

Føde fra havet

Mennesket har altid skaffet sig mad fra havet. I dag er havet den del af den vilde natur, som forsyner os med flest fødevarer. Som på land er det planter og deres fotosyntese, der er forudsætningen for disse fødevarer. Det er normalt ikke havets planter, vi spiser, men fisk og skaldyr.

Havets primærproduktion

Havets plantevækst består hovedsagelig af to slags alger, tang og planteplankton. Tang er store alger, som er fæstnet til havbunden på lavt vand, og planteplankton er mikroskopiske alger, som svæver i de frie vandmasser. Planteplankton spiller på grund af sine enorme forekomster

den største rolle i havets økosystem. De omdanner lige som landplanter solenergi til kemisk energi, som er tilgængelig for havets øvrige beboere. Planteplankton udgør det første trofiske niveau i havet.

Mængden af planteplankton bestemmes dels af lysmængden dels af de tilgængelige gødningssalte. Planteplankton har ligesom landplanter behov for flere forskellige gødningssalte i varierende mængde til opbygning af livsvigtige organiske molekyler som fx proteiner og arvemateriale. Mangler blot et af gødningssaltene, begrænses planktonalgerne vækst.

Som det fremgår af fig. 2.15 findes der mange forskellige slags planktonalger, som varierer i både form, farve og størrelse (2-500 μm). Fælles for dem er, at de

Figur 2.15

Primærproducenter fra havet. Bemærk de mange former.



næsten alle er lidt tungere end vand. De er derfor i fare for at synke så dybt, at lyset bliver for svagt til fotosyntese. Derfor er de ofte forsynet med udvækster, som fremmer deres evne til at svæve i vandet. Samme virkning har det, at planktonalger lagrer deres overskudsenergi i form af oliedråber (n-3 fedtsyrer) – der som bekendt er lettere end vand.

Alger har en stor overflade i forhold til deres størrelse, hvilket letter optagelsen af de nødvendige gødningssalte. En almindeligt forekommende planktonalgeslægt i danske farvande er *Chaetoceros*. *Chaetoceros* tilhører kiselalgerne. Disse er omgivet af to klare kiselskaller. Kiselalger formerer sig ved tvedeling. De to gamle skaldele danner hver en ny.

Kiselalger har deres højsæson i forårs-månederne samtidig med en anden algegruppe, dinoflagellaterne. Sidst på sommeren dominerer derimod blågrønalger. Dette skyldes, at blågrønalger, ligesom bælgeplanter, er i stand til at fikse luftens N_2 , og at der netop på denne årstid er mangel på N-holdige gødningssalte i vandet. Som det fremgår, virker dette begrænsende på alle andre planktonalgers vækst.

Alle andre livsformer i havet er direkte eller indirekte afhængige af planteplanktonets primærproduktion.

Havets sekundærproduktion

På det andet trofiske niveau i havets fødekæde findes bakterier og dyreplankton, som omfatter mikroskopiske vandlopper, larver af bunddyr, fiskeyngel m.m. De er heterotrofe organismer, som ernærer sig af planteplanktonet.

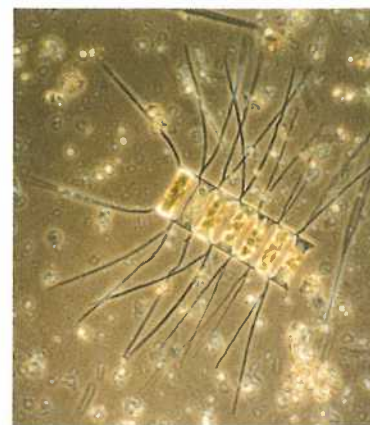
Nye undersøgelser viser, at planteplanktonets skæbne afhænger af gødningsforholdene. Er der rigeligt med gødningssalte til stede vil planktonet bestå af forholdsvis store planktonalger, over 1/100 mm, som enten bliver spist af

