

Afb. 1. Trekkervis — *Balistes capriscus* L. (syn. *Balistes carolinensis* (Gmelin), gevangen door opvarenden van de VD 19 voor de kust bij Zandvoort en opgenomen in de kollektie van het Zoölogisch Museum te Amsterdam. Dit is de enige in Europese wateren, zij het zeldzaam voorkomende trekkervis-soort. De trekkervis bezit verschillende geluidvoortbrengende mechanismen; zie hiervoor afbeelding 3 alsmede de tekst.

GELUID EN VISSSEN

Drs. S. J. de Groot
Rijksinstituut voor Visserijonderzoek

Dit artikel is — op enkele ondergeschikte punten iets bekort — ontleend aan *Visserij*, 22e jaargang, no. 10, december 1969. De cliché's zijn welwillend beschikbaar gesteld door de Directie van de Visserijen van het Ministerie van Landbouw en Visserij.

Reeds Aristoteles beschreef in zijn *Historia Animalium*, de *Geschiedenis der Dieren*, dat vissen wel niet konden spreken, maar wel geluiden voortbrengen met hun kieuwen of met hun zwemblaas. Hij noemt verschillende vissoorten, waarvan wij er enkele ook af en toe in de Noordzee aantreffen, knorhaan (de naam zegt het al!), zonnevis en ombervis.

De grote groep der vissen kunnen wij verdelen in twee hoofdafdelingen, de

kraakbeenvissen en de beenvissen. De hierboven genoemde vissen behoren alle tot de beenvissen, maar ook kraakbeenvissen, haaien en roggen, kunnen geluiden voortbrengen.

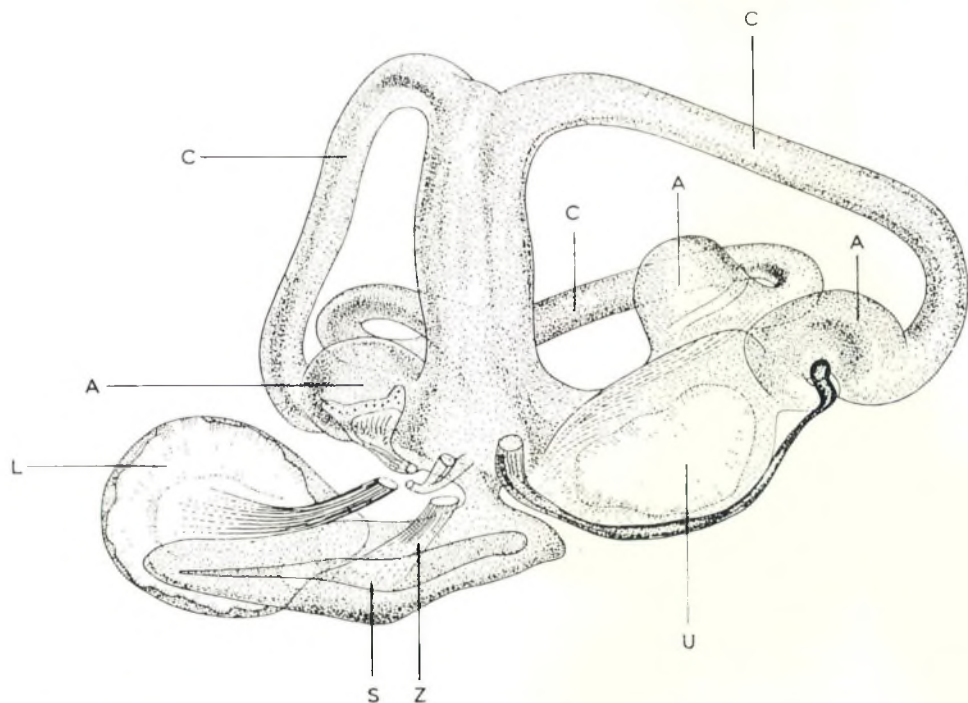
Met de achteruitgang van de kennis in Europa in de loop van de eeuwen die volgden op Aristoteles, verdween ook de kennis dat vissen geluid konden voortbrengen. Een dieptepunt in natuurwetenschappelijk denken waren wel de Middeleeuwen. In het eind van de 19e eeuw was het vooral Darwin die deze eigenschap van vissen weer onder de aandacht bracht van een groot lezerspubliek. Het waren Japanse onderzoekers die in de jaren veertig van onze eeuw begonnen met het vastleggen van deze geluiden op grammofoonplaten en ze beschreven en analyseerden. Uchida beschreef 44 vissoorten — behorende tot 26 families — die geluiden konden voortbrengen. Vooral door de tweede wereldoorlog steeg de kennis snel. Dit vooral daar men alle geluiden in zee wilde kennen om zo een onderzeeboot van een visschool te kunnen onderscheiden. Tegenwoordig wordt het geluid van vissen en andere zeedieren, zoals kleine kreeftjes en garnalen, uitvoerig bestudeerd in alle delen van de wereld.

