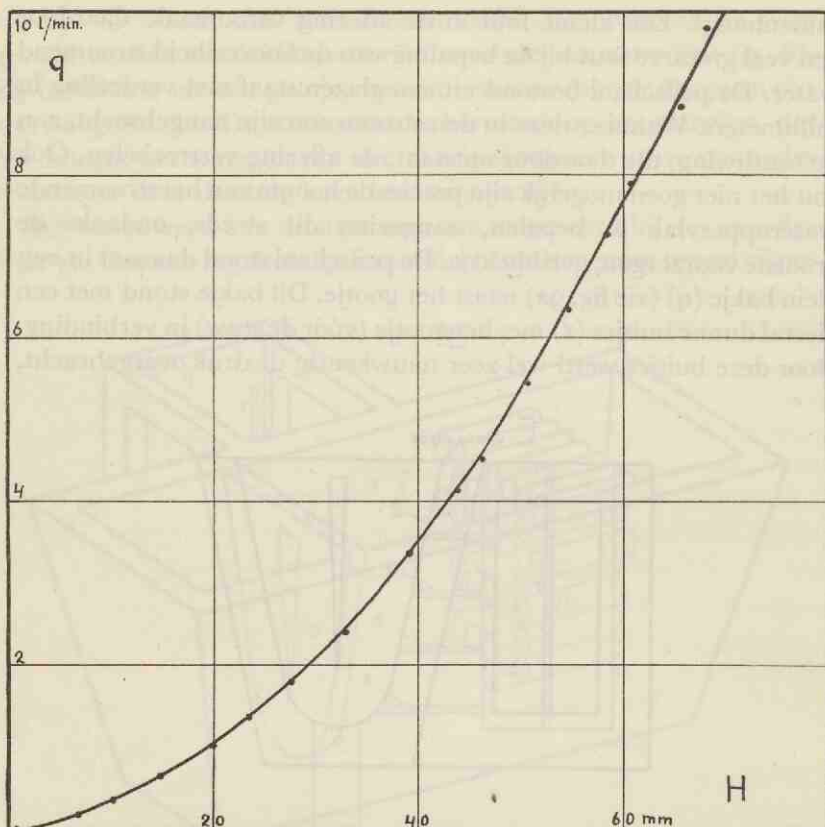


Figuur 9b. Doorsnede door een stroommeter. Voor verklaring zie paragraaf 24.

maar stroom kon in het bakje alleen ontstaan, wanneer het niveau in het gootje veranderde. Dit geschiedde alleen bij het *veranderen* van de stroomsterkte. De twee overstaande wanden van het bakje (q), waarin de peilschaal (r) (zie fig. 9b) stond, waren van glas. Achter den achterwand stond een lampje (dit was noodig omdat de geheele kamer verduisterd was). Er kon zonder parallax worden afgelezen door onder langs den waterspiegel af te lezen.

Als het water de stuw gepasseerd had, viel het vrij door de opening (n) naar de bakken (D), die achter de stroommeters geplaatst waren en die in een volgende paragraaf besproken zullen worden.

De stuw had geen vlakken drempel, waar het water *overheen* stroomde, maar er was in de stuw een scherp V-vormige opening,



Figuur 10. Het verband tusschen de peilschaal-aflezing (H) van een der stroommeters en de geleverde hoeveelheid water (q).

waar het water *doorheen* stroomde. Hiermede werd bereikt, dat er een groot verschil in waterstand noodig was tusschen de groote en kleine hoeveelheden water, die door de stuw konden stroomen. De aflezingen werden daardoor veel nauwkeuriger. Door den V-vorm van de opening konden de kleine stroomsterkten met grootere nauwkeurigheid worden afgelezen dan de grootere. De nauwkeurigheid was zoodoende bij alle relatief gelijk.

De opening was gesneden uit een plaatje celluloid, dat één millimeter dik was en voor stevigte in het beton van de stuw was ingegoten. De opening was 10 cm hoog en van boven 1 cm breed en liep naar beneden op nul uit. De maximale hoeveelheid water, die deze

opening kon leveren, bedroeg ongeveer 12 liter per minuut. Het verband tusschen de hoeveelheid water, die per minuut door de opening in de stuw stroomde, en de hoogte-aflezing op de peilschaal werd voor elk van de stroommeters empirisch bepaald en is voor één van de meters weergegeven in figuur 10. Uit deze grafieken kon voor elke gevraagde waterhoeveelheid de bijbehorende peilschaal-aflezing worden opgezocht. De knijpkraan in de buis, die het water van de reservoirs (F) naar de stroommeters (E) aanvoerde, werd zoo geregeld dat de gevraagde waterhoogte ontstond.

In het gebruik voldeden de stroommeters zeer goed, ze waren eenvoudig, voldoende nauwkeurig, gemakkelijk in te stellen en liepen zeer constant.

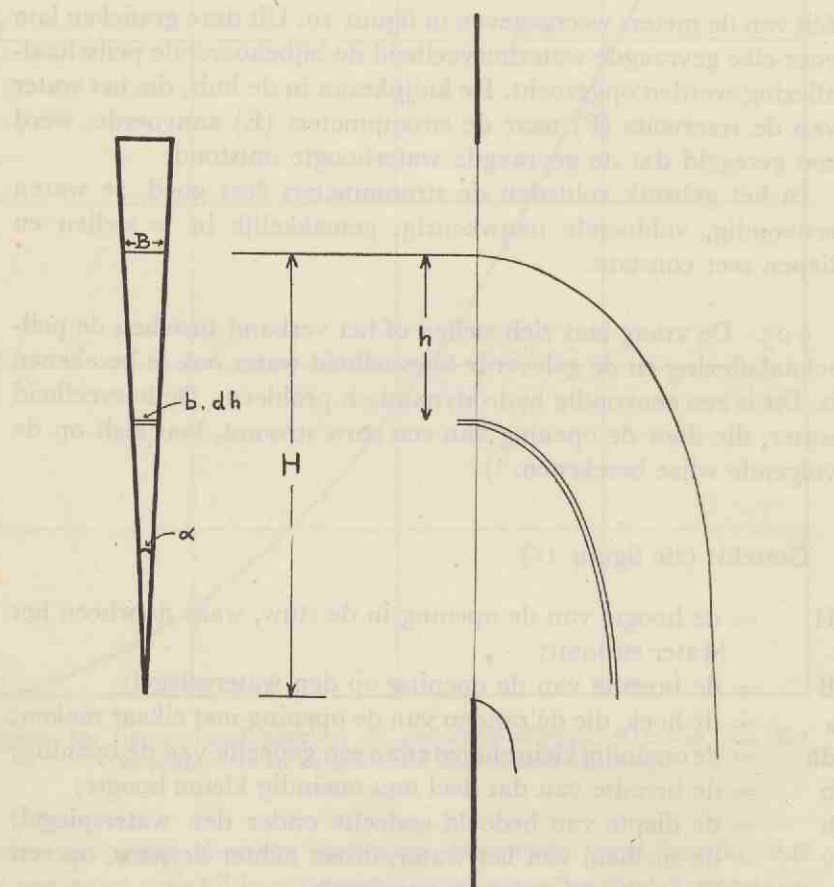
§ 25. De vraag laat zich stellen of het verband tusschen de peilschaalaflezing en de geleverde hoeveelheid water ook te berekenen is. Dit is een eenvoudig hydrodynamisch probleem. De hoeveelheid water, die door de opening van een stuw stroomt, laat zich op de volgende wijze berekenen. <sup>1)</sup>

Gesteld: (zie figuur 11)

- H = de hoogte van de opening in de stuw, waar doorheen het water stroomt;
- B = de breedte van de opening op den waterspiegel;
- $\alpha$  = de hock, die de randen van de opening met elkaar maken;
- dh = de oneindig kleine hoogte van een gedeelte van de opening;
- b = de breedte van dat deel met oneindig kleine hoogte;
- h = de diepte van bedoeld gedeelte onder den waterspiegel;
- v = de snelheid van het water, direct achter de stuw, op een diepte h onder den waterspiegel;
- m = de massa van een waterdeeltje;
- g = de versnelling van de zwaartekracht;
- dq = de hoeveelheid water, die door het deel met oneindig kleine hoogte van de opening stroomt;
- q = de hoeveelheid water, die door de geheele opening van de stuw stroomt;

(1) Ir. K. W. H. Leeftang ben ik veel dank verschuldigd voor de hulp, die hij mij bij deze berekeningen verleende.

$\mu$  = de contractie-coëfficiënt, die o.a. verband houdt met de wrijving van het water langs de randen van de opening; c en C = constanten.



Figuur 11.

De hoeveelheid water, die door het deel met oneindig kleine hoogte van de opening in de stuw stroomt, is het product van de snelheid van het stroomende water en de doorsnede van den waterstroom of:

$$dq = \mu \cdot v \cdot b \cdot dh \quad (1)$$

De breedte van bedoeld gedeelte van de opening laat zich uitdrukken in andere grootheden en wel:

$$b = B \frac{H - h}{H} = 2 (H - h) \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha \quad (2)$$

De snelheid van het stroomende water laat zich berekenen met behulp van de wet op het behoud van het arbeidsvermogen. De hoeveelheid arbeidsvermogen van plaats, die een waterdeeltje vlak vóór de stuw heeft, is gelijk aan het arbeidsvermogen van beweging vlak achter de stuw. Dus:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \text{of} \quad v = \sqrt{2 g \cdot h} \quad (3)$$

Voeren we de formules (2) en (3) in de formule (1) in, dan wordt deze:

$$dq = 2 \mu \sqrt{2 g \cdot h} \cdot (H - h) \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha \cdot dh \quad \text{of:}$$

$$dq = c \cdot \mu \cdot (H - h) \cdot \sqrt{h} \cdot dh$$

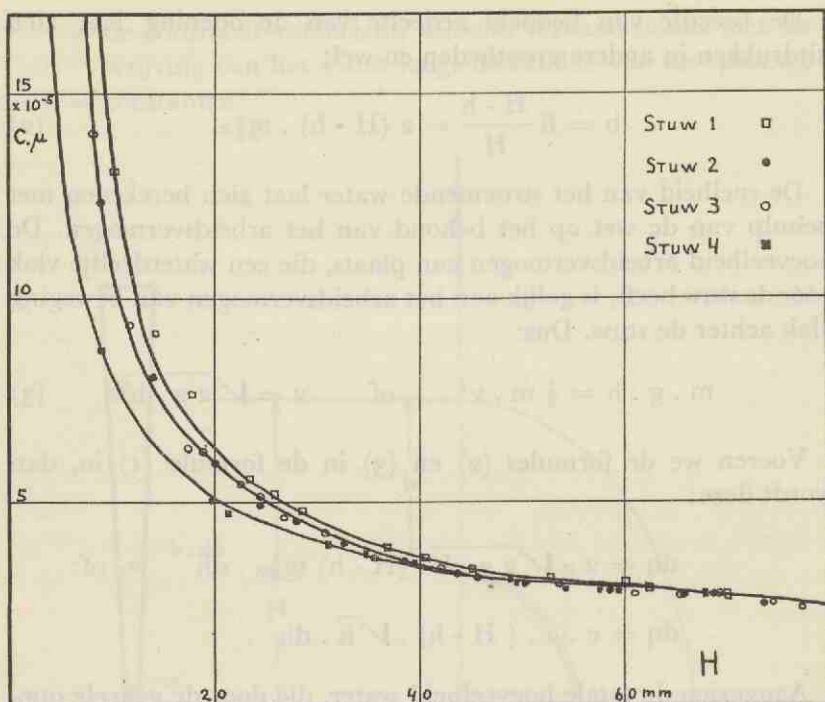
Aangezien de totale hoeveelheid water, die door de geheele opening van de stuw vloeit, gelijk is aan de som van de hoeveelheden, die door alle gedeelten met oneindig kleine hoogte, waarin de opening van de stuw te verdeelen is, stroomt, bedraagt deze totale hoeveelheid:

$$q = c \cdot \mu \cdot \int_0^H (H - h) \cdot \sqrt{h} \cdot dh$$

Bij integratie blijkt dat deze hoeveelheid bedraagt:

$$q = C \cdot \mu \cdot H^{5/2} \quad (4)$$

Figuur 12 geeft de waarde van  $C \cdot \mu$  weer in verband met  $H$ . Duidelijk blijkt uit deze grafiek, dat de waarde van  $\mu$  in het onderste gedeelte van de stuw zeer groot maar in het bovenste gedeelte kleiner en bijna constant is. De capillaire krachten, die in het zeer nauwe onderste gedeelte van de opening werkzaam zijn, moeten verantwoordelijk gesteld worden voor de hoge waarden van  $\mu$  in dat gedeelte van de opening. Opmerkelijk is ook, dat juist in dit onderste gedeelte de stuwjes onderling eenigszins verschillen. De oorzaak hiervan zal gezocht moeten worden in kleine onnauwkeurig-



Figuur 12. Het verband tusschen de waarde van  $C_\mu$  en de peilschaal-aflezing ( $H$ ) van de stroommeters. Duidelijk blijkt, dat in het onderste nauwe gedeelte van de opening in de stuw de contractie-coëfficiënt zeer groot is.

heden, die bij het snijden van het stuwkje moeilijk te voorkomen zijn.

Zooals door ijking is gebleken, heeft de temperatuur weinig invloed op de  $q$ . Bij het gebruik is de temperatuurs-invloed dan ook geheel verwaarloosd. Dit zal tot zeer geringe fouten aanleiding gegeven hebben, aangezien de temperatuur gedurende de proeven wel steeg, maar voor alle stuwjes vrijwel evenveel.

§ 26. Telkens twee stroommeters loosden in één bak (D); één er van werd gevoed met zeewater, de andere met leidingwater (zie fig. 6). Door de waterhoeveelheden, die door de stroommeters geleverd werden, te variëren was het mogelijk ieder willekeurig mengsel van zoet en zout in den bak te laten stroomen, zoodat uit den bak water van elk willekeurig zoutgehalte kon worden afgetapt. De menging werd verkregen door in iederen bak vier roeders, die in de hoeken waren

aangebracht. Bovendien loosde de stroommeter, die leidingwater leverde, bij den bodem, die welke zeewater leverde aan de oppervlakte. Het aftappen van den bak geschiedde halverhoogte (bij j). Aangezien iedere stroommeter een constante hoeveelheid water leverde, leverde ook de bak (D) een constante stroom. Noemen we  $q_1$  en  $q_2$  de geleverde hoeveelheden door de beide stroommeters, dan was de hoeveelheid water  $Q$ , die de bak leverde:

$$Q = q_1 + q_2$$

Waren  $s_1$  en  $s_2$  de Cl'-gehalten van het leidingwater en van het zeewater, dan was het Cl'-gehalte  $S$  van het water, dat de bak (D) leverde, gelijk aan:

$$S = \frac{q_1 s_1 + q_2 s_2}{Q}$$

Bovendien dienden de bakken (D) ervoor om de temperatuur van het water te regelen. Daartoe was in iederen bak een zigzag-buis (l) aangebracht, waar leidingwater door heen stroomde. Door de lage temperatuur van dit water deed de buis zoo als koeler dienst. Bovendien was in iederen bak een aantal electrische verwarmings-apparaten (m) aangebracht, die het water konden verwarmen. Deze bestonden uit een gloeispiraal, die gemonteerd was in een gift-vrij geëmailleerde ijzeren buis. Deze buis hing in het water, dicht bij de roeders. In totaal waren tien van deze verwarmings-elementen aanwezig. Ieder van de gloeispiralen verbruikte 500 Watt en kon den bak in 35 minuten één graad in temperatuur doen stijgen. Bij een strooming van 1 l/min steeg het water door één gloeispiraal  $5^\circ$  in temperatuur. Indien alle tien spiralen in serie geschakeld werden, steeg het water slechts  $0,5^\circ$ ; werden ze parallel geschakeld, dan was het mogelijk het water  $50^\circ$  in temperatuur te doen stijgen.

In iedere helft van de goot (B) was op het punt (g) (zie fig. 6 en 7) een temperatuurschakelaar (thermoregulateur) aangebracht. Deze bestond uit een glazen reservoir, waaraan twee capillairen gesmolten waren. Het geheel was gevuld met kwik. Door een der capillairen was een draad aangebracht, die verschuifbaar was en juist tot op het kwik reikte. De draad door de andere capillair reikte tot diep in het kwik en maakte aldus voortdurend contact. De eerste draad maakte slechts contact, wanneer het kwik zooveel door de verhooging van

de temperatuur was uitgezet, dat het kwik in de capillair boven een bepaald punt steeg. Indien contact gemaakt werd, werd een stroom gesloten, die via een relais de verwarmingselementen uitschakelde. Ook was het mogelijk een gedeelte van de gloeispiralen uit te laten schakelen. Al deze schakelingen vonden plaats op een apart schakelbord, dat tegen den wand van de werkkamer was aangebracht.

Door de combinatie van koelers en verschillende schakelingen was het mogelijk iedere gewenschte temperatuur constant aan het water te geven. De temperatuur-verschillen, die optraden, waren minder dan  $0,1^{\circ}$  C. Ook de temperatuur-verschillen tusschen de beide helften van de goot konden op minder dan het bovengenoemde bedrag gehouden worden.

Het water uit de bakken (D) vloeyde bij (j) af naar de beide helften van den bak (C). Dit water had dus een bekende en constante stroomsterkte, temperatuur en zoutgehalte. Aangezien beide helften van den bak (C) door een apart systeem gevoed werden, waren de eigenschappen van het water in beide helften geheel onafhankelijk van elkaar. Ook was het hierdoor mogelijk de eigenschappen van het water van de beide helften van tijd tot tijd om te wisselen.

## DE RESULTATEN VAN DE PROEVEN

§ 27. In het vorige hoofdstuk is uitvoerig een proefinstallatie beschreven, waarbij het mogelijk was de stroomsterkte, de temperatuur en het zoutgehalte van het water willekeurig en onafhankelijk van elkaar te variëren en den invloed van deze milieu-factoren op het gedrag van trekkende glasaaltjes te bestudeeren.

Bij deze proeven werden, zooals reeds is vermeld, steeds honderd glasaaltjes in de gelegenheid gesteld door een goot tegen den stroom in te zwemmen. Aan het bovenstroomsche einde stond een tusschenschot in de goot, waardoor deze in twee helften gesplitst werd. Uit de ééne helft stroomde b.v. zoet en uit de andere helft zout water in de goot, terwijl de temperatuur en de stroomsterkte van deze beide stroomen nauwkeurig gelijk waren. Op het splitsingspunt konden de glasaaltjes vrij kiezen, waarheen ze wilden trekken. Zoodra ze één der helften van de splitsing gepasseerd waren, zwommen ze door een fuik en konden daardoor niet meer terug. Tot het einde van de proef verbleven ze in een bak, die achter elk der helften van de goot was aangebracht en na afloop werden de aantallen aan beide zijden geteld.

Door de waterstroomen, die uit de beide helften van de goot stroomden, in iedere proef andere eigenschappen te geven, was het mogelijk de voorkeur van de trekkende glasaaltjes voor bepaalde stroomsterkten, temperaturen en zoutgehalten na te gaan. De geheele installatie was opgesteld in een donkere kamer en was bovendien lichtdicht overdekt, zoodat het licht bij de keuze geen rol speelde. Achtereenvolgens zullen in de volgende paragrafen besproken worden de voorkeur, die zij toonden, indien in beide helften de stroomsterkte verschilde, het zoutgehalte verschilde en de temperatuur verschilde, terwijl de beide andere eigenschappen telkens nauwkeurig gelijk werden gehouden. Alle proeven duurden twee uur en alleen de aaltjes, die gekozen hadden, werden geteld. De overigen bevonden zich meestal in de goot vóór de splitsing.

In elke serie proeven werden steeds dezelfde aaltjes gebruikt.

Het totaal aantal proeven, dat ik genomen heb, is betrekkelijk gering. Dit werd door allerlei omstandigheden veroorzaakt.

Vooreerst was het noodig de aaltjes vóór de proef een langen tijd

rust te gunnen, daar zij anders rusteloos rondzwommen en mogelijkheden zochten om te ontvluchten. Van trekken was bij de dieren onder zulke omstandigheden geen sprake.

Door de aaltjes bijna een geheel etmaal voor de proef in den bak (A) in stilstaand water tot rust te laten komen, was tevens het voordeel bereikt, dat zij gedurende dien tijd in een bekend en constant milieu verbleven. Er bleek een duidelijk verband te bestaan tusschen dit milieu en het gedrag van de trekkende glasaaltjes, zooals vooral in paragraaf 29 zal blijken.

Met het nemen van de keuze-proef werd daardoor tegelijkertijd een tweede proef genomen, n.l. werd de invloed onderzocht van een bepaald milieu op den trekdrang van de dieren. De uitkomsten van deze proeven worden samen met die van de keuze-proeven besproken in de volgende paragrafen.

Een volgende oorzaak, waardoor het snel achter elkaar nemen van proeven werd verhinderd, was het feit, dat het niet mogelijk was snel van het ééne naar het andere zoutgehalte over te gaan. De verschillende bakken van de installatie hadden n.l. een vrij grooten inhoud. Werd nu naar een ander zoutgehalte overgegaan, dan duurde het vrij lang, voordat de bakken door het water met het nieuwe zoutgehalte waren doorgespoeld. Dit alles veroorzaakte, dat niet meer dan één proef per dag genomen kon worden.

Het seizoen, waarin gewerkt kan worden is zeer kort. Zooals nog in Hoofdstuk 6 zal blijken, zijn slechts gedurende ongeveer twee maanden van het jaar trekkende glasaaltjes in de Waddenzee aan te treffen. Het bleek dat ook gevangen aaltjes na verloop van tijd minder treklustig werden en voor de proeven niet meer bruikbaar waren (vergelijk § 41). Daarom heb ik 16 Juni de proeven moesten staken, nadat ik vanaf begin April met de aaltjes geëxperimenteerd had.

§ 28. De proeven over de voorkeur van glasaaltjes voor een bepaalde stroomsterkte zijn alle met zeewater genomen, omdat, zooals later zal blijken, glasaaltjes in zoet water slecht trekken. Voor de proef begon werden de honderd aaltjes dus minstens 22 uur in den bak (A) in stilstaand zeewater gehouden om tot rust te komen. Daarna werd het water uit de goot over het laatste watervalletje in den bak (A) gevoerd. Dit werd bereikt door het sluiten van de aftakking, die het water tijdelijk afvoerde (zie paragraaf 19). De

temperatuur van het water veranderde daardoor niet en ook het zoutgehalte bleef gelijk. Vrijwel direct kwamen de aaltjes uit het zand te voorschijn en zwommen naar het instroomende water toe. Het was een lust hen te zien werken om over de watervalletjes heen te komen. Aan het eind van de goot hadden zij te kiezen tusschen twee stroomen van verschillende stroomsterkte, maar van gelijk zoutgehalte en gelijke temperatuur. De resultaten van de genomen proeven zijn samengevat in de onderstaande tabel.

| Datum<br>1939 | Temperatuur<br>°C | Stroomsterkte l/min. |               | Aantal aaltjes. |       |
|---------------|-------------------|----------------------|---------------|-----------------|-------|
|               |                   | rechts               | links         | rechts          | links |
| 12/6          | 15,3              | 1                    | 1             | 23              | 24    |
| 13/6          | 15,6              | 1                    | 2             | 19              | 30    |
| 14/6          | 15,5              | 2                    | 1             | 20              | 14    |
| 15/6          | 15,8              | $\frac{1}{2}$        | 2             | 7               | 22    |
| 16/6          | 16,1              | 2                    | $\frac{1}{4}$ | 20              | 9     |

Duidelijk blijkt uit deze getallen, dat er een voorkeur bestaat voor den sterksten stroom en dat deze voorkeur des te grooter is, naarmate het verschil in stroomsterkte ook grooter is. Uit deze proeven mogen we concluderen, dat glasaaltjes bij voorkeur tegen den stroom inzwemmen en een voorkeur hebben voor sterke boven zwakke stroomen. Hiertegen vallen twee bezwaren te opperen en wel: 1e. dat niet alle honderd aaltjes getrokken hebben en 2e. dat er altijd een aantal aaltjes den „verkeerden kant” opgegaan is. De reden, waarom niet alle honderd aaltjes getrokken hebben, zal in § 41 besproken worden.

Voor het feit, dat er een aantal aaltjes den „verkeerden kant” opging, kunnen slechts mogelijke oorzaken worden opgegeven. Zoo is het misschien louter aan den bouw van de installatie te wijten. De aaltjes hadden n.l. de gewoonte vooral in de hoeken van de goot tegen den stroom in te zwemmen. In de laatste afdeeling van de goot hadden sommige daardoor niet te kiezen. Zij volgden den kant van de goot en kwamen zodoende òf rechts òf links terecht. Alleen de aaltjes, die meer in het midden zwommen, hadden werkelijk tusschen twee stroomen te kiezen. Dit kan mede de oorzaak er van zijn, dat bij grootere verschillen de uitslag naar den kant van de grootste stroomsterkte het duidelijkst was.

Ook is het mogelijk, dat niet alle aaltjes even sterk op het verschil in stroomsterkte reageeren. Uit andere zintuig-fysiologische proe-

ven is bekend, dat de waarnemingsdrempel zelfs voor verschillende dieren van één soort een verschillende hoogte heeft. Ook dit zou het grootere verschil in uitslag bij de grootste stroomsterkte-verschillen kunnen verklaren.

Het verschijnsel, dat niet alle honderd aaltjes trekken en dat er een aantal den „verkeerden kant” opgaat, komt ook bij de volgende proeven steeds voor. Het duidt er dus op, dat de keuze niet bepaald wordt door de uitwendige factor alleen, maar dat waarschijnlijk ook de zintuig-fysiologie van den receptor en de psychische gesteldheid van het organisme er een rol bij spelen. Dit was trouwens ook te verwachten. Alvorens het dier door verandering van gedrag op een uitwendigen factor kan reageeren, moet zich namelijk een keten van processen in het organisme afspelen, waarbij in ieder geval het betreffende zintuig en het centrale zenuwstelsel een rol spelen. Welke deze rol precies is, is niet aan te geven.

Dit beïnvloedt echter niet de geldigheid van de conclusie aangaande het causale verband tusschen stroomsterkte en gedrag van de trekkende dieren. Uit bovenvermelde proeven, waarbij de dieren een voorkeur voor den kant van den sterksten stroom toonden, laat zich concluderen dat de stroom een zoodanigen invloed op het gedrag van trekkende glasaaltjes heeft, dat zij (in het donker) bij voorkeur tegen stroom in zwemmen en een voorkeur hebben voor sterke boven zwakke stroomen.

§ 29. Bij de proeven over den invloed van het zoutgehalte op de trekkende aaltjes kregen deze te kiezen tusschen twee stroomen van gelijke sterkte (ieder 1 l/min) en van gelijke temperatuur, maar met wisselend zoutgehalte. Voor de proef verbleven zij steeds bijna 22 uur in stilstaand water, dat een zoutgehalte had, dat juist tusschen beide in lag en dezelfde temperatuur had. Er werd een reeks proeven genomen, waarvan de resultaten in nevenstaande tabel zijn samengevat.

Uit de resultaten van deze proeven blijkt: 1e. dat er vrijwel steeds een voorkeur voor het zoetste water bestaat en 2e. dat er een nauw verband bestaat tusschen het aantal trekkende aaltjes en het zoutgehalte van het water, waarin zij gedurende 22 uur verbleven. De voorkeur voor het zoetste water neemt toe, naarmate het verschil in zoutgehalte grooter is, terwijl er ook steeds een aantal den „verkeerden kant” opgaat. Dit moet aan dezelfde oorzaken worden toege-

| Datum<br>1939 | Temperatuur<br>°C | Cl'-gehalte<br>voor de proef | Cl'-gehalte |       | Aantal aaltjes |       | Totaal aantal trekkers |
|---------------|-------------------|------------------------------|-------------|-------|----------------|-------|------------------------|
|               |                   |                              | rechts      | links | rechts         | links |                        |
| 19/4          | 11,0              | 16330                        | 15770       | 16850 | 52             | 45    | 97                     |
| 20/4          | 11,5              | 15330                        | 13660       | 16780 | 50             | 30    | 80                     |
| 21/4          | 11,5              | 13160                        | 10440       | 16780 | 50             | 22    | 72                     |
| 23/4          | 10,8              | 9160                         | 70          | 16780 | 52             | 10    | 62                     |
| 24/4          | 11,0              | 9070                         | 16690       | 70    | 5              | 23    | 28                     |
| 25/4          | 10,3              | 4200                         | 8300        | 70    | 7              | 8     | 15                     |
| 26/4          | 10,6              | 70                           | 70          | 70    | 15             | 5     | 20                     |
| 27/4          | 10,6              | 3380                         | 7270        | 70    | 1              | 1     | 2                      |
| 28/4          | 10,7              | 8070                         | 16780       | 70    | 2              | 6     | 8                      |
| 29/4          | 10,8              | 13000                        | 16710       | 7160  | 17             | 47    | 64                     |
| 30/4          | 10,8              | 16630                        | 16710       | 16630 | 23             | 25    | 48                     |
| 1/5           | 10,9              | 16710                        | 16710       | 16710 | 17             | 25    | 42                     |
| 2/5           | 10,9              | 16530                        | 16530       | 16530 | 14             | 16    | 30                     |
| 3/5           | 10,9              | 14880                        | 12920       | 16750 | 25             | 29    | 54                     |
| 4/4           | 11,1              | 15070                        | 13240       | 16660 | 16             | 8     | 24                     |
| 5/5           | 11,8              | 6520                         | 70          | 16660 | 26             | 0     | 26                     |
| 6/5           | 12,0              | 6690                         | 16680       | 70    | 1              | 13    | 14                     |
| 7/5           | 11,3              | 70                           | 70          | 70    | 2              | 3     | 5                      |
| 8/5           | 11,3              | 70                           | 70          | 70    | 5              | 7     | 12                     |

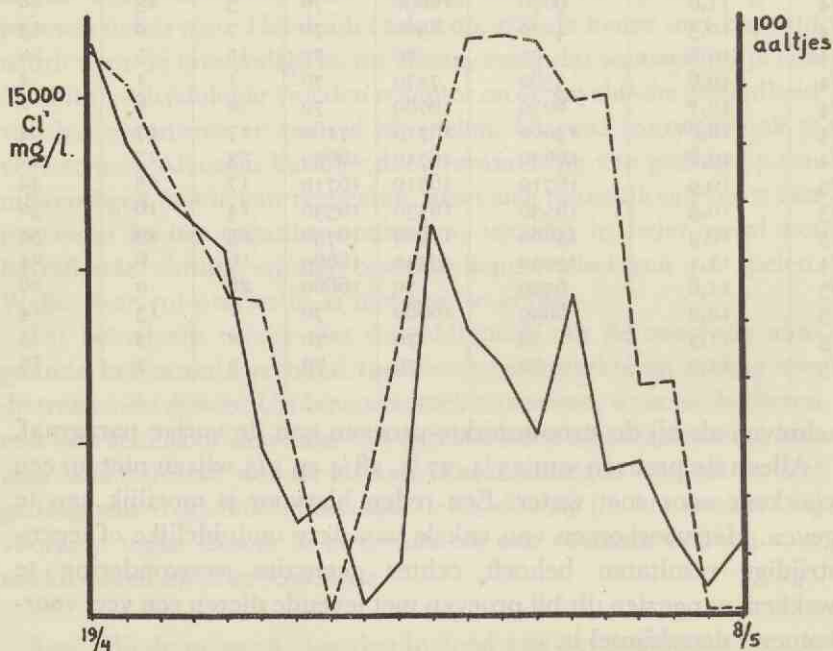
schreven als bij de stroomsterkte-proeven van de vorige paragraaf.

Alleen de proeven van 25/4, 27/4, 28/4 en 3/5 wijzen niet op een voorkeur voor zoet water. Een reden hiervoor is moeilijk aan te geven. Het voorkomen van enkele van deze onduidelijke of tegenstrijdige resultaten behoeft echter geenszins verwondering te wekken, aangezien dit bij proeven met levende dieren een veel voorkomend verschijnsel is.

De proeven van 26/4, 1/5, 2/5, 7/5 en 8/5 geven steeds een keuze weer tusschen twee gelijke zoutgehalten. Niet steeds blijkt de keuze aan beide zijden precies gelijk te zijn. Nemen we echter het gemiddelde van deze vijf proeven, dan koos 48% links tegen 52% rechts, wat zeer bevredigend genoemd mag worden. Een speciale voorkeur voor één van de helften van de goot bestond dus niet.

Vergelijken we de derde en de laatste kolom van de bovenstaande tabel met elkaar, dan blijkt er een verband te bestaan tusschen het aantal trekkende aaltjes en het zoutgehalte van het water, waarin zij gedurende 22 uur hadden verbleven. Dit verband is geteekend in figuur 13. De gestippelde lijn geeft het verloop van het zoutgehalte weer, de getrokken lijn het aantal aaltjes, dat de goot tot aan het einde had door getrokken. Duidelijk is te zien, dat het aantal aaltjes met het zoutgehalte daalt en stijgt. Dit verband is echter niet

geheel zuiver. Vooreerst blijkt bij de stijging van het zoutgehalte tot de oorspronkelijke waarde het aantal trekkers niet weer tot honderd te stijgen. Over de mogelijke oorzaak van deze vermindering van den trekdrang zullen in paragraaf 33 en 41 opmerkingen gemaakt worden. Zoo is het mogelijk, dat het zoete water in de



Figuur 13. Het aantal trekkende glas-aaltjes in verband met het zoutgehalte van het water, waarin zij den afgelopen dag verbleven. De gestippelde lijn geeft het verloop van het zoutgehalte weer, de getrokken lijn het aantal trekkende glas-aaltjes. Zie overigens paragraaf 29.

voorafgaande proeven een verlammende werking op den trekdrang heeft, die nog lang van invloed blijft. Geheel reversibel zou het verschijnsel dan niet zijn. Deze nawerking van het zoete water blijkt o.a. in de proef van 27/4, waarin het minste aantal aaltjes getrokken heeft en die daags na den dag van het laagste zoutgehalte genomen is.

Gedurende de proeven, waarbij de aaltjes 22 uur in zoet water werden gehouden en daarna werden uitgenoodigd tegen een zoeten waterstroom in te zwemmen, was het gedrag van de dieren geheel

anders. Zoodra de schuif open ging en het water begon te stroomen was in het geheel geen trek lust bij hen te bekennen. Slechts langzaam kwamen ze uit het zand en gingen dan bij voorkeur op plaatsen met groote stroomsterkte liggen. Zelfs uren nadat de proef was begonnen lagen er nog tientallen op het eerste watervalletje, den kop en de voorste helft van hun lichaam er over heen, de rest er nog voor. Anderen lagen onder de schotten en schenen zich behagelijk te koesteren in den stroom.

§ 30. De proeven over den invloed van de temperatuur op de trekkende glasaaltjes zijn uitsluitend met zeewater uitgevoerd. Het had een Cl'-gehalte van 16350 tot 16500 mgr/l. De aaltjes hadden te kiezen tusschen twee stroomen van ieder 1 l/min. De resultaten van de genomen proeven zijn in de onderstaande tabel samengevat.

| Datum<br>1939 | Tijd in<br>uren | temp.<br>°C. | Temperatuur °C |       |          | Aantal aaltjes |       | Keuze     | Totaal aantal trekkers |
|---------------|-----------------|--------------|----------------|-------|----------|----------------|-------|-----------|------------------------|
|               |                 |              | rechts         | links | verschil | rechts         | links |           |                        |
| 13/5          | 22              | 12,8         | 13,9           | 12,8  | 1,1      | 18             | 51    | koud      | 69                     |
| 14/5          | 22              | 13,9         | 13,7           | 13,2  | 0,5      | 13             | 28    | koud      | 41                     |
| 15/5          | 22              | 13,4         | 13,3           | 13,1  | 0,2      | 3              | 16    | koud      | 19                     |
| 16/5          | 6               | 13,4         | 13,1           | 13,3  | 0,2      | 3              | 3     | onbepaald | 6                      |
| 19/5          | 70              | —            | 13,2           | 13,4  | 0,2      | 8              | 10    | onbepaald | 18                     |
| 22/5          | 70              | 14,1         | 12,2           | 12,2  | 0        | 5              | 6     | onbepaald | 11                     |
| 23/5          | 22              | 13,9         | 14,2           | 11,5  | 2,7      | 6              | 5     | onbepaald | 11                     |
| 24/5          | 22              | —            | 15,0           | 14,6  | 0,4      | 6              | 20    | koud      | 26                     |
| 25/5          | 22              | 16,4         | 16,0           | 16,6  | 0,6      | 7              | 28    | warm      | 35                     |
| 26/5          | 22              | —            | 15,2           | 15,7  | 0,5      | 4              | 9     | warm      | 13                     |
| 30/5          | 90              | 14,1         | 14,2           | 15,2  | 1,0      | 28             | 10    | koud      | 38                     |
| 31/5          | 20              | 14,8         | 15,7           | 14,7  | 1,0      | 22             | 9     | warm      | 31                     |
| 1/6           | 22              | —            | 14,8           | 14,8  | 0        | 13             | 5     | —         | 18                     |
| 5/6           | 96              | 17,9         | 16,2           | 16,5  | 0,3      | 20             | 18    | onbepaald | 38                     |
| 6/6           | 20              | 19,0         | 19,5           | 17,5  | 2,0      | 13             | 31    | koud      | 43                     |
| 7/6           | 22              | 20,0         | 17,8           | 19,3  | 1,5      | 21             | 14    | koud      | 35                     |
| 8/6           | 22              | 18,4         | 18,8           | 17,5  | 0,5      | 13             | 19    | koud      | 32                     |
| 9/6           | 22              | 16,9         | 16,7           | 19,1  | 2,4      | 16             | 24    | warm      | 40                     |

Uit deze tabel blijkt niet, dat de temperatuur bij de onderzochte verschillen en bij de gebezigde temperaturen, een invloed op de trekkende glasaaltjes heeft. Vooreerst blijkt er in het geheel geen verband te bestaan tusschen het aantal trekkende aaltjes en de temperatuur, waarin zij verblijven. De aantallen aaltjes en de keuze, die zij deden, zijn in onderstaand tabelletje nog eens weergegeven en gerangschikt naar de opklimmende temperatuur.

| Temperatuur in °C. | Keuze.    | Aantal trekkers. |
|--------------------|-----------|------------------|
| 12,8               | koud      | 69               |
| 13,4               | koud      | 19               |
| 13,4               | onbepaald | 6                |
| 13,9               | koud      | 41               |
| 13,9               | onbepaald | 11               |
| 14,1               | onbepaald | 11               |
| 14,1               | koud      | 38               |
| 14,8               | warm      | 31               |
| 16,4               | warm      | 35               |
| 16,9               | warm      | 40               |
| 17,9               | onbepaald | 38               |
| 18,4               | koud      | 32               |
| 19,0               | koud      | 43               |
| 20,0               | koud      | 35               |

Uit het rechts of links zwemmen blijkt vervolgens geen bepaalde voorkeur, zooals nog eens duidelijk uit komt in het onderstaande tabelletje, waar de resultaten gerangschikt zijn naar het grooter wordende verschil in temperatuur tusschen de beide stroomen.

| Vershil in °C. | Keuze.    |
|----------------|-----------|
| 0              | onbepaald |
| 0,2            | onbepaald |
| 0,2            | onbepaald |
| 0,2            | koud      |
| 0,3            | onbepaald |
| 0,4            | koud      |
| 0,5            | koud      |
| 0,5            | warm      |
| 0,5            | koud      |
| 0,6            | warm      |
| 1,0            | koud      |
| 1,0            | warm      |
| 1,1            | koud      |
| 1,5            | koud      |
| 2,0            | koud      |
| 2,4            | warm      |
| 2,7            | onbepaald |

Bij deze proeven valt weer op, dat lang niet alle aaltjes getrokken hebben, het gemiddelde bedraagt slechts 30 van de honderd. Ook was de verdeling tusschen rechts en links zoodanig, dat geen van beide kanten een duidelijke voorkeur toonde. In paragraaf 28 is uitvoerig over deze dingen uitgewijd.

Tot een invloed van de temperatuur op het gedrag van de trekkende glasaaltjes kan uit deze proeven niet besloten worden. Het onderzochte temperatuur-gebied reikt van 12,8 tot 20°, het verschil bij de keuze-proeven was maximaal 2,7°. Het is natuurlijk heel goed mogelijk, dat b.v. lagere temperaturen wel invloed hebben. Dit is echter in het laboratorium niet verder onderzocht, aangezien met de proefinstallatie lagere temperaturen in dat jaargetijde niet verwezenlijkt konden worden. In de natuur kunnen deze temperaturen waarschijnlijk hun invloed wel doen gelden. Grooter temperatuur-verschil tusschen de beide stroomen in de keuze-proeven leek mij ongewenscht. Voor zee-bewonende dieren moet een temperatuur-verval van 2,7° als zeer belangrijk worden aangemerkt en het lijkt mij weinig zinvol grootere temperatuur-verschillen te onderzoeken.

Op den invloed van de temperatuur op de trekkende glasaaltjes zal uitvoerig in Hoofdstuk 6 worden teruggekommen. Daar zal gewezen worden op een waarschijnlijken invloed van hoogere en lagere temperaturen op het verloop van den trek.

Het zou nog mogelijk zijn den invloed van een combinatie van twee of meer factoren op den trek van de glasaaltjes te onderzoeken. Zoo zou men hen b.v. tusschen sterk stroomend zout- en langzaam stroomend zoetwater kunnen laten kiezen. Deze proeven zouden een indruk kunnen geven over de verhouding van de sterkte van de voorkeur, die de aaltjes voor bepaalde factoren toonen. Doordat het seizoen reeds te ver verlopen was, heb ik deze proeven niet meer kunnen nemen.

§ 31. Mijn waarnemingen van de trekkende glasaaltjes, die in Hoofdstuk 3 beschreven zijn en de uitkomsten van de proeven van dit hoofdstuk laten zich als volgt samenvatten: (Tenzij anders is vermeld, wordt het gedrag in zeewater bedoeld.)

1. Glasaaltjes zijn bij rust bij voorkeur in het zand ingegraven, ook houden zij zich schuil achter grootere voorwerpen, zooals steenen enz.
2. Overdag rusten de aaltjes, 's nachts zwemmen zij rond.

3. Dit verschil in activiteit tusschen dag en nacht wordt door het licht veroorzaakt.

4. Bij voorkeur zwemmen aaltjes in schooltjes, zooveel mogelijk achter elkaar.

5. Zwemmende aaltjes zwemmen steeds tegen stroom in, is er geen stroom, dan zwemmen zij „doelloos” rond.

6. Zij oriënteeren zich op de stroomrichting door voortdurend met hun kop met vaste voorwerpen in contact te blijven. Ook op groote verschillen in stroomsterkte kunnen zij zich oriënteeren.

7. Als aaltjes te kiezen krijgen tusschen twee stroomen, kiezen zij steeds den sterksten.

8. Als het zoutgehalte van het water een weinig daalt, gaan de aaltjes behalve in het donker ook in het licht zwemmen; als het zoutgehalte stijgt doen zij dit niet.