vandlopper o.l. eller falder til bunds og indgår i bundens fødekæde. Er der imidlertid kun få gødningssalte i vandet, skifter algeplanktonet sammensætning, så det fortrinsvis er små former, der optræder. Samtidig ændres fødekæden også, idet de små planktonalger under 1/100 mm først fortæres af bakterier og heterotrofe dinoflagellater, som senere spises af forskellige encellede dyr, der så spises af dyreplankton. De gennemløber en såkaldt mikrobiel sløjfe, før energien igen havner i samme fødekæde som de store planktonalger. Blot er en stor del af energien brugt af mikroorganismene, så der kun er ganske lidt tilbage til dyreplanktonet. I forbindelse med den mikrobielle sløjfe frigives gødningssalte i de øverste vandlag til gavn for planteplanktonet, som kan udnytte dem til fornyet primærproduktion, fig. 2.18.

Vandlopper og det øvrige dyreplankton kan herefter blive spist af mindre rovdyr som fx ungfisk af sild, brisling og tobis. Der er en tendens til at jo ældre og større fisk bliver, jo større bliver deres fødeemner, og dermed rykker de højere op i fødenettet.

I havets fødenet indgår fisk på alle niveauer. De indgår både i de frie vandmassers græsningsfødekæde og i bundens nedbryderfødekæde.

Organisk materiale i form af døde alger, vandloppeekskremitter m.m. synker til stadighed ned på bunden fra græsningsfødekæden. Her udgør de føde for bundens dyr som fx muslinger og børsteorme. Den del af føderegnen som ikke spises af bunddyrene, nedbrydes af bakterier og svampe i havbunden. Nedbrydningens karakter afhænger af iltforholdene på bunden og i de bundnære vandlag. Er der ilt til stede, foregår der en fuldstændig nedbrydning ved respiration, således at der frigives kuldioxid, vand, energi og de gødningssalte, som det organiske materiale bestod af. Denne



Figur 2.16
Chaetoceros sp. En typisk marin planktonalgeslægt.