Het voortbrengen van geluid hangt nauw samen met het horen van geluid. Dit lijkt een logische conclusie, maar tot het eind van de vorige eeuw werd algemeen aangenomen dat vissen stom en doof waren. Dat zogenaamd primitieve volkeren visserijtechnieken hadden ontwikkeld, waarbij gebruik werd gemaakt van geluid, ging de toenmalige onderzoekers geheel voorbij. Nu weten wij beter, dankzij vele onderzoekers van deze eeuw. Zij konden het horen van vissen aantonen door middel van dressuurmethoden. Bij het weerklinken van een bepaalde toon wordt een vis bijvoorbeeld beloond met voedsel of bestraft met een elektrisch schokje. Bij het nemen van zulke proeven zien we spoedig, dat vissen weten dat ze voedsel krijgen (ze maken een hap beweging) of dat ze een bestraffing krijgen (paniekachtig wegvlugten). De meest elegante manier van proefnemen is echter wel de beloningsdressuur. Door deze methode nu maar steeds te herhalen bij een vissoort komen wij er achter binnen welk toonbereik een vis kan horen.

Het horen van een vis kunnen wij definiëren als het vermogen om geluiden via het natuurlijke milieu (lucht of water) waar te nemen met speciaal daarvoor bestemde receptoren (prikkels opnemende organen), de gehoororganen. Deze speciale receptoren zijn in de definitie opgenomen omdat wij willen uitsluiten dat vis die zich op de bodem bevindt indirect geluid waarneemt doordat de bodem in trilling wordt gebracht. Deze wijze van waarnemen noemen wij vibratiezin of trillingszin. Voor de vibratiezin zijn de vissen ook uitgerust met speciale ontvangers met name in de zijlijnen. Deze zijlijnen zijn bij de meeste vissen zeer goed zichtbaar als lange lijnen die over het midden van de vis van kop naar staart lopen. In deze zijlijnen lopen kanalen, die af en toe naar buiten uitmonden. Met een vergrootglas is dat duidelijk te zien. Voor de meeste bodemvissen is deze vibratiezin van veel belang, maar ook voor de vis die in dichte scholen zwemt zoals haring. Paling bijvoorbeeld is zeer gevoelig voor bodem-trillingen en er zijn vermoedens dat zelfs trillingen in de aardkorst veroorzaakt door het beuken van golven op rotsachtige kusten door de paling worden waargenomen en deze de paling aanzetten te gaan trekken. Voorts is bekend, al vele eeuwen, dat de paling-vangsten groter zijn bij onweer.

Wij kunnen de grootste afdeling van de vissen, de beenvissen, in twee groepen verdelen, al naar gelang de gevoeligheid voor geluid: „specialisten” en „normalen”. Tot de gevoelige specialisten behoren de meeste zoetwatervissen. Deze groep vissen hoort tot 1000 Hertz beter dan de mens, maar daarboven veel minder goed. (De toonfrequentie of trillingsfrequentie wordt uitgedrukt in natuurkundige eenheid van trilling: de Hertz). Er zijn zelfs enkele soorten die tonen van vele duizenden Hertz kunnen waarnemen. De groep van de normale vissen, bijna alle zeevissen behoren hiertoe, hoort maximaal tot 1000 Hertz, doorgaans echter niet boven de 400 Hertz.

