

DE STOFWISSELING IN ZEE

Lezing gehouden voor Jeugd en Wetenschap (Brugge, St.-Truiden en Tongeren).

door J. LEFEVERE.



Als men het woordenboek opslaat om de betekenis van het woord stofwisseling te vinden leest men : uitwisseling van stoffen, die met alle organisch leven onverbrekkelijk verbonden is, te weten : het opnemen er van uit de buitenwereld, het verwerken er van in het organisme, en de uitscheiding van de overtollige bestanddelen.

De stofwisseling in ruimere zin omvat ook de ademhaling ; tenslotte is het opname van zuurstof en afgave van het overtollige koolzuurgas. In engere zin gaat de stofwisseling alleen om de omzetting van voedingsstoffen tot levende materie.

Hierover kan iedereen zich een bepaald idee vormen, vermits de mens van een wicht van ongeveer 3 kg als volwassene een lichaamsgewicht van ongeveer 60 à 70 kg behaalt. De massa zuivelproducten, vlees, deegwaren, groenten, fruit en vloeistoffen die hiervoor nodig zijn kan iedereen voor zichzelf berekenen. Je zult er van staan kijken, het beloopt ettelijke ton en hectoliter ! Voor een 12 jarige werd op zijn minst 4 ton voedsel opgenomen en 8 ton vocht. Gaat men éénmaal met dit regime als volwassen door, dan groeit men niet meer in de lengte maar wel in de breedte... met al de gevolgen van dien.

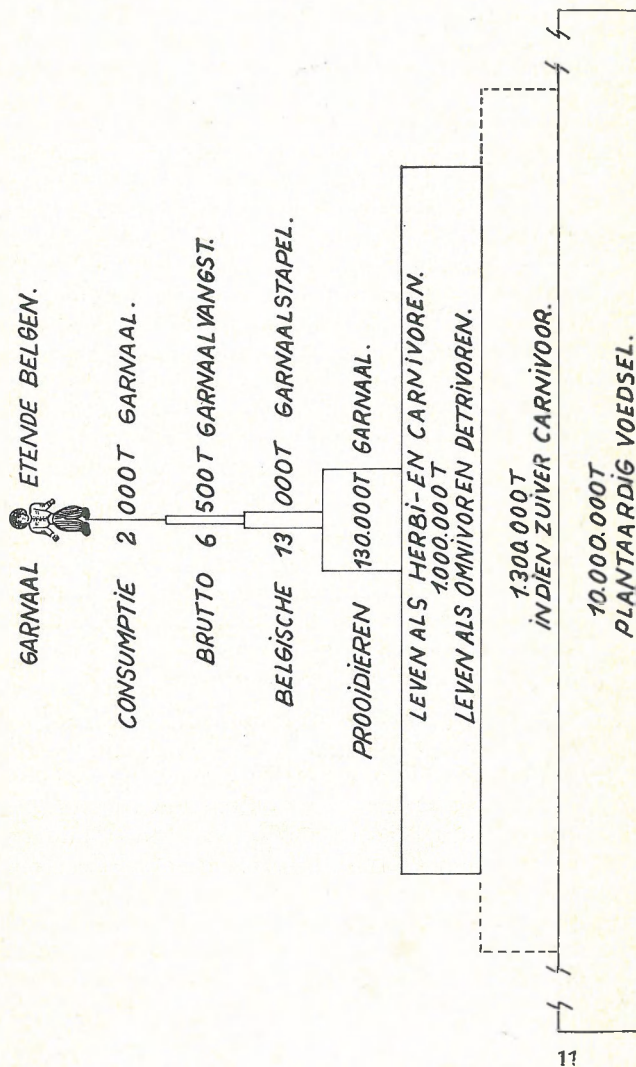
De stofwisseling in zee levert een ontzaglijke hoeveelheid levende materie op, zij wordt ook wel biomassa genoemd. We zouden de stofwisseling in zee heel scheikundig kunnen behandelen doch ik houd het bij het biologisch standpunt. Om de opbouw van de biomassa in zee te begrijpen zullen we samen in brede trekken de verscheidene levensvormen in zee omschrijven en trachten een idee te geven van de hoeveelheid die er per jaar geproduceerd wordt.