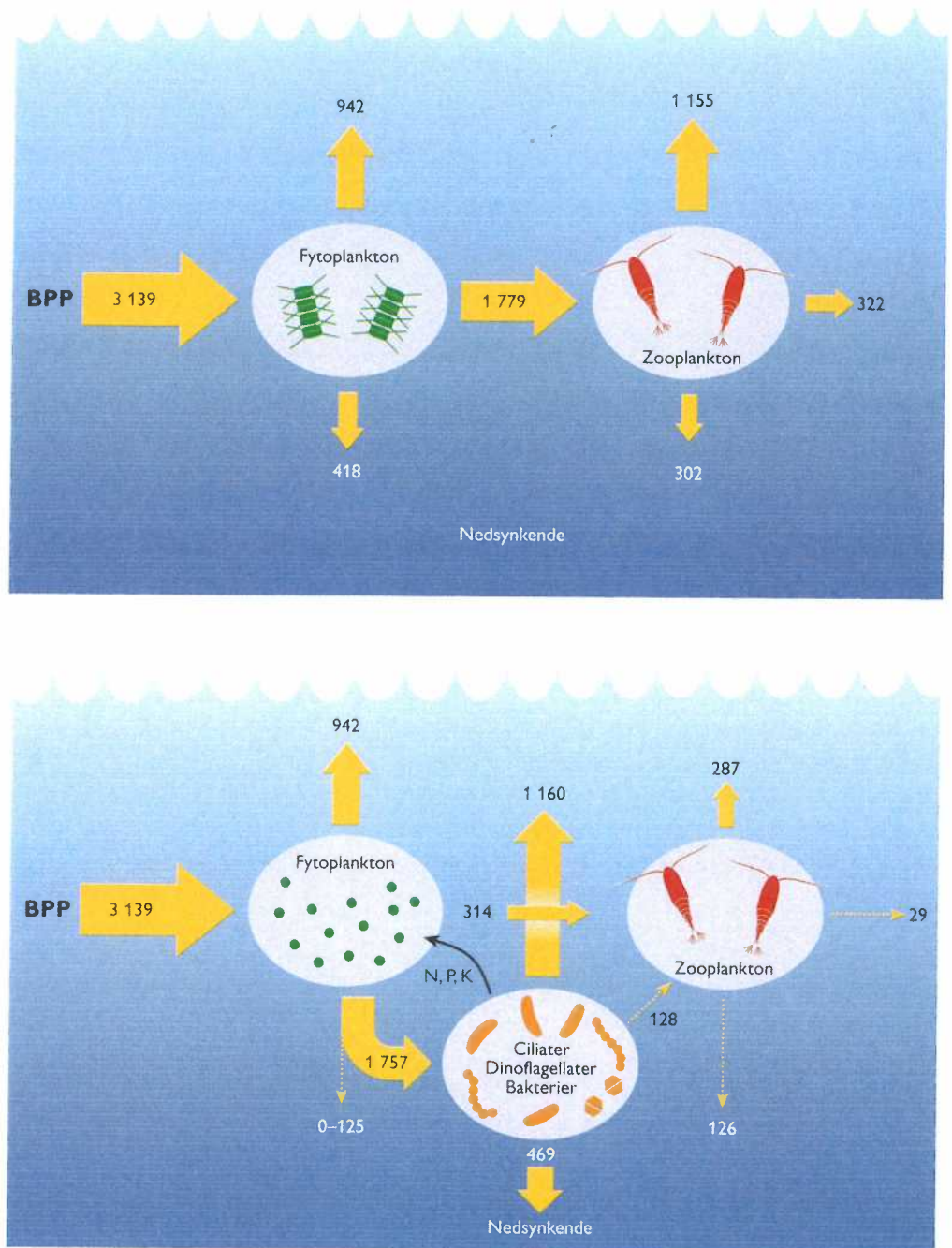


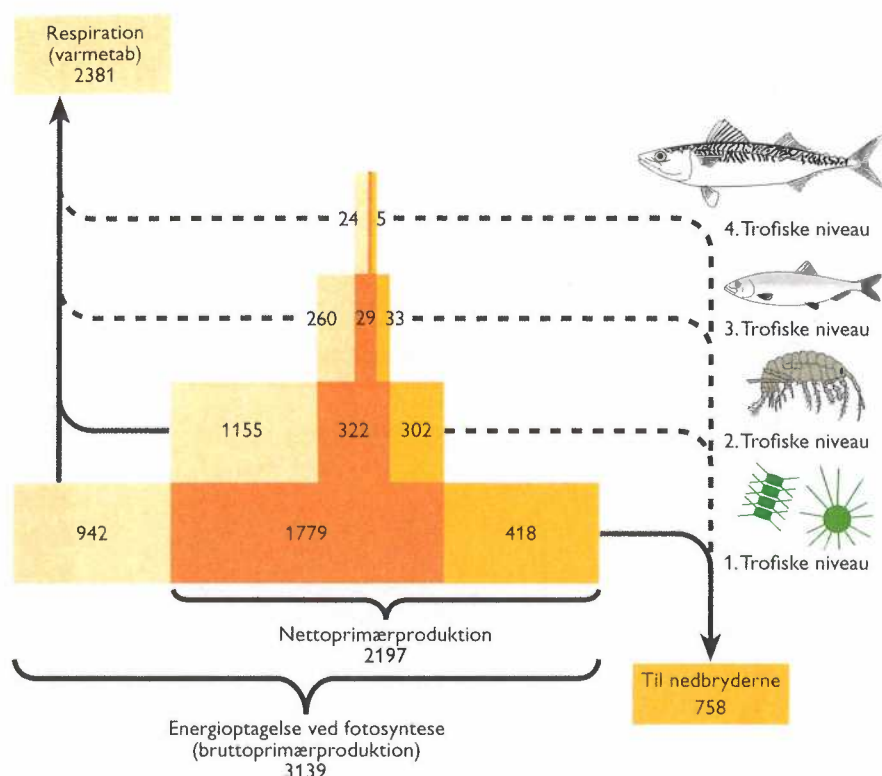
Figur 2.17
Primærkonsumenter fra havet. Dyreplankton består bl.a. af små krebsdyr, larver af bunddyr og fiskeyngel.