Door operatief ingrijpen, het uitschakelen van bepaalde delen van het gehoor-evenwichtsorgaan, heeft men kunnen vaststellen welke delen dienen voor de geluidswaarneming en welke een evenwichtsfunctie bezitten (afb. 2). Utrechtse biologen zagen zelfs kans om een otoliet, gehoorsteentje, te vervangen door een magneetje bij een levende vis. Hierdoor konden zij deze nieuwe gehoorsteen laten trillen in allerlei richtingen om zodoende meer over de geluidsoverbrenging van de buitenwereld naar de hersenen van de vis te weten te komen. Over het algemeen kunnen wij zeggen dat bij de beenvissen de booggangen en utriculus dienen als zwaartzintuig; zij bepalen de stand van het dier in de ruimte d.m.v. de zwaartekracht en dat sacculus en lagena gehoorzintuigen zijn. (zie afb. 2). Er zijn



Afb. 2. Het gehoor-evenwichtsorgaan van een beenvis. A — ampullen, C — booggangen. L — lagena, S — sacculus, U — utriculus, Z — gehoorzenuw. (Naar Wohlfahrt)

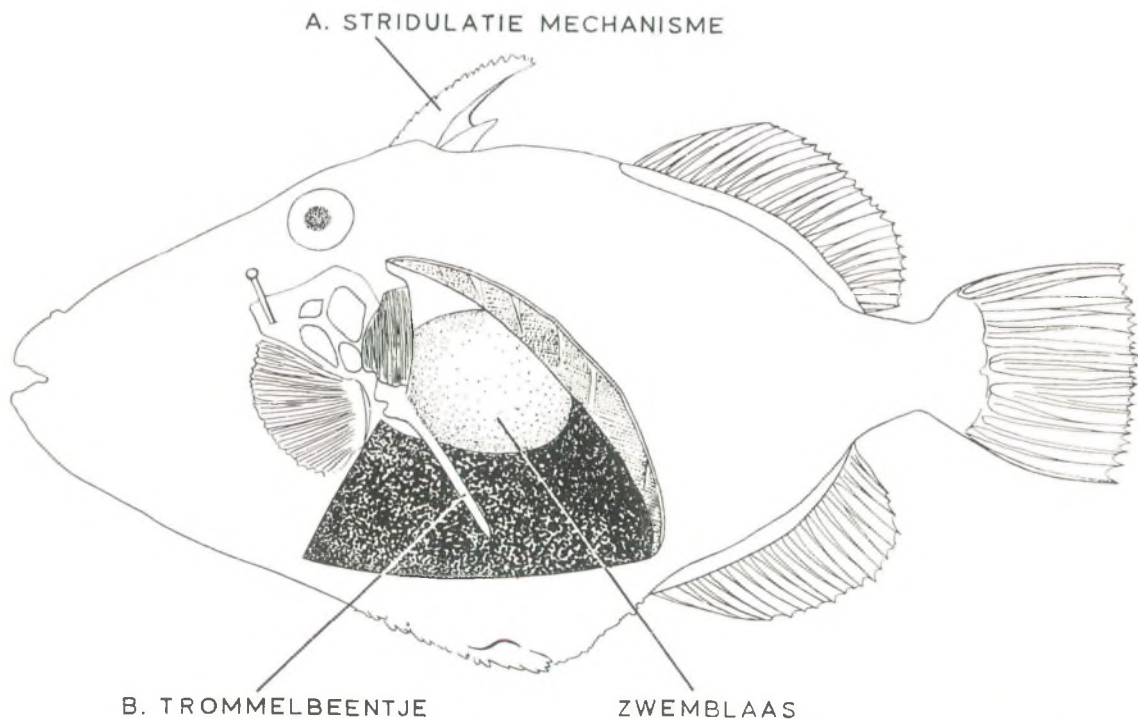
natuurlijk altijd uitzonderingen op deze regels. Zo vond de Duitse bioloog Schöne dat bij platvissen de succulus als zwaartezintuig dienst doet. In deze sacculus, maar ook in lagena en utriculus, komen kalkharen voor die samen zijn gekit tot een steentje, de otoliet.