9. Als het zoutgehalte sterk daalt, gaan ze naar de oppervlakte en probeeren boven het water uit en tegen de wanden van het aquarium op te klimmen.

10. De activiteit van de aaltjes is evenredig aan het zoutgehalte van het water, waarin zij den afgeloopen dag verbleven.

11. In zoet water trekken ze noch overdag noch 's nachts en bewegen zich dus ook niet tegen den stroom in.

12. Als glasaaltjes te kiezen krijgen tusschen twee stroomen met verschillend zoutgehalte, toonen ze een voorkeur voor den zoetsten.

13. Tusschen  $12,8^{\circ}$  en  $20^{\circ}$  heeft de temperatuur geen invloed op hun gedrag. Indien het temperatuur-verschil tusschen twee stroomen minder dan  $2,7^{\circ}$  bedraagt en in bovengenoemd temperatuur-gebied ligt, hebben de glasaaltjes geen voorkeur voor het warmere of koudere water. In Hoofdstuk 6 zal echter blijken, dat bij lagere temperaturen waarschijnlijk wel invloed moet worden aangenomen.

§ 32. Waarnemingen over het gedrag van glasaaltjes, waarbij men tevens heeft nagegaan, wat de aanleiding tot hun gedrag was, zijn slechts zelden gedaan. Al de waarnemingen, die mij uit de literatuur bekend zijn, zullen in deze paragraaf worden besproken aan de hand van de samenvatting, die in de vorige paragraaf gegeven is. Buitenwaarnemingen zijn hierbij niet vermeld; deze zullen in de paragrafen 35 en 68 worden nagegaan. Indien een bepaald punt van de vorige paragraaf hier niet wordt vermeld, zijn mij daaromtrent geen waarnemingen uit de literatuur bekend.

1. Dat de glasaaltjes zich bij rust bij voorkeur in het zand ingraven, wordt slechts door Seligo (401) en Röhler (323) vermeld. Dit ingraven is een van de eerste zaken, die men opmerkt, wanneer men levende glasaaltjes in een aquarium observeert. Er is ontzaggelijk veel literatuur over glasaaltjes verschenen en toch wordt dit gedrag door slechts twee auteurs opgemerkt. Het is er een aanwijzing voor, hoe weinig men zich tot nu toe met de *levende* dieren bemoeit heeft.

3. Het verschil in activiteit tusschen dag en nacht wordt door het licht veroorzaakt.

Sylvest (416) toonde een inwerking van het licht op het gedrag van de glasaaltjes aan. Een blikken bus van 40 bij 20 cm deelde hij door een tusschenschot in twee deelen. In het tusschenschot bevond zich een vierkante opening van 2 bij 2 cm. Eén der helften werd overdekt en het geheel in de zon geplaatst nadat hij er honderd aaltjes in liet zwemmen. Oogenblikkelijk verzamelden allen zich in het donkere gedeelte. Na verduistering van de lichte en opening van de verduisterde helft van de bus, gingen de aaltjes weer in de donkere helft. Sylvest betitelt dit gedrag met den naam van „negatieve heliotaxis”. Deze lichtschuwheid heeft echter niets met de geconstateerde activiteits-vermindering in het licht te maken. Deze is niet eerder waargenomen.

5. Zwemmende aaltjes zwemmen steeds tegen stroom in, is er geen stroom, dan zwemmen zij doelloos rond. Sylvest deed soortgelijke waarnemingen. Hij liet een heel zwakken stroom water in een bak, waarin zich glasaaltjes bevonden, spuiten. Oogenblikkelijk verzamelde zich ongeveer een derde van de aaltjes op de plaats, waar dit water de oppervlakte raakte. Alhoewel het heel goed mogelijk is, dat dit gedrag door hun eigenschap om tegen den stroom in te zwemmen veroorzaakt wordt, heeft deze waarneming weinig bewijskracht. Het is immers ook goed mogelijk, dat zij op het b.v. koelere of zuurstofrijkere water afkwamen.

Ook Röhler (323) en Neubaur (275) hebben soortgelijke waarnemingen over de gevoeligheid van glasaaltjes voor strooming verricht. Steeds zochten de aaltjes in het aquarium het instroomende water op.

9. Dat aaltjes boven water uit trachten te klimmen en zelfs tegen loodrechte wanden kunnen opstijgen, is tallooze malen in de natuur geconstateerd en wordt o.a. ook door Sylvest in zijn proeven vermeld, zooals in punt 12 zal blijken.

11. Het feit, dat glasaaltjes in zoet water weinig actief zijn, constateerde Sylvest in zijn proeven, zooals eveneens in het volgende punt zal blijken.

12. Als glasaaltjes te kiezen krijgen tusschen twee stroomen met verschillend zoutgehalte, kiezen ze den zoetsten. Sylvest deed soortgelijke waarnemingen. Hij deed 50 glasaaltjes gedurende 24 uur in een bak van 60 cm doorsnede, die 10 cm hoog met zeewater gevuld was. Hierin plaatste hij twee bierflesschen met de opening naar beneden. De een was gevuld met zeewater, de andere met beekwater. Reeds  $\frac{1}{2}$  minuut nadat de flesschen ontkurkt waren zag hij hoe zich tien aaltjes met levendige bewegingen bij de flesch met zoet water ophielden, terwijl geen enkel aaltje zich bij de flesch met zeewater bevond. Na 2 minuten bevonden zich bijna alle 50 aaltjes bij de flesch met zoet water. Tevens begonnen de aaltjes tegen de wanden van den bak en den buitenkant van de flesch op te klimmen. Een gedeelte der aaltjes zwom de flesch met zoet water in. Bij een tweede proef bevond zich zoet water in den bak en de glasaaltjes reageerden nauwelijks op het water uit de flesschen. Sylvest besluit uit deze proeven dat de glasaaltjes, die in zeewater leven, „positief chemotactisch” zijn, d.w.z. dat beekwater ze aantrekt.

Deze waarnemingen staan echter in tegenspraak met die van Nordquist en Vallin (286). Zij meenden dat chemotaxis bij den trek van de glasaaltjes geen rol speelt.

Tevens deed Sylvest waarnemingen met de blikken bus, die hij in twee gedeelten verdeeld had en die in het begin van deze paragraaf beschreven is. In de ééne helft deed hij zeewater, in de andere helft zoet water. In iedere helft deed hij tevens 50 glasaaltjes. Nadat de opening geopend was, trokken de aaltjes van de ééne naar de andere helft. Na tien minuten werd het aantal aaltjes in iedere helft geteld. Hoe grooter het verschil in zoutgehalte tusschen de beide afdelingen was, des te grooter was het aantal aaltjes, dat van het zoute naar het zoete water getrokken was. Hij meende dit te kunnen verklaren met de wet van Weber-Fechner. Het lijkt mij echter ook mogelijk, dat dit verschil evenals bij mijn proeven aan den bouw van de proefinstallatie kan worden toegeschreven. De opening tusschen de beide helften was dicht bij den bodem aangebracht. Door het verschil in soortelijk gewicht van de beide watersoorten moet dan een vrij sterke mengstroom bij de opening ont-

staan zijn. De verplaatsing van de aaltjes kan dus door den mengstroom beïnvloed zijn. Hoe grooter het verschil in soortelijk gewicht tusschen het water in de beide helften was, des te sterker zal de mengstroom geweest zijn. Deze proeven van Sylvest hebben slechts geringe bewijskracht.

§ 33. Uit hetgeen in dit hoofdstuk is besproken blijkt dus, dat de glasaaltjes over een zeer bepaald gedrag beschikken, dat hun doet trekken. Het verschijnsel van den trek van de glasaaltjes is dus een probleem, dat zich geheel bevindt op het gebied van de gedragsbiologie (ethologie). In het voorgaande is getracht een beschrijving van het gedrag van de glasaaltjes te geven.

Het gedrag van de aaltjes blijkt afhankelijk te zijn van zeer eenvoudige omstandigheden van het milieu als zoutgehalte, stroom en lichtintensiteit. Deze factoren doen steeds weer hetzelfde gedrag ontstaan. Aangezien de waarnemingen geheel reproduceerbaar zijn, moeten wij eruit besluiten, dat de aaltjes zich volgens een vast en aangeboren schema <sup>1)</sup> gedragen. Het schema is dus vast en aangeboren, maar het gedrag zelf is afhankelijk van de factoren van het milieu.

In het voorgaande is dus een beschrijving van het gedrag gegeven. Men zou zich ook kunnen afvragen, hoe het komt, dat de dieren zich juist zóó gedragen. Een antwoord op deze vraag is niet te geven. Wel moet erop gewezen worden, dat zij juist dank zij dit gedrag in staat zijn te trekken en zich op bepaalde eigenschappen van het milieu te oriënteren. Het gedrag en het milieu zijn twee zaken, die volledig bij elkaar passen. Een dergelijk passen van het organisme bij zijn milieu treffen we vaak aan. Het wijst op de doelmatigheid, die in de natuur bestaat. Een causale verklaring ervan is echter moeilijk te geven.

Opmerkelijk is ook, dat het gedrag van de dieren met hun leeftijd verandert. Steeds beschikken zij juist over het gedrag, dat hun in de gegeven omstandigheden van nutte is. Zoo is het gedrag van den *Leptocephalus* geheel anders dan dat van de gemetamorfoseerde aaltjes en dat van deze laatste weer anders dan van de volwassen, rijpe palingen.

In het voorgaande is dikwijls gesproken over trekdrang waar-

(1) In plaats van schema kan men ook spreken van instinct; dit is ook bij andere dieren aangeboren en soortspecifiek.

mede een inwendige, psychische toestand van de aaltjes bedoeld is. Is de trekdrang groot, dan gaat een hoog percentage van de aaltjes trekken, wanneer zij daartoe door het gaan stroomen van het water of het afnemen van de lichtintensiteit worden aangezet. Deze trekdrang bleek niet steeds even groot te zijn. Hij was in het zoete water bijna afwezig, in het zeewater daarentegen sterk. Men krijgt den indruk, dat hij geheel van de uitwendige omstandigheden als zoutgehalte en temperatuur afhangt. Of b.v. de ouderdom der dieren een invloed heeft, kan ik niet aangeven. Het is ook niet onmogelijk, dat de trekdrang minder wordt, wanneer het zoete water eenmaal bereikt is. De resultaten van paragraaf 29 zouden daarop wel kunnen wijzen.

Ook kan ik niet vermelden of er werkelijk een uitwendige verandering voor noodig is om de dieren met sterken trekdrang tot zwemmen aan te zetten. In de proeven was dit wel steeds het geval. Door de dieren gedurende langen tijd in het donker in stilstaand zeewater te houden, zou men kunnen nagaan of de beweging ook spontaan optreedt.

Eveneens moet den glasaaltjes een leervermogen niet ontzegd worden, aangezien het ook bij andere dieren bestaat. Om den invloed ervan uit te sluiten, wisselde ik de eigenschappen van de twee stroomen van tijd tot tijd om, waardoor dressuur op één van beide kanten niet verwacht kon worden. Het is echter wel mogelijk, dat zij een rol speelde bij het totaal aantal trekkers, aangezien bij één serie proeven steeds dezelfde aaltjes gebruikt werden. Het zou er de verklaring voor kunnen zijn, waarom in alle drie de series het totaal aantal trekkers steeds afnam: zij hadden geleerd door zoo te trekken hun doel niet te bereiken.

Kortom het zou kortzichtig zijn den trek van de glasaaltjes geheel als een mechanisch gebeuren op te vatten. De psyche van de dieren speelt er een groote rol bij en zal ook haar invloed bij de proeven hebben doen gelden. Daarom zijn de proefresultaten niet altijd zoo fraai als men wel zou wenschen.

§ 34. Naar het zoutgehalte kunnen we in den trek van de gemetamorfoseerde jonge aaltjes drie fasen onderscheiden en wel:

1. De trek van de glasaaltjes in volle zee van de plaats van metamorfose naar de kust;
2. De trek van de glasaaltjes van de zee naar het binnenwater;

3. De trek van de gepigmenteerde aaltjes in de binnenwateren van de kuststreek landinwaarts naar de plaatsen, waar zij hun verder leven zullen doorbrengen. <sup>1)</sup>

Aan het verloop van den trek in volle zee zal Hoofdstuk 8 gewijd worden, zoodat daarop hier niet verder zal worden ingegaan.

De tweede fase is van belang voor het binnentrekken van de glasaaltjes door de sluizen van het IJsselmeer. De vervallen van het zoutgehalte zijn daar van dezelfde orde van grootte als in de genomen proeven. Hetzelfde kan van de stroomsterkte en de lichtintensiteit gezegd worden. De verhoudingen zijn daar dus vergelijkbaar met die in het laboratorium en wij mogen daarom gerust aannemen, dat het zoutgehalte en de stroom er dezelfde oriënteerende werking zullen hebben. Ons inzicht in wat zich bij den Afsluitdijk afspeelt is daardoor zeer verruimd.

De trek in het binnenwater vindt onder geheel andere omstandigheden plaats. Het gedrag van de aaltjes is in het zoete water immers geheel anders dan in zeewater. Er is reeds op gewezen, dat hun trekdrang in het zoete water zeer gering is en dat zij bijna niet meer op stroom reageeren. In paragraaf 42 zal blijken, dat ook hun reacties op de temperatuur in het zoete water geheel andere zijn. Het resultaat is dan ook, dat zij in zoet water niet ver meer trekken. Nadat het IJsselmeer verzoet was, ontstonden dan ook klachten van de visschers der omliggende wateren, dat de jonge paling in het meer bleef en niet meer doortrok (Redeke (315)). Toen het zoutgehalte vroeger hooger was, deden ze dit wel.

Het feit, dat glasaaltjes in zoet water niet meer actief zijn en daardoor niet meer tegen stroom inzwemmen, heeft eenige toelichting noodig. A priori zou men denken, dat dit onjuist is, aangezien zij zich dan immers niet rivieropwaarts kunnen bewegen. Toch duiden de proeven er eensluidend op, dat de trekdrang in het zoete water verlamt. De talloze waarnemingen van stroomopwaarts trekkende glasaaltjes vonden echter alle plaats in den benedenloop van rivieren en beken. Heel goed wordt dit verschijnsel b.v. beschreven door Fischer & Lübbert (120) in de Severn. Meer stroomopwaarts daarentegen wordt altijd melding gemaakt van oudere één- of meerjarige palingen, zooals o.a. door Kisker (217)

(1) De pigmentatie begint aan onze kusten reeds in zee en is pas voltooid, wanneer de meeste dieren in het binnenwater zijn. Bij den Afsluitdijk zijn de aaltjes nog doorzichtig, al zijn reeds eenige pigmentcellen zichtbaar.

en Metzger (270). Het verlammen van den trekdrang moet dus zoo opgevat worden, dat de glasaaltjes wel een eindje stroomopwaarts gaan, maar dat dit niet verder is dan den benedenloop van de rivieren. De verdere trek landinwaarts vindt in een later levensjaar plaats. Vaak stelt men het voor, alsof oudere palingen een sedentaire levenswijze zouden hebben (Gilson (134)). De waarnemingen van trekkende groote palingen bewijzen echter het tegendeel. Zoo wordt b.v. door Järvi (206) opgemerkt, dat er in Finland palingen zijn, die in staat bleken 13 watervallen van totaal 78 m hoogte te overwinnen. Nordquist (285) deelt mede, dat de kleinste alen in Finland 31 cm lang zijn en Järvi (205) toonde aan, dat deze dieren behalve het centrale veld nog twee jaarringen in hun schubben vertoonden. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat sinds het glasaal-stadium al 4 à 5 jaar verlopen zijn en nog blijken zij in staat zulke hindernissen op hun trekweg te overwinnen. Wat de stimulans tot dit trekken is en hoe zij zich oriënteeren is vrijwel onbekend. Misschien is de sexe en de voedingstoestand hierbij wel van invloed. Neubaur (275) bepleitte een oriëntatie van de trekkende dieren op den voedselrijkdom van de wateren, door den geur waargenomen. Ook is het niet onmogelijk, dat de temperatuur van invloed is op den trek; dit zal in paragraaf 42 verder worden besproken. Het probleem lijkt mij rijp voor een uitvoerige bewerking.

§ 35. In het voorgaande hebben we uit laboratorium-proeven tot een bepaald gedrag van de trekkende glasaaltjes besloten, een gedrag dat door de uitwendige factoren van het milieu bepaald wordt. Behalve over deze laboratorium-waarnemingen beschikken wij in de literatuur over een groot aantal waarnemingen in de natuur van trekkende glasaaltjes. Weliswaar kunnen deze moeilijk uitsluitsel geven over den invloed van bepaalde factoren op het gedrag van de dieren, zij kunnen echter vaak wel een aanwijzing zijn. Bovendien kunnen we nagaan of de waarnemingen in de natuur eventueel in strijd zijn met die in het laboratorium.

Het binnentrekken van de glasaaltjes is waarschijnlijk reeds aan de oude Grieken bekend geweest. In de moderne tijden behoorde het tot een van de eerste gegevens omtrent de biologie van den paling. Het aantal waarnemingen over trekkende glasaaltjes in riviermonden en aan kusten is dan ook legio. Een volledige opsomming ervan zou ver buiten den opzet van dit proefschrift gaan. De belang-

rijkste slechts van degene, die mij uit de literatuur bekend zijn, zullen daarom besproken worden. Om orde in den chaos te scheppen, zullen zij behandeld worden in de volgorde van de 13 punten van paragraaf 31. Wanneer mij geen gepubliceerde waarnemingen over het betreffende punt bekend zijn, is het overgeslagen.

(2). Er zijn overdag tallooze malen glasaaltjes bij riviermonden en sluizen waargenomen. Dit is dus in overeenstemming met de waarnemingen in het aquarium. Hierbij dient immers opgemerkt te worden, dat deze waarnemingen gedaan zijn in den overgang van zout naar zoet water, waarbij de aaltjes ook in het laboratorium overdag actief werden. Deze tallooze waarnemingen, die feitelijk door iedereen gedaan zijn, die zich met glasaaltjes bemoeide, behoren dus thuis onder punt (8). De waarnemingen, waarbij het zoete water geen rol speelt en die dus in volle zee verricht moeten zijn, zullen in paragraaf 68 behandeld worden.

(4). Dat glasaaltjes in scholen zwemmen, wordt bevestigd door tallooze waarnemingen, waarvan er eenige hier volgen:

Häpke (149) vermeldt waarnemingen in de Weser. De trekkende dieren vormden als het ware een langen band, die twee dagen lang stroomopwaarts trok. Ook grotere dieren zwommen er tusschen.

Leich (231) vermeldt trek bij een stuw in de Eems. De aaltjes trokken in een 70 cm breedten, 5 cm diepen en 3 km langen band, dicht naast en boven elkaar.

Löwe (236) vermeldt trek in de Weser. Ze vormden één band van 20 à 30 cm breedte, 5 à 6 cm diepte en 2 km lengte.

Herold (163) beschrijft trek in de Swine als een band van 25 à 30 cm breedte, 10 cm diepte en van 8 uur lengte.

Deze waarnemingen komen goed met elkaar overeen. Soortgelijke waarnemingen, die hier niet uitvoerig besproken zullen worden, zijn mij in de literatuur bekend van: Ehrenbaum (103), Wulff (459), Schnakenbeck (394), W. (443), H. Lübbert (250), E. Lübbert (238), Klindworth (218) en Lohse (234).

(5). Steeds worden glasaaltjes tegen stroom in trekkende waargenomen. Talrijke waarnemingen vindt men o.a. vermeld door Schmidt (348). Alleen bij zeer sterke stroomen, zooals in het Nauw van Calais (Gilson (134)), konden zij in een net gevangen worden, dat voor stroom vischte. Zelf heb ik deze waarneming ook gedaan, zooals in paragraaf 13 reeds is beschreven. Het is niet onmogelijk,

dat de aaltjes ook dan tegen stroom in zwemmen, maar niet bij machte zijn dien te overwinnen en zodoende achterwaarts verplaatst worden.

(8). Het feit dat glasaaltjes bij zoeter wordend water ook overdag gaan zwemmen, is behalve in de gevallen, die reeds onder punt 2 zijn genoemd, heel goed waargenomen door Eichelbaum (110). Hij hield pas gevangen aaltjes in een kaar in zeewater vlak voor een uitwaterings-sluis. De glasaaltjes lagen overdag rustig op den bodem van de kaar zonder zich te bewegen. Zoodra echter bij vallend water de sluisdeuren zich openden en het bruin gekleurde zoete water de kaar bereikte, werden de diertjes als het ware ge-electriseerd. Allen verdrongen zich naar den kant, vanwaar het zoete water kwam.

(9). De glasaaltjes probeerden over den rand van de kaar heen te klimmen, een prestatie, die enkele dieren dank zij de opdringende massa volbrachten. Direct zwommen ze dan stroomopwaarts. Ook vindt men een dergelijk gedrag van oudere dieren beschreven in het zoete, stroomende water, wanneer de dieren een stuw of water-val moeten passeeren, o.a. door Gilson (134), Häpke (149), Lübbert (250), Krämer (221). Van deze eigenschap maken de aaltrappen gebruik. Men laat water door stroo of takkenbossen siepelen. De aaltjes klimmen dan tegen deze takken op en bereiken zodoende het hoogere water.

(10 en 11). Het feit, dat glasaaltjes in zoet water niet meer actief zijn en daardoor niet meer tegen stroom inzwemmen, is reeds in paragraaf 34 uitvoerig besproken.

(12). De keuze van de glasaaltjes tusschen twee stroomen met verschillend zoutgehalte wordt door enkele waarnemingen in de natuur bevestigd. Zoo merken Heldt en Heldt (155, 156) op, dat in een zoete beek nabij het meer van Tunis veel meer trekkende glasaaltjes worden aangetroffen dan in de loozing van het meer zelf, dat zeer zout water bevat.

Zeer opmerkelijk zijn in dit verband ook de waarnemingen van Paget (295) nabij het pompstation van Mex bij Alexandrië in Egypte. Dit loost  $3\frac{1}{4}$  millioen m<sup>3</sup> zoet water per dag in zee door een kanaal, dat ongeveer één kilometer lang is. Groote aantallen glasaaltjes werden in dit kanaal geobserveerd. Drie dagen nadat de pompen stilgezet waren, werden geen aaltjes meer geconstateerd.

Hornyold (193) wijst erop, dat in den mond van beken vooral

groote hoeveelheden glasaaltjes worden aangetroffen na veel regen.

Ook Blankenburg (42) wijst op de aantrekkende kracht van het zoete water.

Eichelbaum (110) is van meening, dat voor den trek van zee naar het binnenland het uitstroomen van zoet water bepalend is en dat de sterkte van den trek en de hoeveelheid zoet water, die afvloeit, met elkaar samenhangen. Hij vindt een vrij goede correlatie tusschen de sterkte van den glasaaltrek en den waterstand van het binnenwater, die de hoeveelheid uitstroomend zoet water bepaalt.

(13). De invloed van de temperatuur wordt o.a. besproken door Blankenburg (42), die constateerde dat trek vrijwel uitsluitend plaats had bij warm weer, gedurende het koude voorjaarsweer echter in het geheel niet. Hij meent, dat het slagen van den trek geheel een kwestie van weersgesteldheid is.

Athanassopoulos (14-26) vermeldt, dat de glasaaltrek buitengewoon gevoelig is voor plotselinge daling van de watertemperatuur. Hij zou dan geheel geremd worden.

Ook Hornyold (167-198) vermeldt, dat de trek bij invallende koude geheel stilhoudt en na een kouden winter veel later begint.

Schmidt (348-392) vertelt eveneens van waarnemingen, waarbij glasaaltjes pas stroomopwaarts trokken, als het water een bepaalde temperatuur had.

Lübbert (239-255), die regelmatig glasaalvangsten in de Severn verrichtte, vond, dat in 1910 door het vroege voorjaar de trek een maand eerder begon dan in andere jaren. Bij koud weer was er veel minder trek dan bij warm weer. In 1929 was hij op verschillende plaatsen door den strengen winter veel later dan normaal.

In tegenstelling tot de vorige waarnemers meent Eichelbaum (110), dat de temperatuur geen invloed heeft op den glasaaltrek aan de kusten van de Oost-Friesche Waddenzee.

Ook moet nog even gewezen worden op de waarnemingen van Kisker (217). Hij vond dat een minimum temperatuur van 15 à 16° noodig was om de palingen stroomopwaarts te doen trekken. Deze waarnemingen hebben echter geen betrekking op glasaaltrek, maar op dien van oudere palingen. Hiervoor schijnt volgens genoemden auteur de treklust des te grooter te zijn, des te hooger de temperatuur ligt. Uit het volgende zal blijken, dat dit voor glasaaltjes waarschijnlijk geenszins het geval is.

Tenslotte zijn nog een aantal waarnemingen beschreven over den invloed van het getij op den trek.

Eichelbaum (110) vermeldt, dat de glasaaltjes met stijgend water 1 à 2 uur vóór hoog water verschijnen; Konken (219) en Leich (231) vermelden dat zij 2 à 2½ uur na hoog water, tegen den ebstroom zwemmend, verschijnen.

Henking (161) is van meening, dat de beste glasaalvangsten plaats vinden, als de vloed in den laten namiddag of in den nacht valt.

Bovendien vermelden Lübbert (254) en Brandicourt (46), dat de grootste glasaalvangsten plaats hebben met springtij of kort daarna.

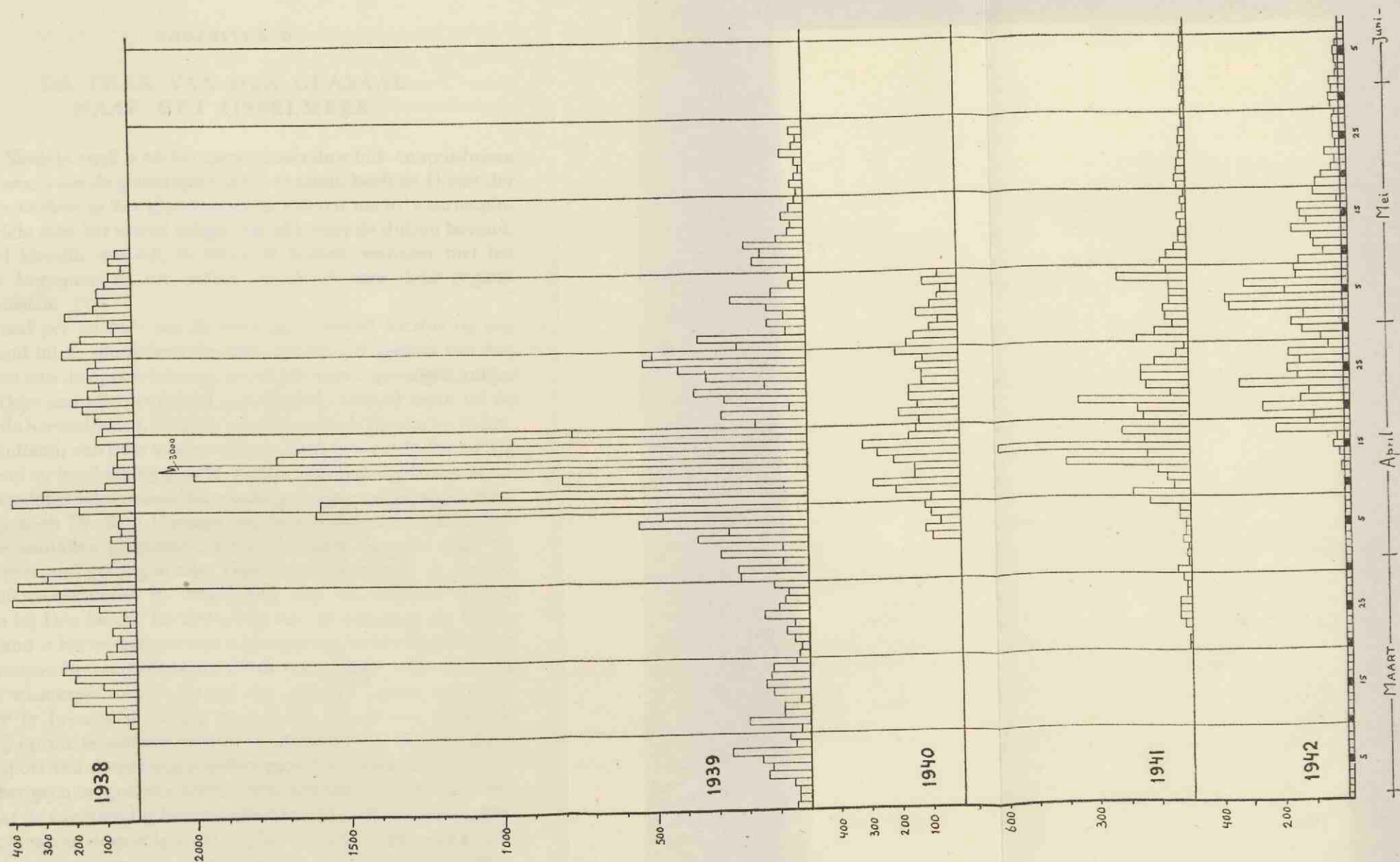
Ook Schmidt (348) vertelt, dat de beste vangsten gedaan worden omstreeks volle en nieuwe maan. (Dat is kort voor springtij.)

§ 36. Bij de opsomming van de waarnemingen in de natuur valt het volgende op te merken:

a. Er is een goede overeenstemming tusschen mijn waarnemingen in het laboratorium over het gedrag van de aaltjes en hetgeen men in de natuur meende te moeten concludeeren. In verband met hetgeen in paragraaf 10 is opgemerkt, moeten we het dus zoo opvatten, dat de conclusies, die uit de waarnemingen in de natuur getrokken zijn, door mijn experimenten bevestigd zijn.

b. Slechts een gedeelte van de waarnemingen in het laboratorium zijn eveneens in de natuur verricht. We behoeven hier niet uit te concludeeren, dat de aaltjes dit gedrag in de natuur niet zouden vertoonen, veeleer is het een tekort aan waarnemingen. Zoo heeft men b.v. nooit het ingraven van de aaltjes in de natuur opgemerkt, alles pleit er echter voor, dat zij dat daar even vaak als in het aquarium doen.

c. Niet alle waarnemingen in de natuur heb ik kunnen bevestigen, o.a. die, waarbij de trek met de temperatuur in verband is gebracht. Dit zal wel aan een tekortkoming van de proeven geweten moeten worden.



Figuur 14. Overzicht van de vangst van glasaal bij de spuisluizen te Den Oever in de jaren 1938 tot 1942. (Gegevens van den Dienst der Zuiderzeewerken.)



DE TREK VAN DEN GLASAAL  
NAAR HET IJSSELMEER

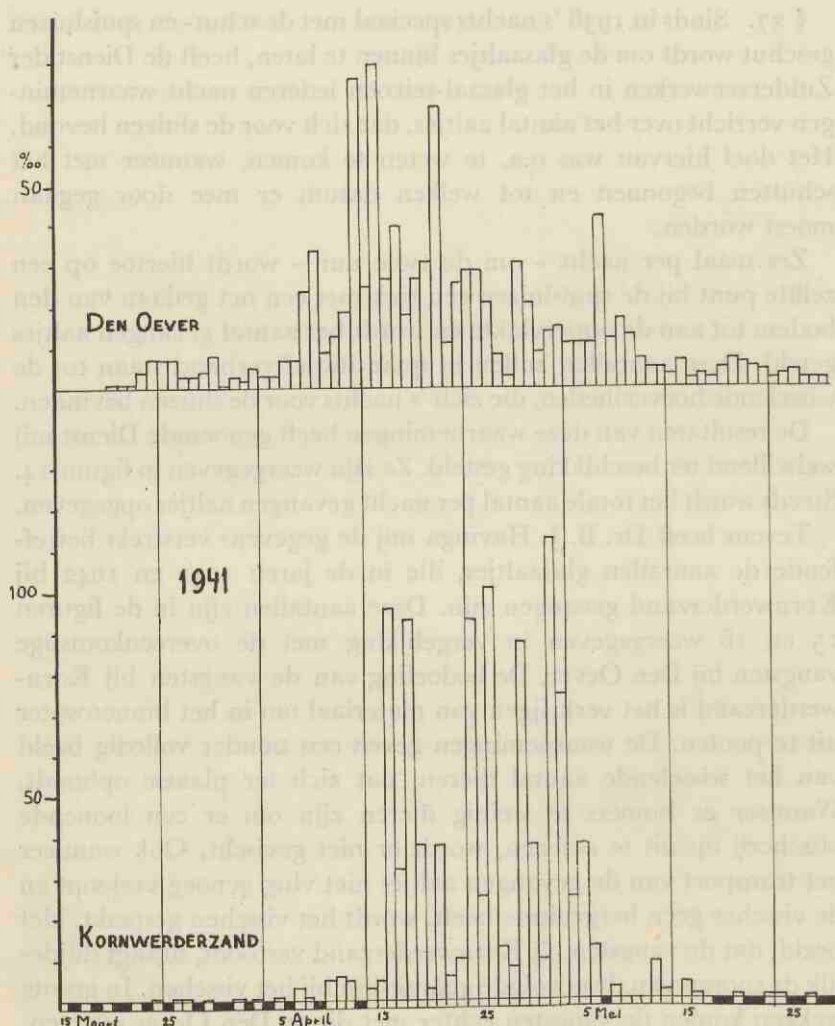
§ 37. Sinds in 1938 's nachts speciaal met de schut- en spuisluizen geschut wordt om de glasaaltjes binnen te laten, heeft de Dienst der Zuiderzeewerken in het glasaal-seizoen iederen nacht waarnemingen verricht over het aantal aaltjes, dat zich voor de sluizen bevond. Het doel hiervan was o.a. te weten te komen, wanneer met het schutten begonnen en tot welken datum er mee door gegaan moest worden.

Zes maal per nacht – om de twee uur – wordt hiertoe op een zelfde punt bij de spuisluizen een trek met een net gedaan van den bodem tot aan de oppervlakte en wordt het aantal gevangen aaltjes geteld. Deze aantallen zullen in quantitatief verband staan tot de wisselende hoeveelheden, die zich 's nachts voor de sluizen bevinden.

De resultaten van deze waarnemingen heeft genoemde Dienst mij welwillend ter beschikking gesteld. Ze zijn weergegeven in figuur 14. Steeds wordt het totale aantal per nacht gevangen aaltjes opgegeven.

Tevens heeft Dr. B. J. Havinga mij de gegevens verstrekt betreffende de aantallen glasaaltjes, die in de jaren 1941 en 1942 bij Kornwerderzand gevangen zijn. Deze aantallen zijn in de figuren 15 en 16 weergegeven in vergelijking met de overeenkomstige vangsten bij Den Oever. De bedoeling van de vangsten bij Kornwerderzand is het verkrijgen van materiaal om in het binnenwater uit te pooten. De waarnemingen geven een minder volledig beeld van het wisselende aantal dieren, dat zich ter plaatse ophoudt. Wanneer er immers te weinig dieren zijn om er een loonende visscherij op uit te oefenen, wordt er niet gevischt. Ook wanneer het transport van de gevangen aaltjes niet vlug genoeg verloopt en de visscher geen bergruimte heeft, wordt het visschen gestaakt. Het beeld, dat de vangsten bij Kornwerderzand vertoont, draagt duidelijk de sporen van de gevolgde gedragslijn bij het visschen. In groote trekken komen de vangsten echter met die te Den Oever overeen. Zoo vallen de begin- en einddata en de maxima vrijwel samen. Aangezien de vangsten bij Kornwerderzand zich voor hetgeen in het volgende behandeld wordt, minder goed leenen dan die bij Den Oever, worden uitsluitend deze laatste verwerkt.

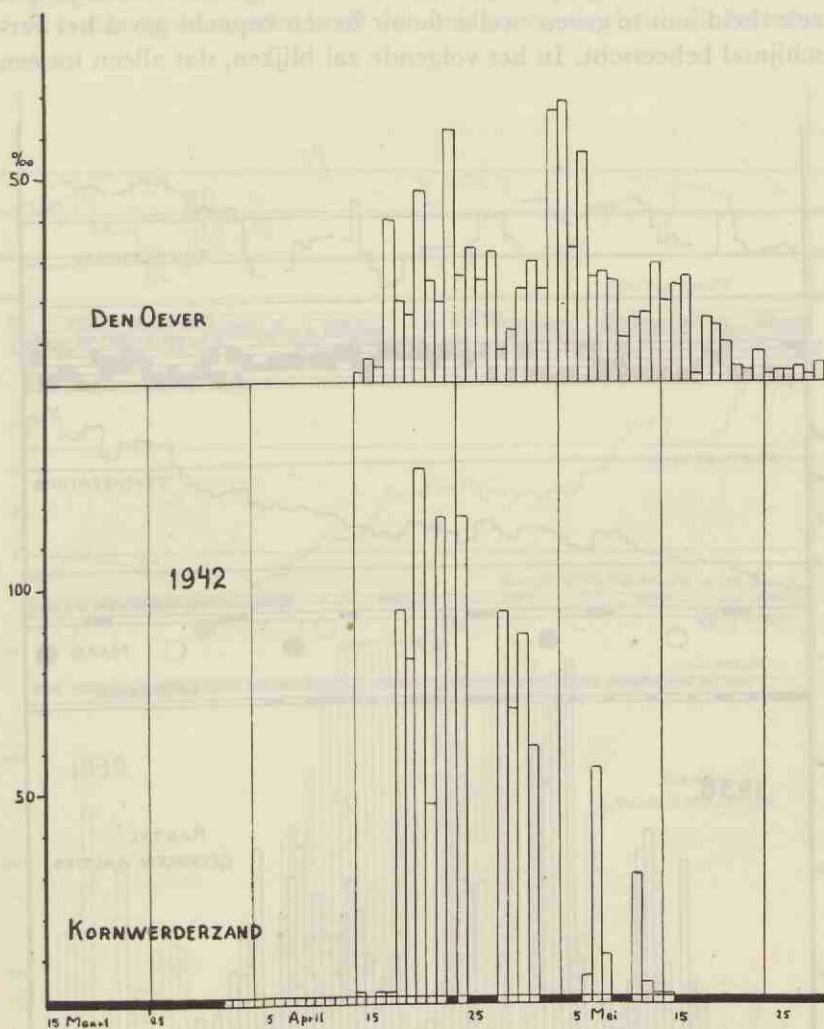
De sluizen vormen een hindernis op den weg van de trekkende glasaaltjes. Het duurt eenigen tijd voor zij de sluizen kunnen pas-seeren. Wanneer sterke trek plaats heeft, verdringen zich daardoor groote hoeveelheden aaltjes voor de sluizen. Deze aantallen vormen



Figuur 15. De aantallen aaltjes gevangen bij Den Oever en bij Kornwerderzand in 1941, uitgedrukt in % van de totale jaarvangst. De totale jaarvangst te Den Oever bedroeg ruim 5300 aaltjes, die bij Kornwerderzand 1986 kg. Data, waarop te Kornwerderzand niet gevischt is, zijn zwart gemaakt.

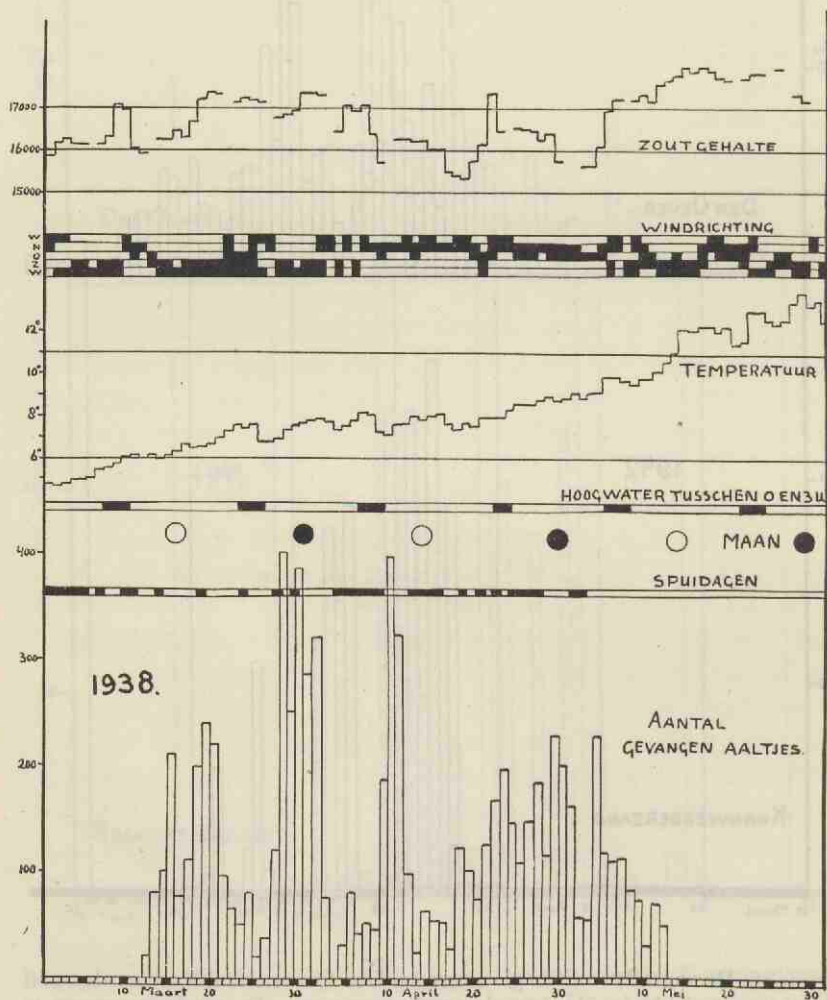
dus een relatieven maatstaf voor de intensiteit van den trek.

Behalve deze glasaalvangsten zijn tevens een groot aantal milieu-  
factoren quantitatief bekend, zooals de watertemperatuur, de tijd  
van hoogwater, de gespuide hoeveelheid IJsselmeerwater enz.



Figuur 16. De aantallen aaltjes gevangen bij Den Oever en bij Kornwerderzand in 1942, uitgedrukt in  $\%$  van de totale jaarvangst. De totale jaarvangst te Den Oever bedroeg ruim 5400 aaltjes, die bij Kornwerderzand 2138 kg. Data, waarop te Kornwerderzand niet gevischt is, zijn zwart gemaakt.