Ik vertel jullie geen nieuwtje ! Als aan land kunnen wij plantaardig en dierlijk leven onderscheiden. Ook hier vormt de plantaardige biomassa de basis van de voedselketting of voedselpyramide, omdat ook in zee alleen de plant de zonneënergie in een vorm kan omzetten, dat door het dier verbruikbaar is. Deze biomassa wordt dan ook als primaire productie betiteld.

De zeedieren leven ook wel op plantaardig voedsel (herbivoor), ofwel op dierlijk voedsel (carnivoor), ofwel op beide (omnivoor). Weer anderen zijn afvaleters (detritivoren). Uit de praktijk weet men dat een herbivoor beter van zijn voedsel profiteert dan de carnivoor. Acht kg plantaardig voedsel volstaan meestal om 1 kg herbivoor te vormen, doch voor 1 kg carnivoor zijn er gemiddeld 10 kg dierlijk voedsel nodig. De carnivoor is immers een jagend dier en verbruikt hierom meer energie dan de kalme grazer.

Voor een afvaleter — eigenlijk zijn het slechts de levende microfauna, de bacteriën en organische stoffen uit het zand die verteerd worden — is de verhouding nog lager, terwijl voor een alleseter deze tussen beide genoemde waarden inligt. Laten

VOEDINGSPYRAMIDE BELG-GARNAAL.

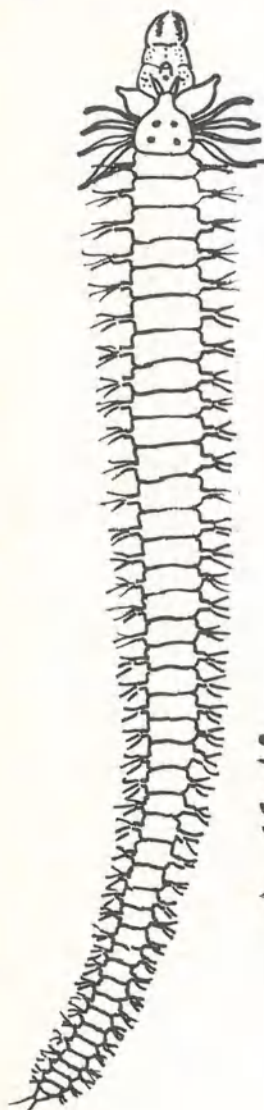


we een voedingspyramide uit de Noordzee bekijken bijv. deze van de garnaalstapel (fig. 1). We weten dat de Belgische garnaalvisser gemiddeld ongeveer 2.000 ton consumptiegarnaal per jaar aan wal brengen. (De jaarschommelingen variëren tussen 1.500 — 2.600 ton). De gehele jaarlijkse brutovangst bedraagt echter ongeveer 6.500 ton, dit kon bewezen worden door het voormalige Zeewetenschappelijk Instituut te Oostende, door kleinmazige kuilen over het normale garnaalnet te spannen. De waarnemingen werden zo over het jaar verspreid dat met behulp van de Statistieken van de Zeevisserijdienst een tamelijk goede benadering van de bruto-~~om~~vangsten kon berekend worden. Om 6.500 ton garnaal, die bijna uitsluitend carnivoor is, te telen was er nagenoeg 65.000 ton voedsel nodig.

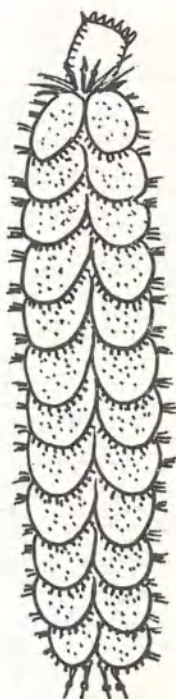
We weten ook dat — niettegenstaande de bedrijvigheid van 100 garnalkotters — lang niet alle garnaal afgevangen wordt, anders ware hij al lang uitgeroeid. Het is redelijk aan te nemen dat het voortleven van de garnaalstapel slechts mogelijk is als het aantal overlevende garnaal minstens even groot is als het aantal afgevangen garnaal en het aantal aan natuurlijke sterfte verloren garnaal.