Men kan zich afvragen of het gehoor een biologische betekenis heeft. Van een groot aantal zeevissen is het bekend dat zij voor de eigen soort typische geluiden voortbrengen en vaak met een behoorlijke geluidsterkte (tot 100 decibel). De frequenties zijn meestal beneden de 400—500 Hertz, maar nooit onder de 20 Hertz.

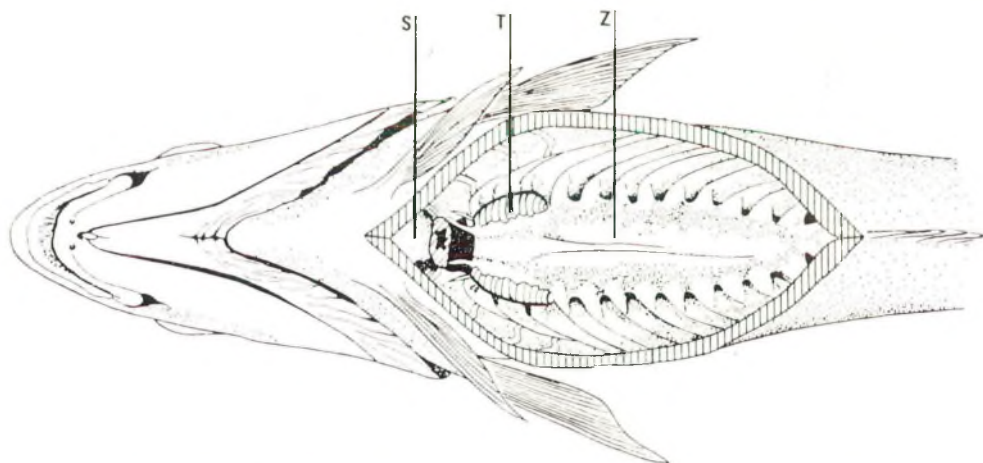
GELUIDVOORTBRENGENDE MECHANISMEN

Men kan drie typen van geluidvoortbrengende mechanismen onderscheiden:

1. Stridulatie mechanismen; hier worden geluiden geproduceerd door over elkaar wrijven van beenderen, vinstralen, tanden. Voorbeelden hiervan vinden we bij vele haringachtigen, zeewolf, zeepaardje en trekkervis. Deze laatste vis is zeer zeldzaam in de Noordzee maar is bijvoorbeeld in de herfst van 1968 nog gevangen voor de kust bij Zandvoort door de VD 19 en is thans opgeborgen in de verzameling van vissen van het Zoölogisch Museum te Amsterdam. (afb. 1).



Afb. 3. Trekkervis. Deze bezit twee typen van geluidvoortbrengende mechanismen. A — stridulatiemechanisme, B — zwemblaasmechanisme. (Naar Möbius)



Afb. 4. De trommelspieren van de schelvis. S - slokdarm, T - trommelspier. Z - zwemblaas. (Naar Hawkins en Chapman)

2. Zwemblaas mechanismen. In de grote groep van de zeebaarzen komen verschillende vertegenwoordigers voor die met hun borstvinnen tegen het lichaam slaan (zwemblaas-resonantie) of met hun kieuwdeksels klapperen. Er is ook een soort die met een bepaalde rib tegen de zwemblaas kan trommelen. Ook de hierboven genoemde trekkervis bezit dit soort geluid (afb. 3) voortbrengende mechanismen. Hij klappert met een been van de schoudergordel tegen de zwemblaas.

3. Hydrodynamische verschijnselen. Een voorbeeld hiervan is een ansjovis-soort; hierbij ontdekte men dat deze in scholen levende soort geluiden produceert als de school plotseling een bocht maakt of harder gaat zwemmen. Deze geluiden dienen om soortgenoten in de school te waarschuwen voor bepaalde koers- of snelheidsverandering. De geluiden ontstaan door stuwdrukverschijnselen. Deze vissoort wordt nu onderzocht door de oorlogsmarines van vele landen, daar deze geluiden ook optreden bij torpedo's en men het liefst heeft dat deze de vijand zo stil mogelijk bereiken.

