

HAVET OG NATURSYN

Tillæg til bogen

Natursyn – økologi til B-niveau

HAVET OG NATURSYN

Af Bent Rasmussen

© Bent Rasmussen og Nucleus Forlag ApS.

Redaktion: Marianne Frøsig og Birthe Møller Nielsen.

Tillæg til bogen Natursyn – økologi til B-niveau, Nucleus Forlag 2006.

Forklaring af biologiske begreber findes som hovedregel i bogen, ord med kursiv er forklaret til sidst i dette kapitel.

Indhold:

Næringsalte i havet 3

De kystnære farvande og salinitet 4

Artsdiversitet 5

Fødenet i havet 5

Produktion i danske farvande 7

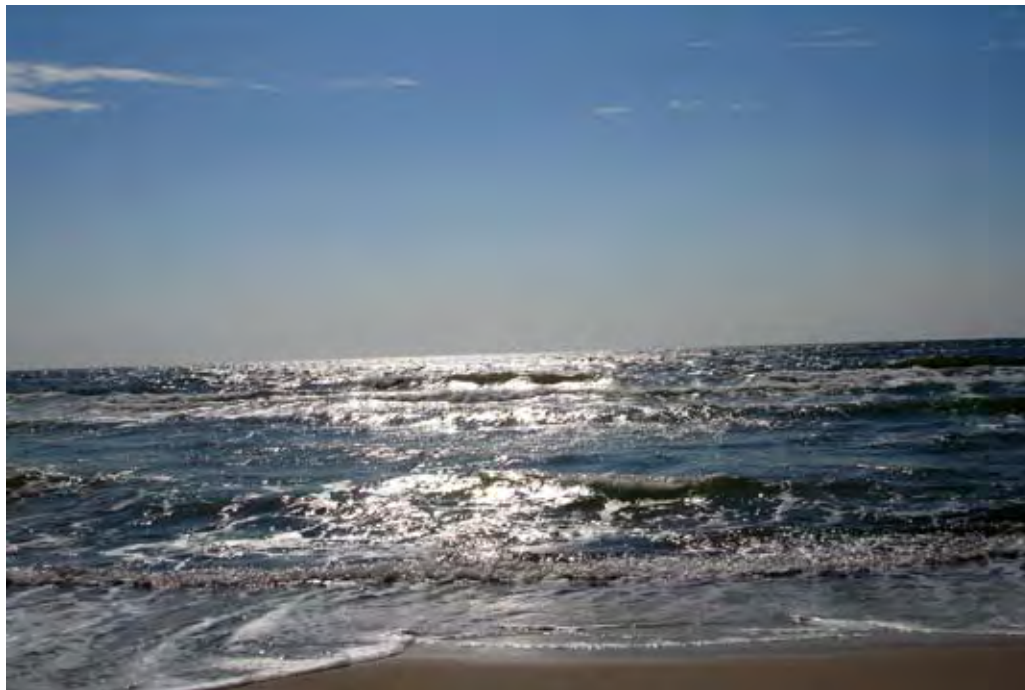
Eutrofiering af havet 7

Iltsvind og bundvending 8

Vi påvirker havet 10

Svovlkredsløbet 10

Laks og ørred i havet 12



Figur 1. Vesterhavet i juli måned.

Foto: Marianne Frøsig.

Næringsalte i havet

Dette kapitel handler især om hvorledes de næringsalte som vandløbene fører med, påvirker havets fødenet. Oceanvand indeholder ca. 3,6 % opløste salte, især Na^+ og Cl^- , men også andre ioner som SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} findes i ret høje koncentrationer. Egentlige næringsalte som NO_3^- og PO_4^{3-} forekommer i så lave koncentrationer at de er vækstbegrænsende for planktonalger, og SiO_2 (kisel) er vækstbegrænsende for kiselalger. Næsten alle naturligt forekommende grundstoffer findes som sporstoffer i oceanvand, fx udvindes iod og brom af store havalger som opkoncentrerer stofferne i deres væv. Ionsammensætningen er forbavsende ensartet overalt i oceanerne, og man skal som

regel ind i en afstand på 20-100 km fra kysten før påvirkningen fra land begynder at ændre havvandets sammensætning, man taler da om kystnære havområder.

Under gennemgangen af vandets kredsløb så vi at nedbørsoverskuddet i Danmark, der årligt er på ca. 400 mm, transporteres tilbage til havet via vandløb eller spildevandsledninger, se Natursyn – økologi til B-niveau side 35. Dette ferske vand indeholder kun få af de ioner der er karakteristiske for oceanvand, men det kan medbringe egentlige næringsalte i koncentrationer som langt overstiger det normale for oceanvand. Produktionsforholdene i de kystnære farvande kan derfor være væsentligt forskellige fra de næringsfattige oceaner. Oceaner er kendetegnet ved stor

sigtdybde til tider over 100 m, lille algeproduktion og efterfølgende individfattige fødenet. Man har tidligere regnet med at NO_3^- og/ eller PO_4^{3-} er vækstbegrænsende i oceanerne, men nye undersøgelser tyder på at det nogle steder er $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Ved spredning af store mængder $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ kan man nemlig tidoble algemængden i bestemte områder i det åbne ocean.