Dus, om de werkelijke garnaalstapel te voeden zal er op zijn minst ongeveer het dubbel aan voedsel moeten voorhanden zijn, dit is namelijk ongeveer 130.000 ton en dit is dan uitsluitend voor de Belgische garnaalstapel! Ook Nederland, Duitsland, Denemarken, Schotland, Engeland en zelfs de Fransen vissen op « onze » garnaalsoort in de Noordzee. In Denemarken gaat onze garnaal uitsluitend naar veevoer, zij kunnen nl. grotere diepzeegarnaal op de markt brengen die gemakkelijk gepeld wordt. In Duitsland wordt in totaal van 33 - 40.000 ton gar-

ZAGER



ZEERUPS

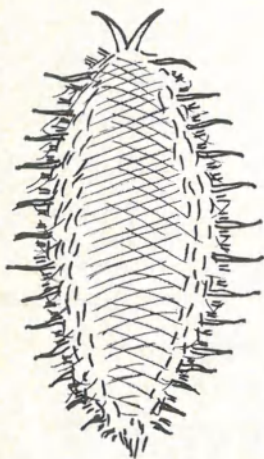


ZAGER
LARVE

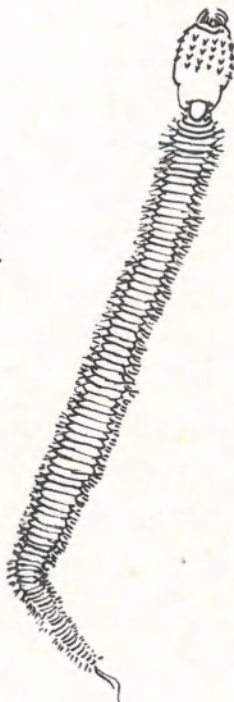
naal per jaar gevangen, hiervan zijn slechts 5 à 6.000 ton consumptiegarnaal, de rest wordt tot pluimveevoer verwerkt !

Het voedsel van de garnaal omvat meestal : kleine zagers (**Nereis**), zeerupsen (**Hyamatoeë**), jonze zee-
muizen (**Aphrodita**), zeeduizendbenen (**Nephthys**),

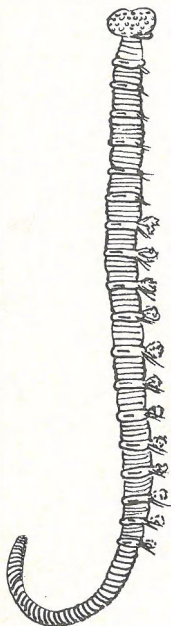
ZEEMUIS



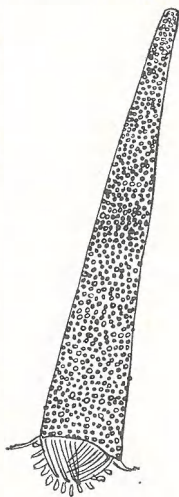
ZEEDUIZEND- BEEN



ZANDPIER



GOUDKAMMETJE



zandpieren (*Arenicola*), goudkammetjes (*Pectinaria*), spoelwormen (*Nematoda*), schelpkokerwormen (*Terebella*), jonge hartschelpjes (*Cardium*), dun-schaaltjes (*Abra*), slakken waaronder jonge *Hydrobia*, aasgarnaaltjes (*Mysidacea*), pissebedden (*Isopoda*), vlokreeftjes (*Gammarus*), slikkreeftjes (*Corophium*), vervellende soortgenoten en visjes !

Larvaire garnaal heeft een kortere spijskaart : bacteriën, protozoa, raderdieretjes (*Rotatoria*), roeipoot-

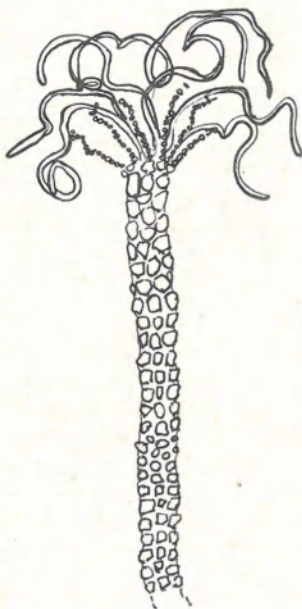
kreeftjes (**Copepoda**), pijlstaartwormen, larven van zeepokken, wormen en soortgenoten, al versmaden ze ook nu en dan geenszins algen, eitjes en zeer jonge visjes.