Vaak zijn de bovengenoemde geluidproducerende structuren uitsluitend of beter ontwikkeld bij het mannetje. Soms worden deze geluiden alleen in de paaitijd geproduceerd. De Schotse visserij-biologen Hawkins en Chapman ontdekten bijvoorbeeld bij toeval dat de schelvis in de paaitijd knorrende en raspende geluiden produceert (afb. 4). De schelvis doet dit met de spieren (trommelspieren) die langs de zwemblaas lopen. Zij vonden voorts dat deze geluiden nauw samenhangen met agressie en zelfverdediging (wanneer zij voort werden gejaagd door een net of als er gevochten werd om voedsel en bij de nadering van kabeljauwen).

Uit het voorgaande lijkt het misschien wel dat we een heel eind in de zuivere wetenschap zijn terecht gekomen. Dit is slechts schijn, want het onderzoek naar

de gehoorvermogens van vissen is een deel van het onderzoekprogramma van verschillende grote visserijlaboratoria. Daar werken teams van onderzoekers zowel aan fundamentele als aan praktische problemen over geluid en vissen. Immers de bruikbaarheid van een trawl hangt in grote mate af van het gedrag van de vis ten opzichte van het net. Gedrag is ten dele instinctief maar binnengekomen indrukken van de buitenwereld bepalen ook de houding van een dier. Schip en net zijn een geweldige producent van geluid en zullen voor een groot deel de reacties van de vis bepalen. Er zijn nu drie richtingen van onderzoek te onderscheiden; alle ten behoeve van de verbetering van de vangst en de vistuigen.

A. Zeer exacte bepalingen van de gehoorvermogens van vis. (zoals het Noorse onderzoek bij haring en het Duitse onderzoek bij grauwe poon en zeewolf en het Schotse onderzoek bij kabeljauwachtigen).

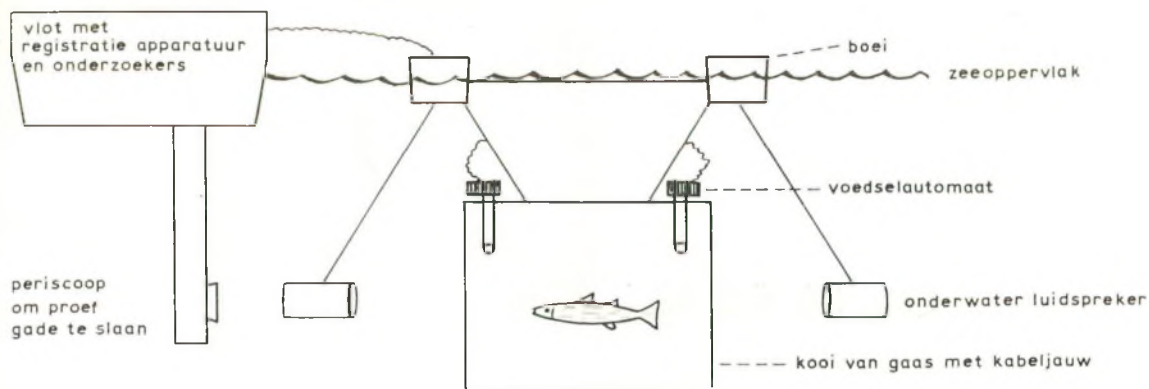
B. Kan een vis richting horen? Met andere woorden kan de vis het naderende net localiseren met het gehoor reeds voordat de vis het net ziet? Dit soort onderzoek wordt in Noorwegen en Schotland gedaan.