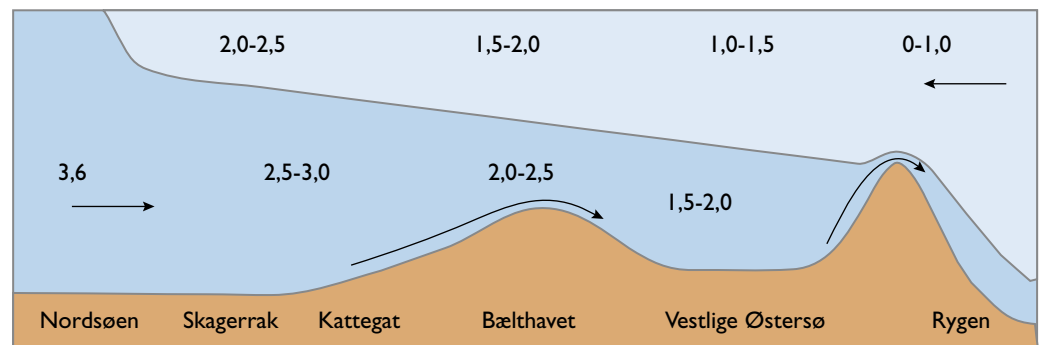
De kystnære farvande og salinitet

Saltholdigheden (saliniteten) i de kystnære farvande påvirkes af det ferske vand som vandløbene fører ud til havet. Salinitetsforholdene i de indre danske farvande og Østersøen er specielle i forhold til de fleste af klodens øvrige kystnære havområder. Hele området er påvirket af at der under kraftige storme fra vest presses oxygenrigt oceanvand med højt saltindhold ind i Kattegat og videre ind i Østersøen, se figur 2. På den anden side løber omkring 500 km³ ferskvand hvert år ud i Østersøen fra de nordiske elve og de store østeuropæiske floder. Dette ferskvand har retning mod Nordsøen. Da massefylden af vand stiger med stigende salinitet, betyder det at der i Kattegat og Østersøen er en indadgående strøm af tungt oceanvand ved bunden og en udadgående strøm af lettere og mere fersk vand i overfladen. De to strømme er adskilt af et salinitetsspringlag (haloklin).

Så enkel er virkeligheden dog ikke. Den indadgående strøm er ikke altid jævn, men kommer i varierende størrelse og hyppighed når voldsomme vestenvinde raser over Nordsøen og presser vand ind i Kattegat. Kun med flere års mellemrum kommer så store mængder af frisk oxygenrigt oceanvand når de indre dele af Østersøen. Det indstrømmende bundvand hæmmes af at Bælterne og farvandet mellem Lolland Falster og Tyskland er temmelig lavvandet. Syd for Gedser er vandet kun 17 meter dybt sammenlignet med Kattegat hvor havdybden kan være op mod 100 m. Dvs. det tunge bundvand i Kattegat og Bælterne skal skubbes 'op ad bakke' for at komme over i de ofte flere hundrede meter dybe huller i Østersøen. Konsekvensen er at bunden i mange af de dybe bassiner i Østersøen fra naturens side henligger anærobe i lange perioder. Omkring salinitetsspringlaget sker der en vis opblanding af overflade- og bundvand, således at bundvandets salinitet falder ind gennem Østersøen, mens overfladevandets salinitet stiger ud mod Nordsøen.

I havområder såvel som i søer dannes i løbet af sommeren et temperaturspringlag (termoklin), se Natursyn – økologi til B-niveau side 20-21. I havet falder det oftest sammen med salinitetsspringlaget, og tilsammen kan de danne en effektiv barriere

Figur 2. Den gennemgående strømretning, salinitetsspringlag og saltholdighed (salinitet) i % i overfladevandet og bundvandet. Saltholdigheden varierer dog lidt gennem året afhængig af vind og ferskvandsafstrømning.

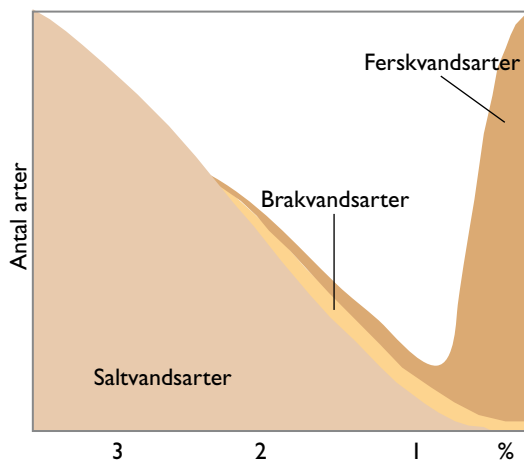


mellem overfladevand og bundvand, således at oxygen og næringsstoffer kun i ringe grad udveksles mellem lagene.

Artsdiversitet

Jordens dyreliv er tilsyneladende tilpasset livet i enten saltvand eller i ferskvand da *artsdiversiteten* er stor begge steder. I brakvand med en salinitet på 0,5-1 ‰ er artsdiversiteten lavere, se figur 3.

Undersøger man forskellige dyregrupper som vandlevende snegle, fisk, krebsdyr m.m., ser man at antallet af arter falder ind gennem Bælterne og Østersøen, for så atter at stige i floderne. Årsagen til den lave artsdiversitet i Østersøens brakvandsområder kan være Østersøens lave alder, den er kun få tusind år gammel. Brakvandsarter har vanskeligt ved at indvandre fra andre tilsvarende områder på kloden, og rene ferskvands- eller saltvandsarter har ikke haft tid til at udvikle brakvandsformer.