Figur 2.18

Når der er rigeligt med gødningssalte omsættes primærproduktionen hovedsageligt gennem dyreplanktonet (øverste figur). Når der bliver færre gødningssalte ændres primærproduktionen i retning af mindre planktonorganismer, som fortæres af bakterier, heterotrofe dinoflagellater og encellede dyr, den såkaldte mikrobielle sløjfe (nederste figur). Først herefter indgår dyreplanktonet igen i fødenettet.

Alle enheder er $\text{kJ/m}^2/\text{år}$.





Figur 2.19

Skematisk fremstilling af en gipyrampen i et havøkosystem. Den mikrobielle sløjfe udeladt. Af den optagne energi på hvert trofisk niveau mister en del med ekskrementer til nedbryderfødekæden samt en del ved respiration. Kun den energimængde, der er tilbage, kan gå videre til næste trofiske niveau i græsningsfødekæden. I havet overføres omkring 50% af energien fra primærproducenterne til primærkonsumenterne. I de efterfølgende niveauer overføres ca. 10% af energien. Alle enheder er kJ/m²/år.

proces er meget vigtig, idet genbrug af gødningssaltene er nødvendigt af hensyn til en fortsat dannelse af planteplankton og dermed for havets øvrige beboere.

Respiration:

organisk stof + ilt → kuldioxid + vand + energi + gødningssalte (især N og P)

Er der ikke ilt til stede, kan der dannes giftige gasser som svovlbrinte og metan.

Energistrømmene i havet

Der bliver mindre og mindre energi tilbage, efterhånden som man bevæger sig gennem fødekæden. Energien tabes på tre måder i hvert led i fødekæden:

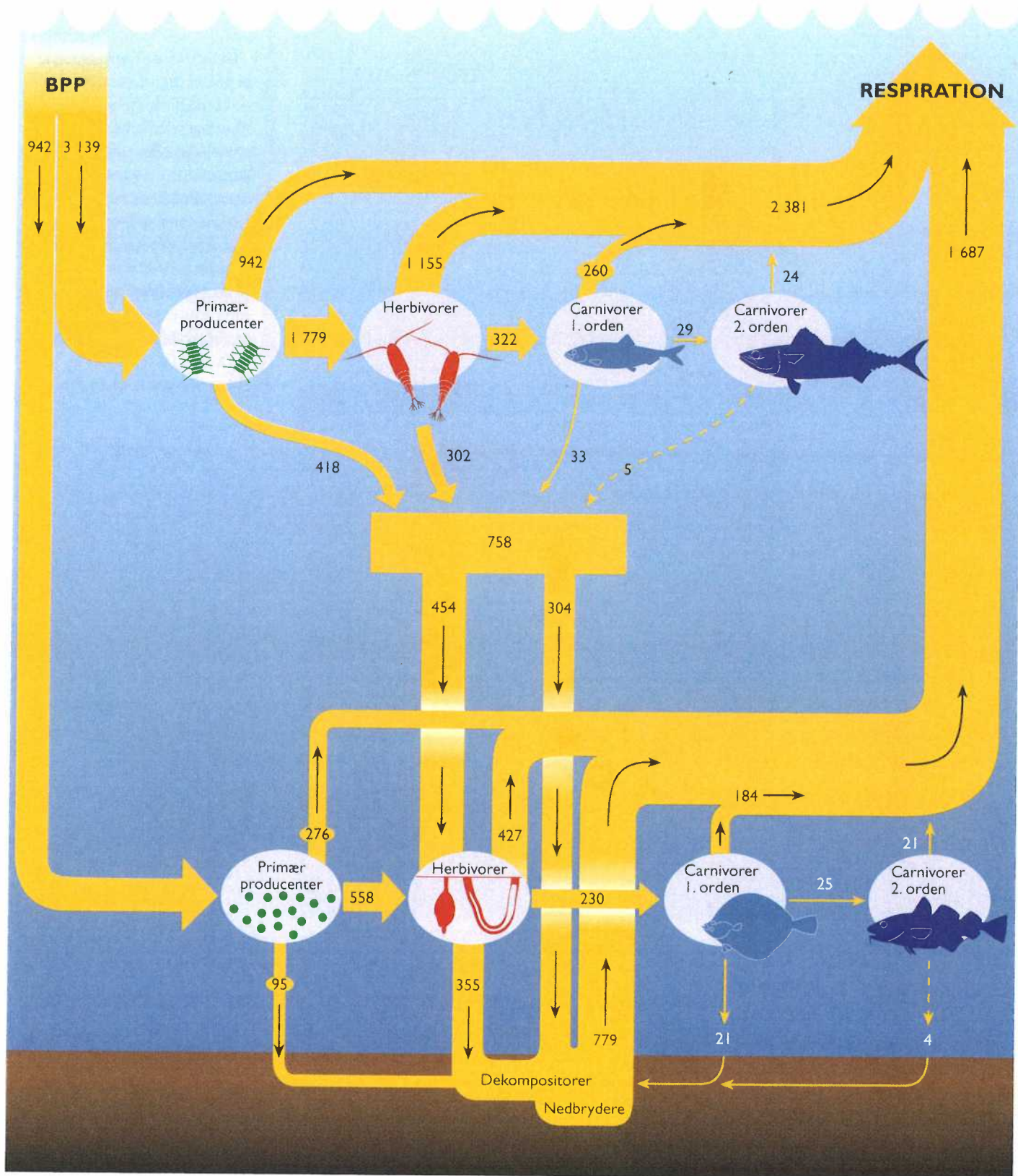
- En del af føden bliver ikke spist, men ender som dødt organisk materiale på havbunden.