Moesten alle prooidieren van de garnaal carnivoren zijn dan zou er voor onze garnaalstapel alléén, levend op een oppervlakte van 67 km x 5 km,

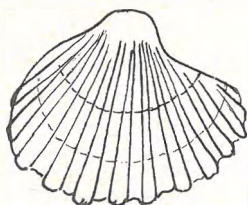
SPOELWORM



SCHELPKOKER- WORM



HARTSCHELP



DUNSCHAAL



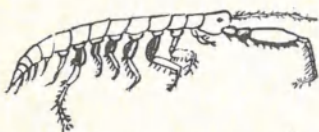
KUSTVLAKTESLAKJE

slechts 1.300.000 ton voedsel nodig zijn. We zouden ons kunnen bij dit cijfer houden, want herbivoren en alleseters drukken deze massa aan voedsel, terwijl afvaleters de verorberde biomassa wat omhoog brengen. Toch is dit cijfer wat te hoog. Als typische herbivoren, hier algeneters, kennen wij de zeerupsen, alikruikjes, vlokreeftjes en pissebedden, als uitgesproken carnivoren: zagers, zeeduizendbenen, garnalen, visjes; als omnivoren die in of op de bodem plantaardig en dierlijk afval — lees de

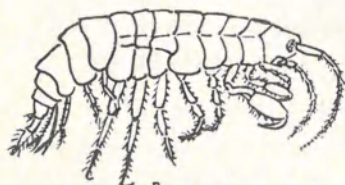
bacteriën en organische stoffen — verorberen kennen we de spoelwormen, zeemuizen, zandpieren, goudkammetjes, aasgarnaaltjes en langspriet.

Als filtervoeders of planctoneters, alweer alleseters, kennen we de protozoa, de raderdientjes, de roeipootkreeftjes, de zeepokken, de wormenlarven, de volwassen schelpkokerwormen, de dunschaaltjes en de hartschelpjes.

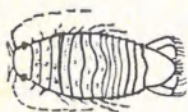
LANGSPRIET



VLOKREEFTJE



AGAATPISSEBED



ZEPOK-
LARVE



PROTOZOA

ROTATORIA



COPEPODA



PIJLSTAARTWORM



Absolute cijfers voor de verorberde massa aan verscheidene prooidieren zijn moeilijk te achterhalen. Het buitgemaakte percent van elk verschilt volgens de seizoenen en volgens de grootte van de garnaal en het prooidier.

Gezien de verhouding aan herbivoren + alleseters tot afvaleters groot is mag met een gerust geweten geraamd worden dat « onze » garnaalstapel op zijn minst 1.000.000 ton biomassa verwerken

moet om zich in stand te houden. Let wel, het voedsel van de jonge garnalen is hierin begrepen. Als voedsel van de prooidieren van de garnaallarven kennen we : bacteriën, algen, hun sporen, jonge raderdiertjes, mikroskopisch kleine stadia van kreeftachtigen, weekdier- en wormlarven, vlottende eitjes van allerhande diersoorten, vis inbegrepen. Dit zijn dus net als garnaallarven alle planctonvormen.

Over het plancton moet wat nader uitgewijd worden want zij vormen tenslotte de primaire biomassa. Volgens de grootte onderscheidt men onder het plancton ultraplancton (± 5 Micron) ; nanno- of dwergplancton (± 25 Micron) ; micro- of kleinplancton (± 60 Micron) ; meso- of middelgroot plancton (2-7 mm) ; en macro- of grofplancton (1-30 cm).