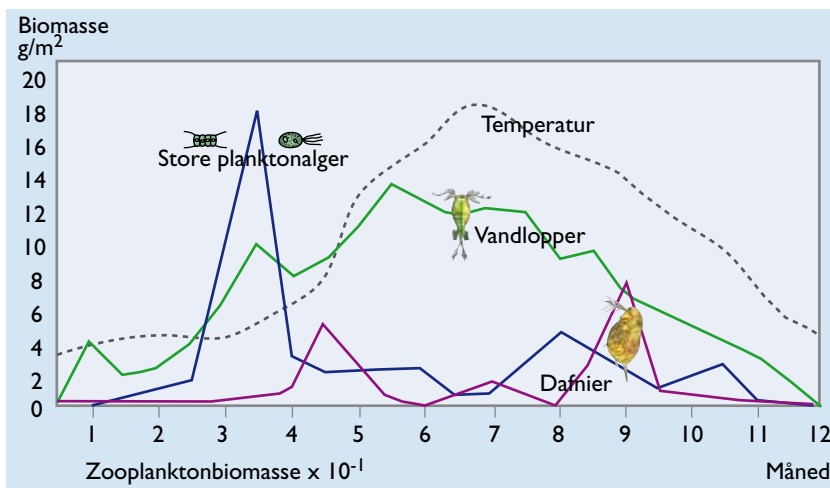
Figur 3. Artsdiversiteten er stor i oceanet og i ferskvand, men lille i Østersøens brakvandsområder.

Kilde: Fjorden (Kaskelot).

Fødenet i havet

Det er ikke kun med hensyn til salinitet oceanvandet påvirkes af de kystnære forhold. Vandløbenes indhold af næringsalte som afleveres i havet, styrer i høj grad primærproduktionens størrelse, algernes artssammensætning og dermed hele det kystnære havs fødenet, se figur 4 og 6.

Figur 4. Biomassen af store planktonalger og zooplankton (vandløpper og dafnier) samt overfladetemperatur som funktion af årstiden. Korrelation mellem store planktonalger og zooplankton er dårlig det meste af året. Bemærk at for zooplankton skal værdierne på Y-aksen ganges med 10^{-1} .



Indtil omkring 1975 anså man havets fødenet for relativt enkle, af samme organisation som i ferskvand, se figur 6 side 14 i Natursyn – Økologi til B-niveau. En fødekæde som

store kiselalger og store grønalger → vandløppe → torskeyngel → sild → torsk

blev anset for yderst realistisk.

Hvis sådan en fødekæde var realistisk, så måtte bl.a. vandløppepopulationen vokse i takt med væksten af de store alger, dog med forsinkelse da algerne har en generationstid på nogle timer til få dage, mens vandløpper og dafniers generationstid er 1-2 uger. Algepopulationerne vokser

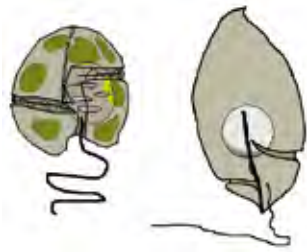
derfor meget hurtigere end zooplankton, forudsat at ingen næringssalte er begrænsende. Det viser sig at vandloppersnes populationsstørrelse slet ikke er korreleret med fytoplanktonbiomassen, men snarere med den gennemsnitlige vandtemperatur, se figur 4.

Man ser at under algernes forårsmaksimum er zooplanktonpopulationerne små, og de få vandlopper og dafnier kan slet ikke æde sig gennem forårets store opblomstring af kiselalger. Algerne synker derfor til bunds i store mængder når de dør, og de medbringer de næringssalte der er bundet i dem. Kiselalgeopblomstringen stopper pga. mangel på kisel, SiO_2 . I den efterfølgende periode med stigende havtemperatur topper zooplanktonbiomassen, men det sker samtidig med at fytoplanktonproduktionen er lav. Den traditionelle forestilling at zooplankton især ernærer sig ved at æde de større grønalger og kiselalger, holder ikke for en nærmere undersøgelse. Dafnier og vandlopper må altså have et andet fødegrundlag i denne periode.

Yderligere forskning på området har vist at når kiselalgeopblomstringen er ovre, er ikke blot koncentrationen af kisel (SiO_2)

lille, men koncentrationen af NO_3^- og PO_4^{3-} kan også være i bund. Man har også fundet ud af at såkaldt nanoplankton, arter af meget små encellede grønalger, dinoflagellater og blågrønne bakterier, favoriseres af lave næringssaltkoncentrationer. Netop disse fytoplankton typer dominerer i april til juli. Nanoalger er for små til at zooplankton kan fange dem i deres filtreringsapparat. I stedet ædes de af ciliater og større dinoflagellater som så senere bliver ædt af dafnier og vandlopper. Dinoflagellater er i øvrigt bemærkelsesværdige ved at udgøre en gruppe som kan placeres mellem planter og dyr. Nogle af formerne har grønkorn og er dermed fotosyntetiserende, mens andre ikke har. De sidste lever af nanofytoplankton og små flagellater, se figur 5. Nogle arter kan oven i købet skifte fra fotosyntetisk levevis til at være kødædende.

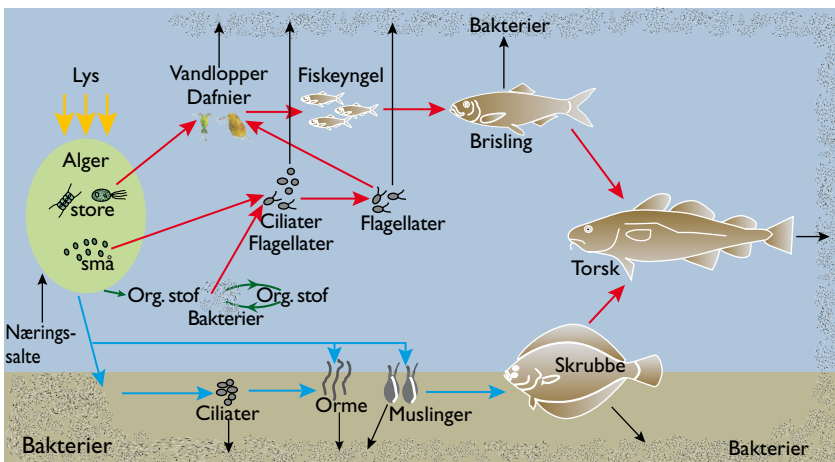
Figur 5. To dinoflagellater. En fotosyntetiserende (Alexandrium) og en heterotrof (Gyrodinium).