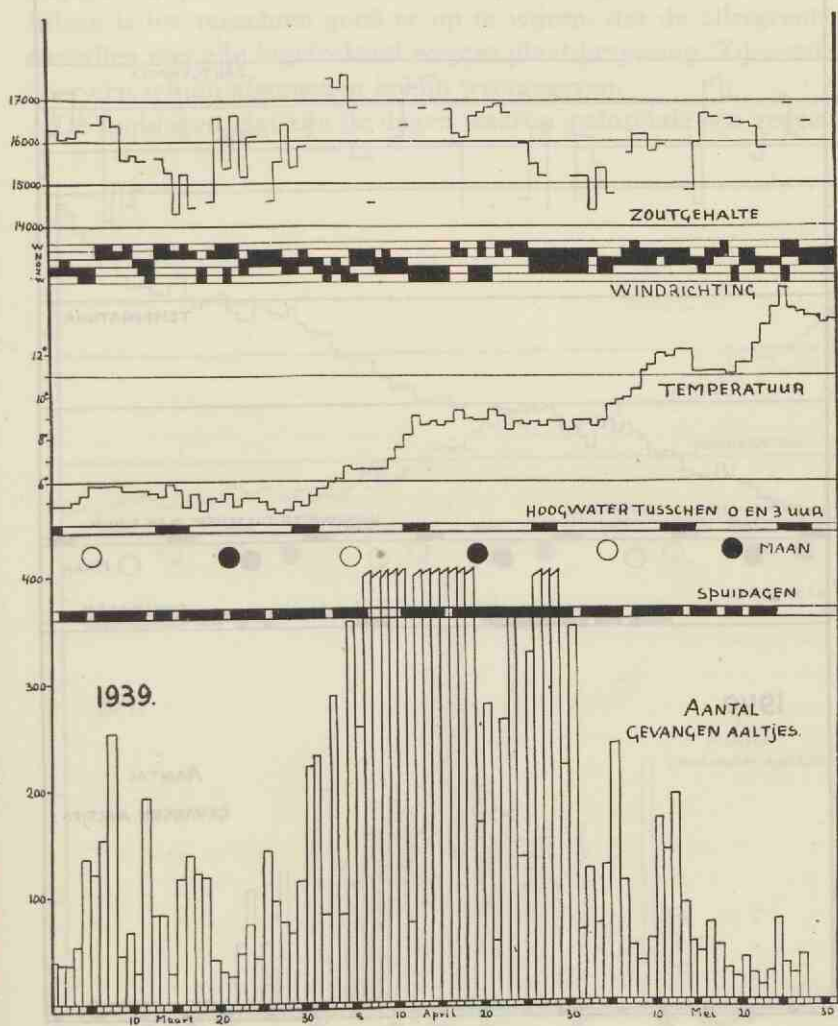
Daardoor leent zich dit groote cijfermateriaal goed voor een analyse van den invloed, die de milieu-factoren op den trek van de glas-aaltjes hebben. De omstandigheden daartoe zijn minder ideaal dan in het laboratorium. In de natuur werkt immers steeds een groot aantal factoren tegelijkertijd en het is buitengewoon moeilijk met zekerheid aan te geven welke factor in een bepaald geval het verschijnsel beheerscht. In het volgende zal blijken, dat alleen tot een



Figuur 17. Voor verklaring zie paragraaf 38. e.v.

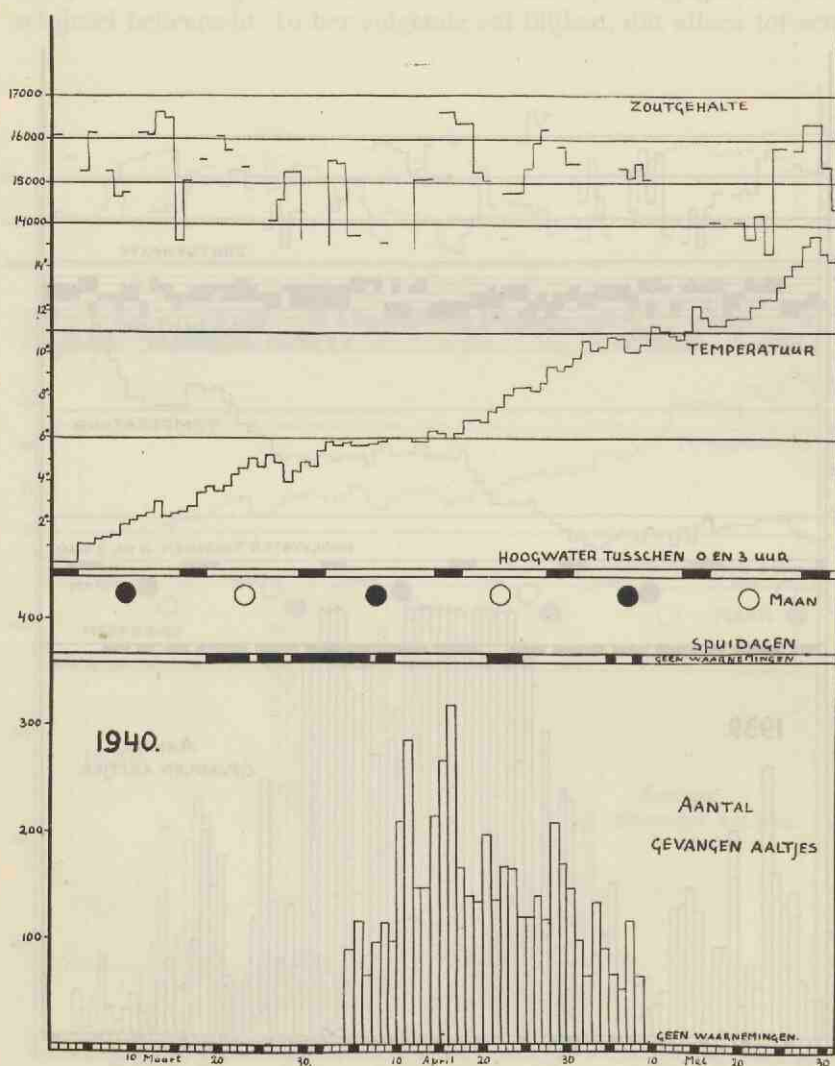
invloed van de temperatuur, de spuistroomen en de lichtintensiteit besloten kan worden. De andere factoren zijn te sterk met elkaar verkoppeld, dan dat analyse ervan kan plaats vinden.

§ 38. Het mogelijke aantal factoren, dat invloed heeft op den trek is zeer groot en men heeft dan ook nooit zekerheid alle factoren



Figuur 18. Voor verklaring zie paragraaf 38. e.v.

in het onderzoek betrokken te hebben. De meest voor de hand liggende zijn echter nagegaan en wel: de temperatuur, de wind, het zoutgehalte, het spuien, de tijd van hoogwater, dag en nacht en de maanstand. Om een inzicht in de werking van deze factoren te krijgen, zijn de figuren 17 tot 21 geteekend, waarin voor elk der

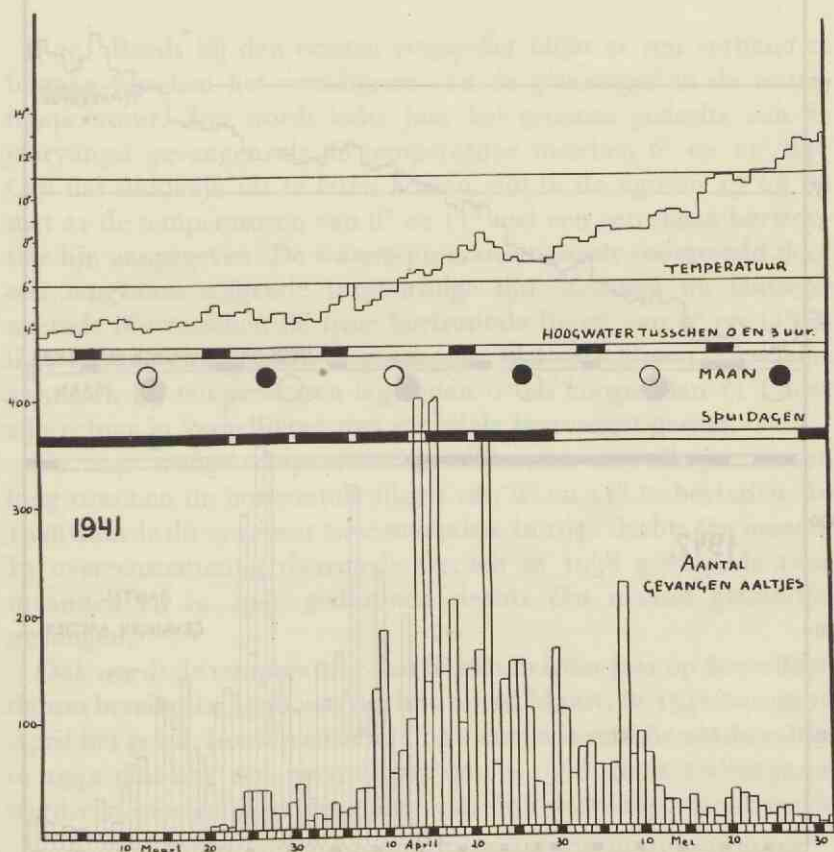


Figuur 19. Voor verklaring zie paragraaf 38. e.v.

jaren zijn aangegeven (van onder naar boven) de data, de aantallen gevangen aaltjes, het spuien, de schijngestalte van de maan, de tijd van hoog water, de watertemperatuur, de windrichting en het zoutgehalte. Aan ieder zal een uitvoerige bespreking gewijd worden.

De wijze, waarop de datum en de aantallen gevangen aaltjes zijn opgegeven, spreken voor zich zelf en behoeven geen verderen uitleg. Alleen is het misschien goed er op te wijzen, dat de allergrootste aantallen niet zijn ingetekend wegens plaatsbesparing. Zij worden door een schuin afgesneden kolom weergegeven.

De spuidagen, dat zijn de dagen waarop gedurende een gedeelte



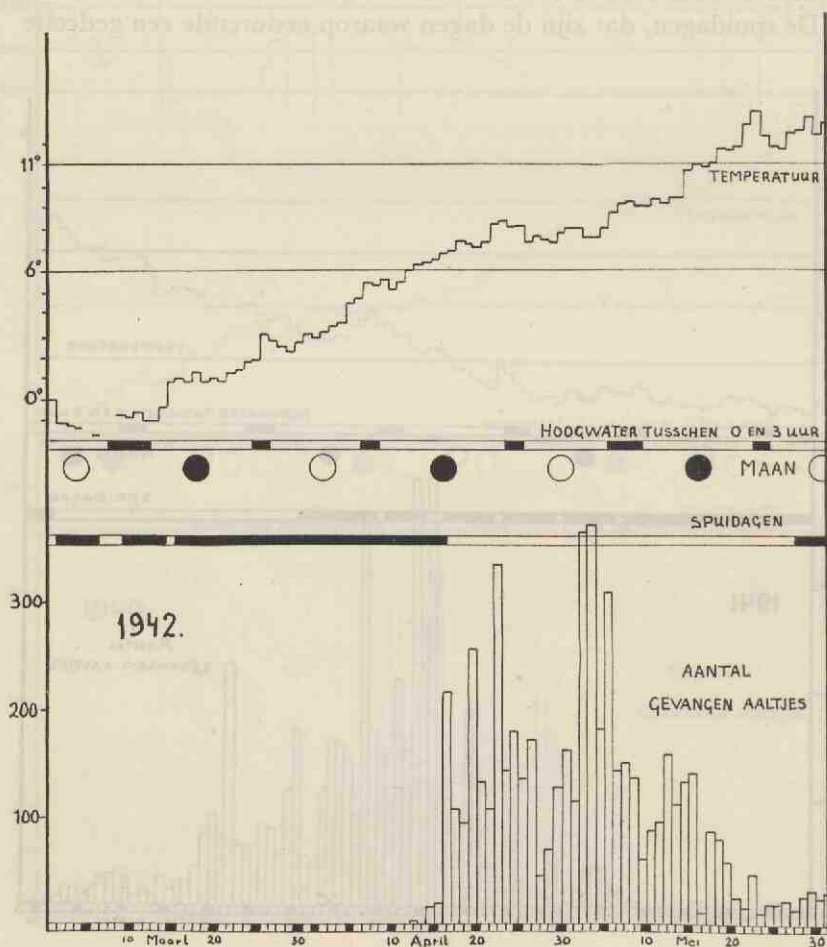
Figuur 20. Voor verklaring zie paragraaf 38. e.v.

van den dag gespuid is, zijn zwart weergegeven. De niet-spuidagen zijn wit gelaten.

Het tijdstip van volle maan is gekarakteriseerd door een cirkeltje, dat van nieuwe (donkere) maan door een zwart schijfje.

De temperatuur van het zeewater, 's morgens om 8 uur in het Marsdiep opgenomen, is van dag tot dag ingeteekend.

De windrichting gedurende den nacht van 20 tot 4 uur te Den Helder opgenomen is door zwarte blokken weergegeven. Indien de wind b.v. ZW was, zijn zoowel de blokken Z als W zwart gemaakt.



Figuur 21. Voor verklaring zie paragraaf 38. e.v.

De twee bovenste lijnen geven Noordelijke tot Westelijke winden weer, de twee onderste lijnen Zuidelijke tot Westelijke.

Het zoutgehalte is op het tijdstip van hoog water in de haven van Den Helder opgenomen en uitgedrukt in mgr/l Cl'.

De zoutgehalte-gegevens werden mij welwillend ter beschikking gesteld door den Directeur van het Zoölogisch Station <sup>1)</sup>, de temperatuur van het Marsdiep door den Directeur van het Rijksinstituut voor Chemisch, Microbiologisch en Hydrographisch Vischerijonderzoek, de spuigegevens en de tijdstippen van hoog- en laagwater door den Dienst der Zuiderzeewerken. De windrichting is ontleend aan het Jaarboek der Waterhoogten <sup>2)</sup> (11), de maanstanden aan den Enkhuizer Almanak.

§ 39. Reeds bij den eersten oogopslag blijkt er een verband te bestaan tusschen het verschijnen van de glasaaltjes en de watertemperatuur. Zoo wordt ieder jaar het grootste gedeelte van de jaarvangst gevangen als de temperatuur tusschen 6° en 11° ligt. Om dat duidelijk uit te laten komen zijn in de figuren 17 tot en met 21 de temperaturen van 6° en 11° met een getrokken horizontale lijn aangegeven. De watertemperatuur wordt voorgesteld door een langzaam stijgende trapvormige lijn. Zoolang nu laatstgenoemde lijn tusschen de twee horizontale lijnen van 6° en 11° in ligt, worden ook glasaaltjes gevangen. Wel verschijnen ook kleine aantallen bij temperaturen lager dan 6° en hoger dan 11°, deze zijn echter in vergelijking met de totale jaarvangst gering.

De trapvormige temperatuurlijn blijkt zich niet alle jaren even lang tusschen de horizontale lijnen van 6° en 11° te bevinden. In 1938 duurde dit ongeveer twee maanden, in 1942 slechts één maand. In overeenstemming daarmee werden in 1938 gedurende twee maanden en in 1942 gedurende slechts één maand glasaaltjes gevangen.

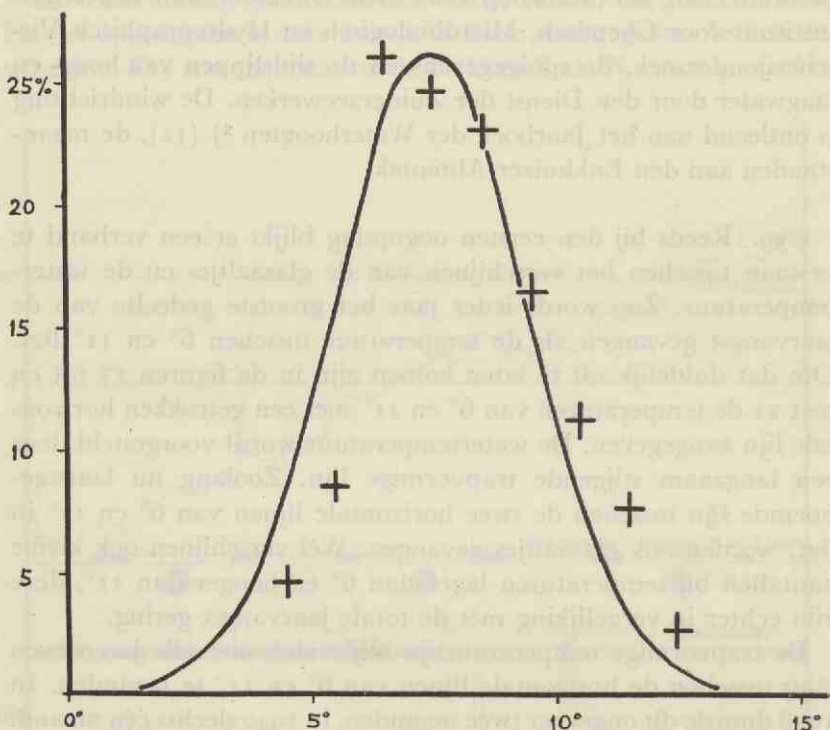
Ook wordt de temperatuur van 6° niet in ieder jaar op denzelfden datum bereikt. In 1938 was dit b.v. op 10 Maart, in 1942 pas op 12 April het geval. In overeenstemming daarmee verschenen de aaltjes in 1942 dan ook een maand later dan in 1938. In de andere jaren werd een soortgelijk samenvallen van de watertemperatuur en de

(1) na 1940 zijn deze waarnemingen niet meer verricht.

(2) Alleen jaargang 1938 en 1939 stonden mij ter beschikking.

glasaalvangst waargenomen. Het minst duidelijk is het echter in 1939. In dat jaar zijn er enorm groote hoeveelheden glasaaltjes gevangen (vergelijk figuur 14). In verhouding tot de totale jaarvangst zijn de aantallen, die in dat jaar buiten de temperaturen van 6° en 11° gevangen zijn, daardoor toch nog gering.

Het verband tusschen de temperatuur en het aantal aaltjes laat



Figuur 22. Het aantal aaltjes bij verschillende temperaturen gevangen in de jaren 1938-1942 en uitgedrukt in procenten van de totale jaarvangst.

zich nog verder precisceren. Hiertoe is als volgt te werk gegaan: Om de jaren onderling vergelijkbaar te maken is elke dagvangst omgerekend tot procent van de totale jaarvangst. De dagelijksche temperaturen zijn samengevat van graad tot graad. Zoo ontstonden een groot aantal vergelijkbare gegevens bij eenzelfde temperatuur en hieruit is het gemiddelde berekend. De waarden, die zoo verkregen werden, zijn grafisch uitgezet en in figuur 22 weergegeven.

Het blijkt, dat er een zeer regelmatige kromme ontstaat, die het

verband tusschen de temperatuur van het water (in het Marsdiep opgenomen) en het aantal gevangen glasaaltjes bij Den Oever weergeeft. De geteekende lijn heeft den vorm van een frequentiekromme en deze geeft de ligging van de punten goed weer. Wanneer over meer waarnemingsjaren beschikt werd, zouden de punten ongetwijfeld beter op de vloeiende lijn vallen. Bij  $3^{\circ}$  vindt blijkbaar nog in het geheel geen trek plaats en bij  $13^{\circ}$  is de trek vrijwel geheel ten einde, het maximum ligt tusschen  $6^{\circ}$  en  $9^{\circ}$ .

Jaar voor jaar blijkt het verband tusschen de watertemperatuur en het aantal gevangen glasaaltjes een minder fraai mathematisch verloop te hebben, zooals blijkt uit onderstaande tabel (vangsten in gemiddelde procenten van de jaarvangst).

|      | $4^{\circ}$ | $5^{\circ}$ | $6^{\circ}$ | $7^{\circ}$ | $8^{\circ}$ | $9^{\circ}$ | $10^{\circ}$ | $11^{\circ}$ | $12^{\circ}$ | $13^{\circ}$ |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1938 |             |             | 16,4        | 18,7        | 12,8        | 16,4        | 10,8         |              |              |              |
| 1939 | 3,3         | 3,8         | 19,8        | —           | 26,6        | 14,1        | —            | 2,8          | 2,8          |              |
| 1940 |             | 22,1        | 42,6        | 30,0        | 26,6        | 26,3        | 16,6         |              |              |              |
| 1941 | 5,4         | 10,5        | 29,5        | 25,3        | 19,2        | 5,2         | 4,0          | 4,2          | 1,8          |              |
| 1942 |             |             | 13,3        | 31,5        | 35,5        | 21,4        | 13,0         | 10,9         | 3,5          |              |

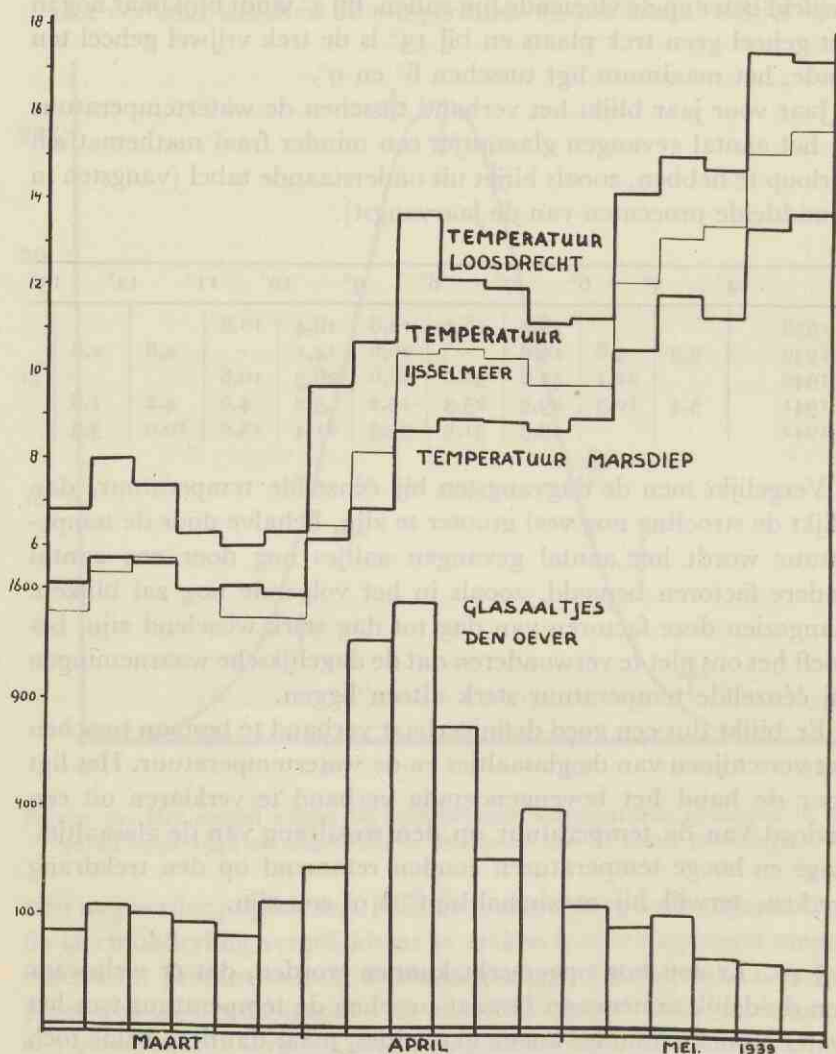
Vergelijkt men de dagvangsten bij éénzelfde temperatuur, dan blijkt de strooiing nog veel grooter te zijn. Behalve door de temperatuur wordt het aantal gevangen aaltjes nog door een aantal andere factoren bepaald, zooals in het volgende nog zal blijken. Aangezien deze factoren van dag tot dag sterk wisselend zijn, behoeft het ons niet te verwonderen dat de dagelijksche waarnemingen bij éénzelfde temperatuur sterk uiteen liggen.

Er blijkt dus een goed definiëerbaar verband te bestaan tusschen het verschijnen van de glasaaltjes en de watertemperatuur. Het ligt voor de hand het bovengenoemde verband te verklaren uit een invloed van de temperatuur op den trekdrang van de glasaaltjes. Lage en hooge temperaturen zouden remmend op den trekdrang werken, terwijl hij maximaal bij  $6^{\circ}$  à  $9^{\circ}$  zou zijn.

§ 40. Er zou nog opgemerkt kunnen worden, dat er weliswaar een duidelijk samengaan bestaat tusschen de temperatuur van het water en het aantal gevangen glasaaltjes, maar dat deze beide toch niet met elkaar in causaal verband staan. Zoo zou een groote aanvoer van Atlantisch water door het Nauw van Calais een groote hoeveelheid aaltjes met zich mee kunnen brengen. Door het Zuide-

lijke Atlantische water zou dan tevens de temperatuur stijgen. Er zou slechts een coïncidentie maar geen causale relatie bestaan.

Behalve door de stijging van de temperatuur zou een dergelijke vergroote aanvoer van Atlantisch water ook met een stijging van het zoutgehalte gepaard moeten gaan. Steekhoudende zoutgehalte-



Figuur 23. Het aantal gevangen glasaaltjes in 1939 in verband met de temperatuur van het water van het Marsdiep, het IJsselmeer en de Loosdrechtsche Plassen.

bepalingen, die een dergelijken aanvoer aan onze kust zouden kunnen aantoonen of weerleggen, stonden mij niet ter beschikking. Daarom is een andere methode gevolgd.

In figuur 23 zijn voor het jaar 1939 de gemiddelden over vijf dagen weergegeven van de aantallen gevangen glasaaltjes. Behalve de watertemperatuur van het Marsdiep zijn ook die van het IJsselmeer en van de Loosdrechtsche Plassen ingetekend. De temperaturen van het IJsselmeer zijn opgenomen 's morgens om 8 uur te Urk; ik dank ze aan de welwillendheid van den Directeur van het Nederlandsch Meteorologisch Instituut. Die van de Loosdrechtsche Plassen zijn op hetzelfde tijdstip opgenomen te Loenen door de Gem. Waterleidingen van Amsterdam. Uit de vergelijking van deze temperatuur-lijnen volgt, dat er groote parallelliteit bestaat, met dien verstande, dat de Loosdrechtsche Plassen en het IJsselmeer sterkere wisselingen vertoonen. Dit verschil in grootte van de wisselingen is verklaarbaar uit het verschil in warmtecapaciteit van genoemde watermassa's. De Loosdrechtsche Plassen zijn immers gemiddeld slechts 2 m en het IJsselmeer slechts  $3\frac{1}{2}$  m diep. Overigens krijgt men sterk den indruk dat de temperatuur van genoemde wateren geheel door meteorologische factoren beheerscht wordt. Het opvallende is nu, dat de temperatuur van een willekeurige watermassa in het binnenland en wel de Loosdrechtsche Plassen, die niets met den glasaaltrek te maken hebben, eveneens een duidelijke correlatie met de aantallen glasaaltjes bij Den Oever vertoont. Opvallend is b.v. de top, die in figuur 23 in de beide grafieken begin April optreedt. Wij behoeven er dus niet aan te twijfelen, dat de watertemperatuur zelf de oorzaak van het verschil in aantal trekkende aaltjes is. De temperatuur is het gevolg van de meteorologische omstandigheden en niet van den aanvoer van warm oceaanwater.

De tijd van den glasaaltrek wordt dus door het „weer” bepaald. Zoo verschenen zij in de koude voorjaren van 1940, 1941 en 1942 dan ook later dan b.v. in 1938. Geheel hiermede in overeenstemming zijn de waarnemingen, die onder punt 13 van paragraaf 35 besproken zijn.

§ 41. Nu we ingelicht zijn over de minimale, optimale en maximale temperatuur, waarbij de glasaaltrek in de Waddenzee plaats vindt, is het interessant nog eens op de proeven in het laboratorium

met de keuze-installatie terug te komen. In paragraaf 30 zijn de proeven over den invloed van de temperatuur op het gedrag van de aaltjes weergegeven. Er is gewerkt bij temperaturen tusschen  $12,8^{\circ}$  en  $20,0^{\circ}$  en er kon geen invloed van de temperatuur op het gedrag worden aangetoond. Deze proeven bewijzen echter niet, dat de temperatuur geen invloed op den trekdrang van de aaltjes heeft, omdat ze niet genomen zijn binnen het gebied, waarin de temperatuur blijkbaar werkzaam is. Indien bij temperaturen van  $6^{\circ}$  à  $9^{\circ}$  was gewerkt, was waarschijnlijk wel een invloed gevonden. We kunnen immers aannemen, dat bij lagere temperaturen de trekdrang geremd wordt en dat ook bij hogere temperaturen minder aaltjes zullen trekken. Inderdaad vonden we bij deze hoge temperatuur slechts een gering gemiddeld aantal trekkers en wel slechts 30%. Hoogstwaarschijnlijk moet dit geringe aantal trekkers aan de hoge temperatuur worden toegeschreven. Om dezelfde reden trokken ook bij de proeven van paragraaf 28 lang niet alle aaltjes.

In paragraaf 29 zijn de proeven over den invloed van het zoutgehalte op het gedrag van de aaltjes weergegeven. Deze vonden bij  $10^{\circ}$  à  $11^{\circ}$  plaats. Wel was hier vooral in het begin het aantal trekkers nog zeer groot, het nam echter steeds meer af. Duidelijk blijkt dit o.a. uit figuur 13. Het is wat gewaagd, maar men zou een dalende lijn door de aantallen trekkende glasaaltjes bij de hoogste zoutgehalten kunnen teekenen en veronderstellen dat deze de afname van den treklust bij  $10^{\circ}$  à  $11^{\circ}$  voorstelt. Indien al deze proeven bij  $6^{\circ}$  à  $9^{\circ}$  genomen waren, waren waarschijnlijk veel overtuigender correlaties gevonden. Deze temperaturen konden met behulp van de proefinstallatie in het glasaalseizoen echter niet gerealiseerd worden, aangezien met stroomend leidingwater gekoeld werd en dit toen een veel hogere temperatuur had. De koelinstallatie zou moeten worden verbouwd en een veel intensievere koeling worden toegepast. Dit zou met groote technische moeilijkheden gepaard gaan.

§ 42. Kisker (217) vermeldt quantitative vangsten van trekkende jonge aaltjes bij een waterval bij Trollhättan in Zweden. Ook hij vindt invloed van de temperatuur op het aantal trekkende aaltjes. Slechts boven  $15^{\circ}$  à  $16^{\circ}$  vindt trek plaats en hoe hoger de temperatuur is, des te sterker. Deze temperaturen liggen veel hoger dan die, waarbij de glasaaltjes bij den Afsluitdijk geobserveerd worden. Er moet echter op attent gemaakt worden, dat de waarnemingen

van Kisker geen betrekking hebben op glasaaltjes, maar op grootere jonge alen. Ze wogen 16–40 gram per stuk (glasaaltjes wegen volgens Athanassopoulos (22–24) ongeveer 0,2 gram). Het uitsluitend vangen van deze grootere alen houdt verband met het feit, dat de afstand vanaf den Atlantischen Oceaan te groot is dan dat de glasaaltjes deze in één jaar zouden kunnen afleggen.

Deze waarnemingen van Kisker, die door andere waarnemers bevestigd worden, o.a. door Metzger (270), zouden erop kunnen wijzen, dat de jonge paling in het zoete water een andere reactie op de temperatuur vertoont dan de aaltjes in zee.

Tusschen trekkende glasaaltjes worden bijna steeds oudere alen aangetroffen, zooals reeds in paragraaf 15 is opgemerkt. Het lijkt dus alsof in zee ieder jaar bij een temperatuur van  $6^{\circ}$  à  $9^{\circ}$  de trekdrang van de oudere aaltjes herleeft. In het zoete water zou deze trekdrang pas ontstaan bij temperaturen boven  $15^{\circ}$  à  $16^{\circ}$ .

Bezien we in dit licht de proeven over den invloed van het zoutgehalte op de trekkende glasaaltjes, die in paragraaf 29 besproken zijn, dan blijkt dat de aaltjes bij  $10^{\circ}$  à  $11^{\circ}$  wel in zeewater, maar niet in zoet water trekken. Dit is dus geheel in overeenstemming met wat in deze paragraaf over de waarnemingen in de natuur is gezegd. Men kan het nu zoo opvatten, dat de trekdrang in genoemde proeven niet door het zoutgehalte bepaald wordt, maar dat de temperatuur de eenige factor is, die dezen drang bepaalt. In zeewater wordt de trekdrang echter bij een lagere temperatuur geactiveerd dan in zoet water.

Het is niet onmogelijk, dat zulke invloeden eveneens een rol spelen bij den trek van andere dieren. Broekhuysen (54) vond bij de strandkrab (*Carcinides Maenas* L.) en Caudri (67) en Broekema (53) bij de garnaal (*Crangon*, *Crangon* L.) een soortgelijke wisselwerking van de temperatuur en het zoutgehalte bij de beïnvloeding van den trek van deze dieren.

§ 43. De volgende factor, die onderzocht is op zijn correlatie met het verschijnen van de glasaaltjes bij Den Oever is de windrichting. Voor het jaar 1938 zijn de nachtwinden te Den Helder in figuur 17 ingeteekend. Een verband met de windrichting of windkracht is niet waar te nemen, tenminste voor zoover deze geen invloed hebben op de temperatuur van het water.

De tweede helft van Februari 1938 was gekenmerkt door Noor-

delijke winden. Begin Maart sloeg het weer om en gedurende Maart traden hoofdzakelijk ZW-winden op. Met het stijgen van de watertemperatuur door genoemden weeromslag, verschenen ook de glasaaltjes, zooals in figuur 17 duidelijk te zien is. April had weer Noordelijke winden, zonder dat invloed daarvan op de aantallen glasaaltjes waarneembaar was. Toen echter begin Mei het weer nogmaals omsloeg en weer ZW-winden optraden, was het met den glasaaltrek gedaan, aangezien het water te hooge temperatuur kreeg. In het begin van de periode bevorderden de ZW-winden den trek dus, tegen het einde remden ze dien. Door de veroorzaakte stijging in temperatuur is deze verschillende werking geheel verklaard.

De invloed van den wind is dus niet van dien van de temperatuur te scheiden. Behalve dat de wind een invloed heeft op de temperatuur van het water, heeft hij eveneens een invloed op de richting en sterkte van de stroomen in de Noordzee en Waddenzee, zooals nog in paragraaf 53 zal blijken. Ook hierdoor zal de wind den trek beïnvloeden. Hetzelfde kan gezegd worden van den golfslag, die door den wind veroorzaakt wordt. Vooral sterke Noordelijke winden kunnen voor de sluizen van den Afsluitdijk een zwaren golfslag te weeg brengen, die niet bevorderlijk schijnt voor het welslagen van den trek.

Dat de wind zelf een directen invloed heeft op den trek van de glasaaltjes is weinig waarschijnlijk. Wel veroorzaakt hij dus toestanden, die wel van invloed zijn als watertemperatuur, strooming en golfslag. Wij doen beter den invloed van deze laatste factoren na te gaan, omdat zij het tenslotte zijn, die het verschijnsel van den trek beïnvloeden. De invloed van de watertemperatuur is reeds in het voorgaande onderzocht. Metingen over stroomsterkte, die in verband gebracht kunnen worden met de intensiteit van den trek, en golfslagmetingen voor de sluizen zijn mij niet bekend. Een onderzoek naar den invloed van deze factoren moet dus achterwege blijven.

§ 44. Een volgende factor, die van invloed kan zijn op het verschijnen van de glasaaltjes bij de spuisluizen van Den Oever, is het zoutgehalte van het Waddenzee-water. Als goede, onderling vergelijkbare gegevens over het zoutgehalte in de omgeving van Den Oever stonden mij alleen waarnemingen in de haven van Den

Helder, door het Zoölogisch Station op het tijdstip van hoog water verricht, ter beschikking. Zoutgehalte-waarnemingen, die steeds op een zelfde uur van den dag verricht worden, staan sterk onder invloed van het wisselende zoutgehalte gedurende hoog- en laagwater en zijn voor vergelijking van de dagen onderling niet bruikbaar.

De zoutgehalten in de haven van Den Helder staan sterk onder invloed van de spuiingen van de omgevende sluizen. Een periode van veel spuien te Den Oever valt samen met een laag zoutgehalte in Den Helder. Staakt men het spuien, dan stijgt het zoutgehalte snel. Dit blijkt o.a. duidelijk uit vergelijking van de spuidagen en het zoutgehalte in 1938 op figuur 17. Toen na begin Mei niet meer gespuid werd, steeg het zoutgehalte van ongeveer 15600 tot 17900 mgr Cl' per liter of ruim 2000 mgr/l. Ook in de andere jaren treden verschillen van deze grootte veelvuldig op.

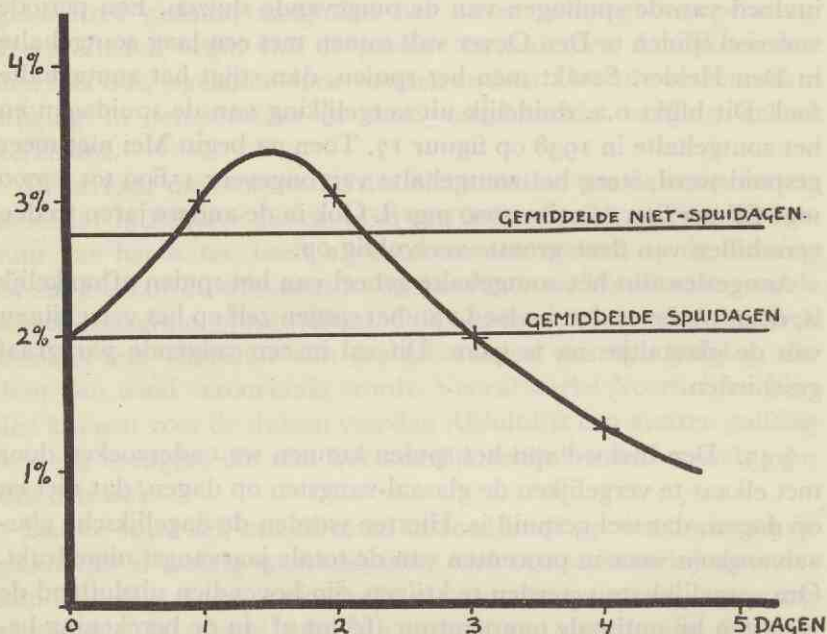
Aangezien dus het zoutgehalte geheel van het spuien afhankelijk is, doen we beter den invloed van het spuien zelf op het verschijnen van de glasaaltjes na te gaan. Dit zal in een volgende paragraaf geschieden.

§ 45. Den invloed van het spuien kunnen we onderzoeken door met elkaar te vergelijken de glasaal-vangsten op dagen, dat niet en op dagen, dat wel gespuid is. Hiertoe worden de dagelijksche glasaalvangsten weer in procenten van de totale jaarvangst uitgedrukt. Om vergelijkbare waarden te krijgen zijn bovendien uitsluitend de vangsten bij optimale temperatuur ( $6^{\circ}$  tot  $9^{\circ}$ ) in de berekening betrokken. Het blijkt dan dat op dagen, dat niet gespuid wordt, de glasaalvangst gemiddeld 2,8% en op dagen, dat wel gespuid wordt, gemiddeld 2,0% van de totale jaarvangst bedraagt. Dit zou dus op een nadeeligen invloed van het spuien duiden. Zooals in het volgende zal blijken, is een dergelijke conclusie echter slechts ten deele juist.

Gaan wij n.l. de aantallen glasaaltjes na, die gevangen worden op de dagen, die volgen op een spuidag, dan blijken op de eerste twee dagen na het spuien veel meer aaltjes aanwezig te zijn dan op de derde en volgende dagen. Het gemiddelde verloop, in procenten uitgedrukt, wordt in figuur 24 weergegeven.

Dit wordt veroorzaakt door de sterkte van de spuistroomen. Deze zijn n.l. zoo krachtig, dat de glasaaltjes er niet alleen niet tegen in

kunnen zwemmen, maar er zelfs door worden meegesleurd. De aaltjes, die zich eventueel voor de sluizen bevinden, wanneer met het spuien begonnen wordt, worden dan ver van de sluizen weggevoerd. Voor de aaltjes, die de sluizen trachten te bereiken, vormen ze een onoverkomelijke hindernis. Het resultaat hiervan is, dat op nachten, waarop gespuid wordt, vlak voor de sluis, waar gevischt wordt, betrekkelijk weinig aaltjes aanwezig zijn, maar dat groote aantallen



Figuur 24. Het aantal glasaaltjes, dat voor de sluis gevangen is op den eersten, tweeden, derden en vierden niet-spuidag na een spuiing, uitgedrukt in procenten van de totale jaarvangst.

zich in zee voor de sluizen moeten bevinden op het punt, waar zij den spuiroom nog net kunnen overwinnen.

Als er op een volgenden nacht niet gespuid wordt, zwemmen alle aaltjes, die zich op eenigen afstand voor de sluizen bevonden, naar de sluizen toe. Er worden dan vlak voor de sluizen weer veel grootere aantallen aangetroffen. Daar komt nog bij, dat het vele geloosde zoete water een aantrekkingskracht op de aaltjes uitgeoefend zal hebben, zoodat groote aantallen zich van ver uit zee naar de sluizen toe zullen begeven.

De aaltjes, die zich voor de sluizen bevinden, worden in een nacht,

waarop niet gespuid wordt, naar binnen geschut. Het blijkt nu uit figuur 24, dat ondanks dit schutten, gedurende de eerste twee nachten groote aantallen voor de sluis aanwezig zijn. Gedurende deze beide nachten is er dus een groote, vrijwel constante aanvoer van trekkende aaltjes uit zee naar de sluizen. Den derden en den vierden nacht neemt het aantal echter sterk af. De aaltjes, die door de spuistroomen zijn opgehouden, zullen dan binnen zijn en door het uitblijven van de lokkende werking van het zoete water zullen geen aaltjes meer van ver uit zee naar de sluizen toezwemmen.

Het spuien heeft dus een ongunstige werking op de aantallen aaltjes, die vlak voor de sluizen gevangen worden. Voor den trek dóór de sluizen vormen de spuistroomen een onoverkomelijke hindernis; door hun lage zoutgehalte kan verwacht worden dat ze den trek naar de sluizen echter zullen bevorderen.

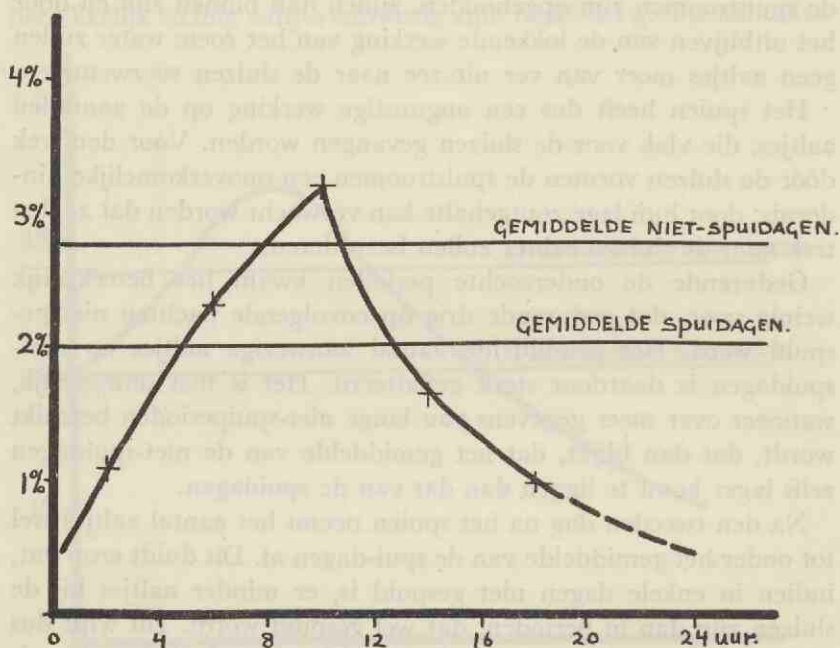
Gedurende de onderzochte perioden kwam het betrekkelijk weinig voor, dat gedurende drie opeenvolgende nachten niet gespuid werd. Het gemiddelde aantal aanwezige aaltjes op niet-spuidagen is daardoor sterk geflatteerd. Het is niet onmogelijk, wanneer over meer gegevens van lange niet-spuiperioden beschikt wordt, dat dan blijkt, dat het gemiddelde van de niet-spuidagen zelfs lager komt te liggen dan dat van de spuidagen.

