



WWF

UNDERVISNING

OPDAG
HAVET

UNDERVISNINGSMATERIALE TIL BIOLOGI I GYMNASIET

OPDAG HAVET



Materialet er produceret med støtte fra
AAGE V. JENSEN NATURFOND

© 2019 WWF Verdensnaturfonden

Redaktion og tekst: Anne Berendt
Illustrationer: Jørgen Strunge
Forside og layout: Monsun
Forsidefoto: Tangsnarre. Martin Oliver Macnaughton.
Fotoliste: Se side 121.
1. udgave, juni 2019

Materialet er gratis og kan downloades
på www.opdaghavet.dk
Henvis gerne til WWF ved brug.
Ændringer i materialet til kommerciel
brug skal aftales med WWF.

Fagpersonerne bag

Anne Berendt, gymnasielærer og havbiolog, WWF
Peter Blanner, seniorbiolog, WWF
Jakob Bredsdorff Fredriksen, gymnasielærer og biolog, WWF
Malene Møhl, biolog og plastikekspert, WWF
Henrike Semmler, seniorrådgiver hav og fiskeri, WWF
Thomas Kirk Sørensen, programleder hav, WWF

Tak til

Gymnasiet HTX Lillebælt, Helsingør Gymnasium,
Høje-Taastrup Gymnasium, Københavns Mediegymnasium,
Københavns åbne Gymnasium, Ørestad Gymnasium og
Øresundsakvariet.

WWF Verdensnaturfonden

Svanevej 12
2400 København NV
+45 35 36 36 35
wwf@wwf.dk

**AAGE V.
JENSEN** 
NATURFOND

INDHOLD

Overblik over kernestof	Side 4
---	------------------------

GRUNDBOG

1. Introduktion	Side 6
2. Økosystemers opbygning	Side 8
2.1 Abiotiske og biotiske faktorer	Side 8
2.2 Primærproducenter	Side 9
2.3 Konsumenter	Side 10
3. Energi og vækst	Side 13
3.1 Fotosyntese og respiration	Side 13
3.2 Vækst og begrænsende faktorer	Side 15
3.3 Energistrømme	Side 17
4. Stofkredsløb	Side 20
4.1 Kulstofkredsløbet	Side 20
4.2 Vands kredsløb	Side 22
5. Biodiversitet og levevilkår	Side 23
5.1 Biodiversitet	Side 23
5.2 Saltholdighed	Side 24
5.3 Ilt og iltvind	Side 25
6. Tilpasninger	Side 28
6.1 Primærproducenter	Side 28
6.2 Dyr	Side 29
7. Biotopundersøgelse	Side 33
8. Masseudryddelse	Side 35

MILJØTEMAER

Tema 1. Forsuring	Side 39
Tema 2. Global opvarmning	Side 45
Tema 3. Plastik	Side 51
Tema 4. Eutrofiering	Side 60

ØVELSER

a. Fotosyntese og respiration	Side 73
b. Forsuring af verdenshavene	Side 77
c. Påvirker forsuring havdyr?	Side 79
d. Respiration hos havdyr	Side 81
e. Lav et springlag	Side 85
f. Kig på plankton	Side 87
g. Muslingefiltration	Side 90
h. Disseker et dyr	Side 93
i. Biotopundersøgelse	Side 99
j. Miljøfremmede stoffer	Side 106
k. Global opvarmning	Side 109
l. Kan plastik nedbrydes?	Side 111
m. Optager muslinger plastik?	Side 117
Fotoliste	Side 121

OVERBLIK OVER KERNESTOF

Opdag Havets undervisningsmaterialer indeholder en grundbog, miljøtemaer og øvelser. Grundbogen dækker kernestof i økologi til biologi på C-niveau på STX og HTX, samt kernestof til NF på HF.

Det svarer til følgende formuleringer i Undervisningsministeriets læreplaner fra 2017:

”Samspil mellem arter og mellem arter og deres omgivende miljø”

”Biodiversitet”

”Biokemiske processer: fotosyntese, respiration” (kun STX og HTX)

”Energistrømme” (kun STX og HTX)

”C-kredsløb” (kun STX)

Materialet kan dække biologi på B-niveau ved at supplere med Opdag Havets miljøtema om eutrofiering, hvor følgende formuleringer i 2017-læreplanerne bliver behandlet:

”N- og P-kredsløb” (STX) og ”eksempler på stofkredsløb” (HTX)



UNDERSVISING

OPDAG
HAVET

TIL BIOLOGI PÅ C-NIVEAU

GRUNDBOG I ØKOLOGI



1. INTRODUKTION

1.1 HAVET - VORES FORTID OG FREMTID

Dine forfædre var små organismer, der levede i havet for 3,5 milliarder år siden. De var det første liv på jorden og med evolution som drivkraft, gav de ophav til alt det liv, vi kender.

I dag, milliarder af år senere, rummer Danmarks havområder en mangfoldig natur med alt fra koraldyr og gråsæler til pighajer.

Uden at vi tænker over det, påvirker havet os hver eneste dag. Det har for eksempel indflydelse på, hvor varmt det bliver i din sommerferie, og hvor koldt det er om vinteren. Det gælder ikke kun vejret i Danmark, for mere end 70 procent af jordens overflade er dækket af hav, og cirkulationen af havets vandmasser har betydning for klimaet på hele jordkloden.

Med global opvarmning stiger temperaturen i vores havområder og på land, og vi risikerer, at vandstanden stiger så meget, at store dele af Danmark bliver oversvømmet i fremtiden.