Tegning: Bent Rasmussen.

Figur 6. Havets fødekæder, se teksten.

Kilde: Fiskeri og Havmiljø.



Alle alger er mere eller mindre utætte, og de taber hele tiden små organiske molekyler som kulhydrater og aminosyrer. Disse molekyler er næring for bakterier som derfor findes i stort tal, op til 10^9 pr. liter i de frie vandmasser. Bakterierne ædes af de små flagellater osv. Der er således mange 'løkker' i fødenettet i de frie vandmasser, men denne mere usynlige verden er en meget vigtig del af fødegrundlaget for zooplankton og dermed for de fisk der landes af fiskerne i de danske havne, se figur 6.

Omkring bakterierne er der en ekstra løkke idet vandet vrirler med bakteriofager. Bakteriofagerne er virus som inficerer bakterierne og formerer sig inde i dem. Når de nydannede virus efter en tid bryder ud af den nu døde bakterie, slippes en masse organiske molekyler ud i vandet. Disse organiske molekyler optages af andre bakterier. I perioder kan op til 95 % af NPP passere gennem disse løkker.

Produktion i danske farvande

Ser vi på produktionsforhold i de danske farvande, viser det sig at Nordsøen har højere primærproduktion end Østersøen og også et større udbytte af fisk pr. arealenhed. Fiskeriudbyttet i Østersøen er kun halvt så stort som i Nordsøen selvom fiskemængden er af samme størrelsesorden. Den lavere primærproduktion i Østersøen gør at fiskene vokser langsommere, og de er derfor først fangstbare i en højere alder, se figur 7.

Når der på trods af lange fødekæder kan fanges mange fisk, skyldes det at nedbryderkæden i langt højere grad kan udnyttes i havet end det er tilfældet i land-økosystemer (terrestriske økosystemer). I akvatiske økosystemer kanaliseres der desuden en større energimængde gennem fødekæden end tilfældet er i de terrestriske, se figur 123 side 122 i Natursyn – Økologi til B-niveau.

En stor del af den energi der er bundet i nedsynkende alger gøres i løbet af 3-4 led tilgængelig for rødspætter og deres slægtninge, og derved havner en stor del af energistrømmen i nedbryderkæden også på vores bord, se figur 6.

Eutrofiering af havet

Havets fytoplankton indeholder i gennemsnit 106 C-atomer og 16 N-atomer for hvert P-atom, i kiselalger er der desuden silicium, Si. De øvrige næringsalte indgår i mindre mængde. I havet er det normalt Si, N eller P der er vækstbegrænsende, ofte med sæsonvariation som vi har set. Specielt er N ofte vækstbegrænsende i havet, i modsætning til søer hvor det oftest er P. Havområderne kan derfor være uhyre følsomme over for tilførsel af især N fra atmosfæren eller med vandløbene. Den

Produktion	Nordsøen	Østersøen
Primærproduktion (g/m ² /år)	700	350
Fiskeproduktion (g/m ² /år)	22	15
Fiskemængde (g/m ²)	19	21
Fiskeriudbytte (g/m ² /år)	4,6	2,9

øgede afsætning af N fra atmosfæren som er omtalt side 43 og 77 i Natursyn – Økologi til B-niveau, finder også sted ude over havet. Den kan derfor især i sommermånederne være årsag til forøget opblomstring af alger.

Har vi en nedbørsrig sommer, kan store mængder P- og især N-holdig gødning udvaskes fra markerne inden planterne når at optage det, og de giver sammen med de høje temperaturer ideelle vækstbetingelser for algerne som kan opnå et sommermaksimum. De mange næringsalte favoriserer alle algetyper, men de små nanoalger vokser hurtigere end de store kiselalger. Det betyder at styrkeforholdet mellem fødekæderne ændres, og set med vore øjne er det de forkerte fødekæder der styrkes. Fødekæderne kan forenklet tage sig således ud:

Få næringsalte giver store kiselalger → vandlopper → fiskeyngel → store fisk
 Mange næringsalte giver små dinoflagellater → ciliater → gopler (vandmænd)

Nederste eksempel gjaldt for Kertinge Nor ved Kerteminde før spildevandsrensningen blev effektiv. Kertinge Nor havde en af verdens tætteste populationer af vandmænd på op til flere hundrede pr. kubikmeter.

Nogle gange favoriserer forholdet mellem næringsaltene nogle ganske bestemte arter af især små dinoflagellater og blågrønne bakterier som så masseopblomstrer og observeres som okkerrøde, gule eller

Figur 7. Produktion i danske farvande. Bemærk at fiskemængden er et udtryk for den stående biomasse, mens de tre øvrige udtrykkes den årlige produktion.

Kilde: Efter Fiskeri og Havmiljø.

blågrønne bræmmer på havet.

Indimellem ses de også opskyllet på stranden hvor de kan føre til kraftige skumdannelser. Der findes arter både blandt blågrønne bakterier og dinoflagellater som producerer stærke giftstoffer, og periodisk rapporteres der om fiskedød især i havbrug som følge af sådanne opblomstringer. I perioder kan fiskeri af blåmuslinger i Limfjorden være standset pga. forgiftningsfare da muslingerne akkumulerer giften fra de alger de fortærer.