Na den tweeden dag na het spuien neemt het aantal aaltjes wel tot onder het gemiddelde van de spui-dagen af. Dit duidt erop dat, indien in enkele dagen niet gespuid is, er minder aaltjes bij de sluizen zijn dan in perioden, dat wel gespuid wordt. Dit wijst dus reeds op een bevorderenden invloed van het spuien op den glasaaltrek. Deze bevorderende werking moet aan de verlaging van het zoutgehalte worden toegeschreven. Jammer genoeg is het aantal dagen, waaruit dit berekend is, tamelijk klein, zoodat mij de conclusie uit deze gegevens nog wat voorbarig lijkt.

§ 46. De meesleurende werking van het spuiwater blijkt ook duidelijk wanneer wij den invloed van den tijd van den dag, waarop gespuid wordt, nagaan. Om dit te berekenen is de dag in zes deelen van vier uur gesplitst. Gegevens over de tijdstippen, waarop in de bedoelde perioden gespuid is, zijn mij eveneens door den Dienst der Zuiderzeewerken ter beschikking gesteld. De spuidagen zijn nu in zes groepen gesplitst naar de periode van den dag waarop gespuid werd. Minder dan twee uur werd verwaarloosd en meer dan twee

uur werd tot een geheel afgerond. De gemiddelde vangsten van glasaal op deze dagen zijn in figuur 25 afgebeeld. Tusschen 20 en 24 uur was geen enkele maal gespuid.

Het verband tusschen de aantallen gevangen glasaaltjes en den tijd van den dag, waarop gespuid is, wordt dus weergegeven door



Figuur 25. Het aantal glasaaltjes, dat gevangen is op dagen, waarop op verschillende tijdstippen van den dag gespuid is, uitgedrukt in procenten van de totale jaarvangst.

een kromme, waarvan de top omstreeks 10 uur en het minimum omstreeks middernacht ligt. Tevens zijn de gemiddelden van spui- en niet-spuidagen ingeteekend. Zeer ongunstigen invloed blijkt dus het spuien gedurende den namiddag en nacht te hebben. Op de dagen, waarop tusschen 8 en 12 uur gespuid wordt, is de vangst niet alleen gunstiger dan het gemiddelde van de spuidagen, maar ook gunstiger dan op de niet-spuidagen.

Ook dit wordt ongetwijfeld door de meesleurende werking van de spuistroomen veroorzaakt. 's Nachts zwemmen de aaltjes immers

rond en worden dan gemakkelijk meegenomen. Overdag zijn zij ingegraven in den bodem en heeft het spuien geen vat op hen. Dagen, waarop overdag gespuid wordt, hebben 's nachts het karakter van niet-spuidagen en zijn dan ook gekenmerkt door groote aantallen terugkeerende aaltjes.

Wij moeten hieruit dus concluderen, dat het spuien 's nachts voor den glasaaltrek niet bevorderlijk is, maar aan dezen een groote hindernis in den weg legt. Overdag spuien veroorzaakt deze hinder- nis niet. De werking van het zoete spuiwater kan dan slechts be- vorderend op den trek werken.

Indien cenigszins mogelijk moet in het glasaalseizoen dus 's nachts het spuien nagelaten worden. Moet het om waterstaatkundige redenen dan toch geschieden, dan doet men goed het b.v. om den nacht te doen of het af en toe één of twee nachten te onderbreken. Op die nachten moet dan met de sluizen geslut worden. Het spuien gedurende den dag (tusschen 8 en 12 uur) verdient zoo veel mogelijk bevorderd te worden.

§ 47. Vervolgens zullen wij nagaan of het tijdstip van hoogwater op een bepaald gedeelte van den dag gunstiger is dan op een ander gedeelte.

Twee maal per etmaal treedt bij Den Oever hoog- en tweemaal laagwater op. Iedere nacht heeft dus even lang hoog- als laag- water. Zoowel hoog- als laagwater vallen iederen dag ongeveer 50 minuten later dan op den voorgaanden. Het tijdstip, waarop hoogwater gedurende den nacht valt, verschuift dus in den loop van ongeveer 14 dagen van het begin naar het einde van den nacht.

In de figuren 17 tot 21 zijn met zwart aangegeven de dagen, waarop het hooge water tusschen 0 en 3 uur viel. Deze nachten zijn gekenmerkt door het loopen van den vloedstroom op een voor de glasaaltjes zoo gunstig mogelijk tijdstip. Dan stroomt het water immers in den voornacht van het Marsdiep naar de sluizen.

Ongelukkigerwijs vallen genoemde dagen steeds omstreeks doordij. Het havengetal van Den Oever bedraagt immers volgens den Zee- mansgids (465) 7 uur 40 minuten. Een eenvoudige berekening leert ons dan, dat bij doordij het hooge water juist in genoemd gedeelte van den nacht valt: (Voor verklaring zie Zeemansgids.)

|                             |        |              |
|-----------------------------|--------|--------------|
| Maansdoorgang bij dood tij  | 18 uur |              |
| correctie                   |        | — 46 minuten |
| havengetal                  | 7 uur  | 40 minuten   |
| tijd van hoogwater ongeveer | 1 uur. |              |

Daar kunnen wij nog aan toe voegen, dat de tijd van spuien geheel afhangt van den tijd van laagwater, aangezien alleen omstreeks laagwater gespuid kan worden. De tijd van spuien heeft grooten invloed op het aantal aanwezige aaltjes, zooals in de vorige paragraaf is uiteengezet. Indien men de zaken critisch bekijkt, is dit laatste nu geenszins bewezen, maar is slechts een verband aangetoond tusschen het aantal aaltjes en het complex van genoemde drie factoren: tijd van den vloedstroom, dood- of springtij en tijd van spuien. Een verdere analyse van deze drie factoren is op één plaats van waarneming niet mogelijk en moet hier dus achterwege blijven. Ongetwijfeld is echter het spuien de voornaamste van de drie factoren, die de aantallen aaltjes bepalen en wij zullen deze geheel verantwoordelijk voor de verschillen stellen. Of de getijstroom een invloed heeft kan niet worden nagegaan.

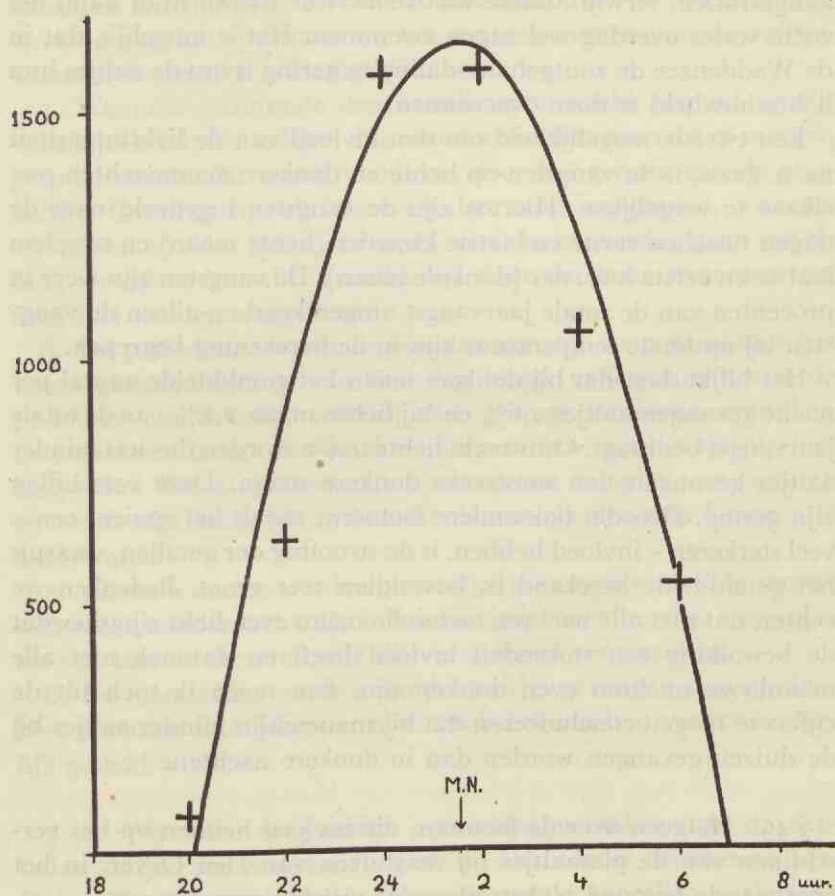
In dit verband is het goed de waarnemingen van paragraaf 35 over den invloed van het getij op den glasaaltrek sceptisch te bezien. Zoo vermeldt Henking, dat de beste glasaalvangst plaats vinden als de vloed in den laten namiddag of in den nacht valt. M.a.w. de slechtste vangsten worden gemaakt als het lage water gedurende die periode valt. Dit is geheel in overeenstemming met de waarnemingen bij Den Oever, maar wordt er door het uitstroomende zoete water veroorzaakt. Ook bij de waarnemingen van Henking kan aan een dergelijken factor gedacht worden.

Deze paragraaf toont weer eens aan, hoe moeilijk het is met volledige zekerheid tot een invloed van een bepaalden factor te kunnen besluiten op grond van waarnemingen in de natuur.

§ 48. Tenslotte zullen wij nagaan wat de invloed van de lichtintensiteit op de vangsten bij Den Oever is. De Dienst der Zuiderzeewerken heeft mij de gegevens over de vangsten, op verschillende tijdstippen gedurende den nacht in 1942 verricht, welwillend ter beschikking gesteld. Het totaal aantal gevangen aaltjes op de verschillende tijdstippen is in figuur 26 weergegeven. Ook in iederen nacht afzonderlijk vertoonen de vangsten een soortgelijk verloop.

Het verband tusschen den tijd en het aantal gevangen aaltjes blijkt volgens een regelmatige kromme te verlopen. Het maximale aantal aaltjes wordt juist te middernacht aangetroffen. In de figuur is een gedeelte van een sinusoïde geteekend en deze geeft de ligging der punten goed weer.

De reden, waarom de aantallen een dergelijk verloop hebben, kan ik niet verklaren. In het laboratorium werden de aaltjes actief als het donker werd. Men zou daarom verwachten, dat reeds kort



Figuur 26. De aantallen aaltjes, steeds op dezelfde manier bij Den Oever gevangen, op verschillende tijdstippen van den nacht in 1942.

M.N. beteekent middernacht zonnetijd.

na het donker worden, ook in zee alle aaltjes actief werden en dat dan reeds de maximale aantallen voor de sluizen werden aangetroffen. Gedurende den geheelen nacht zou men de aantallen even groot verwachten en pas bij de morgenschemering kleinere. Dit is in zee geenszins het geval. Er treedt een duidelijk maximum op omstreeks middernacht zonnetijd. Behalve het licht heeft dus blijkbaar nog een andere factor een invloed op het verschijnen van de glasaaltjes gedurende den nacht. Welke deze is, kan ik niet aangeven.

Opvallend is het, dat overdag bij de sluizen geen aaltjes worden aangetroffen, terwijl andere waarnemers de dieren in of nabij het zoete water overdag wel zagen zwemmen. Het is mogelijk, dat in de Waddenzee de zoutgchhalte-daling te gering is om de aaltjes hun lichtschuwheid te doen overwinnen.

Een tweede mogelijkheid om den invloed van de lichtintensiteit na te gaan, is de vangsten op lichte en donkere maannachten met elkaar te vergelijken. Hiertoe zijn de vangsten ingedeeld naar de dagen tusschen eerste en laatste kwartier (lichte maan) en tusschen laatste en eerste kwartier (donkere maan). De vangsten zijn weer in procenten van de totale jaarvangst omgerekend en alleen de vangsten bij optimale temperatuur zijn in de berekening begrepen.

Het blijkt dan, dat bij donkere maan het gemiddelde aantal per nacht gevangen aaltjes 2,6% en bij lichte maan 2,2% van de totale jaarvangst bedraagt. Omstreeks lichte maan worden dus iets minder aaltjes gevangen dan omstreeks donkere maan. Deze verschillen zijn gering. Doordat ook andere factoren, zooals het spuien, een – veel sterkeren – invloed hebben, is de strooiing der getallen, waaruit het gemiddelde berekend is, bovendien zeer groot. Bedenken we echter, dat niet alle nachten met volle maan even licht zijn doordat de bewolking een storenden invloed heeft en dat ook niet alle maanlooze nachten even donker zijn, dan meen ik toch uit de cijfers te mogen concludeeren dat bij maneschijn minder aaltjes bij de sluizen gevangen worden dan in donkere nachten.

§ 49. Hetgeen over de factoren, die invloed hebben op het verschijnen van de glasaaltjes bij de sluizen van Den Oever, in het voorgaande betoogd is, kan als volgt worden samengevat:

1. Er is verband tusschen den tijd, waarop de aaltjes verschijnen en de temperatuur van het zeewater. Alleen tusschen 3° en 11° zijn ze aanwezig; het maximum valt bij 6° à 9°. De meest voor de hand

liggende verklaring hiervoor is de veronderstelling dat hogere en lagere temperaturen den trek remmen.

2. De windrichting beïnvloedt de watertemperatuur en zoodoende ook den trek.

3. Het zoutgehalte van het Waddenzee water wordt door het spuien bepaald.

4. Op dagen, waarop gespuid wordt, zijn kleinere hoeveelheden aaltjes bij de sluizen aanwezig dan op dagen, waarop niet gespuid wordt. Op de daarop volgende dagen worden echter zeer groote aantallen aangetroffen. Dit wordt verklaard door de meesleurende werking van het spuiwater en het terugzwemmen van de aaltjes, wanneer het spuien geëindigd is.

5. Wanneer gedurende den namiddag of nacht gespuid wordt, verschijnen minder aaltjes, dan wanneer in den nanacht of morgen gespuid wordt. Dit wordt verklaard door het gedrag van de glasaaltjes. Overdag zijn zij immers in het zand ingegraven, 's nachts zwemmen zij. Het spuiwater heeft zoodoende overdag geen vat op hen, terwijl ze 's nachts gemakkelijk door de sterke stroomen van hun doel worden weggesleurd.

6. De perioden, waarin de vloedstroom op voor de aaltjes het meest gunstige tijdstip van den dag loopt, vallen samen met de perioden van doottijd, waarbij zeer geringe stroomen optreden. Daarenboven hangt de tijd van spuien samen met het tijdstip van laag water. De aaltjes reageeren dus op een complex van factoren en het is niet mogelijk de beteekenis van elk der drie factoren te analyseeren.

7. Alleen 's nachts worden glasaaltjes gevangen en wel de meeste omstreeks middernacht. De lichtintensiteit moet worden aangezien als een van de factoren, die dit verschijnsel veroorzaken.

8. Bij maneschijn worden minder aaltjes gevangen dan op donkere nachten. Ook hiervoor moet de lichtintensiteit verantwoordelijk gesteld worden.

§ 50. Wij zullen nog eenige opmerkingen maken over de aantallen aaltjes, die van jaar tot jaar bij Den Oever verschenen zijn. Deze zijn niet steeds gelijk, maar de totale aantallen verhielden zich ongeveer als 8 : 26 : 5 : 5 : 5 in de jaren 1938 tot 1942.

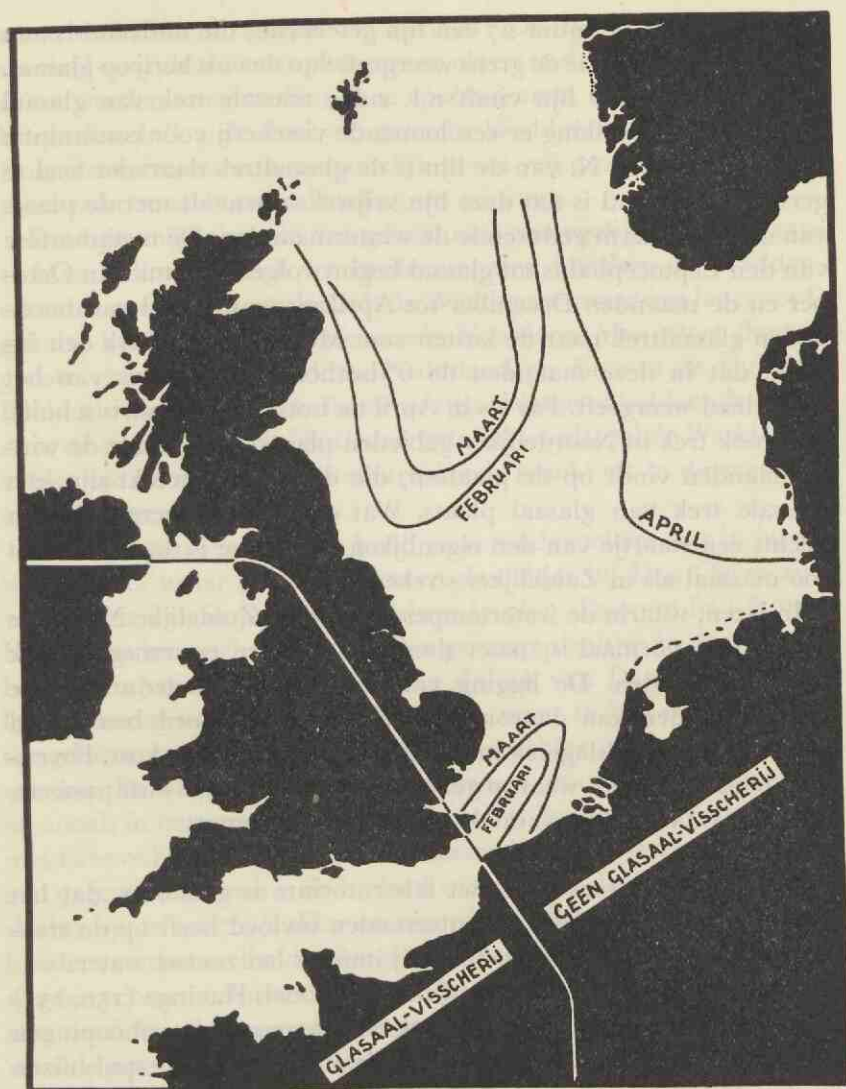
Van deze hoeveelheid hangt in de eerste plaats het aantal af, dat het IJsselmeer kan bereiken en waar het tot marktwaardige visch kan

opgroeien. Minstens twee factoren moeten als oorzaak van de verschillende jaarlijksche aantallen glasaaltjes worden beschouwd. Vooreerst zullen zeker niet ieder jaar even groote aantallen *Leptocephalus* geboren worden en evenmin zullen er ieder jaar evenveel metamorfoseeren. Van andere zeevisschen, als de schol en de haring, zijn dergelijke schommelingen in aantal van jaar tot jaar goed bekend. Ze ontstaan door tallooze, vaak onnaspeurbare oorzaken. Een rol spelen o.a. de meer of minder gunstige temperatuur, het voedsel, enz. Ook bij de glasaaltjes moet een dergelijke schommeling in aantal verwacht worden.

Uit dit steeds wisselende aantal zal maar een gedeelte bij de sluizen van den Afsluitdijk terecht komen. De anderen zullen naar de groote rivieren, naar de Oostzee, kortom naar de andere plaatsen gaan, waar glasaaltjes worden aangetroffen. Deze onderlinge verdeeling van het aanwezige aantal glasaaltjes is nu m.i. geenszins aan het toeval toe te schrijven. Van belang hierbij lijken mij de temperatuur en het zoutgehalte van het water. Hun veronderstelde beteekenis zal in de volgende paragrafen besproken worden.

§ 51. In paragraaf 39 is uiteengezet, dat het zeer waarschijnlijk is, dat de temperatuur een sterken invloed heeft op den trekdrang der aaltjes. Bij  $6^{\circ}$  à  $9^{\circ}$  verloopt de trek maximaal, terwijl hogere en lagere temperaturen remmend op den trek werken. Men kan dus ruwweg zeggen, dat het grootste deel van den glasaaltrek begint als het water een temperatuur van  $6^{\circ}$  gekregen heeft. Dit laatste is niet alle jaren op denzelfden datum het geval en er is reeds op attent gemaakt, dat daardoor in de koude voorjaren van 1940, 1941 en 1942 de aaltjes belangrijk later verschenen dan in 1938. De temperatuur van  $6^{\circ}$  is dus belangrijk voor den glasaaltrek.

In figuur 27 is geteekend de gemiddelde ligging van de  $6^{\circ}$ -isotherm in de maanden Februari tot April. Ze zijn ontleend aan Jacobsen (201). Hieruit blijkt, dat in Februari en Maart (de koudste maanden in zee) deze isotherm in het Nauw van Calais ligt. In April schuift zij NO-waarts en in Mei heeft de geheele Noordzee een hogere temperatuur dan  $6^{\circ}$ . Ten Zuiden van het Nauw van Calais is de temperatuur gedurende den geheelen winter dus waarschijnlijk hoog genoeg voor den glasaaltrek. Inderdaad vindt deze in Frankrijk en Spanje reeds vanaf December plaats. Pas in Maart en April, als de temperatuur in de Noordzee hoog genoeg is, heeft



Figuur 27. De ligging van de 6°-isotherm in de wintermaanden in de Noordzee (naar Jacobsen) en de lijn die de grens van de glasaal-visscherij voor consumptie-doeleinden weergeeft (naar Schmidt).

ook daar de glasaaltrek plaats. Vergelijken we figuur 27 en figuur 4, dan blijkt er een redelijke correlatie te bestaan tusschen het begin van den glasaaltrek aan de kusten van de Noordzee en het verschuiven van de 6°-isotherm.

Bovendien is in figuur 27 een lijn geteekend, die ontleend is aan Schmidt (348), en die de grens weergeeft van de visscherij op glasaal. Ten ZW van deze lijn vindt n.l. zulke massale trek van glasaal plaats, dat de bevolking er een loonende visscherij voor consumptie op uitoefent. Ten N. van de lijn is de glasaaltrek daarvoor veel te gering. Opvallend is dat deze lijn vrijwel samenvalt met de plaats van de 6°-isotherm gedurende de wintermaanden. De metamorfose van den *Leptocephalus* tot glasaal begint volgens Schmidt in October en de maanden December tot April geven den tijd van maximalen glasaaltrek naar de kusten aan. Men krijgt nu sterk den indruk, dat in deze maanden de 6°-isotherm de N-grens van het trekgebied weergeeft. Pas als in April de isotherm N-waarts schuift, heeft ook trek in Noordelijker gebieden plaats. Gedurende de wintermaanden vindt op de plaatsen, die daarvoor geschikt zijn, een massale trek van glasaal plaats. Wat onze kusten bereikt is dan slechts een staartje van den eigenlijken trek; deze is dan ook nooit zoo massaal als in Zuidelijker streken.

In jaren, waarin de watertemperatuur in de Zuidelijke Noordzee hooger dan normaal is, moet dan veel sterkere en vroegere trek verwacht worden. De ligging van de 6°-isotherm gedurende de wintermaanden kan daarom als van grooten invloed beschouwd worden op het welslagen van den glasaaltrek aan onze kust. Bovendien bepaalt de tijd, waarop genoemde isotherm onze kust passeert, den tijd, waarop de maximale glasaaltrek aanvangt.

§ 52. Uit de proeven in het laboratorium is gebleken, dat het zoutgehalte een duidelijk oriënteerenden invloed heeft op de trek-kende glasaaltjes. Steeds zochten zij immers het zoetste water.

Ook in de natuur zal dit het geval zijn. Zooals Havinga (150, 151) vermeldt, bevinden zich in het trekseizoen groote opeenhoopingën glasaaltjes voor de lekstroompjes van de schuiven van de spuisluizen in den Afsluitdijk. Het is wel zeer waarschijnlijk, dat het lage zoutgehalte van het IJsselmeerwater, dat er in de Waddenzee uitstroomt, als oorzaak van deze concentratie moet worden aangezien. Het zoete water activeert de aaltjes en evenals in de keuzeproeven in het laboratorium, zullen zij zich steeds naar het zoete water toe begeven. Ook andere waarnemers troffen soortgelijke toestanden aan, zooals reeds in paragraaf 32 en 35 is besproken.

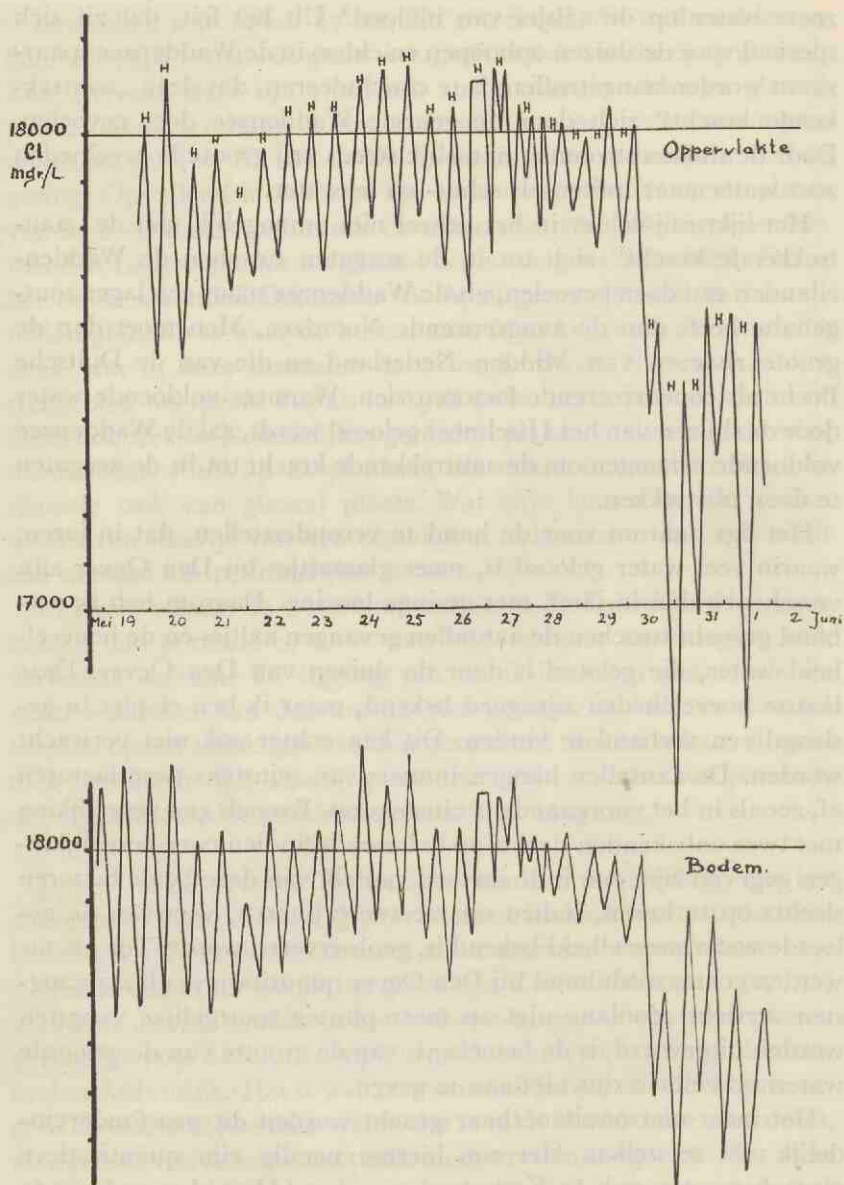
Tot hoe ver in zee is nu deze „aantrekkende kracht” van het

zoete water op de aaltjes van invloed? Uit het feit, dat zij zich speciaal voor de sluizen ophoopen en elders in de Waddenzee spaarzaam worden aangetroffen, is te concludeeren, dat deze „aantrek-kende kracht” zich door de geheele Waddenzee doet gevoelen. Door de sluizen stroomen namelijk steeds vrij groote hoeveelheden zoet water naar buiten als schut- en lekwater.

Het lijkt mij echter in het geheel niet onmogelijk, dat de „aan-trekkende kracht” zich tot in de zeegaten tusschen de Wadden-eilanden zou doen gevoelen, als de Waddenzee maar een lager zout-gehalte heeft dan de aangrenzende Noordzee. Men moet dan de groote rivieren van Midden Nederland en die van de Deutsche Bocht als concurrerende factoren zien. Wanneer voldoende water door de sluizen van het IJsselmeer geloosd wordt, zal de Waddenzee voldoende verzoeten om de aantrekkende kracht tot in de zeegaten te doen uitstrekken.

Het ligt daarom voor de hand te veronderstellen, dat in jaren, waarin veel water geloosd is, meer glasaaltjes bij Den Oever zijn verschenen dan in jaren met geringe loozing. Daarom heb ik ver-band gezocht tusschen de aantallen gevangen aaltjes en de hoeveelheid water, die geloosd is door de sluizen van Den Oever. Deze laatste hoeveelheden zijn goed bekend, maar ik ben er niet in geslaagd een verband te vinden. Dit kan echter ook niet verwacht worden. De aantallen hangen immers van minstens twee factoren af, zooals in het voorgaande is uiteengezet. Evenals een vergelijking met twee onbekenden slechts op te lossen is, indien twee vergelijkin-gen gegeven zijn, zoo is de invloed van elk van deze beide factoren slechts op te lossen, indien op meerdere punten, waarvan de ge-loosde waterhoeveelheid bekend is, geobserveerd wordt. Tot nu toe werden echter uitsluitend bij Den Oever quantitatieve glasaalvang-sten verricht. Zoolang niet op meer punten soortgelijke vangsten worden uitgevoerd, is de beteekenis van de grootte van de geloosde waterhoeveelheid dus niet aan te geven.

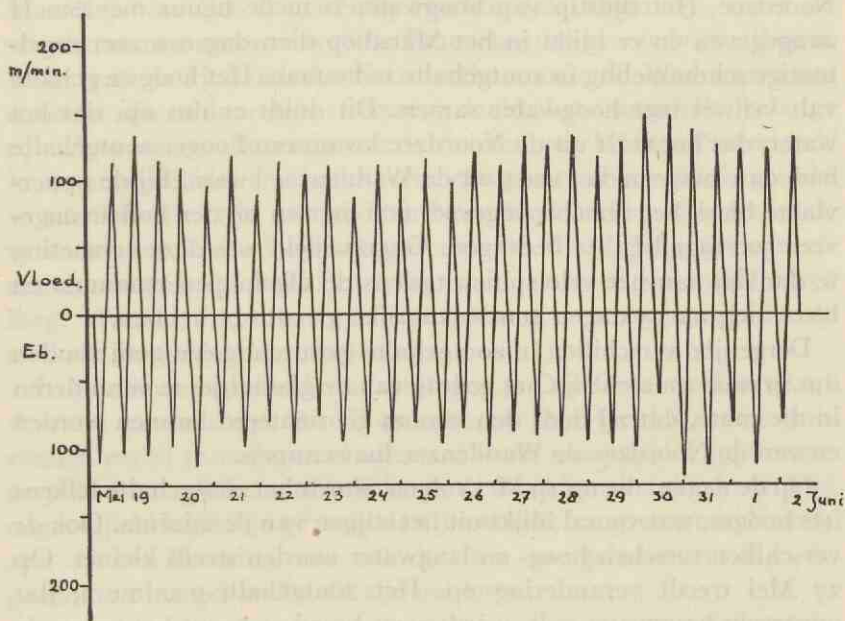
Het moet niet onuitvoerbaar geacht worden dit proefondervin-delijk vast te stellen. Het zou hiertoe noodig zijn quantitatieve glasaalvangsten ook te Kornwerderzand en IJmuiden gedurende enkele jaren te doen plaats vinden. Wanneer dan bovendien of te Den Oever of bij beiden vóór en gedurende het glasaalseizoen niet gespuid wordt (wat in vele jaren wel uitvoerbaar is), zullen de ver-schillen in glasaalvangst den invloed van het spuiwater aantoonen.



Figuur 28. De maxima en minima van een reeks zoutgehalte-waarnemingen op het nauwste punt van het Marsdiep van 18 Mei tot 2 Juni 1938 bij de oppervlakte en bij den bodem. (Gegevens verzameld door den Dienst van den Rijks-waterstaat en bewerkt door het Zoölogisch Station).

De waarnemingen te IJmuiden zullen niet beïnvloed worden door het zoutgehalte van de Waddenzee en zodoende de natuurlijke variaties duidelijk aangeven.

§ 53. Over de verschillen in zoutgehalte, die in het Marsdiep bij eb en vloed optreden, zijn we goed ingelicht gedurende een korte periode en wel van 18 Mei tot 2 Juni 1938. Op het nauwste gedeelte



Figuur 29. De maximale sterkten van den stroom op 3 m onder de oppervlakte op hetzelfde punt als de waarnemingen van figuur 28. (Gegevens van den Rijkswaterstaat.)

van het Marsdiep, waar dit een diepte van ongeveer 30 m heeft, zijn de gegevens door den Dienst van den Rijkswaterstaat verzameld en door het Zoologisch Station bewerkt. Figuur 28 geeft de maxima en minima van de reeks zoutgehalte-waarnemingen weer, die er om het half uur bij de oppervlakte en den bodem verricht zijn. Tevens geeft figuur 29 de maximale stroomsterkten op 3 m onder de oppervlakte op dezelfde waarnemingsplaats weer. Ze zijn eveneens afgeleid uit waarnemingen om het half uur. Deze gegevens zijn niet gepubliceerd, maar stonden mij door welwillendheid van den Dienst van den Rijkswaterstaat ter beschikking.

Aan deze metingen is een periode van niet-spuien door de sluizen van het IJsselmeer voorafgegaan. Zooals uit figuur 17 blijkt is in Maart en April 1938 vrij veel door genoemde sluizen gespuid, maar na 4 Mei tot in Juni niet meer. Door de sluizen bij Den Oever en Kornwerderzand is in Maart geloosd 665 mill.m<sup>3</sup> en tot 4 Mei 123 mill.m<sup>3</sup>. Uit genoemde figuur 28 blijkt, dat er op 19 Mei nog een groot verschil in zoutgehalte bestaat tusschen de Waddenzee en de Noordzee. Het tijdstip van hoogwater is in de figuur met een H aangegeven en er blijkt in het Marsdiep dien dag een zeer regelmatige schommeling in zoutgehalte te bestaan. Het hoogste gehalte valt vrijwel met hoogwater samen. Dit duidt er dus op, dat het water, dat het verst uit de Noordzee kwam een hooger zoutgehalte had dan hetgeen het verst uit de Waddenzee kwam. Bij de oppervlakte bleek het verschil ongeveer 600 mgr en bij den bodem ongeveer 500 mgr/l Cl' te bedragen. Ongetwijfeld was deze verzoeking te danken aan het vele spuien tijdens de afgeloopen maanden en bleek nog na 15 dagen een belangrijke grootte te hebben.

Dergelijke verschillen in zoutgehalte gedurende één getij zouden dus in staat moeten zijn het gedrag van de glasaaltjes te veranderen in die mate, dat zij door den stroom georiënteerd kunnen worden en van de Noordzee de Waddenzee inzwemmen.

Op de dagen, die op 19 Mei volgen, wordt het zoutgehalte telkens iets hooger, wat vooral blijkt uit het stijgen van de minima. Ook de verschillen tusschen hoog- en laagwater worden steeds kleiner. Op 27 Mei treedt verandering op. Het zoutgehalte-maximum, dat omstreeks hoogwater valt, wordt eerst breed en toont het volgende getij zelfs weer een tijdelijke inzinking. Deze inzinking wordt telkens grooter en op 28 Mei valt het laagste zoutgehalte zelfs met hoogwater samen. Dat wil dus zeggen dat de Noordzee dan zoeter is dan de Waddenzee. Deze toestand blijft tot aan het einde van de metingen gehandhaafd.

Gedurende het stroomen van de eb stijgt het zoutgehalte dan op een bepaald punt. Indien zulke omstandigheden in het seizoen van den glasaaltrek zouden optreden, zou de trek in het Marsdiep dus juist den verkeerden kant uitgaan. De aaltjes zouden er immers meer door het „zoete” Noordzeewater dan door het „zoute” Waddenzeewater worden aangetrokken. Het is dan te verwachten, dat er van trek naar de sluizen weinig terecht zal komen, aangezien het zoutgehalte-verval hen juist uit de Waddenzee weg zou lokken.

Op 30 Mei trad plotseling verlaging van het Cl'-gehalte met meer dan 1000 mgr/l op. Toch is dit niet te wijten aan spuiwater, want uit navraag bij de betrokken instanties bleek, dat noch bij den Afsluitdijk, noch bij Den Helder in die periode gespuid is. Op 30 Mei nu woei een stormachtige ZW-wind en vond, volgens aanwijzing van de zelfregistreerende peilschaal te Den Helder, belangrijke opstuwing van water in de Waddenzee plaats. De ebstroom in het Marsdiep was dien dag weinig krachtig (zie figuur 29), maar de vloedstroomen waren zeer sterk. Er moeten dus groote hoeveelheden water van de Hollandsche Noordzeekust naar de Waddenzee gestroomd zijn en door deze strooming daalde het zoutgehalte belangrijk. Zoet water, afkomstig van de rivieren van Midden Nederland, moet ongetwijfeld voor deze verzoeting verantwoordelijk gesteld worden. De rivieren van Midden Nederland hadden dus een sterk verzoetenden invloed op het water in de Waddenzee, toen in 26 dagen niet gespuid was! De afvoer van de rivieren was in Mei 1938 laag. Wanneer deze grooter was geweest, zou ongetwijfeld nog sterkere verzoeting opgetreden zijn.

In § 44 is medegedeeld, dat spuiingen te Den Oever en Kornwerderzand in staat zijn het Cl'-gehalte bij Den Helder eenige duizenden mgr/l te verlagen. Indien nu in de maand Mei 1938 meer gespuid was, zou het zoutgehalte in de Waddenzee zelfs op 30 Mei ongetwijfeld lager zijn geweest dan dat van de aangrenzende Noordzee. In het Marsdiep zou ook dan een zoutgehalte-verval in de goede richting gehandhaafd zijn gebleven.

§ 54. Tot nu toe is een gunstige invloed van het geloosde water voor het aantrekken van glasaal dus nog moeilijk te bewijzen uit de vangsten van aaltjes bij Den Oever.

Toch lijkt mij dezen invloed zeer plausibel. Bij de proeven in het laboratorium, die in Hoofdstuk 5 beschreven zijn, vertoonde een gering verschil in zoutgehalte immers al een duidelijk oriënteerende werking. Een verschil van 3000 mgr/l Cl' gaf een duidelijke, 1000 mgr/l een minder duidelijke oriëntatie. De proef was echter met een ander doel opgezet en deugde niet voor het opsporen van het minste zoutgehalte-verschil, waarop de aaltjes zich kunnen oriënteren. Het kan verwacht worden, dat het verschil veel geringer behoeft te zijn, zooals de ervaring bij het houden van de glasaaltjes in het aquarium al leerde (zie paragraaf 15). Door verder experi-

menteel onderzoek zal men het minste verschil kunnen vinden. Thans staat dus reeds vast, dat zij zich oriënteren op gehalteverschillen van de orde van grootte van 1000 mgr/l.

In paragraaf 44 is medegedeeld, dat het spuien van IJsselmeerwater in staat is het Waddenzeewater eenige duizenden mgr/l te verzoeten. In de vorige paragraaf is gebleken, dat 15 dagen na het spuien nog verschillen van 600 mgr/l optreden tusschen het tijdstip van hoog- en van laagwater in het Marsdiep. Deze verschillen in zoutgehalte zijn van dezelfde orde van grootte als degene waarop de aaltjes zich in het laboratorium oriënteerden. Het is dus zeker, dat het spuien van normale hoeveelheden IJsselmeerwater in staat is in het Marsdiep verschillen in zoutgehalte te veroorzaken, waarop de aaltjes zich kunnen oriënteren. Wordt niet gespuid, dan bevindt de Waddenzee zich als een dam van zout water op den weg van de trekkende glasaaltjes.

Een gunstige invloed van de loozing door de sluizen van het IJsselmeer op het aantrekken van glasaaltjes is dus zeer waarschijnlijk. In het volgende hoofdstuk zal worden uitgegaan van de veronderstelling, dat zooveel zoet water geloosd moet worden, dat het uitstroomende water in de zeegaten zoeter is dan het instroomende. De Waddenzee moet daartoe een lager zoutgehalte hebben dan de aangrenzende Noordzee.

§ 55. De aantallen glasaaltjes, die jaar voor jaar bij de sluizen van den Afsluitdijk verschijnen, hangen dus van twee factoren af en wel van „natuurlijke”, waarvan de temperatuur van het water een belangrijke rol speelt, en van „kunstmatige”, die met de hoeveelheden geloosd water samenhangen. <sup>1)</sup>

De lage voorjaarstemperaturen van de laatste drie jaren zullen de betrekkelijk geringe aantallen aaltjes in die jaren veroorzaakt hebben. Wanneer over meer waarnemingsjaren beschikt wordt, zal dit definitief uit te maken zijn. De invloed van het spuien is eveneens vast te stellen, als men over meer gegevens beschikt of er in slaagt op zoo groote schaal te experimenteren als in paragraaf 52 is aangegeven. Wel is in 1942 vrijwel gedurende het geheele seizoen niet gespuid, het is echter aannemelijk dat door het veelvuldige spuien

(1) Athanassopoulos (22,25) onderscheidt: „montée naturelle” en „montée provoquée”.

vóór dien tijd de Waddenzee nog betrekkelijk zoet was. Zoutgehaltebepalingen zouden bij het verdere onderzoek dan ook wenschelijk zijn.

Het is te hoojen dat de Dienst der Zuiderzeewerken de waarnemingen bij Den Oever nog langen tijd voortzet, zij ook genegen is waarnemingen bij Kornwerderzand te laten verrichten en tevens aantekening houdt van de watertemperatuur, het zoutgehalte, den golfslag en den maneschijn. Er kunnen dan nog belangrijke en voor de visscherij nuttige gegevens verzameld worden.

## HET BEHEER VAN HET IJSSELMEER IN VERBAND MET DE PALINGVISSCHERIJ

§ 56. Uit hetgeen in het vorige hoofdstuk is besproken, is duidelijk gebleken, dat de trek van de glasaaltjes bij de sluizen van het IJsselmeer door uitwendige factoren beïnvloed wordt. In ieder geval is er verband tusschen het aantal trekkers eenerzijds en de temperatuur en de lichtintensiteit anderzijds. De spuiستroomen hebben eveneens sterken invloed, zoowel door hun mechanische werking als waarschijnlijk ook door hun zoutgehalte-verlagenden invloed.