C. Onderzoek naar het lawaai dat schepen en vistuigen maken met het oogmerk de afschrikkende werking hiervan te verminderen en zodoende de vangst te verhogen. Dit onderzoek wordt in Duitsland gedaan.

ad A. Wij zullen eerst een voorbeeld geven van het onderzoek type A, het zeer exacte onderzoek van de gehoorvermogens van de haring zoals dit werd uitgevoerd door de Noorse bioloog Enger:

Een haring werd verdoofd en opgehangen in een houdertje in een klein aquarium gevuld met zeewater. De verdoofde haring kan nog steeds horen en de hersenen registreren de binnengekomen geluiden, maar het dier reageert er niet meer op. Om te zorgen dat het proefdier niet voortijdig zou doodgaan werd er zeewater (1½ liter per minuut) door de kieuwen gepompt. In de lengterichting, naast de vis, werd nu op 15 cm afstand een onderwater-luidspreker geplaatst. Hiermee konden tonen worden aangeboden van verschillende frequenties. Vervolgens werden er dunne metalen draadjes, elektroden, in een deel van de hersenen geplaatst waarmee het mogelijk was de kleine zenuwstroompjes, zenuw-impulsen, af te leiden en versterkt weer te geven op een papierschrijver. Door de spontane zenuw-impulsen te vergelijken met de zenuw-impulsen die opgevangen werden als een bepaalde toon klonk kon men nagaan of deze toon door het dier werd gehoord. Enger kon zo nagaan dat haring tonen hoort van 30-4000 Hertz bij een redelijke geluidsintensiteit. Als de intensiteit, de geluidsterkte, werd verhoogd, kon hij het horen van tonen tot 8000 Hertz vaststellen. Het gebied waarin de haring echter het beste hoort ligt tussen de 100-1200 Hertz.

ad B. Vervolgens een voorbeeld van het onderzoek van type B, het onderzoek of een vis richting kan horen. Wij kiezen hier het onderzoek van de Noorse bioloog K. Olsen. Hij begon zijn onderzoek met kabeljauw in het laboratorium te dreseren voedsel te zoeken bij het weerklinken van een toon. Dit voedsel kwam uit een voedselautomaat, een vernuftig mechaniek dat kleine porties voedsel uitstoot. Tevens werd geregistreerd of de vis met zijn kop bij het uitlaatpijpje was



Afb. 5. Schema van de proefopstelling om het richting horen van de kabeljauw te onderzoeken. Verklaring in de tekst.

geweest door middel van een lichtstraaltje dat onderbroken werd als het dier de automaat naderde. Kabeljauwen leren deze kunst vrij spoedig. Was de kabeljauw hierin zeer bedreven dan werd deze overgebracht naar een glazen kooi, die in een diepe fjord hing. Deze diepe fjord was noodzakelijk om er zeker van te zijn dat de vis alleen geluid hoorde direct afkomstig van de luidspreker en niet weerkaatst en verminkt via de bodem. Aan weerszijden van de kooi, die was voorzien van twee voedselautomaten, hingen twee onderwaterluidsprekers (afb. 5). Deze luidsprekers waren volkomen identiek en konden dezelfde toon precies hetzelfde weergeven. Door nu willekeurig de ene dan wel de andere luidspreker te bedienen en uit de daarbij behorende voedselautomaat voedsel te laten komen, kon men vaststellen dat de kabeljauw feilloos de voedsel verstrekende automaat wist te vinden. Olsen kon zo vaststellen dat kabeljauw de richting van het geluid kon localiseren en dat de kabeljauw dit het best deed in een toonbereik van 20—400 Hertz met een top bij de 160 Hertz.

ad C. Als laatste zullen we een voorbeeld geven van onderzoek type C. Het onderzoek naar het lawaai van schepen en vistuigen. De Duitse bioloog Freytag ging het geluid na van verschillende typen kotters. Hij registreerde de geluiden op verschillende plaatsen in het schip bij verschillende handelingen, b.v. volle kracht vooruit, vissend. Vervolgens registreerde hij de geluiden van deze schepen op 50 meter afstand van het schip. Hij vond toen dat 95% van de door het schip geproduceerde geluiden onder de 400 Hertz lagen. Combineren wij dit nu met het resultaat van Olsen, gevonden bij de kabeljauw, dan zien wij dat de veronderstelling dat de kabeljauw reeds op het geluid afgaande een schip kan ontwijken zeer reëel is.

Veel is reeds onderzocht, maar ook zal nog veel moeten worden onderzocht. Het is de vraag of het zal lukken om met een varende schip visgeluiden te beluisteren.