Opgave 1

NPP i forskellige økosystemer er ofte begrænset af en, evt. nogle få parametre. Det kan være næringsalte (NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_2 m.fl.) vand, lys, temperatur eller vækstsæsonens længde (oftest en kombination af lys og temperatur, se figur 8).
 a. Beregn biomassens omsætningstid og diskuter tallene i relation til økosystemerne.
 b. Hvilke vækstbegrænsende faktorer begrænser væksten i de forskellige økosystemer?

Figur 8. Den gennemsnitlige årlige NPP og biomasse for de forskellige økosystemer.

Økosystem	NPP g/m ² /år	Biomasse g/m ²
Oceaner	80	6
Nordsøen	700	50
Østersøen	350	25
Oligotrof sø	120	-
Eutrof sø	850	60
Stærkt eutrof sø	1400	100
Tropisk regnskov	2000	45000
Tempereret løvskov	1200	30000
Dyrket land	650	1000
Ørken	40	350
Tundra	140	600

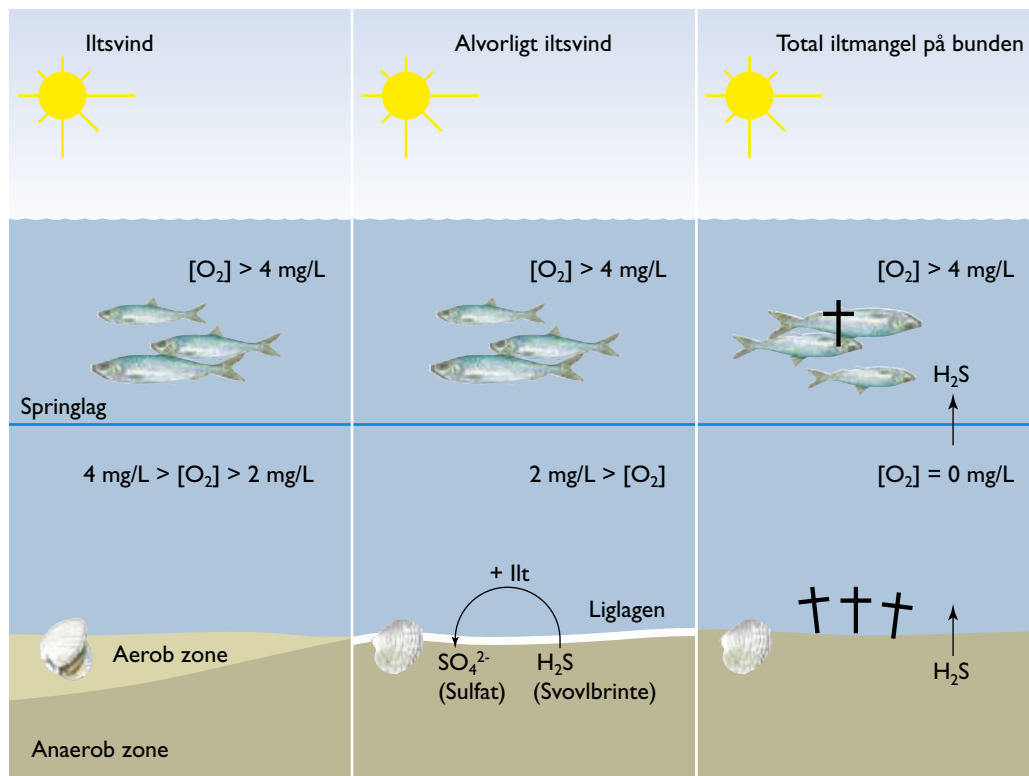
Iltsvind og bundvending

Ofte betyder den kraftige algeopblomstring at fytoplanktonæderne ikke kan følge med, og derfor bliver en større del af algerne stillet til rådighed for havbundens nedbryderkæder. Da algerne omsættes ved respiration, forbruges der ekstra af den begrænsede oxygenmængde der findes under springlaget. På et tidspunkt kan oxygenmængden være under en kritisk grænse på ca. 4 mg O₂/L. Er der kun tale om en kort periode, lider bunddyrene ikke stor skade da fisk og andre selvbevægelige dyr kan flygte, og muslinger kan sammenlukkede klare sig i nogen tid.

I perioden op til iltsvindet indtræffer, kan lokale fiskere berette om store fangster af hummere, ofte af tvivlsom handelsværdi da de kan være syge eller misfarvede. De er lette at fange da de flygter fra deres skjul. Samtidig kan man se andre bunddyr bevæge sig op på sedimentoverfladen, evt. op på forhøjninger, og stikke deres ånderør i vejret i et forsøg på at undslippe oxygenmanglen. Oxygenmanglen starter nede i sedimentet og bevæger sig derfra op i vandsøjlen.

Er de anaerobe bundforhold af mere permanent karakter, fx tre uger, begynder man at iagttage store forandringer på bunden. Søstjerner, hummer, krabber m.m. er udvandret for længst, muslingerne begynder at give op. Mange af dem dør, det går først ud over ynglen, således at de næste års muslingepopulation lider skade, eller helt mangler i store områder, se figur 9.

Bunden farves efterhånden sort pga. de anaerobe forhold. Den sorte farve skyldes jern(II)sulfid, FeS. Stikker man hånden ned i dette lag, stinker den voldsomt af dihydrogensulfid (svovlbrinte), H₂S. Efter yderligere en tid kan et såkaldt 'liglagen' ses som et hvidt, sløret lag oven på den



Figur 9. Optræk til oxygenmangel (t.v.) og tiden efter de anaerobe forhold har fået overtaget (t.h.).