Ook in het laboratorium bleek het gedrag van de trekkende dieren van uitwendige omstandigheden af te hangen. De invloed van de lichtintensiteit, de stroomsterkte en het zoutgehalte was duidelijk. Die van de temperatuur werd waarschijnlijk door onjuiste proefomstandigheden niet aangetoond. Het geheele verschijnsel van den trek moet dan ook niet als iets toevalligs worden opgevat, maar als het resultaat van een aantal milieufactoren, die werken op een erfelijk vastgelegd gedragsschema van den glasaal.

Aangezien de paling van belangrijke economische beteekenis is en de palingstand van den aanvoer van glasaal afhangt, ligt het voor de hand zich af te vragen of het mogelijk is den trek zoo te beïnvloeden, dat meer aaltjes op de gewenschte plaats verschijnen. Van de factoren, die invloed hebben op den trek, is slechts één complex te beïnvloeden en wel datgene, dat met het loozen van water verband houdt. Tot welke consequenties dit leidt voor het IJsselmeer, zal in dit hoofdstuk besproken worden.

Eerst zal nog worden opgesomd, welke maatregelen te nemen zijn bij de sluizen van den Afsluitdijk om de glasaaltjes in staat te stellen deze te passeeren. Ze zijn afgeleid uit hetgeen in het vorige hoofdstuk is besproken.

Voor het welslagen van den trek lijkt mij het volgende noodzakelijk:

1. Het onderhouden van lekstroompjes langs de deuren en schuiven om de aaltjes vóór deze deuren en schuiven te concentreeren.
2. Het zoeter houden van de verdere omgeving van de sluizen ten opzichte van de Waddenzee door schut- en lekwater om de aaltjes vanuit zee den weg naar de sluizen te wijzen.

3. Waarschijnlijk het spuien van zoo groot mogelijke hoeveelheden zoet water om de Waddenzee als geheel te verzoeten en daardoor reeds in de zeegaten de aaltjes naar de sluizen te loodsen.
4. 's Nachts schutten met de schut- en spuisluizen, op de wijze als volgens Havinga door Ter Pelkwijk is aangegeven, wanneer de temperatuur van het water  $3^{\circ}$  tot  $13^{\circ}$  bedraagt, om de aaltjes naar binnen te laten.

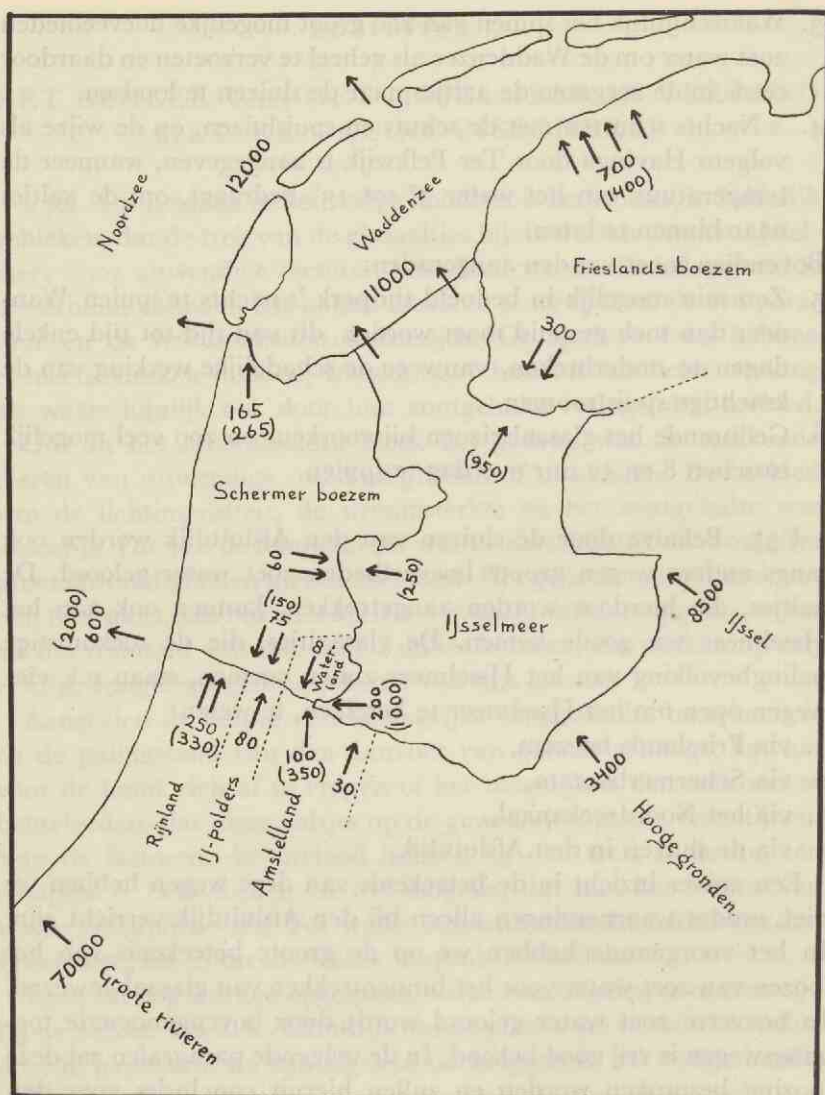
Bovendien moet worden aangeraden:

5. Zoo min mogelijk in bedoeld tijdperk 's nachts te spuien. Wanneer dan toch gespuid moet worden, dit van tijd tot tijd enkele dagen te onderbreken, vanwege de schadelijke werking van de krachtige spuiستroomen.
6. Gedurende het glasaalseizoen bij voorkeur en zoo veel mogelijk tusschen 8 en 12 uur overdag te spuien.

§ 57. Behalve door de sluizen van den Afsluitdijk worden ook langs andere wegen groote hoeveelheden zoet water geloosd. De aaltjes, die hierdoor worden aangetrokken, kunnen ook aan het IJsselmeer ten goede komen. De glasaaltjes, die de toekomstige palingbevolking van het IJsselmeer zullen vormen, staan n.l. vier wegen open om het IJsselmeer te bereiken, te weten:

1. via Frieslands boezem,
2. via Schermerboezem,
3. via het Noordzeekanaal,
4. via de sluizen in den Afsluitdijk.

Een zuiver inzicht in de beteekenis van deze wegen hebben we niet, omdat waarnemingen alleen bij den Afsluitdijk verricht zijn. In het voorgaande hebben we op de groote beteekenis van het loozen van zoet water voor het binnentrekken van glasaal gewezen. In hoeverre zoet water geloosd wordt door bovengenoemde toegangswegen is vrij goed bekend. In de volgende paragrafen zal deze loozing besproken worden en zullen hieruit conclusies voor den glasaaltrek getrokken worden. In figuur 30 zijn de wegen en de grootte van de loozingen schematisch voorgesteld. De getallen op deze kaart stellen de gemiddelde jaarlijksche spuihoeveelheden in millioenen  $m^3$  voor. Ze zijn voornamelijk ontleend aan Mazure (266). De pijltjes geven de richting van den waterstroom aan. Deze opgave van de grootte van de geloosde hoeveelheid water geeft slechts een globaal beeld van den werkelijken toestand. Vooreerst



Figuur 30. Jaarlijksche waterloozingen in de omgeving van het IJsselmeer in miljoenen m³. De cijfers tusschen haakjes geven de waterbeweging aan die ontstaat door het inlaten in de omliggende polders en het doorspoelen van hun boezems.

is de spuihoeveelheid van jaar tot jaar verschillend en bovendien is de loozing sterk afhankelijk van het jaargetijde. Zij zijn hier echter weergegeven om de orde van grootte van de hoeveelheden te noemen en de verschillende punten onderling te kunnen vergelijken.

§ 58. Frieslands boezem loost door de sluizen te Harlingen, Roptazijl, Dokkumer Nieuwe Zijlen en door de Friesche Sluis bij Zoutkamp op de Waddenzee. De hoeveelheid water, die door deze sluizen geloosd wordt kan per jaar op gemiddeld 700 mill.m<sup>3</sup> gesteld worden. Ongetwijfeld zullen deze zoetwater-loozingen groote hoeveelheden glasaaltjes aantrekken, die deze sluizen ook wel zullen passeeren, al worden, voor zoover mij bekend, geen speciale maatregelen daartoe genomen. Deze aaltjes zullen zich over geheel Frieslands boezem verspreiden en de palingbevolking van deze wateren vormen.

Verder loost Frieslands boezem door de sluizen bij Makkum, Workum, Hindeloopen, Molkwerum, Stavoren, Takozijl en Lemmer op het IJsselmeer. De loozingen door deze sluizen zijn onbetekenend. Het gemaal te Lemmer loost echter jaarlijks ongeveer 300 mill. m<sup>3</sup>. Wanneer bovengenoemde sluizen loozen, ontstaan in de omliggende boezemwateren stroomen, die naar de sluis gericht zijn. Aangezien glasaaltjes steeds tegen stroom in zwemmen is de kans, dat zij door deze sluizen vanuit den boezem in het IJsselmeer geraken, zeer gering.

Sinds het water in het IJsselmeer sterk verzoet is, is het echter mogelijk geworden in de zomermaanden water uit het meer op den boezem in te laten en zodoende het boezem- en polderpeil ook in den zomer constant te houden. Bovendien is het mogelijk geworden, door IJsselmeer-water in te laten en boezemwater op de Waddenzee uit te laten, den boezem door te spoelen. Hierdoor wordt een lager zoutgehalte verkregen, dat aan de land- en tuinbouw en veeteelt zeer ten goede komt. Op de waterbalans van het IJsselmeer is door Mazure (266) voor het aanvullen van Frieslands boezem 175 mill. m<sup>3</sup>, voor Groningens boezem 112 mill. m<sup>3</sup> en voor het doorspoelen van Frieslands boezem 675 mill. m<sup>3</sup> per jaar uitgetrokken, welke uit het IJsselmeer zullen worden afgetapt. Hierdoor zal de totale jaarlijksche loozing op de Waddenzee ongeveer verdubbeld en tevens de stroomrichting bij de sluizen aan het

IJsselmeer omgekeerd worden. Aangezien dit aanvullen en doorspoelen voornamelijk in de zomermaanden plaats vindt, heeft het echter weinig beteekenis voor de trekkende glasaaltjes.

De beteekenis van den trekweg door Frieslands boezem zal daarom in verhouding tot de andere wegen gering zijn en kan gerust verwaarloosd worden. Het binnenlaten van glasaal door de sluizen aan de Friesche en Groningsche Waddenzeekust kan echter van groote beteekenis zijn voor den palingstand in de Noordelijke provincies. Dit binnenlaten kan het eenvoudigst geschieden door bij laag water 's nachts in het glasaalseizoen eenige malen per nacht met de uitwateringssluizen te schutten en gedurende dien tijd zoo min mogelijk 's nachts en zoo veel mogelijk overdag te spuien.

§ 59. Noord Holland benoorden het IJ bestaat uit een aantal boezems, waarvan Schermerboezem de voornaamste is. De anderen staan er mee in open verbinding of zijn er door sluizen van gescheiden. In het volgende zal Noord Holland benoorden het IJ als één boezem beschouwd worden, die het gemakkelijkst wordt aangeduid met den naam Schermerboezem, zonder dat hierdoor belangrijk van de werkelijkheid wordt afgeweken.

Schermerboezem loost bij Den Helder jaarlijks ongeveer 165 mill. m<sup>3</sup> op de Waddenzee, 75 mill. m<sup>3</sup> bij Zaandam en Nauerna op het Noordzeekanaal en 60 mill. m<sup>3</sup> bij Schardam, Edam en Monnikendam op het IJsselmeer. Er kunnen dus glasaaltjes op den boezem komen vanuit de Waddenzee bij Den Helder en vanuit het Noordzeekanaal (zie hiervoor de volgende paragraaf). Deze zullen zich over de boezem- en polderwateren verspreiden en de palingbevolking van deze streken vormen. Evenals dat bij Frieslands boezem het geval is, zullen hiervan slechts weinigen in het IJsselmeer terecht komen. Voor het aanvullen van den boezem vanuit het IJsselmeer is 80 mill. m<sup>3</sup> en voor het doorspoelen van den boezem 170 mill. m<sup>3</sup> berekend door Mazure (266). Dit vindt echter in de zomermaanden plaats en verwacht kan worden dat het weinig invloed heeft op de trekkende aaltjes.

Ook de beteekenis van dezen trekweg kan daarom gerust verwaarloosd worden. Het binnenlaten van glasaal kan echter van groote beteekenis zijn voor den palingstand van Noord Holland.

§ 60. Het Noordzeekanaal loost bij IJmuiden door sluizen op de

Noordzee ongeveer 600 mill. m<sup>3</sup> per jaar. Wanneer het spuien daar onmogelijk is, wordt te Schellingwoude op het IJsselmeer geloosd. Deze loozing bedraagt jaarlijks ongeveer 100 mill. m<sup>3</sup>.

Ongetwijfeld zullen hierdoor groote hoeveelheden glasaaltjes bij IJmuiden worden binnengelokt; gegevens bestaan hier echter niet veel over: slechts Korringa (468) vermeldt enkele vangsten in het Kanaal.

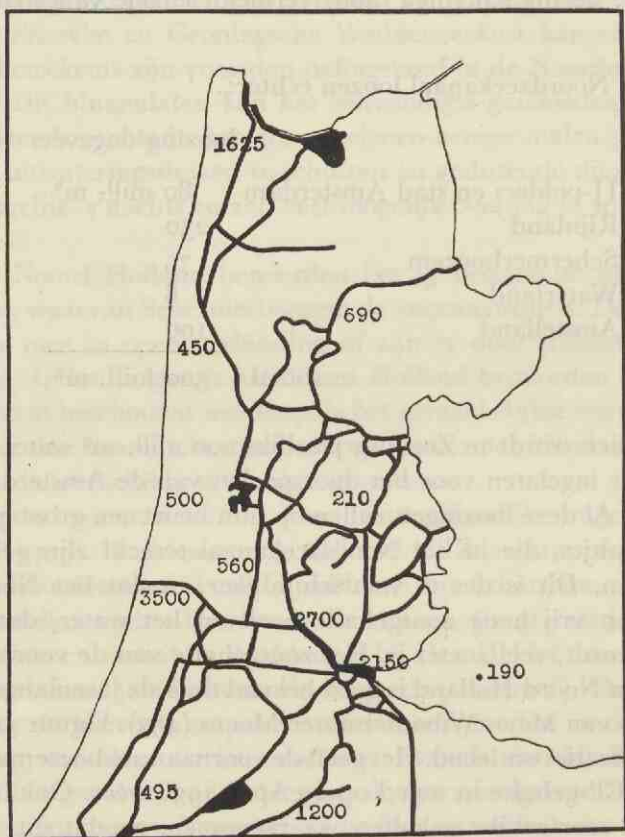
Op het Noordzeekanaal loozen echter:

|                              | loozing ongeveer         |
|------------------------------|--------------------------|
| IJ-polders en stad Amsterdam | 80 mill. m <sup>3</sup>  |
| Rijnland                     | 250                      |
| Schermerboezem               | 75                       |
| Waterland                    | 8                        |
| Amstelland                   | 100                      |
| totaal                       | 500 mill. m <sup>3</sup> |

Bovendien wordt te Zeeburg jaarlijks 200 mill. m<sup>3</sup> water uit het IJsselmeer ingelaten voor het doorspoelen van de Amsterdamsche grachten. Al deze loozingen zullen op hun beurt een groot gedeelte van de aaltjes, die in het Noordzeekanaal terecht zijn gekomen, aantrekken. Dit is des te waarschijnlijker, omdat het Noordzeekanaal een vrij hoog zoutgehalte heeft en het water, dat er op geloosd wordt, veel zoeter is. Het zoutgehalte van de voornaamste wateren in Noord Holland is goed bekend door de jarenlange waarnemingen van Mevr. Wibaut-Isebree Moens (453). Figuur 31 is aan haar publicaties ontleend. Het geeft de voornaamste boezemwateren met hun Cl'-gehalte in mgr/l op 29 April 1938 weer. Ook in April 1937 zijn soortgelijke gehalten waargenomen, zoodat dit als den tegenwoordig geldenden toestand beschouwd kan worden. Op deze kaart is duidelijk te zien, dat het Noordzee-kanaal een hooger zoutgehalte heeft dan de omgevende boezems, die er in loozen. Deze verzouting vindt zijn oorsprong in het schutwater van het sluizen-complex te IJmuiden; een zoute bodemstroom in het diepe kanaal verplaatst dit water ver landinwaarts. Hierdoor heeft zelfs het water te Amsterdam bijna steeds een hooger Cl'-gehalte dan 1000 mgr/l behouden; bij Velsen bedroeg het bijna steeds meer dan 2000 mgr/l. Nabij den bodem van het kanaal worden steeds nog hoogere gehal-

ten gevonden. (Na Mei 1940 is door het weinige schutten echter verzoeting ingetreden.)

Sinds 1936 laat Rijnland gedurende de zomermaanden 240 mill. m<sup>3</sup> water bij Gouda in voor verzoeting van den boezem, waarvan ongeveer 80 mill. m<sup>3</sup> weer op het Noordzeekanaal wordt uit-



Figuur 31. Het zoutgehalte van de boezemwateren van Noord Holland in mgr/l Cl' in April 1938. (Naar Wibaut-Isebreë Moens.)

gelaten. Bovendien laat Schermerboezem sinds 1938 170 mill. m<sup>3</sup> water in vanuit het IJsselmeer, waarvan weer ongeveer 75 mill. m<sup>3</sup> op het Noordzeekanaal terecht komt. Daarenboven wordt sinds 1937 's zomers bij Schellingwoude water vanuit het IJsselmeer in het kanaal ingelaten. Al dit water, dat voor doorspoelen van de boezems dient, wordt te IJmuiden geloosd.

In de toekomst zal op ruime schaal en ook 's winters met inlaten en doorspoelen worden voortgegaan, terwijl zoo min mogelijk te Schellingwoude geloosd zal worden. De hoeveelheid water, die dan te Schellingwoude vanuit het IJsselmeer op het kanaal zal worden ingelaten, berekent Mazure op 1000 mill. m<sup>3</sup> per jaar. Bovendien ligt het in de bedoeling 250 mill. m<sup>3</sup> rivierwater bij Vreeswijk uit de Lek op het Amsterdam-Rijnkanaal in te laten. Dit zal geschieden voor het doorspoelen van het kanaal ten behoeve van de water-onttrekking door de Gemeente Waterleidingen van Amsterdam. Deze onttrekking wordt op 40 à 80 mill. m<sup>3</sup> geschat, zoodat nog ongeveer 200 mill. m<sup>3</sup> per jaar uit het Amsterdam-Rijnkanaal op het Noordzeekanaal geloosd zal worden (zie hiervoor 312). De totale loozing te IJmuiden zal hierdoor stijgen tot bijna 2000 mill. m<sup>3</sup> per jaar. Wanneer bovendien de Zuidelijke inpolderingen van het IJsselmeer hun uitslagwater via IJmuiden loozen, zal de loozing daar nog veel grooter worden.

Deze groote loozingen van zoet water te IJmuiden zullen vooral in de toekomst een belangrijk aantrekkingspunt voor glasaaltjes vormen, zoodat het waarschijnlijk wel de moeite waard zal zijn ook hier maatregelen te nemen om de glasaaltjes gelegenheid te geven binnen te komen. Indien men de loozingshoeveelheden als maatstaf aanneemt, zou de helft van de aaltjes, die via IJmuiden in het Noordzeekanaal komt, door moeten trekken naar het IJsselmeer. De overigen zullen aan het Kanaal zelf en aan de omliggende boezem- en polderwateren ten goede komen. Behalve de sluizen te IJmuiden zullen de aaltjes, die door het Noordzeekanaal het IJsselmeer moeten bereiken, ook de sluizen bij Schellingwoude moeten passeeren. Door deze twee barricaden op hun weg lijkt mij de kans, dat er van den trek weinig terecht komt, groot, tenzij men voldoende aandacht aan deze zaken schenkt.

§ 61. De vierde en belangrijkste weg, die den glasaaltjes op hun trek naar het IJsselmeer open staat, is door de sluizen in den Afsluitdijk. De hoeveelheid water, die door deze sluizen geloosd wordt, blijkt uit de volgende tabel. De gegevens hiervoor zijn ontleend aan verschillende nummers van de Driemaandelijksche Berichten betreffende de Zuiderzeewerken (84). De hoeveelheden zijn uitgedrukt in milliarden m<sup>3</sup>.

Behalve over deze gegevens van de afgelopen jaren beschikken wij

|                 | Jan            | Feb | Mrt | Apr | Mei | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jaar |
|-----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1932            | (vanaf 28 Mei) |     |     |     |     | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 0.2 | 1.6 | 2.3 | 1.3 | 7.9  |
| 1933            | 0.8            | 1.1 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 7.3  |
| 1934            | 1.1            | 0.5 | 1.0 | 0.3 | 0.3 | 0   | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 0.8 | 0.7 | 1.1 | 6.7  |
| 1935            | 1.4            | 2.0 | 1.2 | 1.8 | 1.0 | 0.9 | 0.6 | 0.1 | 0.8 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 14.0 |
| 1936            | 2.4            | 2.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 0.5 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 2.2 | 2.4 | 17.4 |
| 1937            | 2.0            | 2.3 | 3.6 | 1.8 | 1.8 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 1.3 | 16.4 |
| 1938            | 1.5            | 2.2 | 0.3 | 0.9 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 1.7 | 1.0 | 1.1 | 10.6 |
| 1939            | 2.7            | 1.4 | 1.6 | 1.4 | 0.8 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 2.0 | 2.0 | 3.2 | 17.4 |
| 1940            | 0.5            | 0.9 | 2.9 | 1.7 | 1.9 | 0.5 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.8 | 2.6 | 3.0 | 18.6 |
| Normaal<br>jaar | 1.7            | 1.4 | 1.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 10.9 |

ook over uitvoerige berekeningen van de hoeveelheid water, die in de toekomst door de sluizen van den Afsluitdijk geloosd zal worden. Deze hoeveelheid is berekend door Mazure (266). Van hem is het onderstaande tabelletje overgenomen, waarin zijn aangegeven de hoeveelheden water in millioenen m<sup>3</sup>, die in de eerste 6 maanden van een normaal jaar geloosd zullen worden. Ook is door hem berekend hoeveel de loozing bedraagt in een droog jaar zooals 1933 was en dit is ter vergelijking mede in het tabelletje overgenomen. Tevens is voor beide jaren de regenval en het totale waterbezwaar van het IJsselmeer aangegeven.

|              | Jan. | Feb. | Mrt. | Apr. | Mei | Juni |
|--------------|------|------|------|------|-----|------|
| Regen        |      |      |      |      |     |      |
| Normaal      | 139  | 103  | 121  | 118  | 136 | 166  |
| 1933         | 50   | 100  | 160  | 60   | 170 | 230  |
| Waterbezwaar |      |      |      |      |     |      |
| Normaal      | 1742 | 1495 | 1456 | 1029 | 753 | 673  |
| 1933         | 770  | 1230 | 1040 | 310  | 720 | 840  |
| Loozing      |      |      |      |      |     |      |
| Normaal      | 1684 | 1412 | 1363 | 336  | 260 | 247  |
| 1933         | 710  | 1150 | 950  | 0    | 200 | 300  |

Vergelijkt men het totale waterbezwaar – dus al het water dat op het meer gevoerd wordt door den IJssel, den regenval, de omliggende polders en hoge gronden, verminderd met de verdamping – met de hoeveelheid water, die geloosd wordt door de sluizen van den Afsluitdijk, dan valt het op, dat de loozing in de eerste

drie maanden van het jaar practisch gelijk is aan de totale aangevoerde hoeveelheid op het IJsselmeer. Voor de afsluiting der Zuiderzee moet ongeveer een zelfde hoeveelheid zoet water naar de Waddenzee zijn afgevoerd en men kan aannemen, dat toen evenveel glasaaltjes werden aangetrokken als thans. Sinds de afsluiting der Zuiderzee is dus de glasaaltjes-aanvoer waarschijnlijk niet achteruit gegaan.

Vergelijkt men echter het waterbezwaar en de loozing in de maand April, dan valt dadelijk op, dat de loozing veel minder is dan de hoeveelheid water, die op het IJsselmeer wordt aangevoerd. Uit het rapport van Mazure blijkt, dat dit hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door onttrekking van water aan het meer door de omliggende polders voor doorspoelen van hun boezem en doordat een groote hoeveelheid op het meer wordt vastgehouden om het peil te doen stijgen. Het doorspoelen van den polderboezem geschiedt in de maanden April t/m September en heeft tot doel, door het inlaten van IJsselmeerwater aan den eenen kant en het uitlaten van boezemwater aan den anderen kant van den boezem op een punt buiten het IJsselmeer, het zoutere boezemwater door het zoetere meerwater te doen vervangen, wat aan de cultuurmogelijkheden van den polder ten goede komt. Vóór de afsluiting van de Zuiderzee geschiedde dit doorspoelen natuurlijk niet.

Het vasthouden van een groote hoeveelheid water voor verhooging van het IJsselmeerpeil is noodig sinds men besloten heeft het winterpeil op 0.40 m – N.A.P. en het zomerpeil op 0.20 m – N.A.P. te brengen. Hiertoe is het noodig in het voorjaar 600 mill. m<sup>3</sup> water minder te loozen, terwijl deze hoeveelheid in September extra geloosd moet worden. Zooals in het rapport van Mazure is aangegeven, is deze watermassa in een normaal jaar verdeeld over April met 450 mill. m<sup>3</sup> en Mei met 150 mill. m<sup>3</sup>.

Hoe is het echter gesteld in een droger dan normaal jaar? Als voorbeeld hiervan is een jaar, zooals 1933 was, door Mazure berekend en de betreffende getallen zijn eveneens in bovenstaand staatje weergegeven. Uit vergelijking van de regenhoeveelheden blijkt, dat in 1933 Januari en April droger en Maart, Mei en Juni natter dan normaal waren. Hierdoor was o.a. ook de afvoer van den IJssel in de eerste vijf maanden van dat jaar minder dan normaal. Indien een jaar als 1933 weer zou optreden, zou dit tot gevolg hebben, dat de loozing door de spuisluizen in den Afsluiddijk in de

glasaaltjes-maand April geheel nul zou zijn! <sup>1)</sup> De geringe loozingen in zoo'n jaar worden wederom door de peilverhooging en het spoelwatergebruik door de polders veroorzaakt.

In het vorige hoofdstuk is betoogd, dat voor het welslagen van den glasaaltrek naar het IJsselmeer het loozen van zoet water waarschijnlijk noodig is. Deze trek vindt voornamelijk in de maand April plaats. Er is dus een duidelijke tegenstrijdigheid van de belangen bij de verdeeling van het zoete water van het IJsselmeer in het voorjaar. Eensdeels vragen de omliggende polders voor peilvariatie van het meer en voor doorspoeling van hun boezems groote hoeveelheden zoet water, anderdeels vraagt de palingvisscherij groote hoeveelheden voor het aantrekken van den glasaal. In normale en natte jaren zal aan deze verlangens wel grootendeels voldaan kunnen worden. In droge jaren daarentegen niet en zal rantsoeneering van de waterhoeveelheden noodzakelijk zijn.

In paragraaf 56 is samengevat hoe het gunstigst voor den glasaaltrek gespuid kan worden. Indien nu tot een rantsoeneering van het IJsselmeer-water moet worden overgegaan, zou men de peilverhooging en de polderdoorspoeling uit kunnen stellen tot het tijdstip, waarop het zeewater een temperatuur van b.v. 10° bereikt heeft. Dit viel in

1938 op 6 Mei

1939 - 8 Mei

1940 - 2 Mei

1941 - 17 Mei

1942 - 15 Mei

Na dien datum heeft de glasaaltrek vrijwel geen belang meer bij het spuien van zoet water en kan alles aan de polders ten goede komen.

Indien gedurende de periode, dat de glasaaltrek plaats vindt, slechts geringe hoeveelheden spuiwater ter beschikking staan, verdient het voorkeur het loozen op de daguren te doen plaats vinden.

Als officieelen datum van de peilverhooging wordt 15 April opgegeven. In de meeste jaren zal daardoor in de tweede helft van

(1) In 1942 is van 16 April tot 26 Mei, dus gedurende 40 achtereenvolgende dagen in het glasaalseizoen, niet gespuid (84).

April niet gespuid worden. Dit valt nu juist in de periode van maximale glasaaltrek. Men vraagt zich af of het niet beter is ook in normale jaren de peilverhooging een maand later te stellen, met dien verstande, dat met peilverhooging pas begonnen wordt, wanneer het zeewater een temperatuur van 10° bereikt heeft.

§ 62. Zooals in het vorige hoofdstuk is medegedeeld zijn de lekstroompjes langs de schuiven en deuren van de sluizen noodzakelijk voor het concentreeren van de glasaaltjes. Bovendien is een verzoeting in de omgeving van de sluizen noodig om de dieren uit de Waddenzee naar de sluizen te loodsen. Deze verzoeting bij de sluizen wordt veroorzaakt door het schutwater van de schutsluizen en het lekwater van de schut- en spuisluizen.

De verlaging van het peil van het IJsselmeer van 0,13 m – N.A.P. tot 0,40 m – N.A.P., waartoe in October 1940 is besloten, moet den invloed van deze lekkende zoetwater-stroompjes veel geringer gemaakt hebben, daar zij korter zullen optreden en minder krachtig zullen zijn. Hetzelfde geldt voor de hoeveelheid zoet water, die met het schutten door de schutsluizen, zal worden verplaatst (Mazure (265)).

Mazure stelt in het meer aangehaalde rapport (266) een aantal voorzieningen voor ter bevordering van een laag zoutgehalte op het IJsselmeer, om dit zodoende geschikt te maken voor de drinkwater-voorziening van het Westen van het land. Zoo wordt o.a. voorgesteld: het aantal schuttingen in Den Oever en Kornwerderzand zooveel mogelijk te beperken, de deuren der sluizen zoo snel mogelijk te sluiten, de lek langs de spuisluizen te verminderen en in Kornwerderzand voornamelijk de kleine schutsluis te gebruiken. Al deze maatregelen zullen niet alleen een minder verzoutenden invloed op het meerwater, maar ook een minder verzoetenden invloed op het zeewater tot gevolg hebben.

Ook hier is dus tegenstrijdigheid van belangen, die misschien opgelost kan worden door het aanbrengen van kunstmatige, naar één zijde gerichte lek door automatisch werkende afsluiters. Daardoor zou het brakke water, dat zich voor de sluizen bevindt, bij laag water gelegenheid krijgen naar buiten te stroomen. Dit zou het zoutbezwaar van het meer tevens in gunstigen zin beïnvloeden.

§ 63. Overigens moet er nog de aandacht op gevestigd worden, dat de volwassen palingen het meer moeten verlaten. Voor de sluizen van den Afsluitdijk heeft zich op deze trekkende volwassen palingen in den herfst een intensieve visscherij ontwikkeld. Van de factoren, die veroorzaken dat de palingen zich naar de sluizen begeven en zich daar concentreeren, is, zooals in paragraaf 11 is betoogd, niets bekend. Wel is het mogelijk, dat hierbij het zoutgehalte een groote rol speelt. Indien dit werkelijk het geval is, zou voor het welslagen van de palingvisscherij voor de sluizen het binnenlaten van zout water wenschelijk en misschien wel noodzakelijk zijn. Definitief is hierover niets te zeggen, zoolang onderzoek in deze richting ons niet beter heeft ingelicht over den trek van den volwassen paling. Men zij er echter op attent gemaakt, dat het weren van het zoute water uit de omgeving van de sluizen waarschijnlijk ook in deze zaken ingrijpt.

§ 64. Onwillekeurig dringt zich de gedachte op, het IJsselmeer met de bekende paling-lagunen te vergelijken. De meest bekende paling-lagunen zijn die van Comachio en Venetië in Italië, welke o.a. door Henking (158) beschreven zijn. Een soortgelijke paling-lagune bevindt zich in Denemarken en wordt eveneens door Henking (159) en door Lübbert (249) beschreven. Het zijn uitgestrekte, ondiepe plassen, die van de zee zijn afgesloten door een dam. Het water in deze lagunen is brak. Het interessante is, dat in den tijd, dat de glasaaltjes verschijnen, het brakke water in zee wordt geloosd en door zijn lager zoutgehalte een aantrekkende kracht op de aaltjes heeft. Uit eigen kracht zwemmen deze de lagunen binnen. In den tijd, dat de volwassen palingen naar zee willen trekken, laat men zeewater in de lagunen binnen door een groote fuik heen. Vrijwel alle palingen worden in deze fuik opgevangen, aangezien ze door het binnenstroomende zeewater worden aangetrokken.

Opmerkelijk is deze manier van handelen in verband met hetgeen in het vorige betoogd is. Blijkbaar past men hier de juiste methoden toe om de glasaaltjes binnen te krijgen en om de volwassen alen op hun trek te richten. Zij is tevens een indicatie voor den invloed, die het zeewater op de volwassen palingen moet hebben.

Aangezien de palingen in deze lagunes gevoerd worden is de opbrengst zeer groot en door den eenvoud van het vangen vormt

de palingvisscherij er een rendabel bedrijf. Tevens wordt de paling op een zoo gunstig mogelijk stadium gevangen.

Bij het IJsselmeer liggen de verhoudingen geheel anders. Behalve de manipulaties met de sluizen zijn tot nu toe geen maatregelen genomen om de glasaaltjes binnen te krijgen. Evenmin worden maatregelen genomen om de volwassen palingen op bepaalde geschikte punten te concentreeren. Een groot gedeelte van de dieren wordt, lang voordat zij hun volle waarde vertegenwoordigen, weggevischt.

Havinga (151) merkt op, dat voldoende voedsel voor den paling in het IJsselmeer aanwezig is. De jonge aal, die zich met larven van de mug *Tendipes* en met het zoetwatergarnaaltje *Neomysis* voedt, is niet in staat geweest een enorme uitbreiding van deze soorten tegen te gaan. De grootere palingen voeden zich volgens Havinga behalve met *Neomysis* veelal met pos. Ook het aantal van deze dieren neemt nog steeds toe. Gezien den enormen voedselrijkdom van het IJsselmeer moet dus een veel hogere paling-opbrengst mogelijk geacht worden. De maatregelen, die hiertoe genomen moeten worden, omvatten:

1e. Het binnenlaten van meer glasaal;

2e. Het vangen van den paling op een waardevolleren leeftijd.

Het binnenlaten van meer glasaal kan ook bijdragen tot het bestrijden van de muggenplaag.

Het meest waardevolle stadium in het leven van den paling is het moment, waarop zij volwassen zijn en hun trek naar den oceaan beginnen. In de zooeven genoemde lagunen werden zij dan ook op dit stadium door het binnenlaten van zeewater geconcentreerd en opgevangen. Ook in het IJsselmeer wordt een groot gedeelte van de palingen in de fuiken voor de sluizen van den Afsluitdijk gevangen op het tijdstip, dat zij hun trek beginnen. Maatregelen om hen daar of op een geschikter punt te concentreeren worden echter niet genomen. Een groot gedeelte wordt bovendien, lang voordat zij volwassen zijn, reeds op het meer weggevischt.

§ 65. Tenslotte moet nog onder oogen gezien worden of het niet mogelijk is de glasaaltjes op een andere manier in het IJsselmeer te krijgen. Er zou b.v. gedacht kunnen worden aan het bouwen van een aaltrap. Dergelijke aaltrappen bevinden zich bij de meeste stuwen in rivieren en beken en worden o.a. door Keller (211), Henking (160) en Gerhardt (132) beschreven. Zij maken van de

eigenschap van de aaltjes gebruik, om tegen den stroom in te zwemmen en daarbij zelfs boven het water uit te klimmen. In hun eenvoudigsten vorm bestaan zij uit een bos stroo of een takkenbos, waardoorheen water siepelt. De aaltjes klimmen hier gemakkelijk tegen op. Het is hiervoor slechts noodig een stroompje zoet water over de aaltrap te laten vloeien, zonder dat te groote stroomsterkten ontstaan. Bij den Afsluitdijk zijn de verhoudingen door de aanwezigheid van het getijverschil echter niet gunstig voor het bouwen van zoo'n aaltrap. Daarenboven zal het moeilijk zijn de aaltjes, die zich voor de lekstroompjes van de deuren bevinden, door een lokstroom den weg naar de aaltrap te wijzen. Het zou noodig zijn minstens bij elke schuif een aaltrap te bouwen; dit zal op buitengewoon groote moeilijkheden stuiten.

Daarenboven moet gewezen worden op een anoniem artikel in de Fischerbote (9), waarin het effect van een aaltrap bij een stuw in de Weser besproken wordt. Het effect van de aaltrap schijnt er gering te zijn omdat zij niet in staat is de billioenen aaltjes te laten passeeren. Men stelt daarom voor, de aaltjes voortaan door de sluizen te doen schutten. Het is daarom nog een open vraag of een aaltrap bij de sluizen van den Afsluitdijk wel zooveel effect zou hebben, dat het schutten daardoor overbodig zou worden.

Een andere methode is het vangen van glasaaltjes in zee en het uitpooten in het IJsselmeer. Een dergelijke methode is veelvuldig toegepast. Aangezien het alleen loonend is de glasaaltjes te vangen op plaatsen waar zij massaal voorkomen en door het zoete water worden geconcentreerd, vond de vangst vooral plaats in de Severn in Engeland. Jaarlijks werden millioenen aaltjes getransporteerd en in de binnenwateren overgeplaatst. De verliezen bij het transport bedroegen meestal slechts enkele procenten. Ook voor het IJsselmeer moet het uitvoerbaar geacht worden groote hoeveelheden aaltjes uit het buitenland te transporteeren en uit te pooten. De kosten hiervan zullen echter niet gering zijn, terwijl de aantallen toch altijd betrekkelijk klein zullen blijven (vergelijk Schiemenz (343)). Bovendien is men hierbij erg afhankelijk van den toestand van de internationale betrekkingen, zooals ook de Duitschers in de beide oorlogen ondervonden.

De natuurlijke wijze van het aantrekken van de aaltjes door het loozen van zoet water kan bij het IJsselmeer worden toegepast. Zij is de meest eenvoudige, goedkoope en betrouwbare methode en is boven de andere te verkiezen.

## DE TREK VAN DE GLASAALTJES IN VOLLE ZEE

§ 66. Voordat de glasaaltjes de kust bereiken, moeten zij een grooten afstand in volle zee afleggen. Nemen we aan, dat onze glasaaltjes in de buurt van de Scilly Islands (Z.W. Engeland) door metamorfose uit den *Leptocephalus* ontstaan, dan moeten zij ongeveer 1000 km zwemmen, voordat zij den Afsluitdijk bereiken.

Een goed inzicht in de wijze, waarop de trek in volle zee verloopt, hebben we niet. Tot nu toe zijn daarvoor veel te weinig waarnemingen verricht. Al de waarnemingen, die mij uit de literatuur bekend zijn, zullen in paragraaf 68 besproken worden. Nog minder dan van het verloop van den trek weten we van de wijze van oriëntatie van de trekkende dieren. Waarnemingen of proeven hierover ontbreken ten eenenmale.

In het voorgaande is gebleken, dat de glasaaltjes zich bij de kusten oriënteren met behulp van de eigenschappen van het water als stroom en zoutgehalte en dat de lichtintensiteit en de temperatuur eveneens een invloed op hun gedragingen hebben. In volle zee treden genoemde factoren met steeds wisselende grootte op. De stroomen zijn in de Zuidelijke Noordzee zeer krachtig en veranderen ieder half getij van richting. Ook vrij groote zoutgehaltsverschillen bestaan op het traject, dat de glasaaltjes moeten afleggen.

In het laboratorium bleek, dat al deze factoren een duidelijken invloed op het gedrag van de trekkende glasaaltjes hebben en wij zijn gerechtigd te veronderstellen, dat dit in volle zee op dezelfde wijze het geval zal zijn. In het volgende zal nu worden nagegaan of het mogelijk is zich een beeld van de wijze van oriënteren van de trekkende glasaaltjes in volle zee te vormen door: 1e toepassing van onze kennis van den invloed van de verschillende uitwendige factoren op het gedrag van de aaltjes en: 2e van onze kennis van de grootte van genoemde factoren in volle zee op het traject, dat de dieren moeten afleggen. De invloed van de temperatuur, die reeds in paragraaf 51 ter sprake is geweest, zal hier verder buiten beschouwing blijven.

Zooals uit het volgende zal blijken, is het niet mogelijk zich de oriëntatie van de dieren voor te stellen, tenzij men aanneemt, dat de stroom en het zoutgehalte samen er een rol bij spelen. Deze twee

factoren zijn in volle zee op een bepaald punt steeds van wisselende grootte. Een ingewikkeld gedrag van de glasaaltjes moet daarvan het gevolg zijn. De wijze, waarop de beide factoren wisselen, is schematisch in de volgende paragraaf weergegeven. Tevens is daarbij opgegeven hoe de glasaaltjes daarop zullen reageeren, indien zij in volle zee precies eender op de factoren reageeren als in het laboratorium.

§ 67. Er is reeds op gewezen, dat de glasaal een typisch bodemdier is, dat zich zeer gemakkelijk ingraaft en zijn rusttijd in het zand doorbrengt. Als de bodem zich niet voor ingraven leent, houdt hij zich schuil tusschen steenen, wier, enz. Nu stellen wij ons een aantal glasaaltjes voor, ergens op den bodem van de zee in het glasaaltjes-gebied. De dieren zijn ingegraven en alleen hun kopjes steken boven het zand uit om adem te halen. Het is juist stil water en er gaat niet de minste stroom langs den bodem.

Daarna begint de eb te loopen. Het water, dat langs de aaltjes stroomt en dat zij bij elke ademhaling proeven, krijgt langzamerhand een iets lager zoutgehalte en evenals in het aquarium kruipen de aaltjes enkele centimeters uit het zand, nemen het zoutgehalte van den stroom waar, om dan met al de energie, die in hen is, tegen den stroom op te zwemmen, vlak langs den bodem.

Hoe meer zij zich stroomopwaarts begeven, des te sterker daalt het zoutgehalte en evenals in het aquarium zullen zij zich tenslotte naar hoogere waterlagen begeven. Zij raken daardoor het contact met den bodem kwijt en zijn zodoende niet meer in staat zich te oriënteren. Zij zwemmen dus doelloos in hoogere waterlagen rond.