- En del bliver spist, men ikke optaget i organismen. Den ender som ekskrementer på havbunden.
- En del respireres for at dække organismens energibehov til bevægelse og vedligeholdelse.

Fig. 2.20 giver et overblik over energistrømmen i de frie vandmasser. Af en bruttoprimærproduktion på 3.139 kJ/m²/år bruger planktonalgerne 942 kJ/m²/år til respiration. Tilbage til de næste led i fødekæden er nettoprimærproduktionen:

$$3.139 - 942 = 2.197 \text{ kJ/m}^2/\text{år.}$$

En gammel tommelfingerregel siger, at omkring 10% af energien i et led af fødekæden går videre til det næste. Eksemplet viser imidlertid, at der overføres langt mere end 10% af energien mellem



1. og 2. led i havets fødenet. Da der ikke er tale om en jævn produktion gennem året, betyder det også, at der er perioder, hvor næsten 100% af planteplanktonet spises, og andre perioder, hvor næsten intet føres videre i fødekæden.

Fig. 2.20 viser energistrømmen gennem havbunden. Primærproducenterne består her af planteplankton og tang, som kan have bevoksninger af mindre alger. Deres bruttoprimærproduktion er tilsammen $929 \text{ kJ/m}^2/\text{år}$. Fra de frie vandmasser tilføres der $758 \text{ kJ/m}^2/\text{år}$ i form af ekskrementer og døde organismer. Den samlede bruttoproduktion er $1700 \text{ kJ/m}^2/\text{år}$, mens det samlede respirationstab er $1687 \text{ kJ/m}^2/\text{år}$. Dette giver en nettoproduktion på $13 \text{ kJ/m}^2/\text{år}$. Der ophobes altså en beskedne mængde organisk materiale på havbunden. Hvis der er tale om steder med stærk strøm og stort vandskifte, vil der ikke finde nogen bundfældning sted. I dybere bassiner og lukkede områder med ringe vandskifte kan vi derimod se ophobning af organisk materiale, som er højere end den her beregnede gennemsnitsværdi.

Stofkredsløb

Som det fremgår er planteplanktonets produktion knyttet til den del af vandmasserne, hvor der er lys, mens bundens liv er henvist til at leve af den regn af organisk materiale, som synker ned fra de produktive vandlag. Denne opdeling er tildels forårsaget af mangel på lys på det dybere vand, dels på den manglende opblanding af overfladevand og bundvand. Det er blandt andet forhold som disse, der gør, at primærproduktionen i havet slet ikke når samme omfang som på land.