Tegning: Erik Hjørne.

sorte bund, dette lag består af hvide svovlbakterier. De oxiderer H_2S til sulfat SO_4^{2-} fordi der trods alt er lidt oxygen over bundlaget. Situationen fortsætter indtil der atter tilføres tilstrækkeligt oxygen til bunden i forbindelse med efterårs-cirkulationen eller en kraftig storm, så den ildelugtende og giftige H_2S kan oxideres til det ufarlige sulfat, SO_4^{2-} . Når vandet igen er blevet oxygenholdigt, kan den normale fauna etablere sig på stedet. Genetableringen tager flere år for fastsiddende former som blåmuslinger.

I perioden med anaerobe forhold vil bakterierne producere sumpgasser (CH_4 , NH_3 , H_2S) ved gæringsprocesser. Gasserne samler sig i hulrum i bundslammet. En gang imellem bryder gasserne løs og ses

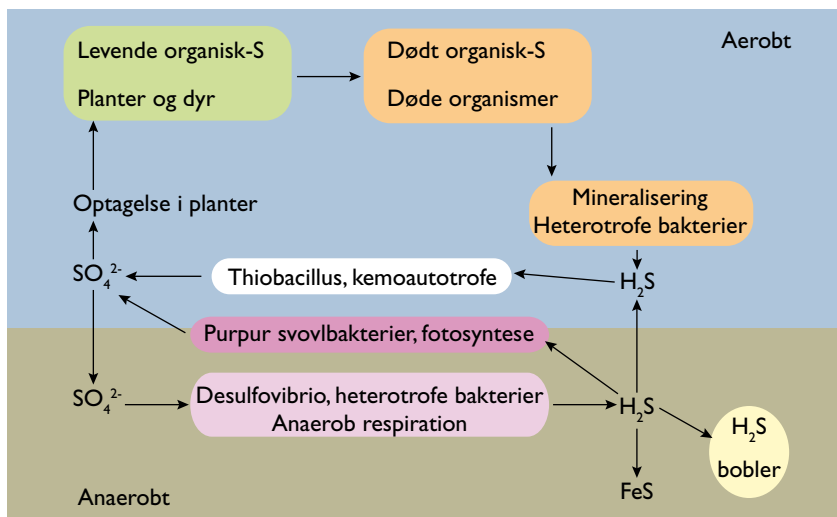
på havoverfladen som små bobler. Er der fisk i nærheden når sådan en boble stiger op, flygter de. I bundslammet er ophobet store mængder sumpgasser som normalt blot bobler op enkeltvis. Hvis atmosfæretrykket pludselig falder i forbindelse med et sommertordenvejr, vil boblerne i sedimentet udvide sig. De bryder løs i store mængder og søger mod overfladen, der kan se ud som om den koger. Denne massive løsrivelse af sumpgas fra bunden kaldes en bundvending og har katastrofale følger selv for det bevægelige dyreliv da der ikke er flugtmuligheder. I Limfjorden hvor sådanne bundvendinger er hyppige, kan man se rødspætter søge mod overfladen og snappe luft, og krabberne kravler op over vandlinien på havnens boldværk.

Vi påvirker havet

Menneskelig aktivitet på land påvirker i høj grad livet i de kystnære havområder. Iltsvind og bundvendinger er ikke nye fænomener men fandtes også i tiden før forbruget af kunstgødning eksploderede. Frekvensen af hændelserne er blot øget, samtidig med at de døde fisk og muslinger nu kan observeres på steder hvor de ikke tidligere forekom. Saxo har berettet om fiskedød og sort mudderbund allerede i middelalderen.

Vi må også se i øjnene at selv med opfyldelse af Vandmiljøplan II og III (1998 og 2005) og alle øvrige direktiver, kan vi ikke undgå at iltsvind opstår om ikke hvert år og i alle sårbare farvande og fjorde, så dog i år med stor nedbørsmængde om sommeren og en varm sensommer. Disse uheldige sammentræf skaber grobund for en eksplosionsagtig algeopblomstring som får hav og fjord til at lide af iltsvind i en længere periode.

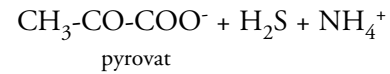
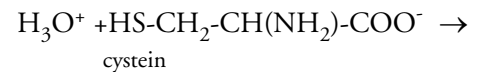
Figur 10. Svovlkredsløbet i havet (lidt forenklet).



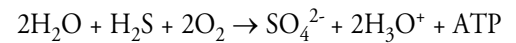
Svovlkredsløbet

Forløbet af en bundvending er nært knyttet til nitrogenkredsløbet og svovlkredsløbet, se figur 10. Nitrogenkredsløbet er beskrevet nærmere i Natursyn – Økologi til B-niveau side 40 ff. Vi vil nu se nærmere på svovlkredsløbet i havet.

Proteiner indeholder svovl da to af de tyve almindelige aminosyrer, methionin og cystein, indeholder grundstoffet. Når de døde organismer skal nedbrydes (mineraliseres), kan mange heterotrofe bakterier enzymatisk nedbryde alle aminosyrerne, også de svovlholdige. Her er cystein brugt som eksempel:

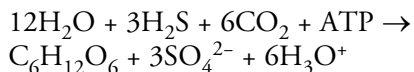


Den dannede pyrovat omsættes enten ved gæring eller respiration, mens H₂S og ammoniak (NH₃) / ammonium (NH₄⁺) udskilles. På den måde dannes sumpgassernes giftige molekyler. Under aerobe forhold vil NH₄⁺ optages af planter eller omdannes til nitrat, NO₃⁻, ved nitrifikation af de kemoautotrofe nitrificerende bakterier. Helt analogt sker det med dihydrogensulfid, idet de kemoautotrofe bakterier fra slægten Thiobacillus oxiderer H₂S til SO₄²⁻.