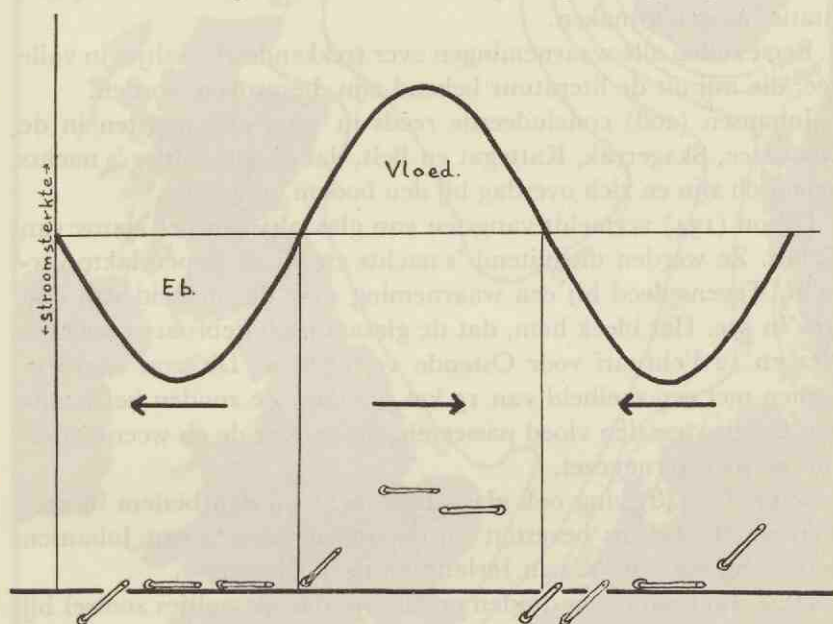
Inmiddels is de vloed gaan stroomen en deze verplaatst de aaltjes over groote afstanden. Doordat de aaltjes doelloos rondzwemmen, blijven zij steeds in hetzelfde water en daalt dus het zoutgehalte voor hen niet meer. Iedere drang tot trekken verdwijnt en zij begeven zich naar den bodem, waar zij zich ingraven.

Ook de vloed is ten einde en weldra begint de eb weer te stroomen en daalt het zoutgehalte weer. Nu begint het spel van voren af aan.

Hierdoor verplaatsen de aaltjes zich uitsluitend in de richting, vanwaar de minder zoute stroomen komen. De plaats, waar ze terecht komen, wordt dus geheel door de stroomen en hun zoutgehalte bepaald. De stroomen van de kuststreken naar zee zijn zoeter dan die uit omgekeerde richting en zodoende komen de

aaltjes terecht op plaatsen, waar groote hoeveelheden zoet water in zee vlocien en daar een verzoetenden invloed hebben. Zoo verschijnen zij dan voor de riviermonden en spuisluizen en hun trekdrang verlamt niet, voordat zij eenigen tijd in zoet water doorgebracht hebben.

Deze voorstelling van de oriëntatie van de glasaaltjes op hun trek



Figuur 32. Schematische voorstelling van het gedrag van trekkende glasaaltjes in volle zee volgens de voorstelling van § 67. De sinusoïde geeft de sterkte van den getijstroom weer op achtereenvolgende tijdstippen. De stroomrichting wordt door de pijltjes weergegeven. De aaltjes houden zich op in het zand (de onderste lijn), zwemmen langs den boden tegen stroom in of doelloos rond in hoogere waterlagen al naar de grootte en richting van het getij.

naar het zoete water is uit den aard der zaak simpel en wordt in de natuur door vele andere factoren gestoord, zooals lichtintensiteit en temperatuur. Het verloop van den trek zooals dit in deze paragraaf beschreven is, is aanschouwelijk voorgesteld in figuur 32.

§ 68. Zooals reeds is opgemerkt, is dit dus een theoretische voorstelling van het verloop van den trek, die geheel is opgebouwd uit de waarnemingen van het gedrag in het laboratorium, maar verder

van iederen reëlen grondslag ontbloot is. Indien de glasaaltrek dan ook volgens dit schema verliep, zou hij verklaarbaar zijn en kon hij worden opgevat als een noodzakelijk gevolg van het aangeboren gedrag-schema en de omstandigheden van het milieu. In de volgende paragrafen zullen we nagaan in hoeverre het met de realiteit in overeenstemming is en of de milieufactoren haar quantitatief mogelijk maken.

Eerst zullen alle waarnemingen over trekkende glasaaltjes in volle zee, die mij uit de literatuur bekend zijn, besproken worden.

Johansen (208) concludeerde reeds in 1905 uit vangsten in de Noordzee, Skagerrak, Kattegat en Belt, dat de glasaaltjes 's nachts pelagisch zijn en zich overdag bij den bodem ophouden.

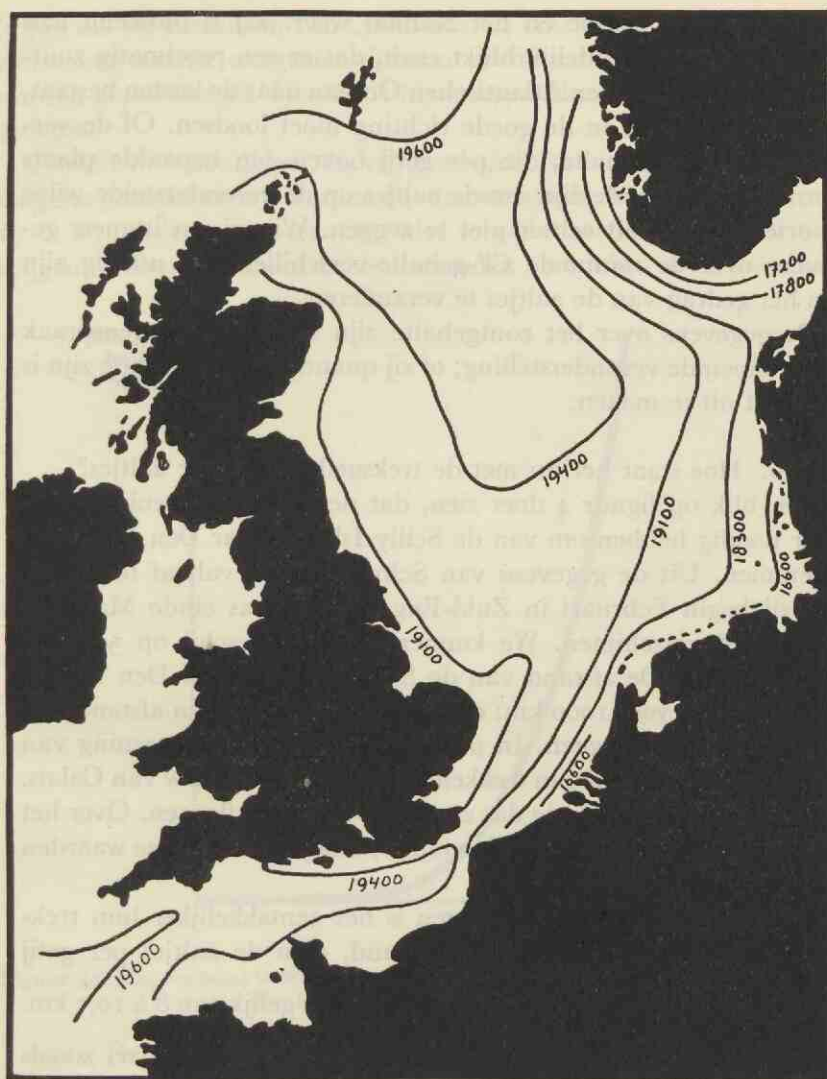
Gilson (134) vermeldt vangsten van glasaaltjes in het Nauw van Calais. Ze werden uitsluitend 's nachts en bij de oppervlakte verricht. Tevens deed hij een waarneming over de snelheid van den trek in zee. Het bleek hem, dat de glasaaltjes 6 Februari voor Gris Nez en 12 Februari voor Ostende verschenen. Dit zou overeenkomen met een snelheid van 15 km per dag. Ze zouden het Nauw van Calais voor den vloed passeeren, maar door de eb weer eenigszins worden teruggezet.

Schmidt (348) ving ook glasaaltjes dicht bij den bodem in zeer diep water. Tevens bevestigt hij de waarnemingen van Johansen door vangsten ten W. van Ierland en in de Noordzee.

Deze waarnemingen duiden er dus op, dat glasaaltjes zoowel bij den bodem als bij de oppervlakte zijn aangetroffen; overigens geven ze weinig houvast.

§ 69. Men kan zich afvragen of op het traject, dat de glasaaltjes moeten afleggen, wel overal getijstroomen optreden. Dit is inderdaad het geval, zooals een blik in de „Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme” (80) of in „Tidal Streams” (422) ons leert. Ook de grootte en richting van de stroomen is goed bekend en wordt in bovengenoemde werken voor tallooze plaatsen van uur tot uur opgegeven. Het is opvallend, dat de plaats van metamorfose min of meer samenvalt met de uiterste grens van de getijstroomen. Alleen in het gebied, waarin de paling als glasaal voorkomt, kan hij van de getijstroomen gebruik maken, ook alleen in dit stadium vertoont hij het gedrag dat in de vorige paragraaf beschreven is.

Ook kunnen we ons afvragen of op het geheele bedoelde traject



Figuur 33. Ligging van de isohalinen in de Noordzee en in het Kanaal. De getallen bij de lijnen geven in afgeronde waarden het Cl'-gehalte in mgr/l weer. (Naar Jacobsen.)

wel zulke groote zoutgehalte-vervallen bestaan, dat de aaltjes de gedragingen als in paragraaf 67 beschreven, vertoonen. Figuur 33 geeft de gemiddelde zoutgehaltes aan de oppervlakte in de maand

April in de Noordzee en het Kanaal weer. Zij is ontleend aan Jacobsen (201). Duidelijk blijkt eruit, dat er een regelmatig zoutgehalte-verval van den Atlantischen Oceaan naar de kusten bestaat, dat de aaltjes dus in de goede richting moet loodsen. Of de verschillen in zoutgehalte, die per getij boven één bepaalde plaats optreden, voldoende zijn om de aaltjes op de veronderstelde wijze te oriënteren, valt echter niet te zeggen. Wij missen immers gegevens over de minimale Cl'-gehalte-verschillen, die noodig zijn om het gedrag van de aaltjes te veranderen.

De gegevens over het zoutgehalte zijn dus niet in tegenspraak met genoemde veronderstelling; of zij quantitatief voldoende zijn is nog niet uit te maken.

§ 70. Hoe staat het nu met de treksnelheid van de aaltjes?

Een blik op figuur 4 doet zien, dat de aaltjes er geruimen tijd voor noodig hebben om van de Scilly Islands naar Den Helder te zwemmen. Uit de gegevens van Schmidt (348) valt af te leiden, dat zij begin Februari in Zuid-Engeland en pas einde Maart in Nederland verschijnen. We kunnen het tijdsverschil op 50 à 60 dagen stellen. De afstand van de Scilly Islands naar Den Helder bedraagt ongeveer 1000 km; de aaltjes zouden dus een afstand van 20 km per dag afleggen. In paragraaf 68 is een waarneming van Gilson (134) vermeld van trekkende aaltjes in het Nauw van Calais. Hij komt tot de conclusie dat ze 15 km per dag afleggen. Over het genoemde traject zouden ze dan bijna 70 dagen doen. Deze waarden komen goed overeen.

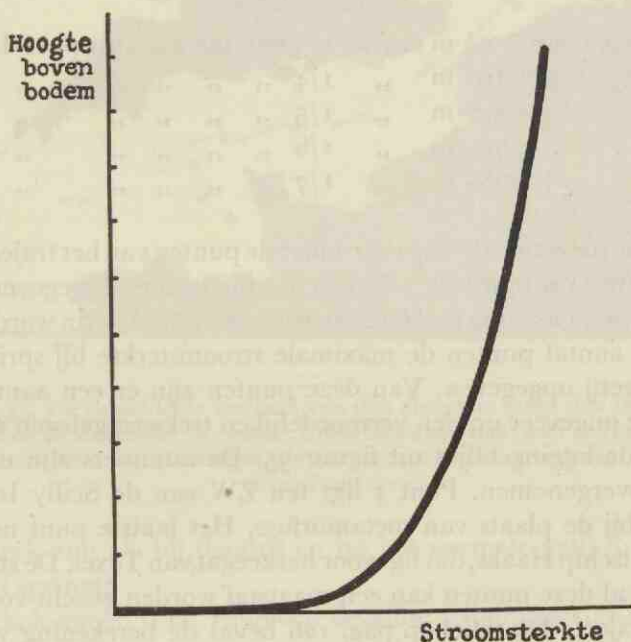
Voor de volgende berekeningen is het gemakkelijker hun treksnelheid uit te drukken in den afstand, dien de aaltjes per getij afleggen. Deze is dus  $\frac{12^h 51^m}{24^h} \times 15 \text{ à } 20 \text{ km}$  is gelijk aan 8 à 10,7 km.

Hoe snel verplaatsen de glasaaltjes zich nu op de wijze, zooals in paragraaf 67 is aangegeven? Deze vraag is te beantwoorden, indien wij de zwemsnelheid van de aaltjes en de sterkte van de getijstroomen kennen.

De zwemsnelheid van glasaaltjes is uit enkele waarnemingen af te leiden. Zoo observeerde Leich (231) trekkende glasaaltjes in de Eems en berekende hun snelheid op 1 meter in 6 sec of 17 cm/sec. Herold (163) kwam tot snelheden van 25 cm/sec bij waarnemingen van trekkende aaltjes bij Swinemünde. De mededeeling van Löwe

(236), die tot snelheden van „minstens 1,4 cm/sec” kwam, lijkt mij van weinig waarde, aangezien zijn waarnemingen weinig overtuigend werden gepubliceerd. Herold is hieromtrent dezelfde meening toegedaan.

Uit deze waarnemingen, die vrij goed met elkaar overeenstemmen, mag dus geconcludeerd worden dat de zwemsnelheid van glasaaltjes 17 à 25 cm/sec bedraagt. Om niet te geflatteerde uitkomsten te krijgen, zullen we als snelheid aanhouden 17 cm/sec of 10 m/min.



Figuur 34. Het verband tusschen de sterkte van den stroom en de hoogte boven den bodem. (Naar Van Veen.)

§ 71. De snelheid van den stroom vlak boven den bodem is in zee nooit gemeten, aangezien dit vrijwel onuitvoerbaar is. Van Veen (439) mat niet dichter bij den bodem dan tot op 15 cm, alhoewel de sterkte van den stroom vlak langs den bodem voor hem juist het grootste belang had. De snelheid van den stroom laat zich echter wel berekenen. Het snelheids-verloop in een verticaal wordt volgens v. Veen (440) goed benaderd door de formule

$$v = a \sqrt[3]{d}$$

waarin  $v$  = snelheid op  $d$  meter boven den bodem (b.v. aan de oppervlakte)

$a$  = snelheid op 1 meter boven den bodem.

Deze vergelijking wordt weergegeven door de kromme van fig. 34.

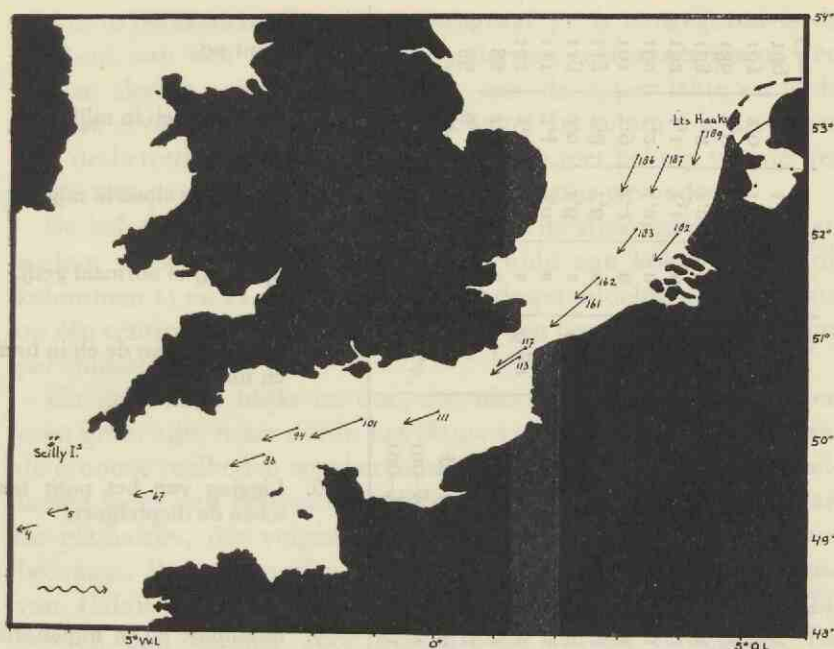
Nemen we aan, dat de glasaaltjes zich in den ondersten centimeter stroomopwaarts voortbewegen en dat de vergelijking ook tot zoo dicht bij den bodem geldt, dan laat zich hieruit berekenen, dat de stroomsnelheid op 1 cm boven den bodem

|                    |                  |         |       |                               |   |   |   |   |   |   |
|--------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| bij een diepte van | $2\frac{1}{2}$ m | slechts | $1/3$ | van die aan de oppervlakte is |   |   |   |   |   |   |
| „ „ „ „            | 10 m             | „       | $1/4$ | „ „ „ „                       | „ | „ | „ | „ | „ | „ |
| „ „ „ „            | 31 m             | „       | $1/5$ | „ „ „ „                       | „ | „ | „ | „ | „ | „ |
| „ „ „ „            | 78 m             | „       | $1/6$ | „ „ „ „                       | „ | „ | „ | „ | „ | „ |
| „ „ „ „            | 168 m            | „       | $1/7$ | „ „ „ „                       | „ | „ | „ | „ | „ | „ |

§ 72. De stroomsterkte op verschillende punten van het traject, dat de glasaaltjes op hun trek afleggen, is af te leiden uit gegevens van den „Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme” (80). Hierin wordt voor een groot aantal punten de maximale stroomsterkte bij spring- of normaal getij opgegeven. Van deze punten zijn er een aantal gekozen, die ongeveer op den vermoedelijken trekweg gelegen zijn en waarvan de ligging blijkt uit figuur 35. De nummers zijn uit den „Atlas” overgenomen. Punt 4 ligt ten ZW van de Scilly Islands, dus vlak bij de plaats van metamorfose. Het laatste punt no. 189 is het Lichtschip Haaks, dat ligt voor het zeegat van Texel. De stroomsterkte op al deze punten kan een maatstaf worden geacht voor het geheele traject. De tabel op pag. 126 bevat de berekening van de stroomsterkten.

De gegevens uit de kolommen 1 t/m 6 zijn aan den „Atlas” ontleend. Kolom 1 geeft de nummers weer, waarmee de punten in den „Atlas” worden aangeduid. Kolom 2 en 3 geven de maximale snelheid van den eb- en vloedstroom aan de oppervlakte in mijlen per uur. Kolom 4 geeft aan of deze snelheden zijn opgegeven voor spring- of normaal getij. Kolom 5 geeft den tijdsduur van de eb weer. Kolom 6 de diepte van de zee bij het betreffende punt. De diepten zijn overgenomen van de dieptekaart van den „Atlas”.

De kolommen 7 en 8 zijn berekend uit 2 en 3. Zij geven de snelheden aan voor alle punten bij normaal getij. Hierbij is van de onderstelling uitgegaan, dat de stroomen bij springtij twee maal



Figuur 35. De gemiddelde snelheid van den ebstroom langs den bodem in het Kanaal en de Zuidelijke Noordzee. Links onderaan staat met een gegolfd pijltje de zwemsnelheid van glasaaltjes, die 10 meter per minuut bedraagt, op dezelfde schaal geteekend.

zoo sterk zijn als bij doottij en bij het normale getij dus  $\frac{3}{4}$  van die bij springtij.

De kolommen 9 en 10 geven dezelfde stroomsterkten als 7 en 8 maar van mijlen per uur omgerekend in meters per minuut.

De kolommen 11 en 12 geven de gemiddelde snelheid van den stroom weer bij een normaal getij. De snelheid van de getijstroom gedurende een getij is immers steeds wisselend. Het verloop laat zich goed benaderen door een sinusoïde. Hieruit volgt, dat de gemiddelde snelheid zich verhoudt tot de maximale snelheid als  $\frac{2}{\pi}$ : 1

en dat deze snelheid dus te berekenen is door vermenigvuldiging met den factor 0,64. De kolommen 11 en 12 zijn door deze berekening verkregen uit de kolommen 9 en 10.

Kolom 13 geeft een reductiefactor weer, die gebruikt zal worden om de snelheid van den stroom bij den bodem uit die bij de opper-

|                                                    |           |     |     |   |      |            |     |     |    |    |    |    |     |     |     |
|----------------------------------------------------|-----------|-----|-----|---|------|------------|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1. Punt no.                                        | 4         | 1,5 | 1,5 | s | -    | 100-500 m. | 1,1 | 1,1 | 35 | 35 | 22 | 22 | 1/7 | 3,1 | 3,1 |
| 2. Maximale eb in mijlen.                          | 5         | 1,5 | 1,5 | s | 5,50 | 100-500    | 1,1 | 1,1 | 35 | 35 | 22 | 22 | 1/7 | 3,1 | 3,1 |
| 3. Maximale vloed in mijlen.                       | 67        | 0,8 | 0,7 | n | -    | 40-100     | 0,8 | 0,7 | 25 | 22 | 16 | 14 | 1/6 | 2,7 | 2,3 |
| 4. Springtij of normaal getij.                     | 86        | 2,4 | 2,1 | s | -    | 40-100     | 1,8 | 1,6 | 56 | 49 | 35 | 31 | 1/6 | 5,8 | 5,2 |
| 5. Tijdsduur van de eb in uren en minuten.         | 94        | 2,4 | 2,3 | s | -    | 40-100     | 1,8 | 1,7 | 56 | 53 | 35 | 34 | 1/6 | 5,8 | 5,7 |
| 6. Ligging van het punt tusschen de dieptelijnen.  | 101       | 3,2 | 2,2 | s | 6,30 | 40-100     | 2,3 | 1,7 | 74 | 51 | 47 | 32 | 1/6 | 7,8 | 5,8 |
| 7. Maximale eb in mijlen/uur bij normaal getij.    | 111       | 2,4 | 3,0 | s | -    | 40-100     | 1,8 | 2,3 | 56 | 70 | 35 | 45 | 1/6 | 5,8 | 7,5 |
| 8. Maximale vloed in mijlen/h bij normaal getij.   | 113       | 2,0 | 1,8 | s | 6,05 | 40-100     | 1,5 | 1,4 | 46 | 42 | 30 | 27 | 1/6 | 5,0 | 4,5 |
| 9. Maximale eb in meters/minuut bij normaal getij. | 117       | 1,8 | 1,6 | n | 6,05 | 40-100     | 1,8 | 1,6 | 56 | 49 | 35 | 32 | 1/6 | 5,8 | 5,1 |
| 10. Maximale vloed in m/min. bij normaal getij.    | 161       | 1,9 | 2,2 | n | 6,35 | 20-40      | 1,9 | 2,2 | 59 | 68 | 37 | 43 | 1/5 | 7,4 | 8,6 |
| 11. Gemiddelde eb in m/min. bij normaal getij.     | 162       | 1,2 | 1,2 | n | 6,-  | 20-40      | 1,2 | 1,2 | 37 | 37 | 24 | 24 | 1/5 | 4,8 | 4,8 |
| 12. Gemiddelde vloed in m/min. bij normaal getij.  | 182       | 1,1 | 1,1 | n | 6,-  | 0-20       | 1,1 | 1,1 | 34 | 34 | 22 | 22 | 1/4 | 5,5 | 5,5 |
| 13. Reductiefactor.                                | 183       | 1,2 | 1,2 | n | 6,30 | 20-40      | 1,2 | 1,2 | 37 | 37 | 24 | 24 | 1/5 | 4,8 | 4,8 |
| 14. Gemiddelde bodemsnelheid eb.                   | 186       | 2,0 | 1,7 | s | -    | 20-40      | 1,5 | 1,3 | 46 | 39 | 30 | 25 | 1/5 | 6,0 | 5,0 |
| 15. Gemiddelde bodemsnelheid vloed.                | 187       | 2,0 | 1,7 | s | -    | 20-40      | 1,5 | 1,3 | 46 | 39 | 30 | 25 | 1/5 | 6,0 | 5,0 |
|                                                    | 189       | 1,3 | 1,3 | n | 6,-  | 20-40      | 1,3 | 1,3 | 40 | 40 | 26 | 26 | 1/5 | 5,0 | 5,0 |
|                                                    | Gemiddeld | 1,3 | 1,3 | n | 6,10 | 20-40      | 1,3 | 1,3 | 40 | 40 | 29 | 28 | 1/5 | 5,2 | 5,1 |

vlaakte te berekenen. Zooals in paragraaf 71 is aangegeven is de snelheid van den stroom in den ondersten centimeter boven den bodem slechts een fractie van die aan de oppervlaakte en is de grootte ervan afhankelijk van de diepte. In kolom 6 is de diepte van de betreffende punten weergegeven en met behulp van de getallen van paragraaf 71 is de gewenschte factor gevonden.

De kolommen 14 en 15 geven tenslotte de stroomsterkte bij den bodem weer en zijn berekend met behulp van kolom 13 uit de kolommen 11 en 12. Zij geven dus weer de gemiddelde stroomsterkte op één centimeter boven den bodem bij een normaal getij in meters per minuut.

Uit deze tabel blijkt nu o.a., dat niet overal de stroomsterkten even groot zijn, maar dat in het Nauw van Calais en in het Kanaal de grootste snelheden worden aangetroffen. De gemiddelde ebsnelheden langs den bodem overtreffen nergens de zwemsnelheid van de glasaaltjes, die volgens paragraaf 70 tien meter per minuut bedraagt. Wel overtreffen de maximale ebstroomen in het Nauw van Calais en in het Kanaal de zwemsnelheid der aaltjes. Zij moeten dan tijdelijk door den stroom worden teruggezct. De stroomen aan de oppervlaakte overtreffen steeds de capaciteit van de aaltjes.

In figuur 35 zijn de gemiddelde ebsnelheden langs den bodem in kaart gebracht. De zwemsnelheid van de aaltjes is op dezelfde schaal weergegeven als een gegolfd pijltje links onderaan.

§ 73. Hoe snel verplaatsen de glasaaltjes zich nu op de wijze zooals in paragraaf 67 is weergegeven? In de tabel in de vorige paragraaf zijn eveneens gemiddelde stroomsterkten voor het geheele traject opgegeven. Zij zijn berekend uit de stroomsterkten op de genoemde punten door deze waarden te middelen. Aangezien de punten vrij egaal over het traject verdeeld liggen, is de fout, die door deze middeling gemaakt wordt, niet groot en daarom verwaarloosd. De duur van de eb is in kolom 5 weergegeven, hij bedraagt gemiddeld 6 uur 10 minuten, de duur van den vloed bedraagt dan 6 uur 41 minuten.

Al zwemmende leggen de aaltjes t.o.z. van het water per getij dus af: gedurende den vloed nihil;

gedurende de eb  $10 \times 370 : 1000 = 3,7$  km.

De omzetting van het water per getij bedraagt:

gedurende den vloed aan de oppervlakte  $28 \times 401 : 1000 = 11,2$  km;

gedurende de eb bij den bodem  $5,2 \times 370 : 1000 = 1,9$  km.

Per getij verplaatsen de aaltjes zich dan:

$$(11,2 + 0) + (-1,9 + 3,7) = 13,0 \text{ km}$$

De gevraagde snelheid bedroeg 8 à 10,7 km; deze wordt dus ruim gehaald. Er blijft voor de aaltjes tijd over om ingegraven te zijn en te rusten. Ook zal in zee de trek niet altijd den kortsten weg volgen.

§ 74. Het is interessant zich af te vragen of er nog meer manieren mogelijk zijn, waarop de glasaaltjes kunnen trekken en toch de gewenschte snelheid bereiken. Laten we voorloopig hun gedrag buiten beschouwing en gaan we uitsluitend de mogelijkheden na, dan blijkt het dat er 49 mogelijkheden zijn. Het is n.l. een gegeven feit, dat er op het geheele traject eb en vloed loopt. Ten opzichte van deze eb en vloed kunnen zij zich passief gedragen, vóór den stroom zwemmen, er tegenin zwemmen of gedurende het getij ingegraven zijn in den bodem. Bovendien kunnen zij zich in hogere waterlagen of meer nabij den bodem ophouden. Wat dit laatste betreft zullen we alleen met de beide uitersten: oppervlakte en één centimeter boven den bodem rekening houden. De combinaties zijn samengevat in onderstaande tabel en ieder wordt door een letter aangegeven.

|                   | tegen | passief | vóór | ingegraven |
|-------------------|-------|---------|------|------------|
| Vloed oppervlakte | A     | B       | C    |            |
| „ bodem           | D     | E       | F    | G          |
| Eb oppervlakte    | a     | b       | c    |            |
| „ bodem           | d     | e       | f    | g          |

Uit de tabel in paragraaf 72 volgt dat de afstand, dien het water aflegt, in deze gevallen bedraagt:

|                   |                  |                 |    |
|-------------------|------------------|-----------------|----|
| Vloed oppervlakte | $401 \times 28$  | $: 1000 = 11,2$ | km |
| „ bodem           | $401 \times 5,1$ | $: 1000 = 2,0$  |    |
| Eb oppervlakte    | $370 \times 29$  | $: 1000 = 10,7$ |    |
| „ bodem           | $370 \times 5,2$ | $: 1000 = 1,9$  |    |

De afstand, dien de aaltjes afleggen, bedraagt:

$$\text{gedurende den vloed } 10 \times 401 : 1000 = 4,0 \text{ km}$$

$$\text{,, eb } 10 \times 370 : 1000 = 3,7 \text{ km}$$

De verplaatsing van de aaltjes in de bovenvermelde 14 omstandigheden bedraagt dan:

|    |                |        |    |                 |          |
|----|----------------|--------|----|-----------------|----------|
| A. | $11,2 - 4,0 =$ | 7,2 km | a. | $-10,7 + 3,7 =$ | - 7,0 km |
| B. |                | 11,2   | b. |                 | -10,7    |
| C. | $11,2 + 4,0 =$ | 15,2   | c. | $-10,7 - 3,7 =$ | -14,4    |
| D. | $2,0 - 4,0 =$  | -2,0   | d. | $-1,9 + 3,7 =$  | 1,8      |
| E. |                | 2,0    | e. |                 | - 1,9    |
| F. | $2,0 + 4,0 =$  | 6,0    | f. | $-1,9 - 3,7 =$  | - 5,6    |
| G. |                | 0      | g. |                 | 0        |

De waarden zijn negatief genoemd, wanneer de afstanden van het doel af en positief, wanneer zij naar het doel toe worden afgelegd. De volgende combinaties zijn mogelijk. Tevens is de totaal afgelegde afstand per getij ingevuld. Als deze negatief is, is met een — teeken volstaan.

|   | A   | B    | C    | D | E   | F   | G   |
|---|-----|------|------|---|-----|-----|-----|
| a | 0,2 | 4,2  | 8,2  | — | —   | —   | —   |
| b | —   | 0,5  | 4,5  | — | —   | —   | —   |
| c | —   | —    | 0,8  | — | —   | —   | —   |
| d | 9,0 | 13,0 | 17,0 | — | 3,8 | 7,8 | 1,8 |
| e | 5,3 | 9,3  | 13,3 | — | 0,1 | 4,1 | —   |
| f | 1,6 | 5,6  | 9,6  | — | —   | 0,4 | —   |
| g | 7,2 | 11,2 | 15,2 | — | 2,0 | 6,0 | 0   |

Uit deze tabel volgt, dat er 49 mogelijkheden zijn, waarvan er slechts tien zijn, waarbij de minimum-snelheid van 8 km per getij gehaald wordt. Deze tien mogelijkheden worden door de volgende trefwoorden aangeduid:

| No. |         |             |                |             | Combinatie | Snelheid |
|-----|---------|-------------|----------------|-------------|------------|----------|
| 1.  | Vóór    | oppervlakte | vloed, tegen   | oppervlakte | eb. Ca     | 8,2 km   |
| 2.  | „       | bodem       | „ „ „          | bodem „     | Fd         | 7,8      |
| 3.  | Tegen   | oppervlakte | „ „ „          | „ „         | Ad         | 9,0      |
| 4.  | Passief | „           | „ „ „          | „ „         | Bd         | 13,0     |
| 5.  | Vóór    | „           | „ „ „          | „ „         | Cd         | 17,0     |
| 6.  | Passief | „           | „ „ passief    | „ „         | Be         | 9,3      |
| 7.  | Vóór    | „           | „ „ „          | „ „         | Ce         | 13,3     |
| 8.  | „       | „           | „ „ vóór       | „ „         | Cf         | 9,6      |
| 9.  | Passief | „           | „ „ ingegraven | „ „         | Bg         | 11,2     |
| 10. | Vóór    | „           | „ „ „          | „ „         | Cg         | 15,2     |

§ 75. De mogelijkheden 1 en 2 staan geheel apart van de overige acht. Zij toonen aan, dat de aaltjes, die recht op hun doel afzwemmen en zich niets van het getij aantrekken, binnen den vereischten tijd het doel bereiken, ongeacht of ze aan de oppervlakte, dan wel bij den bodem zwemmen. Gedurende den vloed gaan zij dan voorwaarts, gedurende de eb worden zij teruggezet.

Door haar eenvoud is dit een aanlokkelijke voorstelling. De manier, waarop zij zich oriënteeren is echter geheel onbegrijpelijk. Men zou een hypothetische plaatszin en een kennis van het doel, dat ze trachten te bereiken, moeten aannemen. Ook bij den vogel-trek wordt een dergelijke onbegrijpelijke plaatszin en een kennis van het doel aangenomen. Voor een overzicht hiervan zij verwezen naar Van Oordt (289-290) en naar Van Dobben (81). Ook bij den trek van den zalm is het opvallend, dat hij steeds naar de rivier, waarin hij geboren is, terugkomt om te paaïen. Het probleem van de „Parent Stream” en de mogelijkheid hoe dezen te vinden, speelt in de literatuur over den zalmtrek dan ook een groote rol (Chidester (72)).

Bij de glasaaltjes liggen de verhoudingen echter anders. De plaatszin van de vogels speelt een rol bij het terugvliegen naar het broedgebied, ook bij den zalm heeft het betrekking op het terugzwemmen. Een kennis van het doel kan dus steeds aanwezig zijn. De glasaaltjes leggen echter den weg voor het eerst in hun leven af en ook op de plaats, die zij trachten te bereiken, zijn zij nooit eerder geweest. Kennis van het doel is bij hen dus uitgesloten.

Ook is in dit verband opmerkelijk, dat Schmidt (361) heeft aangetoond, dat bij den paling, in tegenstelling tot bijna alle andere

onderzochte zeevisschen, geen locale rassen bestaan. Dit wordt volgens hem veroorzaakt door de ééne paaiplaats van alle palingen, waardoor voortdurend menging van Noordelijke en Zuidelijke dieren optreedt. Dat de jongen van een Noordelijken paling weer naar Noordelijke gebieden terug zouden trekken, is zeer onwaarschijnlijk. Veeleer moeten we veronderstellen, dat bij het paaïen de Noordelijke en Zuidelijke dieren gemengd worden en dat de jongen terecht komen op plaatsen, die door het toeval of door den invloed van de milieufactoren op hun gedrag bepaald worden. Het bekend zijn van een doel is dan uitgesloten.

Bij deze voorstelling van den trek van de glasaaltjes, waarbij ze dus recht op hun doel af zouden gaan, zouden zij geen gebruik maken van het gedrag, dat zij in het laboratorium toonden. Integendeel, zij zouden gedurende langen tijd stroomafwaarts zwemmen, iets wat zij in het laboratorium beslist nooit deden. Dit is nu eveneens zeer onwaarschijnlijk. De aaltjes zouden dan immers over een gedrag beschikken, dat zij in de natuur niet gebruikten en alleen in laboratorium-proeven zouden demonstreeren. Dit is wel denkbaar, indien wij aannemen dat de factoren, die het gedrag in het laboratorium bepaalden, in de natuur door onbekende factoren „overtroefd” zouden worden en dat deze de aaltjes in volle zee oriënteeren. Het waargenomen gedrag in het laboratorium zou dan niets met den trek in volle zee te maken hebben. Dit is natuurlijk wel denkbaar en mogelijk, maar van iederen reëlen grondslag ontbloomt. Zoolang niets op het bestaan van dergelijke „overtroevende” factoren duidt, kunnen wij veilig aannemen, dat het gedrag van de trekkende aaltjes in het laboratorium precies gelijk is aan dat in de natuur.

Tegen het bestaan van een plaatszin en een kennis van het doel bij de trekkende glasaaltjes pleiten ook de proeven in het laboratorium. Daar trokken zij immers eveneens en de experimentator had geheel in de hand of zij naar rechts, dan wel naar links zouden zwemmen. Dit duidt niet alleen op het reageeren van de trekkende aaltjes op uitwendige omstandigheden, maar ook op het ontbreken van een kennis van de dieren van de plaats, waar zij zich bevinden en de plaats, waarheen zij zich moeten begeven.

Samenvattend komen wij tot de conclusie, dat het verloop van den trek volgens de mogelijkheden 1 en 2 wel mogelijk, maar zeer onwaarschijnlijk en dat de betreffende veronderstelling van iederen

reëlen grondslag ontbloot is. Op de waarnemingen in het laboratorium kan op een logische manier een inzicht in den trek in volle zee worden gebouwd, dat in overeenstemming is met alle waarnemingen in de natuur. Deze lijkt mij verreweg te verkiezen boven bedoelde mogelijkheid. We zullen dan ook aannemen, dat de mogelijkheden 1 en 2 niets met de werkelijkheid te maken hebben.

§ 76. De overige acht mogelijkheden 3 tot 10 toonen aan, dat de vereischte snelheid slechts bereikt kan worden, indien de aaltjes gedurende den vloed aan de oppervlakte en gedurende de eb nabij den bodem zwemmen of ingegraven zijn.

De mogelijkheden 3, 5, 7, 8 en 10 zijn alle gekarakteriseerd door het feit, dat de aaltjes zich in hoogere waterlagen bevindend, zich op de stroomrichting oriënteren. Hoe dit zou geschieden is echter geheel onbegrijpelijk. Een stroomrichting is n.l. in de waarneming gekarakteriseerd door de verplaatsing van twee punten ten opzichte van elkaar. Bevindt zich een aaltje in groote watermassa's, dan kan hij een dergelijke verplaatsing niet constateeren en zich zeker niet op de richting van de verplaatsing oriënteren. Ook een schip in volle zee kan geen stroomrichting waarnemen evenmin als wij het draaien van de aarde zien. Om deze dingen te constateeren zijn astronomische waarnemingen noodzakelijk.

Het is dus uitgesloten te achten, dat een aaltje, dat zich in hoogere waterlagen in volle zee bevindt, de stroomrichting kan observeeren en vóór of tegen stroom kan gaan zwemmen. Al deze mogelijkheden 3, 5, 7, 8 en 10 moeten dus om deze redenen uitgesloten worden geacht.

De resteerende mogelijkheden 4, 6 en 9 zijn alle, evenals de wijze van trekken, die is weergegeven in paragraaf 67, gekarakteriseerd door een passief verplaatsen (doelloos rondzwemmen) in hoogere waterlagen gedurende den vloed en een verblijf bij den bodem gedurende de eb. Zij verschillen onderling slechts door het feit of de aaltjes gedurende de eb langs den bodem tegen den stroom in zwemmen, door den stroom worden meegesleurd of zijn ingegraven. In paragraaf 67 is verondersteld, dat ze een gedeelte van de eb zijn ingegraven en een gedeelte tegen den stroom in zwemmen. Wanneer de bodemstroomen zeer sterk zijn, zullen zij worden meegesleurd. Laten wij bij de genoemde wijze van trekken in het midden, welk gedeelte van den tijd op deze drie manieren wordt

doorgebracht, dan omvat hij dus deze drie resteerende mogelijkheden. Wij laten dus in het midden, hoe lang de eb over de ingegraven aaltjes moet stroomen, alvorens zij zich uit het zand begeven en ook hoe lang zij langs den bodem zwemmen. Wij moeten dan concludeeren, dat de manier van trekken zooals in paragraaf 67 is aangegeven de eenige begrijpelijke wijze is, waarop de aaltjes in volle zee kunnen trekken en tevens de vereischte snelheid kunnen behalen.

§ 77. Al hetgeen in dit hoofdstuk over den trek van de glasaaltjes in volle zee betoogd is, laat zich als volgt samenvatten:

1. Goede waarnemingen over het verloop van den trek in volle zee ontbreken vrijwel geheel.

2. Uit de waarnemingen in het laboratorium is een manier van trekken opgesteld, welke veronderstelt, dat de aaltjes zich oriënteren op den stroom in samenwerking met het zoutgehalte-verval.

3. De bestaande waarnemingen over trek in volle zee geven geen houvast om na te gaan of de veronderstelde wijze van trekken ook in werkelijkheid plaats vindt; zij zijn er echter ook niet mede in tegenspraak.

4. Over het geheele traject van de plaats van metamorfose tot aan het IJsselmeer treden getijstroomen op.

5. Het zoutgehalte-verval, dat op genoemd traject bestaat, loodst de aaltjes voortdurend in de goede richting.

6. Of de zoutgehalte-verschillen, die per getij optreden, voldoende zijn om de aaltjes zoo te beïnvloeden, dat zij zich volgens de veronderstelde manier gedragen, is door gebrek aan waarnemingen nog niet te zeggen.

7. De treksnelheid van de aaltjes bedraagt 8 à 10,7 km per getij.

8. Uit de zwemsnelheid van de aaltjes en de sterkte van de getijstroomen laat zich berekenen, dat de treksnelheid, die op genoemd traject behaald wordt op de veronderstelde wijze van trekken, 13 km per getij bedraagt. Deze waarde is goed in overeenstemming met de waargenomen treksnelheid.

9. Laten we het gedrag van de aaltjes buiten beschouwing, dan zijn er 49 manieren denkbaar, waarop de glasaaltrek kan verlopen; slechts op 10 manieren wordt de vereischte treksnelheid behaald.

10. Indien de aaltjes op hun trek door onbekende factoren georiënteerd worden en zich in het geheel niet door de getijstroomen

laten beïnvloeden, maar recht op hun doel afzwemmen, behalen zij de gewenschte treksnelheid. Deze wijze van trekken is wel mogelijk, maar geheel onbegrijpelijk.

11. Aangezien oriëntatie op de richting van de getijstroomen in hogere waterlagen onmogelijk geacht wordt, is de veronderstelde wijze van trekken de eenige mogelijke en begrijpelijke.

§ 78. Zooals reeds in paragraaf 66 is vermeld, hebben we dus geen inzicht in de wijze van trekken en oriëntatie van de glasaaltjes in volle zee, dat gebaseerd is op waarnemingen. Trouwens voor geen enkele andere visch beschikken we over een dergelijk inzicht. Het doen van voldoende waarnemingen daartoe stuit steeds af op de enorme afmetingen van de zee en de groote technische moeilijkheden, die er zich bij voordoen.