Tot het ultraplancton behoren bijna alle bacteriën. Pigment- en kernloze organismen die zich om de 20 min. kunnen vermenigvuldigen. We drukken **wel** op het woord « kunnen » : warmte, minerale zouten, organische stoffen (onder de vorm van afval of dood dierlijk en plantaardig materiaal) moeten in optimale verhouding voorhanden zijn. Twintig minuten is een ongelooflijk korte tijd. Laten we even een kleine berekening maken omtrent de bacteriële vermenigvuldiging in ideale omstandigheden. Beginnend met 1 bacterie hebben we na 3 vermenigvuldigingen of :

na 1 u. :	8 bacteriën (2, 4, 8) ;
na 2 u. :	64 bacteriën (16, 32, 64) ;
na 3 u. :	512 bacteriën (128, 256, 512) ;
na 4 u. :	4.096 bacteriën (1.024, 2.048, 4.096) ;
na 5 u. :	32.768 bacteriën (8.192, 16.384, 32.768) ;

na 6 u. : 262.144 bacteriën ;
na 10 u. : 1.073.741.824 bacteriën (> 1 miljard) ;
na 12 u. : 68.719.476.736 bacteriën (> 68 miljard).

Neemt een bacterie slechts een gemiddeld volume in van 1/8 miljoenste van een mm³, dan zijn er hele groepen die bij machte zijn alle levende materie en de voedingszouten tot op de elementen te verteren en daarenboven deze laatste kunnen heropbouwen. Zij dragen dus bij tot de mineralisatie van het milieu. Men weet dat mineralen zo noodzakelijk zijn voor de plantengroei. Deze zouten kunnen dus weer tot de opbouw van nieuwe plantaardige voedselmasa bijdragen zodat de stofwisseling in zee herbeginnen kan, of door deze massa opgedreven kan worden.

Tot het nannoplancton behoren een heleboel éencellige bolronde groenwieren (**Chlorophyceën**) waarvan men soortgenoten in zoetwater teelt in Israël en Japan om een zeer eiwitrijke bloem van te maken die in soepen en deegwaren verwerkt wordt (groen).

Tot het microplancton behoren de meeste kiezelwieren (Diatomeeën). Het zijn bruinkleurige algen, waarvan het kiezelpanzer steeds uit een doosje met dekseltje bestaat. Dit panzertje neemt allerlei vormen aan : rond, drie- of rechthoekig, boot-, ruit-, of S-vormig.

De panzergeselalgen (Peridineeën) behoren ook tot het microplancton. Groenalgen, kiezelwiertjes en sommige panzergeselalgen — let wel, sommige — bezitten alle bladgroen (chlorophylle) al wordt het bij beide laatste soms gemaskeerd door het oranjeachtige karoteen (provitamine A), vandaar de bruine kleur, ook deze kleurstof kan naast bladgroen en

met een ander deel van het stralenspectrum zonne-energie omzetten tot organische stoffen **voorzo-**er zich een voldoende hoeveelheid opgeloste stikstof en fosfor in het water bevindt. Al is de atmosfeer tot 95 % rijk aan N_2 , stikstof wordt niet zo gemakkelijk opgelost door het zeewater. Gelukkig ontstaat er nitraat onder invloed van bliksem en donder. Naar het schijnt zou er op deze wijze jaarlijks tot 175 kg nitraat per km^2 neergeslagen worden, toch blijft stikstof een begrenzend factor naast fosfor.

De minimale gehalten voor een beste primaire productie zijn 0,04 mg N/l en 0,005 mg P/l (of 0,55 mg atoom/ m^3).

De 3 hierboven behandelde planctongroepen vormen de primaire producenten in zee. Andere pansergeselalgen zijn pigmentloos en zijn dus niet bij machte zonneënergie tot organische stof op te bouwen.

Tot het meso- en macroplancton behoren naast de pigmentloze pansergeselalgen uitsluitend dieren die vast voor de primaire stofwisseling in zee geen eigenlijke opbouwende werking hebben, al vormen zij **bijna** alle een schakel van de voedselketting in zee voor steeds maar grotere en grotere dieren (kwallen bijv. worden niet gegeten (*) voor de stofwisseling in zee is er niet veel aan verloren vermits zij 96 % water bevatten).

Als we de zeer eenvoudige voedselketting : algen, roeipootkreeftjes nader bekijken zouden we met onze vuist-regel kunnen voor de dag komen, te weten:

(*) In de Chinese Keuken wordt er wel een kwal (*Rhopilema esculenta* Kishinouye tot saus verwerkt.

voor 1 kg copepoden zijn er ongeveer 8 kg algen nodig en daarmee basta. Het proces is echter heel wat ingewikkelder.