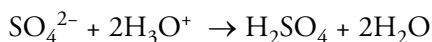


Som tilfældet var med nitrifikationen, er der også her tale om strengt aerobe processer hvor bakterierne vha. vandets opløste oxygen vinder energi ved oxidation af de reducerede svovlforbindelser. Herefter kan den dannede ATP benyttes til kemosyn-

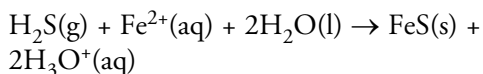
tese. Thiobacillus kan altså som nitrifikanterne opbygge komplicerede organiske molekyler alene ud fra simple uorganiske stoffer, blot ved hjælp af kemisk energi og ikke solenergi som planterne. Den samlede kemoautotrofe proces ser således ud:



Som det ses, produceres der i princippet også svovlsyre ved processen:



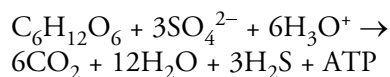
Thiobacillus er da også i stand til at leve i et ekstremt surt miljø, helt ned til pH = 1. Da de kan leve i vandrør, bidrager de til beskæftigelse i VVS-branchen pga. den tæring, de er årsag til. Thiobacillus lever i aerobt miljø og kan optræde særlig hyppigt lige over grænselaget mellem aerobt og anaerobt miljø. Det er disse farveløse bakterier der kan dække bunden som et hvidt lag under længerevarende anaerobe forhold. Dette 'liglagen' kan i øvrigt fastholde sumpgasserne og være årsag til at boblerne bryder løs på én gang – bunden vender! Den dannede sulfat er ugiftig og er et vigtigt næringssalt for planter. I den anaerobe zone er Thiobacillus hæmmet af oxygenmangel, og da forbliver H₂S uomdannet. Fe²⁺-ionen er den mest stabile jernion under anaerobe forhold, derfor sker dannelsen af den sorte sedimentfarve let:



Jern(II)sulfat er sort og dihydrogensulfid (svovlbriente) lugter.

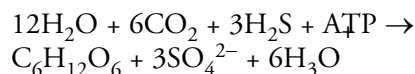
I perioden med begyndende anaerobe forhold ved bunden, men mens der stadig

findes oxiderede uorganiske salte, så vi under nitrogenkredsløbet (se side 40-43 i Natursyn – økologi til B-niveau) at en række heterotrofe bakterier kunne overleve ved denitrifikation. Mange af de samme bakterier er ikke begrænset til nitrat men kan også benytte sulfat under den anaerobe respiration. Nogle bakteriearter som Desulphovibrio benytter dog kun sulfat og er speciel ved at være obligat anaerob idet den ikke tåler oxygen.



Vi siger ofte at bakterierne får oxygen til deres respirationsproces ved at tage den fra sulfat. Kemisk set er det dog ikke korrekt idet respirationen er en redoxproces, og under processen stiger C's oxidationstal mens oxygens er uforandret. Det vigtige er svovl som reduceres, og således er elektronacceptor, (det samme gælder i øvrigt for N i denitrifikationsprocessen). Processen er med til at accelerere dannelsen af H₂S i det anaerobe miljø.

Hvis lyset kan nå ned til springlaget, opstår der i springlaget en helt speciel men meget smal niche, idet der her er de rette betingelser for nogle purpursvovlbakterier. Disse bakterier er fotosyntetiserende, men kun aktive i overgangsfasen mellem aerobt og anaerobt miljø. Deres fotosyntese regnes for at være mere primitiv end de grønne planters. De bruger ikke kun vand i fotosyntesen men også H₂S:



Disse purpursvovlbakterier kan opleves i lavvandede strandpytter på varme som-

merdage hvor man kan være heldig at se et tyndt purpurfarvet lag enten på sandet eller i vandsøjlen. Bakterierne henter lys oppefra og H_2S i det anaerobe vand nedenunder. I sådanne strandpytter kan der dannes et springlag i 20-30 cm dybde i løbet af en enkelt varm sommerdag, og det giver ideelle forhold for disse bakterier. I løbet af et par varme dage kan de formere sig voldsomt hvis ikke pytten i mellemtiden overskyldes af frisk havvand.

Der findes også grønne fotosyntetiserende svovlbakterier som benytter H_2S , men de reducerer kun H_2S til frit svovl S. Der findes flere mindre kredsløb i det store svovlkredsløb som involverer frit svovl (S), men de er udeladt af hensyn til overblikket.

Opgave 2

Gennemgå S-kredsløbet og drag paralleller til N-kredsløbet.

Laks og ørred i havet

Der fanges årligt ca. 1,8 mio. tons fisk i de danske fiskeres områder. Langt de største fangster hentes i Nordsøen og Atlanten, men laksefiskeriet i danske farvande er koncentreret i Østersøen hvor der i 2001 blev fanget ca. 80.000 laks svarende til 433 tons. Af denne mængde er ca. 90 % udsatte fisk, kun 10 % er vilde laks der gyder i elve og floder i Østersøområdet. Fangsten i 2001 svarer nogenlunde til den normale årlige fangst. Af ørred fanges ca. 54 tons som bifangst ved laksefiskeriet. Fra perioden 2004 og frem har laksefiskeriet i det danske område af Østersøen dog været begrænset pga. højt indhold af miljøgifte, med det resultat at laks over 6 kg ikke må benyttes til menneskeføde.

I hele Gudenåen inklusiv Randers Fjord fanges der ca. 2-3.000 laks pr. år. Lystfiskerne får således kun fat i en lille del af de landede laks. Havørred optræder ikke i erhvervsfiskeriets statistik fordi den lever langs kysten og næsten ikke fanges på havet.