Inden for Skagen – i Kattegat og Bælt-havet – mødes Nordsøens salte oceanvand og Østersøens brakvand. Brakvandet er lettere end det salte oceanvand. De

to vandmasser blandes derfor kun lidt, idet det brakke vand flyder ud mod Nordsøen oven på det tunge salte vand, som ofte strømmer modsat. Grænselaget mellem de to vandmasser kan måles ved et pludseligt spring i saltholdigheden i omkring 15 meters dybde i den sydlige del af de indre farvande. Springlagets dybde aftager langsomt nordpå og er helt forsvundet i det nordlige Kattegat. Som det ses af figuren springer saltkoncentrationen fra ca. 15 til 26 promille.

Om sommeren kan der desuden opstå et temperaturspringlag. Temperatur-springlaget opstår ved solens opvarmning af overfladevandet eller ved, at en kold vandmasse skyder sig ind under en varm. Vands massefylde stiger ved afkøling og er størst ved 4°C . Derfor vil varmt vand flyde oven på koldere vand. I grænselaget mellem de to vandmasser sker der en vis opblanding, men den er så lille, at man godt kan tillade sig at sammenligne springlaget med et låg, der er lagt over bundvandet.

Lagdeling af vandmasser har stor indflydelse på havets økosystem. Planktonalgerne skal befinde sig i de øvre vandlag for at få lys nok til deres fotosyntese. Samtidig skal de have gødningssalte, men de frigøres ved nedbrydning på bunden. Kun når vandmasserne blandes kommer der næringssalte til overfladen. Det sker først på året, hvor vinterstorme og afkøling af overfladevandet har sørget for en god omrøring af vandmasserne, således at bundvandet er blevet blandet op med de øvre vandmasser.

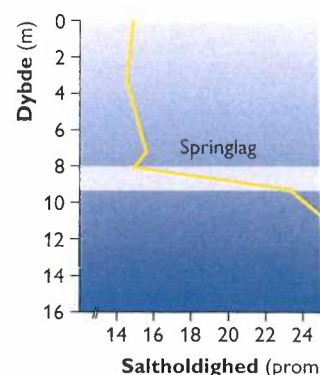
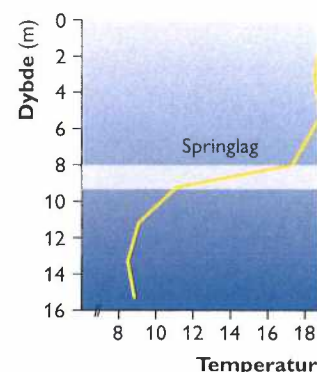
I løbet af foråret optager planktonalgerne imidlertid alle gødningssaltene. De bliver en mangelvare, hvilket betyder at primærproduktionen formindskes. Til gengæld ophobes gødningssaltene i de bundnære lag, når dødt organisk stof af forskellig art nedbrydes af bakterier og svampe på havbunden. Eftersom bundlaget er adskilt fra de øvre vandmasser,

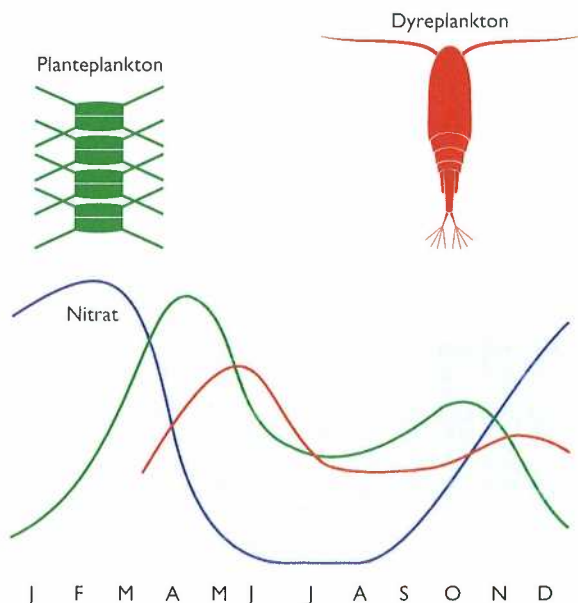
Figur 2.20

Øverst ses energistrømmen gennem de frie vandmasser nederst gennem havbunden et kystnært dansk farvand. BPP: Bruttoprimærproduktion. Alle enheder er i kJ/m^2 .