Algen leven en vermenigvuldigen pas goed in zonnelicht, terwijl roeipootkreeftjes het felle zonnelicht mijden, het zijn dus bij voorkeur nachtelijke « grazers ». We weten met Petipa en Makarova, die deze ketting in de Zwarte Zee hebben bestudeerd dat roeipootkreeftjes de voorkeur geven aan de ons bekende zeevonk (**Noctiluca**) - (Nachtelijke flitsen van de golflijnen tijdens het warm seizoen) boven andere pansergeselalgen en kiezelwiertjes. Hun cijfers illustreren zeer goed hoeveel invloed licht heeft op de grazende **Calanus finmarchicus** (een roeipootkreeftje dat ook in de Noordzee voorkomt en het voorkeurvoedsel is van de haring).

Een normale populatie zal volgens het volgende schema van de « groene wex », die het plancton vormt, de aangegeven hoeveelheden weggrazen.

UUr	Hoeveelheid weggegrazen in mg/m ² en uur			Totaal
04 - 06	±	35 mg/m ² h	× 2	70 mg
06 - 19	±	6 mg/m ² h	× 13	72 mg
19 - 20	±	190 mg/m ² h	× 1	190 mg
20 - 04	±	1.020 mg/m ² h	× 8	8.160 mg
Totaal per 24 u. :				8.492 mg/m ²

Dus meer dan 96 % wordt 's nachts verorberd !

Volgens Engelse auteurs kunnen er zich in optimale omstandigheden in het Noord-Atlantisch gebied, hiertoe behoort ook de Noordzee, per vierkante mijl ($1.854 \times 1.854 \text{ m}^2$) anderhalf miljard gram roeipootkreeftjes ontwikkelen. Als men bedenkt dat één ervan gemiddeld 0,1 mg weegt dan wemelen er 15 triljoen (12 nullen) roeipootkreeftjes in dit vierkant. Goed gevoede roeipootkreeftjes zijn rijk aan roodbruine **carotenoïeden** samen met de groene tint van de algenwei vormen zij als een « petroleumvlek » in zee (doch geen verderfbrengende stookolie, wel een springlevende biomassa. Van oudsher weten de haringsvissers dat het net ettelijke ton haring in minder dan een uur zal binnenhalen als het net uitgeschoten wordt in zulk een levende « olie-vlek » omdat roeipootkreeftjes nu eenmaal het voorkeurvoedsel zijn van de haring.

En daar zijn we weer bij de visserij beland ! De statistieken van de FAO (= Food and Agriculture Organization) wijzen uit dat de wereldzeeën 30.000.000 ton zeevis opleveren. Dit cijfer geeft slechts een idee van de verhandelbare soorten, sommige zijn giftig, andere al te gedrochtelijk, weer andere zijn te klein om een handelswaarde te hebben.

De Noordzee wordt onder de rijkste zeeën der aarde gerekend — we zouden beter zeggen wordt het ijverigst bevestigd. Niettegenstaande dit brengt de Noordzee slechts 24 kg vis per hectare en per jaar op.

Dat is vast uiterst gering als men bedenkt dat aan land 1 hectare per jaar 180 kg slachtvee opbrengen kan ; zeer goed bemest land brengt in België en Nederland bijv. 4 ton aan tarwe op per ha.

De uitleg ligt voor de hand, op het land wordt de zonneënergie op meer afdoende wijze verbruikt terwijl er ook aan kunstmatige bemesting gedaan wordt. De voedingsketen gras-rund is uiterst kort. De eerste schakel, plant, vormt de primaire productie, terwijl de laatste schakel, dier, de secundaire productie vormt.

De vis daarentegen is de eindschakel van een zeer lange voedingsketen. Het kan pas de vierde, de vijfde of de zesde schakel zijn, dan spreekt men respectievelijk van kwartaire, kwinaire en sextaire productie. De werkelijke primaire productiviteit van de Noordzee is evenwel zeer hoog, nl. 800 kg/hect/jaar plantaardig plancton. De vissers schuimen echter met veel geluk slechts de grote dieren uit zee af.