In dit opzicht zijn we over den vogeltrek beter ingelicht. Voor verschillende vogelsoorten zijn we goed op de hoogte van de tijdstippen, waarop zij trekken ('s nachts of overdag, bij invallende koude, op bepaalde data enz.) en vaak ook van de wijze, waarop zij trekken (hoog of laag, in groepen of alleen enz.). De wijze van oriënteeren is echter ook bij de vogels nog een onopgelost probleem. Het staat vast, dat visuele prikkels een invloed hebben, maar deze kunnen de oriëntatie niet verklaren (vergelijk o.a. Van Oordt (289) en Van Dobben (81)). Tegenwoordig neemt men bij vogels vrij algemeen het bestaan van een plaatszin aan. (Franz (126-128) bepleitte deze voor visschen.) Door welken uitwendigen invloed die plaatszin dan geprikkeld wordt (b.v. aardmagnetisme) geeft men daarbij echter niet aan, zoodat het probleem door dit aan te nemen niet veel dichter bij de oplossing gekomen is.

Het vraagstuk van de oriëntatie van de trekkende visschen is nog moeilijker dan dat van de vogels. Bij deze beschikken we immers zelfs niet over waarnemingen over de wijze van trekken.

Bij de glasaaltjes blijkt nu een geheel andere methode van onderzoek tot de oplossing van het probleem te kunnen bijdragen. Het is n.l. een gelukkige omstandigheid, dat glasaaltjes ook in de beperkte ruimte van het laboratorium trekken, dit in tegenstelling tot de vogels. We kunnen daardoor den invloed van elke willekeurige factor op hun trek bestudeeren en onder zeer gunstige, zelf gekozen omstandigheden het effect vaststellen. De grootte van de beïnvloedende factoren in volle zee is ons door hydrografisch onderzoek

goed bekend. Als we nu de zeer aannemelijke veronderstelling maken, dat de invloed van de factoren in volle zee dezelfde is als in het laboratorium, kunnen we den trek in volle zee reconstrueeren. Dit is getracht in dit hoofdstuk te doen. Hierbij is gebleken, dat het vrij goed mogelijk is een wijze van trekken op te bouwen, die de oriëntatie geheel kan verklaren, al dient het aantal waarnemingen in het laboratorium nog uitgebreid te worden. Speciaal gegevens over de minimale zoutgehalte-verschillen, die de aaltjes van gedrag doen veranderen, zouden gewenscht zijn. Weliswaar is het gedrag van de aaltjes in volle zee vrij ingewikkeld, maar dit wordt door de steeds wisselende grootte van de milieufactoren veroorzaakt. Door de directe waarnemingen, die in volle zee over den glasaaltrek gedaan worden, beschikken wij over een methode om de reconstructie aan de werkelijkheid te toetsen. Tot nu toe zijn voldoende gegevens over de treksnelheid aanwezig en het bleek, dat de voorgestelde wijze van trekken den toets aangaande de treksnelheid goed kon doorstaan. Het moet niet onmogelijk geacht worden het aantal directe waarnemingen over den trek nog uit te breiden. Speciaal waarnemingen over het gedrag van de dieren bij vloed en bij eb zouden belangrijke bijdragen tot critische opmerkingen kunnen leveren.

Het lijkt mij voorbarig reeds thans te meenen, dat de voorgestelde wijze van trekken en oriënteeren in volle zee die is, welke in werkelijkheid plaats vindt. Zij moet worden opgevat als een eerste poging om tot een dergelijk inzicht te komen. Het is te hopen, dat zij stimulerend voor verder onderzoek zal werken. Zoowel door waarnemingen in het laboratorium als in volle zee kunnen nog zeer belangrijke bijdragen tot de oplossing van het vraagstuk geleverd worden.

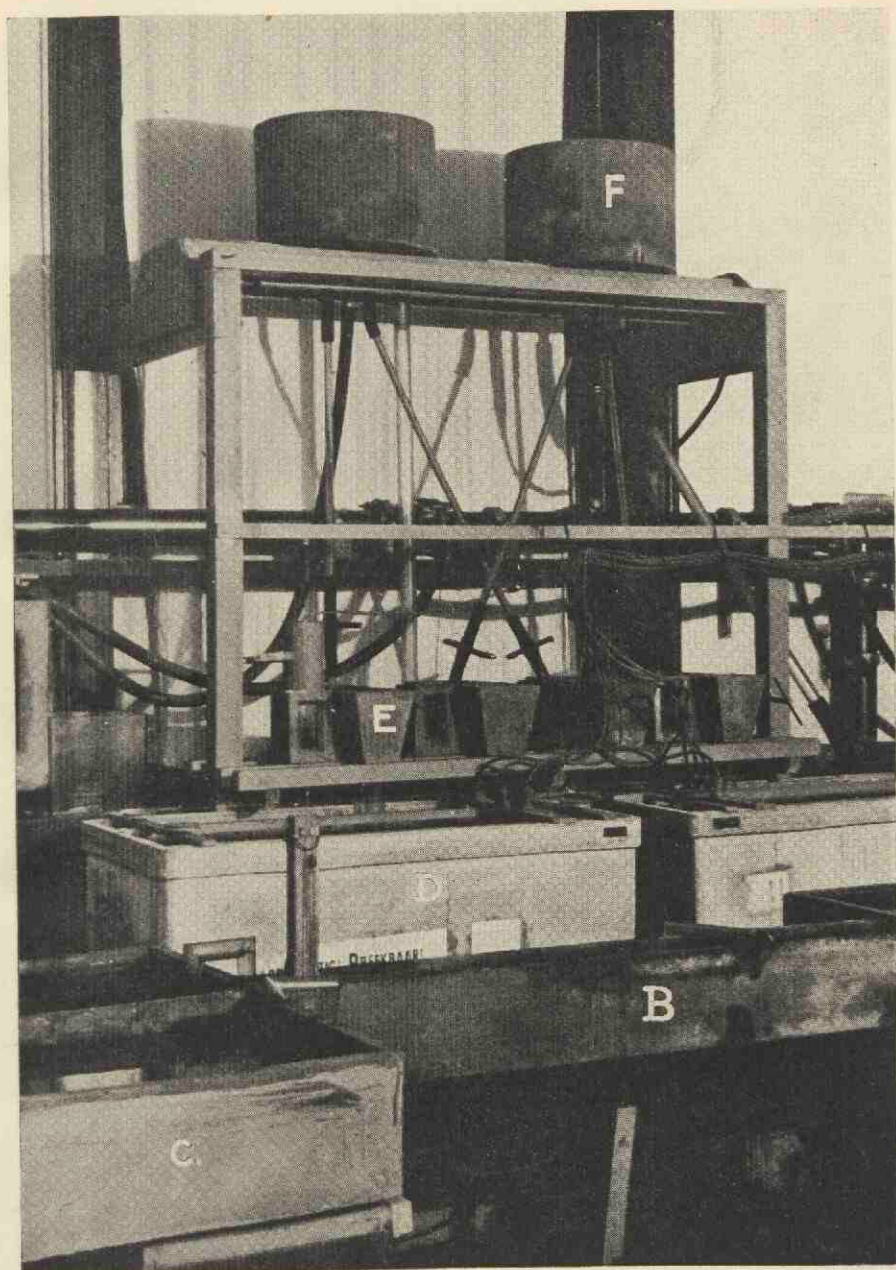
Veel meer zekerheid over de wijze van oriënteeren bestaat voor de glasaaltjes in den overgang van zout naar zoet water. Bij den Afsluitdijk zijn talloze gegevens verzameld. Zij bleken geheel in overeenstemming te zijn met wat uit de laboratorium-proeven verwacht werd. Wij zijn er vrij zeker van, dat de trek er geheel beheerscht wordt door het erfelijk vastgelegde gedragsschema van de glasaaltjes en de factoren van het milieu, die het beïnvloeden.

Door deze studies is het probleem van den trek van den glasaal nog geenszins opgelost. Het is hier immers zoo voorgesteld, dat de glasaal over een bepaald, aangeboren gedragsschema beschikt en

dat in zee en aan de kusten milieufactoren aanwezig zijn, waardoor de glasaal in het zoete water terecht *moet* komen.

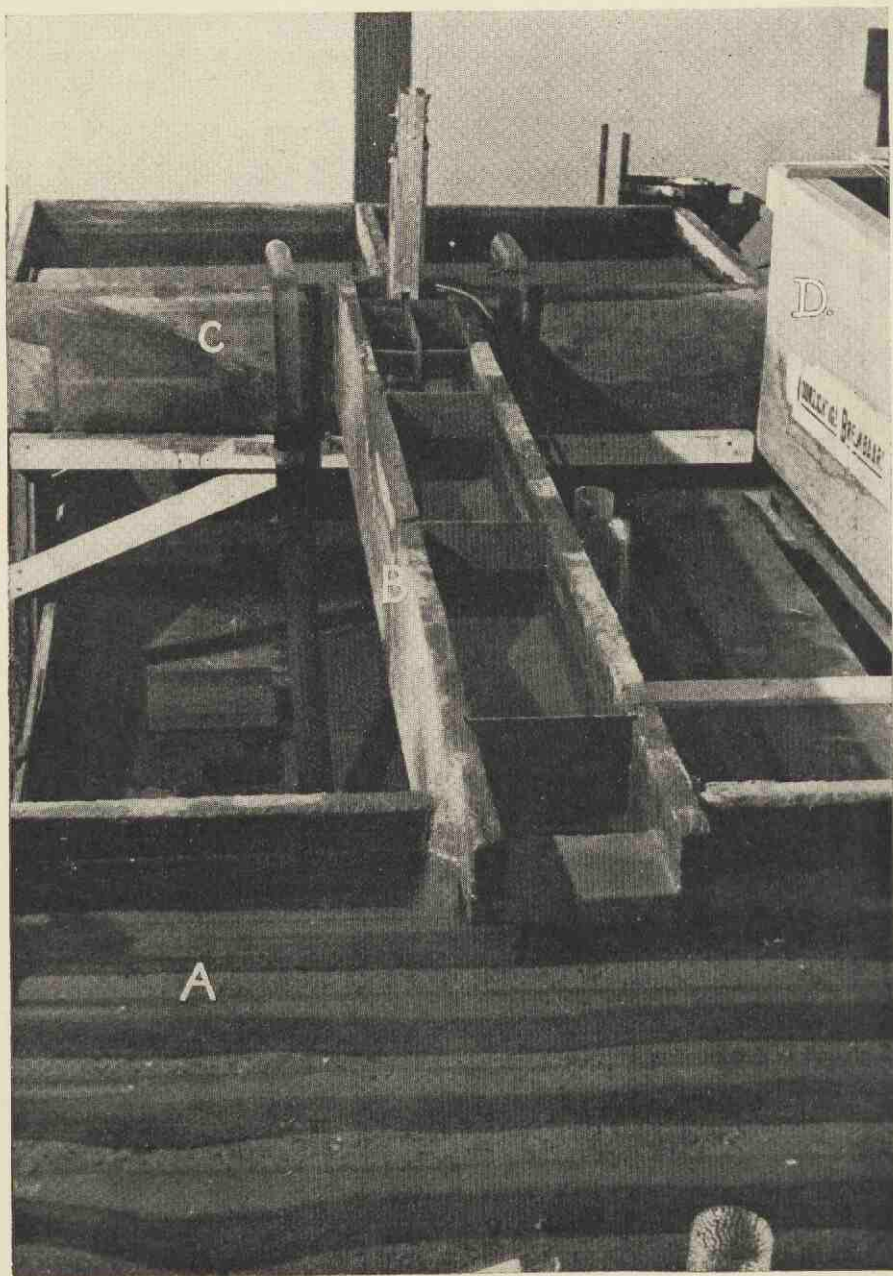
Een zeer belangrijke vraag: Hoe komt het, dat de glasaal juist over dat gedrag beschikt? is geheel buiten beschouwing gebleven. Hierin ligt de kern van het probleem van den glasaaltrek. Het is immers zeer opvallend, dat het gedrag en de milieufactoren zoodanig bij elkaar passen, dat het doel bereikt wordt. Zooals reeds is opgemerkt, komt een dergelijk passen van het organisme bij zijn milieu zeer vaak voor, zonder dat daar een causale verklaring voor te geven is.

Trouwens, men kan nog een andere vraag stellen en wel: Waarom trekt de glasaal het zoete water binnen en blijft hij niet in zee? Conger vulgaris, de zeepaling, een nauwe verwant van Anguilla, heeft een soortgelijke voortplanting als de zoetwaterpaling. Hij komt o.a. aan onze kusten voor en paaït op dezelfde plaatsen als Anguilla, met dien verstande echter, dat de paaïplaats een grootere uitgestrektheid heeft en wel van Ierland tot de Sargassoze (Schmidt (389)). De larven van Conger trekken nooit het zoete water binnen. Het zou interessant zijn, het gedrag van hen te vergelijken met dat van de larven van Anguilla. Daarbij zal ongetwijfeld blijken, dat het ten opzichte van het zoete water anders zal zijn. Waarom nu bij twee nauw verwante soorten bij de één een ander gedrag optreedt, dan bij de ander, dat is een vraag, waarop we het antwoord nog wel lang schuldig zullen blijven.



Figuur 36.

Foto R. J. v. d. Linde.



Figuur 37.

Foto R. J. v. d. Linde.

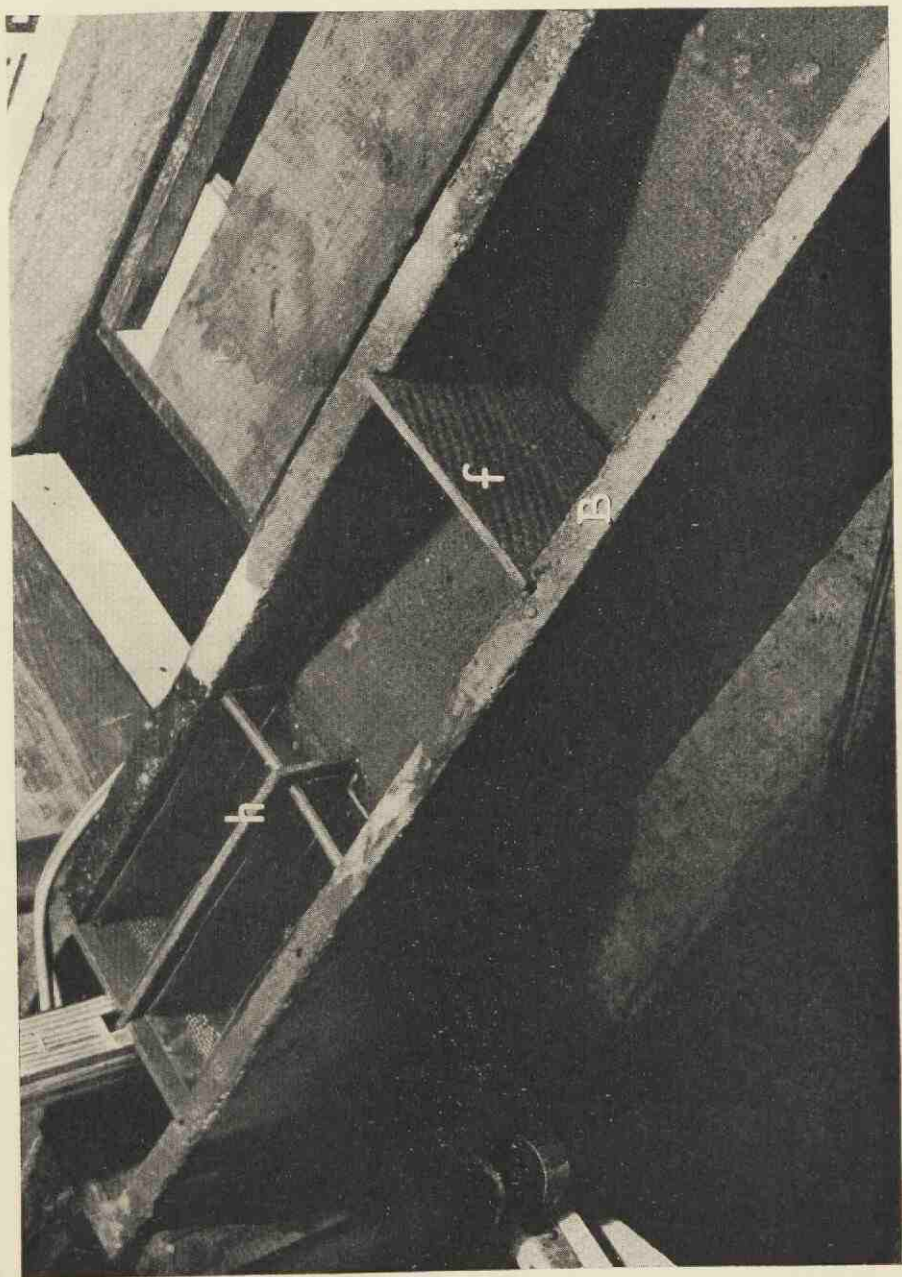


Foto R. J. v. d. Linde.

Figuur 38.



# L I T E R A T U U R

1. Anoniem: *Merkwürdiger Aalfang*; Allg. Fisch. Zt. 19 1894 p. 441-442.
2. — *Fehlt der Aal im Genfer See?* Allg. Fisch. Zt. 33 1908 p. 33.
3. — *Die Schwankungen in den Erträgen des Aalfanges*; Fischerb. 15 1923 p. 62.
4. — *Die Auffindung der Aal-Laichplätze im Atlantischen Ozean*; Mitt. Fisch. Ver. Brandenb. 15 1923 p. 5-6.
5. — *Häufigkeit männlicher Aale*; Fischerb. 19 1927 p. 378.
6. — *Der Bezug englischer Aalbrut im Jahre 1929*; Fischerb. 21 1929 p. 182-183.
7. — *Langsamer Abwachs von Aalen*; Fischerb. 22 1930 p. 148.
8. — *Der Glasaal zog*; Fischerb. 27 1935 p. 236.
9. — *Glasaale wandern Weseraufwärts*; Fischerb. 28 1936 p. 207.
10. — *Treibaal*; Fischerb. 30 1938 p. 191-193.
11. *Algemeene Dienst van den Rijkswaterstaat: Waterhoogten op de Nederl. Rivieren*; Den Haag 1938 en 1939.
- \*12. d'Ancona, U: *Sulla determinazione del sesso nell'Anguilla*; R. Comit. Talass. Ital. 111 1924.
- \*13. — *Intorno al differenziamento del sesso nell'Anguilla*; Rend. R. Accad. Lincei 5a 33 1924.
14. Athanassopoulos, G: *Quelques observations sur les civelles*; Bull. Inst. Océan. Monaco 383 1921.
15. — *Sur la disparition rapide des civelles*; Bull. Inst. Océan. Monaco 442 1924.
16. — *Sur certaines migrations des anguilles en Grèce*; C. R. Acad. Sc. Paris 184 1927 p. 305.
17. — *Les montées restreintes des civelles dans la partie orientale de la Méditerranée*; C. R. Acad. Sc. Paris 186 1928 p. 894-896.
18. — *Sur la montée des civelles dans la Méditerranée orientale*; Bull. Inst. Océan. Monaco 692 1936 p. 1-3.
19. — *Sur la montée des civelles*; C. R. Acad. Sc. Paris 202 1936 p. 1204-1206.
20. — *Sur un fait curieux de la montée d'anguille*; Bull. Inst. Océan. Monaco 697 1936.
21. — *Encore sur la montée des civelles en 1936*; Bull. Inst. Océan. Monaco 710 1936.
22. — *Biologie de l'anguille: civelles inanitiées, espèces de montées des civelles, sur une épidémie des civelles et anguilles*; Rev. ges. Hydrob. Hydrogr. 36 1937 p. 213-225.
23. — *Civelles inanitiées*; Bull. Inst. Océan. Monaco 714 1937 p. 1-20.
24. — *Petites anguilles inanitiées*; Bull. Inst. Océan. Monaco 715 1937 p. 1-2.
25. — *Espèces de montées de civelles*; Bull. Inst. Océan. Monaco 716 1937 p. 1-2.
26. — *Sur la montée d'anguille en 1936-'37*; Bull. Inst. Océan. Monaco 757 1938 p. 1-20.
27. Baar, F. *Ein Beitrag zur Schädigung der Aale durch Turbinen und Mühlräder*; Fischereizeit. 6 1903 p. 166-167.
28. Balzs, H. *Wanderungen bei Decapoden (Crustaceen)*; Ergebn. d. Biol. 6 1930.
- \*29. Barclay, M. *Alen og alefisket*; Bergen 1928 (utg. Fiskeridirect.).
30. Bateson, W. *The sense-organs and perceptions of fishes; with remarks on the supply of bait*; J. Mar. Biol. Ass. 1 1890 p. 225-256.
- \*31. Bellini, A. *Esperienze di anguillicoltura*; Milano 1906.
32. — *Aalzucht-Versuche*; Zeitschr. f. Fischer. 15 1910 p. 136-181.
33. Bertin, L. *Contribution à l'étude des larves de poissons apodes*; Bull. Inst. Océan. Monaco 694 1936.

34. Bertin, L. *Nouvelle contribution à l'étude des larves de poissons apodes*; Bull. Inst. Océan. Monaco 706 1936.
35. Beyer, F. *Aalbrut oder Satzaale?* Fischereizeit. 34 1931 p. 513-514.
36. Bierens de Haan, J. A. *The interpretation of animal behaviour*; Science Progress 118 1935 p. 243-251.
37. — *Die tierpsychologische Forschung, ihre Ziele und Wege*; Bios, Leipzig 1935.
38. — *Die tierischen Instinkte und ihr Umbau durch Erfahrung*; Leiden 1940.
39. — *Der Kampf um den Begriff des tierischen Instinktes*; Naturwissensch. 30 1942 p. 98-104.
40. Bishop, W. L. *Eels in waterpipes and their migration*; Proc. Trans. Nova Scotian Inst. Nat. Sci. Halifax 11 1908 p. 640-650.
41. Bl. *Satzaalfang bei Trollhättan*; Fischerb. 5 1913 p. 214.
42. Blankenburg, A. *Der diesjährige Aalbrutfang an der deutschen Nordseeküste*; Fischerb. 2 1910 p. 200-202.
- \*43. Blegvad, H. *Paa aalefangst ved projektörlys*; Dansk Fiskeritidende 27 1929 p. 308-311.
44. Boucher-Firly, S. *Sucre libre et protéidique chez l'anguille*; influence de l'asphyxie; C. R. Soc. Biol. Paris 116 1934 p. 6-8.
45. Boucher, S. et M. & M. Fontaine. *Sur la maturation provoquée des organes génitaux de l'anguille*; C. R. Soc. Biol. Paris 116 1934 p. 1284-1286.
46. Brandicourt, V. *La montée de l'anguille dans la Somme*; La Nature 25 1897 p. 215.
47. Brehm, O. & Ehrenbaum: *Zur Frage des Satzaalfanges*; Fischerb. 23 1931 p. 81-83.
48. Brehm, O. *Änderung des Mindestmaßes für Satzaale*; Fischerb. 23 1931 p. 313-314.
49. — *Rückgang des Aalbestandes der Elbe*; Fischerb. 23 1931 p. 331-332.
50. — *Die niederelbische Satzaalfischerei von den Anfängen bis heute*; Fischerb. 28 1936 p. 206.
51. Brock, J. *Untersuchungen über die Geschlechtsorgane einiger Muraenoiden*; Mitt. Zool. Stat. Neapel 2 1881 p. 415-494.
52. — *dito*; Biol. Centralblatt 1 1881 p. 14-18.
53. Broekema, M. M. M. *Seasonal movements and the osmotic behaviour of the shrimp, Crangon crangon L.*; Arch. Néerl. Zoöl. 6 1941 p. 1-100.
54. Broekhuysen, G. J. *On the development, growth and distribution of Carcinides Maenes L.*; Arch. Néerl. Zoöl. 2 1936 p. 257-399.
55. Brühl, L. *Über Alter und Wachstum des Aals*; Fischereizeit. 11 1908 p. 134-137 en 148-152.
56. — *Wie die deutschen Steigaale nach Finland kamen*; Fischerb. 2 1910 p. 125-126.
57. — *Neue Funde von Aallarven im Atlantischen Ozean*; Fischerb. 3 1911 p. 47-48.
58. — *Über das Wachstum der Aale in verschiedenen Gewässern*; Fischerb. 5 1913 p. 63-64.
59. — *Über das Vorkommen von männlichen Aalen in Schweden*; Fischerb. 10 1918 p. 305-306.
60. — *Über die Ursachen der Glasaal-Wanderungen*; Allg. Fischereizeit. 58 1933 p. 21-23 en 36-39.
61. Bruun, A. F. *The life and work of Professor Johannes Schmidt*; Revista di Biologia 16 1934.
62. Buglia. *Die Widerstandsfähigkeit junger Aale*; Fischereizeit. 26 1923 p. 347.
63. Bull, H. O. *Studies on conditioned responses in fishes*; J. Mar. Biol. Ass. 15 p. 485, 16 p. 615, 20 p. 347 en 365, 21 p. 1.
64. Buytendijk, F. J. J. *Het instinctprobleem*; zonder uitgever 1938.

65. Calderwood, W. L. *Note on the capture of a fresh water eel in a ripe condition*; Ann. Magaz. Nat. History 12 1893 p. 35.
66. Carrière, J. E. *De beteekenis van een zoet IJsselmeer voor de drinkwatervoorziening van Nederland*; Water, Bodem, Lucht Apr. 1935.
67. Caudri, L. W. D. *Einfluss der Temperatur und des Salzgehalts auf die Sterblichkeit von Garnelen (Crangon Crangon L.)*; Arch. Néerl. Zool. 3 1937 p. 179-196.
68. Chidester, F. E. *Studies on fish migration: The behaviour of Fundulus heteroclitus on the salt marshes of New Jersey*; Amer. Nat. 54 1920 p. 551-557.
69. — *A simple apparatus for studying the factors influencing fish migration*; Proc. Soc. Exp. Biol. Medic. 18 1921 p. 175-177.
70. — *Studies on fish migration: The influence of salinity on the dispersal of fishes*; Amer. Nat. 56 1922 p. 373-380.
71. — *Light as a factor in fish dispersal*; Proc. Soc. Exp. Biol. Medic. 20 1923 p. 393-395.
72. — *A critical examination of the evidence for physical and chemical influences on fish migration*; Brit. J. Exper. Biol. 2 1925 p. 79-118.
73. Cligny, A. *Capture d'anguilles en pleine mer*; Ann. Stat. aquicole Boulogne 2 1912 p. 142-148.
74. Cunningham, J. T. *The breeding of the Conger*; J. Mar. Biol. Ass. 1 1888 p. 245-247.
75. — *On the reproduction and development of the Conger*; Journ. Mar. Biol. Ass. 2 1891 p. 16-42.
76. — *The larva of the eel*; J. Mar. Biol. Ass. 3 1893 p. 278-287.
77. — *The natural history of the common eel*; Nature 2832 1924 p. 199-201.
78. Dean, B. *Life history of the eel*; Bibliogr. of Fishes 3 1923 p. 638.
79. Delage, Y. *Sur les relations de parenté du Congre et du Leptocephale*; C. R. Acad. Sc. Paris 103 1886 p. 698-699.
80. Deutsche Seewarte: *Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der britischen Gewässer*; Hamburg 1925.
81. Dobben, W. H. van. *Oriëntatie bij vogels*; Vakblad v. Biologen 21 1940 p. 225-240.
82. Dooze, W. *Ein wenig bekannte Aalfangmethode*; Allg. Fisch. Zt. 33 1908 p. 393-394.
83. Doudoroff, P. *Reactions of marine fishes to temperature gradients*; Biol. Bulletin 75 1938 p. 494-509.
84. *Driemaandelijks bericht betreffende de Zuiderzeewerken*, Jrg 1-23; Den Haag 1919-1942.
85. Droogleeve Fortuyn - van Leyden, C. E. *Une anguille, dont l'oeil gauche se trouve dans la mâchoire inférieure*; Tijdschr. Ned. Dierk. Ver. Ser. 2 16 1918 p. 271-279.
86. Duge. *Aaluntersuchungen*; Fischerb. 5 1913 p. 436-437.
87. Ehrenbaum, E. *Bespreking van E. Walter, Der Fluszaal*; Fischerb. 3 1911 p. 4-11, 41-44 en 77-83.
88. — *Abwandernde Aale im Englischen Kanal*; Fischerb. 4 1912 p. 112-113.
89. — *Über Altersbestimmungen am Aal*; Fischerb. 4 1912 p. 312-319.
90. — *Alterbestimmungen am Aal*; Sep. Bibl. N. D. V.
91. — *Untersuchungen über den Aal*; Fischerb. 5 1913 p. 262-266.
92. — *Aalaussetzungen in England*; Fischerb. 10 1918 p. 191-192.
93. — *Die dänische „Dana“-Expedition*; Fischerb. 13 1921 p. 763-769.
94. — *Die Laichplätze des Aals*; Fischerb. 14 1922 p. 436-446.

95. Ehrenbaum, E. *Zur weiteren Klärung der Lebensgeschichte des Fluszaals*; p. 177-178. Fischerb. 16 1924
96. — *Blankaale im Meere*; Fischerb. 17 1925 p. 120-121.
97. — *Über Aalbesatz*; Fischerb. 17 1925 p. 225-229.
98. — *Johs. Schmidt, Über die Süßwasseraale im Indopazifischen Gebiet*; Fischerb. 18 1926 p. 289-296.
99. — *Neues vom Aal*; Fischerb. 18 1926 p. 345-347.
100. — *Bekanntmachung über Aalabwuchsversuche in bisher aalfreien Seen*; Fischerb. 19 1927 p. 118-119.
101. — *Grosze Fänge von Aallarven in Verwandlungsstadien*; Fischerb. 19 1927 p. 211-214.
102. — *Abwuchsversuche mit Satzaalen und Glasaalen*; Fischerb. 19 1927 p. 290-294.
103. — *Beobachtungen über den Aufstieg von Aalen*; Fischereizeit. 31 1928 p. 949.
104. — *Eine dänische ozeanographische Weltumsegelung und neue Aalforschungen*; Fischerb. 21 1929 p. 8-10.
105. — *Die Satzaalfrage im Elbgebiet*; Fischerb. 21 1929 p. 311-316.
106. — *Kanadische Aale für Deutschland*; Fischerb. 21 1929 p. 357.
107. — *Die groszen dänischen Untersuchungsfahrten im Atlantik 1920/22*; Fischerb. 22 1930 p. 207-210.
108. — *Johs. Schmidt, Dana's Togt omkring Jorden 1928-1930*; Fischerb. 24 1932 p. 142-145.
109. Ehrenbaum, E. & H. Marukawa: *Über Altersbestimmung und Wachstum beim Aal*; Zeitschr. f. Fischer. 14 1914 p. 89-127.
110. Eichelbaum, E. *Das erste Auftreten der Aalbrut an der deutschen Küste und ihre erste Nahrungsaufnahme*; Wiss. Meeresunters. Helgol. 15 1924 p. 1-28.
111. Eigenmann, C. H. *The egg and development of the Conger eel*; Bull. U. S. Comm. Fish Fisheries 21 1901 p. 37-44.
112. Eigenmann, C. H. & C. H. Kennedy. *The Leptocephalus of the American eel and other American Leptocephali*; Bull. U. S. Fish Comm. 21 1902.
113. Ekman, Sv. *Prinzipielles über die Wanderungen und die tiergeographische Stellung des europäischen Aales Anguilla anguilla*; Zoögeographica 1 1932 p. 85-106.
114. — *Tiergeographie des Meeres*; Leipzig 1935.
115. Erikson, C. E. *Om alynglets vandring i Laggaän*; Svensk Fiskeri-Tidskr. 5 1896.
- \*116. — *Om alynglets uppvandring i Mörrumsän*; Svensk Fiskeri-Tidskr. 5 1896.
117. Feddersen, A. *Aalmännchen im Süßwasser*; Zeitschr. f. Fischer. 1 1893 p. 148-157.
118. — *Fortgesetzte Aaluntersuchungen*; Zeitschr. f. Fischer. 3 1895 p. 156-168.
119. Findlay, A. G. *Directory for the North Atlantic Ocean*; London 1918.
120. Fischer, F. & H. Lübbert. *Die Organisation des Bezuges von Aalbrut aus England für deutsche Gewässer*; Zeitschr. f. Fischer. 15 1910 p. 17-66.
121. Fischer, E & H. Henking. *Die Ostsee-fischerei in ihrer jetzigen Lage*; Publ. Circ. Cons. P. I. Explor. Mer. 13 1905 p. 69-77.
122. Fischereiologische Laboratorium Hamburg. *Gezeichnete Aale*; Mitt. Deutsch. Seefisch. Ver. 28 1912 p. 215.
123. Fish, M. P. *Contributions to the embryology of the American eel (Anguilla rostrata L.)*; Zoologica 8 1927.
124. Fontaine, M. *Sur la maturation complète des organes génitaux de l'anguille mâle et l'émission spontanée de ses produits sexuels*; C. R. Acad. Sc. Paris 202 1936 p. 1312-1314.

125. Forel, F. A. *Le Léman, monographie limnologique, tome 3*; Lausanne 1904.
126. Franz, V. *Über die Wanderung der Fische, insbesondere des Aales*; Aus der Natur 6 1910 p. 111-117 en 149-154.
127. — *Fischwanderungen*; Himmel u. Erde 23 1911 p. 546-559.
128. — *Über Ortsgedächtnis bei Fischen und seine Bedeutung für die Wanderungen*; Int. Rev. ges. Hydrob. Hydrogr. 4 1911 p. 327-330.
129. Freud, S. *Beobachtungen über Gestaltung und feineren Bau der als Hoden beschriebenen Lappenorgane des Aals*; Sitz. ber. Math. Naturw. Kl. Akad. Wiss. Wien 75 1877 p. 419-430.
130. Friederichs, M. *Der Fluszaal im östlichen Mittelmeer*; Fischerb. 13 1921 p. 453-455.
- \*131. Gemzøe, K. J. *Om aalens alder og vækst*; Beretning til Landbrugsministeriet fra den danske biologiske station 14 1906.
132. Gerhardts. *Über Aalleitern und Aalpässe*; Zeitschr. f. Fischer. 1 1893 p. 194-199.
- \*133. Giacomini, E. *Sulla gonogenesi nelle Anguille*; Rend. R. Accad. Sc. Inst. Bologna 12 1908.
134. Gilson, G. *L'anguille, sa reproduction, ses migrations et son intérêt économique en Belgique*; Ann. Soc. R. Zoöl. Malac. Belg. 43 1908 p. 7-58.
135. — *Capture d'un Leptocephalus Morrisii au Cap Grisnez*; Ann. Soc. R. Zoöl. Malac. Belg. 43 1908 p. 132-138.
136. Grassi, G. B. *The reproduction and metamorphosis of the common eel*; Proc. R. Soc. London 60 1896 p. 260-271.
137. — *The reproduction and metamorphosis of the common eel (Anguilla vulgaris)*; Quart. J. Micr. Sc. 39 1897 p. 371-385.
- \*138. — *Ricerche sulle anguille argentine allevate forzatamente in acqua dolce*; Rend. R. Acc. Lincei 21 1912.
- \*139. — *Quel chi si sa e quel che non si sa intorno alla storia naturale dell'anguilla*; R. Com. Talass. Ital. 37 1919.
- \*140. — *Nuove ricerche sulla storia naturale dell'anguille*; R. Com. Talass. Ital. 67 1919.
- \*141. Grassi, G. B. & S. Calandruccio. *Descrizione d'un Leptocephalus brevirostris in via di trasformarsi in Anguilla vulgaris*; Atti R. Acc. Lincei 6 1897 p. 239-240.
- \*142. — *Reproduzione e metamorfosi della anguille*; Giorn. Ital. Pesca Aquicult. 7-8 1897 p. 15.
- \*143. — *Ulteriori ricerche sulle metamorfosi dei Murenoidi*; Rend. R. Acc. Lincei 6 p. 43.
144. — *New observations on the larva of the common eel*; Nature 56 1897 p. 85.
145. Grotian. *Resultate einer Aalzucht*; Allg. Fischereizeit. 11 1896 p. 329-330.
146. Haempel, O. *Alterbestimmung und Wachstum des Aals*; Umschau 17 1913 p. 1080-1083.
147. Haempel, O. & E. Neresheimer. *Über Alterbestimmung und Wachstum des Aales*; Zeitschr. f. Fischer. 14 1914 p. 265-281.
148. Haggemüller. *Aale im Allgau*; Allg. Fisch. Zt. 21 1896 p. 232.
149. Häpke. *Das Aufsteigen von Aalbrut zur Oberweser*; Allg. Fisch. Zt. 36 1911 p. 411-413.
150. Havinga, B. *De ontwikkeling van den vischstand in het IJsselmeer*; Maandoverz. Utk. Vissch. Med. Rijksinst. V. onderz. Jan, Feb. Oct. 1938, Oct. 1939, Jan. Dec. 1940.
151. — *De veranderingen in den hydrographischen toestand en in de macrofauna van het IJsselmeer gedurende de jaren 1936-1940*; Biol. Zuiderz. tijdens Drooglegg. 5 1941.

152. Hein, W. *Bellini's Sexualdimorphismus der mediterranen Steigaale und die nordische Aalbrut*; Allg. Fisch. Zt. 35 1910 p. 287-291.
153. — *Über den Abwachs der Steigaale in unseren Süßwassern*; Allg. Fisch. Zt. 36 1911 p. 304-308.
154. Heldt, H. & H. Heldt: *Etude sur les civelles de Sidi-Daoud (Cap Bon)*; Bull. Stat. Océan Salammbo 16.
155. — *Premières captures de civelles dans le Lac de Tunis*; Notes Stat. Océan. Salammbo 9 1928.
156. — *Les civelles du Lac de Tunis*; Bull. Stat. Océan. Salammbo 14 1929.
157. Helfer, H. *Über die Stellung der Fische im Saprobiensystem*; Kl. Mitt. Landesanst. Wass. Boden Lufthyg. 3 1927 p. 151-157 en 278-280.
158. Henking, H. *Der Aalfang in den Lagunen von Comacchio und Venedig*; Mitt. Deutsch. Fisch. Ver. 24 1908 p. 366-411.
159. — *Eine neue Aalfangmethode in Dänemark*; Mitt. Deutsch. Seefisch. Ver. 28 1912 p. 378-388.
160. — *Neue Wanderwege für die Fische der Unterweser*; Mitt. Deutsch. Seefisch. Ver. 1920 p. 112-122.
161. — *Das Auftreten der Aalbrut an der deutschen Nordseeküste nach dem Kriege*; Wiss. Meeresunters. Helgol. 15 15 1924 (nachschrift).
162. Hermes, O. *Über reife männliche Geschlechtsteile des Seeaals*; Zool. Anzeiger 4 1881 p. 39-44.
163. Herold, W. *Über einen Zug von Jungaalen in der Swine*; Zool. Anzeiger 101 1933 p. 161-164.
164. Hiltzheimer, M. *Die Wanderungen der Säugetiere*; Ergebn. Biol. 5 1929.
165. Hjort, J. *Eel-larvae from the central North Atlantic*; Nature 85 1910 p. 104-106.
166. Hoek, P. P. C. *Rapport over de visscherij in de Zuiderzee*; Versl. Ned. Zeevissch. over 1889 bijl. 3 1890.
- \*167. Hornoyd, A. G. *Algunas observaciones sobre la anguilla en Valencia*; Trab. Lab. Hidrob. Esp. 2 1916; An. Inst. Gen. Téc. 1 1916.
- \*168. — *Algunas observaciones sobre la alimentacion de la anguilla en Valencia, Santander, Lisboa y Aveiro*; Trab. Lab. Hidrob. Esp. 3 1917; An. Inst. Gen. Téc. 2 1917.
- \*169. — *Observaciones sobre la edad de anguillas pequenas de la Albufera de Valencia*; Bol. R. Soc. Esp. Nat. Hist. 20 1920.
- \*170. — *Sobre las anguillas del Perelló (Albufera de Valencia)*; Trab. Lab. Hidrob. Esp. 8 1920; An. Inst. Gen. Téc. 7 1920.
- \*171. — *Determinación de la edad en algunas anguillas plateadas (maresas) de la Albufera de Valencia*; Trab. Lab. Hidrob. Esp. 11 1921; An. Inst. Gen. Téc. 8 1921.
172. — *Note sur l'age et la croissance de quelques anguilles du bassin d'Arcachon*; Bull. Stat. Biol. Arcachon 19 1922 p. 7-23.
173. — *Observations sur l'age et la croissance des anguilles pêchées sur les Bancs d'huître d'Arcachon*; Bull. Stat. Biol. Arcach. 21 1924 p. 25-32.
174. — *Observations sur la longueur et le poids des civelles du bassin d'Arcachon*; Bull. St. Biol. Arcachon 22 1925 p. 75-82.
175. — *Observations sur la longueur de la civelle du bassin d'Arcachon pendant l'hiver 1925-1926*; Bull. Stat. Biol. Arcachon 24 1927 p. 91-94.
176. — *Otoliths of large eels from the Rhine*; J. Roy. Microsc. Soc. Ser. 3 47 1927 p. 250-252.
177. — *Mensurations comparées de deux pêches de civelles du bassin d'Arcachon en 1925 et 1927*; Bull. Stat. Biol. Arcachon 25 1928 p. 43-49.
178. — *Mensurations de civelles de l'Oria pêchées en septembre 1928*; Bull. Soc. Océan. France 9 1929 p. 852-856.