Når havørreden er smoltificeret og står til havs, holder den sig som regel tæt ved udmundingen af det vandløb den senere skal tilbage og gyde i. Mærkningsforsøg med havørreder fra Gudenåen tyder på at havørrederne i de første fire måneder i saltvand bliver i området omkring Randers fjords munding, derefter vandrer hovedparten nordpå til området ved Oslofjorden. Som voksne søger de atter sydover og kan nå Østersøen hvorfra de så vender tilbage til Gudenåen for at gyde. Læs mere om Laks og ørreder i Gudenåen i Natursyn – Økologi til B-niveau side 11 ff.

De danske laks, som tilhører den såkaldte atlantiske laks, fanges af moderne fiskeskibe fordi de trækker langt omkring, helt op til farvandene ved Grønland og Island hvor de mødes med deres østamerikanske fæller. I dette havområde er der pga. *upwelling* af næringsalte et godt fødegrundlag for den store vækst laksen præsterer i løbet af de ca. to år den lever i havet. Når den er gydemoden, svømmer den flere tusinde kilometer tilbage til sit eget vandløb igen. Den første del af turen navigerer den antagelig med solen som kompas, mens den klarer det sidste stykke vha. sin overordentlig veludviklede lugtesans. Nye genetiske undersøgelser tyder på at laksen virkelig søger op i sit eget vandløb, og hvert vandløb huser (eller husede) sin egen stamme som er genetisk isoleret fra andre vandløbslaks, selvom de i ca. to år går sammen med alle de andre i havet.

Opgave 3

Ørred og laks siges alle at vende tilbage til det samme vandløb hvor de blev gydet. Nyere undersøgelser viser at godt nok søger hovedparten af Skjern Å-laksene op i Skjern Å, men nogle tager fejl og søger op i andre vestjyske åer.

Diskuter hvilke fordele og ulemper der kan være ved at ikke alle individer rammer den rigtige å. Inddrag følgende begreber: evolution, nykolonisation, artens overlevelse eller sårbarhed.

Opgave 4

Hvilket natursyn må man antage at henholdsvis en erhvervsfisker, en lystfisker og en dyreven har, når det gælder laksen?

Opgave 5

Følgende ældre eksamensopgaver kan anbefales:

Biologi II, maj 1989 opgave 6:

Kvælstofomsætning på bunden af Limfjorden.

Biologi maj 1992, Opgave 1: Alger i Kattegat.

Biologi maj 1996, Opgave 2: Forurening af kystvand

Biologi maj 1997, Opgave 1: Ålegræs

Biologi maj 1999, Opgave 1: Algeopblomstring i Østersøen

Tematisk eller supplerende læsning

Fisk og Hav 50/2000: Kiærboe, T.: **Mærk verden.** En artikel om vandlopper og deres reaktion på bytte og rovdyr, samt deres parring. Artiklen er et godt eksempel på coevolution mellem byttedyr og rovdyr samt et indblik i de komplicerede fødekæder vandlopper indgår i i havet.

Fisk og Hav 50/2000: Jónasdóttir, S.H.: **En fed vandloppe.** Om vandloppen *Calanus finmarchicus*' komplicerede livscyklus i Nordatlanten.

Kaskelot 72-73/1987: Riisgaard, H.U.: **Nordsøens forurening.** Uddybende artikel om havets økotoksikologi.

Kaskelot 54/1983, side 2-23: Riisgaard, H.U.: **Superfos og tungmetaller i Lillebælt.** En god artikel om tungmetallers økotoksikologi på passende fagligt niveau. Kommer godt omkring emnet, blot er udledningstallene for tungmetaller i Lillebælt forældede og alt for høje i forhold til nutidens værdier. Emnet tungmetaller er ikke gennemgået i bogen.

Litteratur

Fra tidsskriftet Fisk og Hav:

Nr. 50/2000: Pedersen, S. m.fl.: Danske lakseudsætninger i Østersøen.

Fra tidsskriftet Kaskelot (Biologforbundet) er benyttet:

Nr. 34, 1978, Fjorden.

Egebo, L.A.: Mikroskopisk liv – Biologi med fokus på mikroorganismer, Nucleus Forlag, 2004.

Hagström, Å. m.fl.: Havets usynlige liv. TEMA-rapport fra DMU 10/1996. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser

Hansen, F.I. m.fl.: Dansk laksefiskeri i Østersøen i 2001, DFU-rapport 103-02, Danmarks Fiskeriundersøgelser

Kaas, H. m. fl.: Giftige alger og algeopblomstringer. TEMA-rapport fra DMU 27/1999. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser.

Krog, C.: Fiskeri og havmiljø. G.E.C GAD, 1993.

Nielsen, T.G. m.fl.: Dyreplankton i danske farvande. TEMA-rapport fra DMU 28/1999. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser.

Ordforklaring

Artsdiversitet: Et udtryk for antallet af arter i forhold til det samlede individtal i et område. Jo flere forskellige arter der er, jo større er artsdiversiteten.

Upwelling: I oceanet sker der hele tiden nedsynkning af alger og døde dyr fra de øvre vandmasser mod bunden. Ved bunden mineraliseres de døde organismer og frigiver her næringsstofferne. Derfor er de fotosyntetiserende vandmasser næringsfattige. På grund af jordens rotation opstår havstrømme både i overfladen og ved bunden, og visse steder især ved vestvendte kyster tvinges næringsrige bundstrømme ind mod kysten og op til overfladen. Disse steder er der således grundlag for øget algevækst og i sidste ende flere fisk. Mange af disse næringsrige havstrømme dukker op i arktiske havområder som på trods af lave havtemperaturer alligevel opnår stor produktivitet.