Figur 2.21

Overflade- og bundvand adles ofte af et springlag, som skyldes forskel i saltholdighed eller temperatur, hvor de to vandmasser mødes. Kurver viser vandets temperatur og saltholdighed fra overflade bund en julidag i Kattegat.





Figur 2.22

Sammensætningen af plante- og dyreplankton og mængden af næringsstoffer ændres gennem året.

kan gødningssaltene ikke komme op i de øvre vandlag, før vandmasserne igen opblandes.

De bundlevende bakterier og svampes respiration kan til tider blive så kraftig, at iltindholdet i havbunden og i de bundnære vandlag bliver kritisk lavt. I værste fald kan der opstå total mangel på ilt, med alvorlige følger for havets økosystem og dermed for fiskeproduktionen. Fi-

skene kan søge væk, men det kan de bundlevende føde dyr som muslinger og orme ikke. De bliver kvalt.

Fiskeri

Det har altid været en del af menneskets kultur at skaffe mad fra havet, men fiskemetoderne og fangsternes sammensætning har ændret sig op gennem tiden.

I det oprindelige fiskeri afgav havet kun en lille del af sin produktion til menneskeføde. Denne situation var bæredygtig dvs. at en sådan udnyttelse af havets fødeproduktion ville kunne fortsætte uden problemer for økosystemet.

Siden 1960'erne har fiskerierhvervet i Danmark udviklet sig i retning af en stadig mere effektiv udnyttelse af havets ressourcer. Fiskefartøjerne er blevet større og større, og fangstredskaberne er blevet mere og mere effektive. Dertil kommer, at flere fiskearter bliver fanget, bl.a. såkaldte industrifisk. Der er tale om mindre fisk som tobis, brisling og sperling, som ikke direkte egner sig til menneskeføde. Af industrifiskene fremstilles fiskemel og fiskeolie, som begge har mange anvendelsesmuligheder. Fiskeme-

let har et højt proteinindhold og anvendes derfor i foderblandinger til kvæg, fjerkræ, smågrise, pelsdyr og endda også dambrugsfisk. Fiskeolien anvendes til menneskeføde hovedsagelig i margarine, men også i medicinalindustrien og farve- og lakindustrien.

Udviklingen inden for konsum- og industrifiskeriet har medført, at der fanges for mange fisk. Det går ud over bestandene. Mange fiskebestande er så små, at de ikke kan formere sig lige så hurtigt som fiskerne fanger dem. Gydebestandene, dvs. bestandene af kønsmodne fisk, er for små. Følgen er, at fiskeriudbyttet bliver mindre med samme fiskeriindsats. Forsøger man at øge fiskeriindsatsen, bliver det blot endnu værre. Problemerne forstærkes af, at man ud over at fiske konsumfisk også fanger de mindre industrifisk, der udgør konsumfiskenes føde.

I dag er det lige før, at gydebestandene af sild, torsk og rødspætte er under minimumsniveauet. Dette betyder, at arternes fortsatte eksistens i vore havområder er i truet.

Derfor er fiskeriet i dag stramt styret af EU. Selv for lystfiskere kræves der tilladelse til fiskeri.

Alt godt fra havet

Silden er en af de fisk, som indgår i den danske madlavning, og det danske sildefiskeri har en lang historie. Silden er et eksempel på det, vi kalder en pelagisk stimefisk. Det vil sige, at den lever i de frie vandmasser hele livet, og at den har bygningstræk, som viser tilpasningen til livet der. For at nedsætte vandmodstanden og sikre hurtig bevægelse i vandet er kropfaconen strømlinet. Den er mørk foroven og lys forneden; hermed bliver den mindre synlig både ovenfra og nedenfra. Overfladen er beskyttet af store løse skæl, et træk, der kun er muligt for fisk, som lever i de frie vandmasser. Sil-