179. Hornoyd, A. G. *L'âge et la croissance de quelques anguilles jaunes de taille moyenne du Haut-Rhin*; Rev. Suisse Zool. 36 1929 p. 189-191.
180. — *Les otoliths de quelques anguilles de grande taille du Haut-Rhin*; Rev. Suisse Zool. 36 1929 p. 193-198.
181. — *Mensurations de civelles du bassin d'Arcachon de la saison de pêche 1928-1929*; Bull. Stat. Biol. Arcachon 26 1929 p. 421-431.
182. — *Une nouvelle méthode pour marquer des anguilles: le tatouage*; Rev. Suisse Zool. 36 1929 p. 199-200.
183. — *Recherches sur la taille et le sexe de la petite anguille du Lac de l'Ischeul*; Notes Stat. Océan. Salammbô 11 1930 p. 1-15.
184. — *Recherches sur l'âge, la croissance et le sexe de la petite anguille argentée du Lac de Tunis*; Bull. Stat. Océan. Salammbô 17 1930 p. 5-50.
185. — *The otoliths of some large eels from the Lake of Tunis*; Proc. Zool. Soc. London 4 1930 p. 1071-1076.
186. — *Le sexe de la petite anguille de repeuplement du marais de la Grande Brière après un séjour de trois ans dans un aquarium du muséum*; Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. 3 1931 p. 423-432.
187. — *Le sexe de la petite anguille de repeuplement du marais de la Grande Brière après un séjour de trois et quatre ans dans un aquarium du muséum*; Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. 4 1932 p. 63-70.
188. — *Die Aale Caumasees*; Schweiz. Fischereizeit. 40 1932 p. 294-301 en 347-352.
189. — *The otoliths of eight small eels from the Etang de Vaccarès*; J. Roy. Micr. Soc. 52 1932 p. 20-25.
190. — *La civelle*; Bull. Soc. Océan. France 13 1933 p. 1249-1256.
191. — *Observations sur la taille et le sexe de la petite anguille argentée des Valli de Comacchio*; Bull. Soc. Océan. France 14 1934 p. 1398-1401.
192. — *Différence de taille et de poids entre la civelle de la Méditerranée et celle de l'Atlantique en janvier et février 1934*; Verh. Int. Ver. theor. angew. Limnol. 7 1935 p. 645-652.
193. — *Observations sur la montée de la civelle dans l'Orïo*; Bull. Soc. Océan. France 16 1936 p. 1505-1506.
194. — *La taille maximum de la civelle du Golfe de Gascogne*; Bull. Soc. Océan. France 16 1936 p. 1569-1571.
195. — *La civelle d'Anguinaga de 1935 à 1936*; Bull. Soc. Océan. France 16 1936 p. 1597-1599.
196. — *Recherches sur l'âge et la croissance de 260 petites anguilles de l'Etang de Berre*; Bull. Inst. Océan. Monaco 718 1937 p. 1-15.
197. — *Observations sur le nombre de zones des écailles de 12 grandes anguilles de l'Etang de Berre*; Bull. Inst. Océan. Monaco 725 1937 p. 1-39.
198. — *Les écailles et les otolithes d'une anguille de 106 cm de l'Etang de Berre*; Bull. Inst. Océan. Monaco 734 1937 p. 1-8.
199. Huitfeldt-Kaas, K. *Einwanderung und Verbreitung der Süsswasserfische in Norwegen*; Arch. Hydrobiol. 14 1924 p. 223-314.
200. Jacobi, F. *Der Fang der Blankaale in der Danziger Bucht*; Fischerb. 13 1921 p. 908-911.
201. Jacobsen, J. P. *Atlas de température et salinité de l'eau de surface de la Mer du Nord et de la Manche*; Cons. Perm. Int. Expl. Mer 1933.
202. Jacobsen, J. P. & A. C. Johansen. *On the causes of the fluctuations in the yield of some of our fisheries 2: the eel fisheries*; Meddel. Komm. Havunders. 6 1922 p. 1-32.
203. Jacobson, H. *Eels in tanks and ponds*; Bull. U. S. Fish. Comm. for 1886 6 1887 p. 91-92.

204. Jansen, J. *Aale unter Steinen*; Fischerb. 26 1934 p. 440.
205. Järvi, T. H. *Beobachtungen über die Grösse und das Alter der Aale in Binnengewässern Finnlands*; Meddel. Soc. Fauna Flora Fennica 35 1909 p. 218–221.
206. — *Über das Vorkommen des Aales im Wassersysteme des Kymiflusses (Finland)*; Meddel. Soc. Fauna Flora Fennica 35 1909 p. 222–226.
207. J. K. *Aale in der Donau*; Allg. Fisch. Zt. 18 1893 p. 232, 380 en 441.
208. Johansen, A. C. *Remarks on the life-history of the young post-larval eel (Anguilla vulgaris)*; Meddel. Komm. Havunders. 1 1905 p. 1–9.
209. José, H. *Über Aalzucht*; Allg. Fischer. Zt. 27 1902 p. 70.
210. Kawamoto, N. *Physiological studies on the eel*; Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ. Ser. 4 4 1929 p. 637–641 en 643–659.
211. Keller, H. *Die Anlage der Fischwege*; Centr. bl. Bauverwalt. 1885.
212. Keys, A. B. *The heart-gill preparation of the eel and its perfusion for the study of a natural membrane in situ*; Ztschr. Verg. Phys. 15 1931 p. 352–363.
213. — *Chloride and water secretion and absorption by the gills of the eel*; Ztschr. Verg. Phys. 15 1931 p. 364–388.
214. — *The mechanism of adaptation to varying salinity in the common eel and the general problem of osmotic regulation in fishes*; Proc. Roy. Soc. London. B. 112 1933 p. 184–199.
215. Keys, A. & E. N. Willmer. „Chloride secreting cells” in the gills of fishes with special reference to the common eel; J. Physiol. 76 1932 p. 368.
216. Kisker, G. *Der Fischfang mit Aalhamen in der mittleren Elbe*; Ztschr. f. Fischer. 24 1926 p. 195–215.
217. — *Eine Aalfangstation in Schweden*; Fischer. Zt. 35 1932 p. 296–298.
218. Klindworth, E. *Über den Aalaufstieg in der Oberelbe*; Fischerb. 15 1923 p. 182.
219. Konken, E. *Bericht über die Arbeiten zur Förderung des Aalaufstieges und Aalbrutversandes im Weser-, Ems- und Küstengebiet*; Fischer. Zt. 33 1930 p. 265–267.
220. Koos, H. *Aale unter Felsblöcken*; Fischerb. 36 1934 p. 393–394.
221. Krämer, W. *Beobachtungen über den Aufstieg von Jungaalen*; Fischerb. 31 1929 p. 88–89.
222. Krebs, W. *Geophysikalische, besonders klimatische Beziehungen der Aalzüchtereie*; Fischerb. 3 1911 p. 83–86.
223. — *Geophysikalische Verhältnisse auf den Fundstellen der Aalarven im Atlantik und im Mittelmeer*; Fischerb. 3 1911 p. 180–184.
224. — *Fundstellen der Aalarven*; Fischerb. 3 1911 p. 352–353.
225. — *Vulkanische Tiefseeheizung und Aalbrut*; Mitt. Deutsch. Seefisch. Ver. 28 1912 p. 258–263.
226. Kropp, B. & B. Perkins. *The activation of the crustacean chromatophore activator on the melanophores of fishes and amphibians*; Biol. Bull. 64 1933 p. 226–232.
227. Krümmel, O. *Handbuch der Oceanographie*; Stuttgart 1923.
228. Kühn, A. *Die Orientierung der Tiere im Raum*; Jena 1919.
229. Kyle, H. M. & E. Ehrenbaum. *Apodes*; Fische der Nord- und Ostsee, Leipzig 1929.
230. Ladiges, W. *Untersuchungen über den Aalbestand im hamburgischen Hafengebiet*. Ztschr. f. Fischer. 34 1936 p. 23–24.
231. Leich, H. *Der Aalaufstieg am Emswehr Herbrum von 6 bis 8 Mai 1928*; Fischerb. 21 1929 p. 103–105.
232. Lengerich. *Einige Beobachtungen über Aalbrut*; Fischerb. 13 1921 p. 638–640.

- \*233. Leth, F. H. T. *Jagttagelser over Aalene*; Fiskeritidende 1882 p. 392.
234. Lohse: *Jungaalschwärme im Nordseegebiet*; Fischerb. 14 1922 p. 428-429.
- \*235. Lönnberg, E. *Till kännedomen om det i sötvattlena uppvandrande alynglet*; Svensk Fiskeri-Tidskr. 1903 p. 37.
236. Löwe. *Beobachtungen van Aalzügen in der Weser*; Fischerb. 22 1930 p. 281-282.
237. — *Nochmals „Zur Frage des Satzaalfanges“*; Fischerb. 23 1931 p. 114-115.
238. Lübbert, Ed. *Über Fang von Jungaalen*; Fischerb. 6 1914 p. 362-363.
239. Lübbert, H. *Praktische Ergebnisse der wissenschaftlichen Meeresforschung* Allg. Fischer. Zt. 33 1908 p. 211-214 en 230-233.
240. — *Die Besetzung deutscher Gewässer mit Aalbrut im Jahre 1909*; Ztschr. f. Fischer. 15 1910-'12 p. 182-233.
241. — *Das Wachstum englischer Aalbrut*; Fischerb. 2 1910 p. 60.
242. — *Die diesjährigen Transporte englischer Aalbrut nach Deutschland*; Fischerb. 2 1910 p. 97 en 128.
243. — *Der diesjährige Fang von Aalbrut an der deutschen Küste*; Fischerb. 2 1910 p. 157.
244. — *Diesjähriger Versand von englischer Aalbrut nach Finland*; Fischerb. 2 1910 p. 185.
245. — *Die diesjährige Transporte englischer Aalbrut nach Deutschland*; Allg. Fischer. Zt. 35 1910 p. 170-171.
246. — *Weitere Messungen von nordischen Glasaalen*; Allg. Fischer. Zt. 36 1911 p. 214-217.
247. — *Weitere Messungen von nordischen Glasaalen*; Fischerb. 1911 p. 142.
248. — *Neue Grundlagen der Aalkultur in Deutschland*; Fischerb. 3 1911 p. 346-348 en 379-380.
249. — *Eine neue Methode der Aalwirtschaft*; Fischerb. 4 1912 p. 209-214.
250. — *Der Aufstieg von Glasaalen in der Elbe im Jahre 1923*; Fischerb. 15 1923 p. 133-134.
251. — *Die Versorgung Deutschlands mit Aalbrut in der Zeit nach dem Kriege*; Fischerb. 19 1927 p. 205-211.
252. — *Ein praktisches Ergebnis der internationalen Meeresforschung*; Rapp. Proc. Verb. Cons. P. Int. Expl. Mer 47 1928 p. 51-62.
253. — *Beobachtungen über den Aufstieg und die Größenverhältnisse von Glasaalen in Aegypten*; Fischerb. 22 1930 p. 377-383.
254. — *Neue einrichtungen für die Aalbrutgewinnung und -verteilung*; Fischerb. 23 1931 p. 97-102.
255. Lübbert, H. & F. Fischer. *Die Besetzung deutscher Gewässer mit Aalbrut im Jahre 1910*; Ztschr. f. Fischer. 15 1910-'12 p. 251-318.
256. Lüling, K. H. *Vom Wanderleben des Aals und der Makrele*; Fischerb. 32 1940 p. 129-134.
257. Lütgens, H. *Der englische Aalbrutimport und die Aalfischerei in der Unterelbe*; Fischerb. 3 1911 p. 254-255 en 351.
258. Lundbeck, J. *Untersuchungen über die Beschädigung von Fischen, besonders Aalen, in den Turbinen des Kraftwerks Friedland (Opr)*; Ztschr. f. Fischer. 25 1927 p. 439-465.
259. M: *Seltsamer Nahrungsbefund bei einem Aal*; Fischerb. 5 1913 p. 487.
260. — *Über Wanderungen des Aals in unterirdischen Gewässern*; Fischerb. 22 1930 p. 100-102.
261. Marcus, K. *Über das Wachstum des Aales*; Fischerb. 6 1914 p. 2-6.
262. — *Über Altersbestimmungen und Wachstum des Aales*; Fischerb. 6 1914 p. 398-401.

263. Marcus, K.: *Neue Untersuchungen über Alter und Wachstum des Aales*; Fischerb. 8 1916 p. 233-238.
264. — *Über Alter und Wachstum des Aales*; Mitt. Zoöl. Mus. Hamburg 36 1919 p. 1-70.
265. Mazure, J. P. *De invloed van schuttingen op de kwaliteit van het binnenwater*; Ing. 49 1934.
266. — *De water- en zoutbalans van het IJsselmeer*; Bijl. 9 Rapp. Comm. Drinkwatervoorz. W. d. Lands, Den Haag 1940.
- \*267. Mazza, F. *Sul grado di sviluppo delle cellule germinali in quelle anguille distinte a Cagliari col nome filatrolas*; Atti Congr. Nat. Ital. Milano 1906.
- \*268. — *Risultati di ricerche anatomoistologiche sugli organi genitali delle anguille di acqua dolce e di acqua salmastra*; Bol. Soc. Zool. Ital. Roma 2 1913.
269. Meek, A. *The migrations of fish*; London 1916.
270. Metzger, *Der Aufstieg der Aale in der Fulda*; Fischerei Zt. 4 1901 p. 473-474.
271. Meyer, J. *Über den Fang von Aalbrut an der deutschen Nordseeküste und seine Folgen für die Aalfischerei in den Küstengewässern*; Fischerb. 2 1910 p. 267-
272. Mielck, W. *Johs Schmidts neue Untersuchungen über die Verbreitung und Lebensgeschichte des Süßwasseraales*; Fischerb. 2 1910 p. 29-35.
273. Möbius, K. & F. Heincke. *Die Fische der Ostsee*; 4 Ber. Comm. Wiss. Unters. Deutsch. Meere, Kiel 1877-1881, 7-11 jrg. 1884.
274. Nanz, F. *Die Entnahme von Jungaalen aus den Flussmündungen der deutschen Nordseeküste und der Import englischer Aalbrut*; Fischerb. 1 1909 p. 29-33.
275. Neubaur, R. *Änderungen der Umwelt beim Aufstieg der Jungaale*; Ztschr. f. Fischer. 31 1933 p. 491-513.
276. Noordraven, T. J. *De getijstroom*; Overdr. De Zee; Amsterd. 1936.
277. Nordquist, H. *Über den Besatz schwedischer Gewässer mit englischer Aalbrut*; Fischerb. 4 1929 p. 80-81.
278. Nordquist, Osc. *Some observations about the eel in Finland*; Meddel. Soc. Fauna Flora Fenn. 29 1903 p. 48-54.
279. — *Aussetzung von gezeichneten Aale in Finland*; Fischer. Zt. 6 1903 p. 648.
- \*280. — *Alfiskeförsök och älundersökningar i södra Finland*; Fiskeritidskr. Finl. 13 1904 p. 82.
281. — *Resultate der Aussetzung von gezeichneten Aalen in Finland in Jahre 1903*; Mit. Deutsch. Seefisch. Ver. 20 1904 p. 85.
- \*282. — *Om uppfödande af äl och om Hov-Vigs alfiskeri på Själland*; Sv. Fisk. Tidskr. 16 1907 p. 4.
282. — *Aalstudien*; Arkiv f. Zoologi 11 1917 p. 1-22.
- \*284. — *Im alhannars förekomst i Sverige*; Sv. Fiskeri Tidskr. 1918 p. 129.
- \*285. Nordquist, Osc. & G. Alm. *Undersökningar om alens alder, storlek och tillväxthastighet i Sverige*; Sv. Hydrogr. Biol. Komm. Skrifter 6 1920.
286. Nordquist, Osc. & St Vallin. *Untersuchungen über Aalbrut, ihre Einwanderung in die Ostsee und längs der Ostseeküste Schwedens*; Wiss. Meeresunt. Helgol. 15 1924 p. 1-32.
287. Nye, W. *Eels (Anguilla rostrata) in New Bedford water pipes*; Bull. U. S. Fish Comm. 1882, 2 1883 p. 272.
288. Oestmann, C. *Die Lage der Satzaalfischerei auf der Niederelbe*; Fischerb. 28 1936 p. 59.
289. Oordt, G. J. van: *Vogeltrek*; Leiden 1936.
290. — *Het oriëntatievermogen van den trekvogel*; Sep. Diligentia Den Haag z.j.
- 291 Oordt, G. J. van & L. Bretschneider. *Über den Einfluss gonadotroper Stoffe auf die Entwicklung der Hoden des Aales (Anguilla anguilla L.)*; W. Roux' Arch. f. Entwicklungsmech. 141 1942 p. 45-57.

- \*292. Orsenigo, L. *Intorno alla lunghezza delle anguilline di montata*; Bol. Soc. Lombarda Pesc. Acquicolt. 4 1911 p. 49-52.
- 293. Osterwaldt, H. *Das Problem der Aalwanderungen im Lichte der Wegenerschen Verschiebungstheorie*; Umschau 32 1928 p. 127-128.
- 294. Otto, G. *Aalbesatz ist begehrt!*; Mitt. Fischer. Ver. Brandenb. 15 1923 p. 130.
- 295. Paget, G. W. *The occurrence and distribution of elvers*; Rep. Fish. Egypt. Kairo 1920 p. 36-37, 1921 p. 26-27, 1922 p. 25, 1923 p. 28.
- \*296. Palmén, J. A. *Om den finska aalens vandringar*; Fiskeritidskr. Finl. 15 1906 p. 23-27.
- 297. Panu, A. *Sur l'influence des caractères physico-chimiques du milieu sur l'évolution du pigment et l'état physiologique de l'anguille*; C. R. Soc. Biol. Paris 116 1929 p. 279-281.
- 298. — *De l'influence de l'évolution du pigment mélanique sur l'état physiologique de la civelle*; C. R. Soc. Biol. Paris 116 1929 p. 641-643.
- 299. — *Sur l'état de la pigmentation des jeunes civelles au moment de la montée*; C. R. Soc. Biol. Paris 116 1929 p. 1070-1071.
- 300. Pavesi, P. *Observations on male eels*; Bull. U. S. Fish Comm. 6 1886 p. 222-224.
- 301. Pelkwijk, J. J. ter. *De voortplanting en de trek van de paling*; De Natuur Febr. Mrt. 1940.
- 302. Petersen, C. G. Joh. *Larval eels of the Atlantic coasts of Europe*; Meddel. Komm. Havunders. Fisk. 1 1905 p. 1-5.
- \*303. — *Om lylets indflydelse paa aalens vandringer*; Rep. Danish Biol. Stat. 14 1906.
- 304. Pl. *Transport englischer Aalbrut nach Dänemark*; Fischerb. 7 1915 p. 185-187.
- 305. Popov, A. M. *Teratological material from the ichthyofauna of the black sea*; Bull. Acad. Sc. U. R. S. S. 7 1930 p. 1053-1078.
- 306. Popta, C. *Iets over onze gewonen aal*; Album der Natuur 1903.
- 307. Portier, P. & M. Duval. *Variations de la pression osmotique du sang de l'anguille en fonction des modifications de salinité du milieu extérieur*; C. R. Acad. Sc. Paris 175 1922 p. 234-326.
- 308. Puls, G. *Entnahme von Jungaalen aus den Flussmündungen*; Fischerb. 2 1910 p. 71-72.
- 309. Quinton, R. *Degré de concentration saline du milieu vital de l'anguille dans l'eau de mer et dans l'eau douce et après son passage expérimental de la première eau dans la seconde*; C. R. Soc. Biol. Paris 2 1904 p. 470-472.
- 310. R. *Beobachtungen bei der künstlichen Aufzucht des Aales*; Allg. Fisch. Zt. 33 1908 p. 44-48.
- 311. Raffy, A. *Comparaison du métabolisme respiratoire de l'anguille à quelques stades de son développement*; C. R. Acad. Sc. Paris 196 1933 p. 374-376.
- 312. Rapport 1940, *De watervoorziening van Amsterdam* Amsterd. 1940.
- 313. *Rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands*; Den Haag 1940.
- 314. Redeke, H. C. *Flora en Fauna der Zuiderzee*; Den Helder 1922.
- 315. — *The effect of the closure of the Zuiderzee on fish and fisheries*; J. Cons. Perm. Int. Expl. Mer 14 1939 p. 337-346.
- 316. Reichard, A. E. *Bemerkungen zu der Veröffentlichung von W. Krebs: Geophysikalische Verhältnisse u.s.w.*; Fischerb. 3 1911 p. 285-288.
- 317. Robin, Ch. *Note sur quelques caractères et sur le coeur caudal des anguilles, des congres et des leptocéphales*; J. Anat. Phys. 1880 p. 593-628.
- 318. — *The male eels compared with the females*; Ann. Magaz. Nat. Hist. 7 1881 p. 386-392.

- \*319. Rodolico, A. *Differenziamento dei sessi ed ovo-spermatogenesi nell' Anguilla*; Publ. St. Zool. Neapoli 13 1933.
- \*320. Rodriguez Santamaria, B. *Angulas en el Cantabrico*; Ann. Pesc. Estat. Espana 1908.
- \*321. — *Angulas y anguillas*; Bol. Soc. Ozeanogr. Guipuzcoa (San Sebastian) 1914.
322. Röhler, E. *Neue Untersuchungen über die Wirkung der verbesserten Köthke'schen Durchschlupfvorrichtung am Aalhamen*; Ztschr. f. Fischer. 21 1922 p. 329–357.
323. — *Biologische Beobachtungen an Aalbrut*; Fisch. Zeit. 31 1928 p. 414–418.
324. — *Die Lage im Satzaalhandel*; Fischerb. 24 1932 p. 135–137.
325. — *Aalwirtschaft in deutschen Gewässern*; Fischmarkt 2 1934 p. 4–6.
326. Roule, L. *La migration génétique des anguilles d'Europe (Anguilla anguilla)*; Bull. Inst. Océan. Monaco 733 1937 p. 1–23.
327. Russell, E. S. *The behaviour of animals*; London 1934.
328. — *Fish migrations*; Biol. Reviews 12 1937 p. 320–337.
329. S. *Fang und Versand von Satzaalen im Jahre 1910*; Fischerb. 3 1911 p. 18–19.
330. Sawyer, J. N. *The breeding habits of the eel*; Bull. U. S. Fish Comm. 6 1887.
331. Sch. *Über die Einfuhr kanadischer Aale in Europa*; Fischerb. 17 1925 p. 64–65.
332. — *Der Fang von Glasaalen in Frankreich*; Fischerb. 19 1927 p. 82–83.
333. — *Einfuhr lebender Aale aus Kanada nach Holland*; Fischerb. 19 1927 p. 166.
334. — *Beobachtungen der Blankaalwanderung im Scheinwerferlicht*; Fischerb. 21 1929 p. 316–318.
335. — *Neue Veröffentlichungen über die Aalwirtschaft*; Fischerb. 22 1930 p. 213–219.
336. Schäffer, E. *Aale auf dem Lande*; Fischerb. 11 1919 p. 232–235.
337. Schäperclaus, W. *Bacterium-fluorescens-Infektion und Geschwulstbildungen bei Aalen mit verschlucktem Angelhaken*; Ztschr. f. Fischer. 24 1926 p. 157–162.
338. — *Die Rotseuche des Aales im Bezirk von Rügen und Stralsund*; Ztschr. f. Fischer. 25 1927 p. 99–128.
339. Scheuring, L. *Die Wanderungen der Fische*; Ergebn. d. Biol. 5 en 6 1929–'30.
340. Schiemenz, A. *Aalzuchtversuche von A. Bellini*; Ztschr. f. Fischer. 15 1910 p. 137–181.
341. — *Was frisst der Aal?* Fischerb. 2 1910 p. 197–200.
342. — *Der Einfluss der Lebensbedingungen auf die äussere Erscheinung unserer Süsswasserfische*; Mitt. Fischer. Ver. Brandenb. 11 1919 p. 7–11.
343. — *Erleichterung des Aalaufstieges*; Mitt. Fischer. Ver. Brandenb. 15 1923 p. 55.
344. — *Die Beschaffung von Satzaalen*; Fischerb. 19 1927 p. 201–205.
345. — *Über Aalbesatz und Aalaufstieg in den Gewässern Hannovers*; Allg. Fischer. Zt. 55 1930 p. 87–91.
346. Schlieper, C. *Über die osmoregulatorische Funktion der Aalkiemer*; Ztschr. Verg. Physiol. 18 1933 p. 682.
347. Schmassmann, W. *Über den Aufstieg der Fische durch die Fischpässe an den Stauwehren*; Schweiz. Fischer. Zt. 32 1924 p. 222–229.
348. Schmidt, J. *Contribution to the life-history of the eel (Anguilla vulgaris Flem.)*; Rapp. Proc. Verb. Cons. Perm. Int. Expl. Mer. 5 1906 p. 137–274.
- \*349. — *Aaleopdraetning i Italien*; Dansk Fiskeritid. 1908 p. 9–10, 20–21 en 25–28.
350. — *Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel*; Meddel. Komm. Havunders. 3 1909 p. 1–17.

351. Schmidt, J. *On the distribution of the fresh-water eels (Anguilla) throughout the world, I. Atlantic Ocean and adjacent regions*; Meddel. Komm. Havunders. 3 1909 p. 1-45.
- \*352. — *Fersvandsaalenens (Anguilla) udbredning i verden, I. Det Atlantiske Ocean og tilgrænsende Omraader*; Kgl. Vidensk. Selsk. Skrifter 7 1909 p. 121-178.
353. — *On the occurrence of Leptocephali (larval Muraenoids) in the Atlantic W. of Europe*; Meddel. Komm. Havunders. 3 1909 p. 1-19.
354. — *Leptocephalus hyoprovoïdes and Lept. thorianus*; Zool. Anzeiger 36 1910 nr. 2-3.
355. — *Sind Grössengruppen bei den west- und nord-europäischen Glasaalen nachweisbar?* Fischerb. 2 1910 p. 285-288.
356. — *Biology of the eel-fishes, especially of the Conger*; Nature 86 1911 p. 61-63.
357. — *Messungen von Mittelmeer-Glasaalen*; Fischerb. 3 1911 p. 139-140.
358. — *Fünf Jahre dänischer Untersuchungen über die Biologie der aalartigen Fische*; Fischerb. 12 1911 p. 374-379.
- \*359. — *Danske undersøgelser i Atlanterhavet over Ferskvandsaalens biologi*; Skr. udg. Komm. Havunders. 8 1912 p. 1-33.
360. — *Danish researches in the Atlantic and Mediterranean on the life history of the fresh water eel*; Intern. Rev. ges. Hydrob. Hydrogr. 5 1912 p. 317-342.
361. — *Contributions to biology of some North Atlantic species of eels*; Vid. Medd. Dansk Naturhist. Foren. 64 1912 p. 39-51.
362. — *Über die Fortpflanzung des Aals und seine Laichplätze*; Fischerb. 4 1912 p. 201-209.
- \*363. — *Aalens fortplantning och lekplatser*; Svensk Fiskeri Tidskr. 1913 p. 17-28.
- \*364. — *Har vi to slags aal?* Ferskvandsfiskeribladet 4 1913 p. 21-23.
365. — *Neue methoden der Altersbestimmungen beim Aal*; Fischerb. 5 1913 p. 61-63.
366. — *Zur Unterscheidung einiger Süßwasseraal-Arten*; Fischerb. 5 1913 p. 454-456.
367. — *First report on eel investigations 1913*; Rapp. Proc. Verb. Cons. Perm. 18 1913 p. 1-30.
368. — *On the identification of Muraenoid larvae in their early (Preleptocephaline) stages*; Medd. Komm. Havunders. 4 1913 p. 1-13.
369. — *On the classification of the fresh-water eels*; Medd. Komm. Havunders. 4 1914 p. 1-19.
370. — *Second report on eel investigations 1915*; Rapp. Proc. Verb. Cons. Perm. 23 1915 p. 1-24.
371. — *On the early larval stages of the fresh-water eel and some other North Atlantic Muraenoids*; Medd. Komm. Havunders. 5 1916 p. 1-20.
- \*372. — *Aalens Ynglepladser*; Naturens Verden 6 1922 p. 1-39.
373. — *The breeding places of the eel*; Phil. Trans. R. Soc. London B 211 1922 p. 179-208.
374. — *Breeding places and migrations of the eel*; Nature 111 1923 p. 51-54.
375. — *Tenacity of life of an eel*; Nature 112 1923 p. 205.
376. — *Die Laichplätze des Flusssaals*; Int. Rev. Ges. Hydrob. Hydrogr. 11 1923 p. 1-40.
377. — *L'immigration des larves d'anguille dans la Méditerranée par le Détroit de Gibraltar*; C. R. Acad. Sc. Paris 179 1924 p. 729-732.
378. — *Die Wanderung der Aallarven über den Atlantischen Ozean*; Fischerb. 16 1924 p. 29-31.
379. — *The transatlantic migration of eel-larvae*; Nature 113 1924 p. 12.
380. — *The breeding places of the eel*; Smithsonian Rep. f. 1924 p. 279-316.
381. Schmidt, J. *On the distribution of fresh-water eel throughout the world, II. Indo-Pacific region*; Kgl. Danske Vid. Selsk. Skr. 10 1925 p. 329-382.

382. — *Eel larvae in the Faroe Channel*; J. Cons. Int. Expl. Mer. 2 1927 p. 38-43.
383. — *Les anguilles de Tahiti*; La Nature 55 1927 p. 57-63.
384. — *The fresh-water eels of New Zealand*; Trans. New Zealand Inst. 58 1927 p. 379-388.
385. — *Danish fisheries investigations in the Atlantic and adjacent seas*; Rapp. Proc. Verb. Cons. Perm. 47 1928 p. 103-122.
386. — *The fresh-water eels of Australia*; Rec. Austral. Mus. 16 1928 p. 179-210.
387. — *Nessorhamphus, a new cosmopolitan genus of oceanic eels*; Vid. Medd. Dansk Naturhist. Foren. 90 1930 p. 371-375.
388. — *Oceanographical expedition of the Dana 1928-30*; Nature 127 1931 p. 444-446 en 487-490.
389. — *Eels and conger eels of the North Atlantic*; Nature 128 1931 p. 602-604.
390. — *Fresh-water eels in British India*; Nature 129 1932 p. 60.
391. — *25 Jahre dänische Aaluntersuchungen*; Natur u. Museum 62 1932 p. 213-228.
392. — *Danish eel investigations during 25 years, 1905-1930*; Copenhagen 1935.
393. Schnakenbeck, W. *Blankaale im Meere*; Fischerb. 24 1932 p. 200.
394. — *Neuere Beobachtungen über den Aalaufstieg*; Fischmarkt 2 1934 p. 209-211.
395. Schneider, F. *Aale im Allgäu*; Allg. Fischer. Zt. 21 1896 p. 252.
396. Schneider, G. *Über das Wachstum der Aale (Anguilla vulgaris Flem) in den Gewässern Schwedens*; Cons. Perm. Int. Expl. Mer. Publ. Circ. 46 1909 p. 3-18.
397. Schön. *Aalaussetzungen im Frischen Haff*; Fischerb. 21 1929 p. 308-309.
398. Schreiber, G. *Resultate einer Aalzucht*; Allg. Fischer. Zt. 11 1896 p. 287-288.
- \*399. Schreiber, Br. *Tentativi di maturazione sperimentale dell'anguilla con ormoni ipofisari*; Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. 68 1935.
- \*400. — *Ulteriori osservazioni sull'azione di ormini preipofisarii sull' maschio di Anguilla*; Boll. Soc. Biol. Ital. Sperim. 10 1935 p. 818.
401. Seligo, A. *Aalbrut als Besatzmaterial*; Fischerb. 4 1912 p. 50-53.
- \*402. Sella, M. *Estese migrazioni dell'anguilla in acque sotterranee*; R. Comm. Talassogr. Ital. 158 1929 p. 1-17.
403. Sennebogen, E. *Über das Geschlecht der Aale und die anguilla femina sterilis*; Zeitschr. f. Fischer. 1 1893 p. 139-148.
404. Seydel, E. *Über die Wirkung der Köthke'sche Durchschlupfvorrichtung am Aalhamen auf die Erhaltung von Jungfischen und den Ertrag des Aalfangs*; Zeitschr. F. Fischer. 14 1914 p. 175-192.
405. Shelford, V. E. *An experimental study of the effects of gas waste upon fishes, with special reference to stream pollution*; Bull. Illinois St. Lab. Nat. Hist. 11 1917 p. 381-412.
406. Sicks, H. *Jungaale zum Bestzen von Binnengewässern*; Fischerb. 1 1909 p. 55-56.
407. Smith, H. W. *The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts*; Am. Journ. Physiol. 93 1930 p. 480-505.
408. St. *Der Aalbrutfang am Severn*; Fischerb. 6 1914 p. 179.
409. *Statistisch overzicht der waterleidingen in Nederland over het jaar 1939*; uitg. Ver. v. Waterleidingsbelangen in Ned.
410. Sterner, E. *Die niederelbische Küstenfischerei, die Aalfischerei*; Fischerb. 8 1916 p. 190-202.
411. Strubberg, A. *The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions, some experiments*; Medd. Komm. Havunders. Fisk. 4 1913 p. 1-11.
412. Struck, H. *Der Aal und seine wirtschaftliche Bedeutung für die Binnenfischerei*; Fischer. Zt. 11 1908 p. 177-181.

413. Stt. *Aalbrutzüge in Niederländischen-Indien*; Fischerb. 23 1931 p. 152-153.
414. — *Der Abschluss der Zuider-See*; Fischerb. 24 1932 p. 139-141.
415. Stuart Moore, H. *The salmon and freshwater fisheries act 1923 and the rivers pollution prevention acts*; London 1924.
- \*416. Sylvest, E. *Om betydningen af kemotaxis og rheotaxis for glasaalenes vandring*; Naturens Verden 15 1931 hft. 10.
417. Syrski. *Über die Reproduktionsorgane der Aale*; Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien 69 1874 p. 315-324.
418. Taning, A. V. *Deep-sea fishes of the Bermuda oceanographic expeditions, fam. Anguillidae*; Zoologica 23 1938 p. 313-318.
419. Tern; *Eine neue Fangmethode für Aale*; Fischerb. 5. 1913 p. 334-335.
420. Tesch, J. J. *On sex and growth investigations on the freshwater eel in dutch waters*; J. Cons. Int. Expl. Mer. 3 1928 p. 52-69.
421. Thedens, D. *Der Aalfang an der schleswig-holsteinischen Westküste einst und jetzt*; Fischerb. 17 1925 p. 441-443.
422. *Tidal streams, British islands and adjacent waters*; publ. and issued Hydrographer of the Navy London 1912.
423. Törlitz, H. *Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Beiträge zur Artfrage unseres Flusssaales*; Ztschr. f. Fischer. 21 1922 p. 1-48.
- \*424. Trybom, F. *Uppvandrane alyngel*; Svensk Fisk. Tidskr. 9 1900 p. 160.
- \*425. — *Althnar från Sveriges ostkust*; Svensk Fisk. Tidskr. 11 1902.
- \*426. — *Almärkingar i Östersjön 1903 och 1904*; Svenska Hydrogr. Biol. Komm. Skr. 2 1905.
- \*427. — *Alens fortplantningsförhållanden*; Svensk Fisk. Tidskr. 15 1906 p. 137-138.
- \*428. — *Almärkingar i Östersjön 1905*; Svenska Hydr. Biol. Komm. Skr. 3 1906.
- \*429. Trybom, F. & A. Nyström. *Till kännedomen om det i sötvattnena uppvandrane älynglet*; Svensk Fisk. Tidskr. 12 1903 p. 34.
430. Trybom, F. & G. Schneider. *Die im Jahre 1906 in Schweden ausgeführten Versuche mit gekennzeichneten Aalen*; Svenska Hydrogr. Biol. Komm. Skr. 1908 p. 1-3.
431. — *Die Markierungsversuche mit Aalen und die Wanderungen gekennzeichneteter Aale in der Ostsee*; Cons. Perm. Int. Expl. Mer. Rapp. 9 1908 p. 51-59.
432. — *Das Vorkommen von „Montées“ und die Grösse der kleinsten Aale in der Ostsee und in deren Flüssen*; Cons. Perm. Int. Expl. Mer. Rapp. Proc. Verb. 9 1908 p. 60-65.
433. Tuzet, O & M. Fontaine. *Sur la spermatogénèse de l'anguille argentée*; Arch. Zoöl. Exp. Gén. 78 1937 p. 199-215.
434. Ubisch, L. v. *Stimmen die Ergebnisse der Aalforschung mit Wegener's Theorie der Kontinentalverschiebungen überein?* Die Naturwiss. 12 1924.
435. — *Tiergeographie und Kontinentalverschiebung*; Ztschr. Indukt. Abstamm. Vererbungsl. 47 1928.
436. Vaillant, L. L. *On the presence of the common eel in the open sea*; Ann. Mag. Nat. Hist. 7 1898 p. 355-356.
437. — *Sur la présence de l'anguille commune en haute mer*; C. R. Acad. Sc. Paris 126 1898 p. 1429-1430.
438. Varigny, H. de. *Le problème de l'anguille*; La Nature 25 1897 p. 51-53.
439. Veen, J. van. *Onderzoekingen in de Hoofden*; Den Haag 1936, Diss. Delft 1936.
440. — *Waarnemingen omtrent de snelheidsverdeling in een verticaal*; Rapp. Meded. Rijkswaterstaat 29 1937.
441. Vieweger, T. *Sur la composition chimique des anguilles soumises à l'inanition*; Acta Biol. Exper. 1 1928 p. 1-19.

422. Voigt, F. & M. von Brunn. *Ergebniss der Berathungen über den Aalköderfang mit Steerthamen in der Unterelbe*; Ztschr. f. Fischer. 1 1893 p. 189-193.
443. W. *Über Aufstieg von Aalbrut*; Fischerb. 11 1919 p. 143.
444. — *Aale im norwegischen Mjøssee*; Fischerb. 13 1921 p. 417.
445. — *Aalbrutfischerei*; Fischerb. 13 1921 p. 789.
446. Wagner, E. *Aalkorbfischerei an der Elbe zwischen Neufeld und Brokdorf*; Fischerb. 14 1922 p. 262-263.
447. Walter, E. *Neues vom Aal*; Fischer. Zt. 11 1908 p. 74-75.
448. — *Der Fluszaal, eine biologische und fischereiwirtschaftliche Monographie*; Neudamm 1910.
449. Weber, M. *Versuch einer Revision der indopacifischen Anguillidae*; Zool. Jahrbüch. Supp. 15 1912 p. 563-596.
450. Wellenkamp, K. *Leidet der Aal im Küstengebiet der Elbe an Nahrungsmangel?* Fischerb. 19 1927 p. 396-398 en 474-476.
451. Wemyss Fulton, T. *The young of the Conger (Leptocephalus)*; 22nd Ann. Rep. Fish. Board Scotland 1903 p. 281-283, en 23rd Ann. Rep. 1904 p. 251-252.
451. Westphal, J. *3½ Millionen Glasaale auf Reisen*; Fischerb. 26 1934 p. 193-194.
453. Wibaut-Ischbree Moens, N. L. *Zoutgehalte van boezem- en polderwater in Noord-Holland*; Versl. Meded. Zuiderzeecomm. Ned. Bot. Ver. nos. 13, 17, 22, 32 en 40.
454. Willis, H. & H. Holmes. *Experiments in marking young chinook salmon on the Columbia river, 1916 to 1927*; Bull. U. S. Bur. Fisher. 44 1928 p. 215-264.
455. Witschi, E. *Die geschlechtliche Differenzierung des Fluszaals und deren wirtschaftliche Bedeutung*; Fischerb. 17 1925 p. 287-291.
456. Ws. *Nordschleswiger Aalbrut*; Fischerb. 13 1921 p. 741-742.
457. Wulff, A. *Über Alter und Wachstum des Aales*; Fischerb. 11 1919 p. 136-140.
458. — *Über das Wachstum des Aales*; Fischerb. 12 1920 p. 755-758.
459. — *Aufstieg von Aalbrut in der Elbe*; Fischerb. 13 1921 p. 267-268.
460. — *Schwedische Untersuchungen über den Fluszaal*; Fischerb. 13 1921 p. 406-411.
461. — *Neue Untersuchungen über die Naturgeschichte des Aales von B. Grassi*; Fischerb. 13 1921 p. 583-593.
462. — *Neues aus der Aalforschung der letzten Jahre*; Fischerb. 16 1924 p. 13-16, 149-151 en 263-266. Fischerb. 17 1925 p. 121-125.
463. Wundsch, H. H. *Neue Beiträge zu der Frage nach dem Alter und Wachstum des Aales*; Ztschr. f. Fischer. 18 1916 p. 55-88.
464. Zacharias, O. *Neue Forschungsergebnisse in betreff des Aales*; Fischer. Zt. 11 1908 p. 683-687.
465. *Zeevangsids voor de Nederlandsche Kust*; uitg. Min. Defensie, Den Haag 1936.
466. Feddersen, A. *Die Aalfrage*; Mitt. deutschen Seefischerei Ver. 11 1895 p. 247-253, 266-276, 279-288.
467. Gemzøe, K. J. *Age and rate of growth of the eel*; Rep. Danish Biol. Stat. 14 1906 p. 10-39.
468. Korringa, P. *Visserij en vischfauna in de Noordzeekanaal boezem*; De Lev. Nat. 41 1937 p. 51-55, 84-90, 115-123, 154-156.
469. Petersen, C. G. Joh. *The influence of light on the migrations of the eel*; Rep. Danish Biol. Stat. 14 1906 p. 3-9.
470. Williamson. *On the reproduction of the eel*; 13th Ann. Rep. Fishery Board Scotl. 1894 p. 192-219.

(\*) De artikelen, die gemerkt zijn met een sterretje, heb ik niet gelezen, omdat ik de taal, waarin zij gesteld zijn, niet of slecht ken. De literatuur van voor 1850 is niet opgenomen.

## STELLINGEN

### I

De trek van den glasaal wordt door de factoren van zijn milieu: stroom, temperatuur, zoutgehalte en lichtintensiteit bepaald.

### II

Voor het binnentrekken van glasaal door de sluizen van den Afsluitdijk is het spuien van zoet water noodzakelijk.

### III

Er moet in ons land bij het beheer van de uitwateringssluizen meer rekening met de belangen van de palingvisserij gehouden worden dan tot nu toe gedaan is.

### IV

Verder onderzoek naar de biologie van den paling is noodzakelijk om een rendabele zoetwater-visserij in stand te houden.

### V

Proeven over de mortaliteit van waterdieren onder invloed van de uitwendige omstandigheden, zooals Broekhuysen, Caudri en Broekema verrichtten, kunnen geen inzicht geven in de beteekenis van deze omstandigheden voor de verspreiding of trek van de onderzochte dieren; proeven over het gedrag van bewegende waterdieren onder invloed van de genoemde omstandigheden kunnen dit inzicht wel geven.

G. J. Broekhuysen, *Arch. Néerl. Zool.* 2 1936 p. 257

L. W. D. Caudri, *Arch. Néerl. Zool.* 3 1937 p. 179

M. M. M. Broekema, *Arch. Néerl. Zool.* 6 1941 p. 1

### VI

De invoering van het begrip „associatie” is niet bevorderlijk voor het oplossen van de problemen, die de phytosociologie zich stelt.

### VII

De binaire nomenclatuur heeft haar tijd overleefd en dient door een decimale vervingen te worden.

## VIII

De stelling van Baas Becking, dat de zure reactie van het veenwater door zoutzuur veroorzaakt wordt, is niet houdbaar.

L. G. M. Baas Becking, *Geobiologie*; Den Haag 1934 p. 147

## IX

Gessner heeft door zijn proeven niet aangetoond, dat humusstoffen, die colloïdaal in het water zijn opgelost, in staat zijn de fosfaten in het water te binden en zodoende aan de voeding van de plant te onttrekken.

Fr. Gessner, *Arch. f. Hydrobiol.* 27 1934 p. 131

Fr. Gessner, *Verh. Int. Ver. theor. angew. Limnol.* 7 1935 p. 525

## X

De beste bestrijding van het plankton in stuwmeren, bezinkingsbassins, zwembaden e.d. is de onttrekking van de fosfaten aan het water.

## XI

Het ijzergehalte van het toegevoerde water is de voornaamste oorzaak van de plankton-armoede van de Loosdrechtsche Plassen.

## XII

Onoverdekte langzame zandfilters, zooals deze bij vele waterleidingen in gebruik zijn, moeten, voornamelijk wegens de wieren die daarop groeien, als zeer onvolkomen worden beschouwd.

## XIII

Lysimeter-waarnemingen kunnen geen juist inzicht geven in den invloed, die de bebosching van een duinterrein op den nuttigen neerslag zal hebben.

## XIV

Het zandtransport, dat in de getijstroomen plaats vindt in een richting loodrecht op die van den stroom, kan het ontstaan van de strandwal, waarop onze duinen liggen, verklaren.