Zeezoogdieren bewijzen echter hoe productief een korte planctonketen in zee kan zijn. Zo bereikt de blauwe vinvis in 3 jaar tijd het schamele gewichtje van 100 ton !... of amper het gewicht van 25 olifanten of 150 ossen. De enige reden hiertoe aan te halen is dat deze walvis als omnivoor een hele partij algen tot zich neemt naast kreeftachtigen die zelf op deze algen teren. In de mond van de walvisjagers heten deze kreeftachtigen « krill ».

Om te resumeren, laten we even de stofwisseling in zee in positieve cijfers neerschrijven.

Op de totale zeeoppervlakte van $363 \cdot 10^6$ km² of $\frac{3}{4}$ van de aardboloppervlakte, valt er per jaar gemiddeld $3.6 \cdot 10^{20}$ Kcal. zonneënergie. Hierdoor wordt er elk jaar in zee volgens hetzelfde rythme als op de aarde een primaire productie geleverd van 550 kg/hect./j. Herinnert jullie, in de Noordzee was er een jaarlijkse primaire productie van 800 kg, doch in de warme tropische oceaangebieden is deze veel ge-

ringer, hoe paradoxaal dit ook moge klinken, en dit niettegenstaande een photische zone van 10 m in de Noordzee en 50 m in de tropen. In de tropen zijn de dag- en de nachtschommelingen zo gering dat er weinig opstijging is van bodemwater, zodat een overgrote massa aan voedingszouten ongebruikt op de bodem blijft liggen. Daarenboven is de dag ook langer op hogere breedten, dus kunnen onze planten langer assimileren !

Niettemin benadert de totale jaarproductie van de oceanen $15 \cdot 10^{10}$ ton koolstof, wat overeenkomt met 30 miljard ton organische stof als primaire productie.

Leveren de oceanen echter slechts voor 1 % van het wereldvoedsel, toch leveren ze aan de mensheid voor 10 % dierlijke eiwitten. Zij produceren door hun uitgestrektheid jaarlijks toch :

30.10⁹ ton eetbare vis

3.10⁹ ton ongewervelde dieren

10,5.10⁹ ton vinvissen.

Spijtig genoeg wordt **al deze vis niet rechtstreeks** door de mens verbruikt. Hele tonnages worden tot vismeel verwerkt dat ten goede komt aan varkens en pluimvee, zodat de mens zelf de lange voedingsketen van de vis met nog een schakel verlengd. Zo voert Chili honderden ton veevoeder uit naar de rijke landen van de wel tot ziek wordens toe doorvoede Europeanen en Amerikanen, terwijl ruim 60 % van de Chileense bevolking achterlijk blijft vanwege de ondervoeding aan dierlijk eiwit. Dit laatste heeft niet alleen een werking op de lichamelijke groei maar ook op de geestelijke ontwikkeling, waarop maar al te weinig acht geslagen wordt, wan-

neer men de niet-blanke rassen voor minder verstandig houdt. $1,8 \cdot 10^6$ ton van de ongewervelde dieren zijn weekdieren als mosselen, oesters, inktvissen (Japan alleen 600.000 ton/j.) de rest is meestal garnaal, kreeft en krab, doch een klein deel zee-egels en zeekomkommers worden er ook door de Oost-Aziaten en de volkeren van de Middellandse Zee gegeten.

Slechts $0,6 \cdot 10^6$ ton/j. is eetbaar vlees van de vinvissen, de beenderen gaan naar lijm en linoleum fabrieken. Een deel wordt rechtstreeks door de Eskimo's verorberd, een ander deel gaat naar de pelsdierenfokkerijen en nog een ander deel wordt tot mest verwerkt (vooral in de Aziatische landen), doch er was een tijd dat er ettelijke ton in Liebig-vlees-extracten verwerkt werden, nu schijnen de eiwitten er vervangen door deze afkomstig van geteelde gist, terwijl de vleessmaak op het toegevoegde natriumglutamaat berust.

Hiermee denk ik jullie in zeer korte trekken de stofwisseling in zee van het biologisch standpunt uit belicht te hebben.