1.1. Stime af Tobis ved Bornholm.

Samtidig er flere milliarder mennesker afhængige af mad fra havet, som også stadig rummer uudforskede områder med undersøiske vulkaner, tusindvis af bjerge og ukendte arter. Måske kan de hjælpe os med at løse fremtidens udfordringer med at finde ny medicin, vedvarende energi eller noget helt tredje.

Havet spiller en afgørende rolle for os og vores fremtid, men hvordan påvirker vi havmiljøet?

Hvert år tilfører vi tonsvis af plastik til Danmarks havområder, og en del af den plastik bliver spist af havets dyr, som tror, at det er mad. Man kan også finde menneskeskabte giftstoffer i alt fra den mindste alge til den største hval, og samtidig kan dyr på havbunden risikere at dø af iltmangel, når næringsstoffer fra vores fødevareproduktion ender i havet.

Spørgsmålet er, hvordan vores havmiljø skal være fremover. Det har vi selv indflydelse på, og derfor er det vigtigt at forstå, hvordan havet fungerer som økosystem.



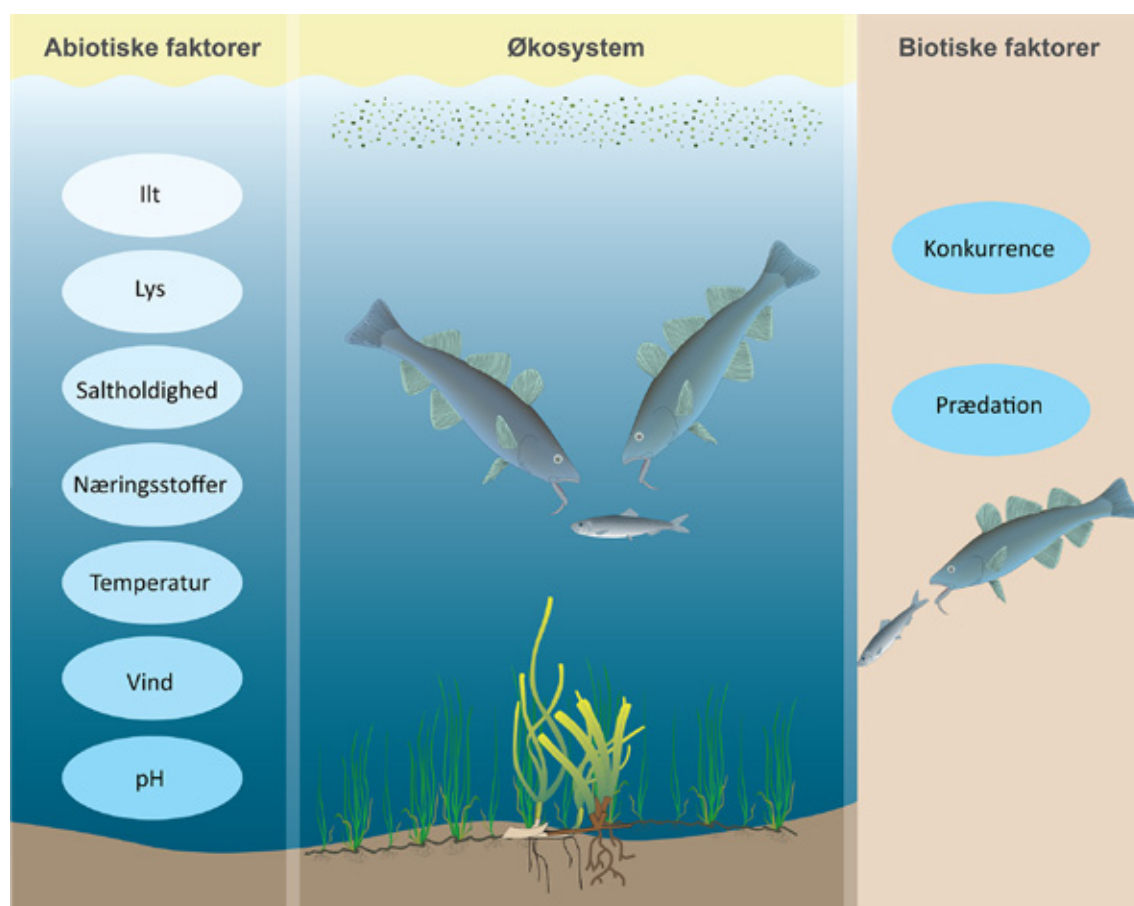
2. ØKOSYSTEMERS OPBYGNING

2.1 ABIOTISKE OG BIOTISKE FAKTORER

I Danmark finder vi nogle af vores største økosystemer under havets overflade. Et økosystem er et afgrænset område i naturen, hvor organismer lever i samspil med deres omgivende miljø. Man kan betragte hele jorden som et samlet økosystem, men det kan også være en skov, et ocean eller en spand med vand og gamle blade, som du har glemt i haven.

Ligesom vi mennesker har brug for vand og ilt, så bliver organismerne i et økosystem også påvirket af fysiske og kemiske forhold i deres miljø. Vi kalder det de abiotiske faktorer. Abiotisk betyder ikke-levende. Lys er et eksempel på en abiotisk faktor, der spiller en afgørende rolle for havplanter, fordi de har brug for lys for at kunne lave fotosyntese og vokse.

På figuren nedenfor kan du se, at abiotiske faktorer i havet for eksempel også kan være vind, temperatur, ilt, næringsstoffer og saltholdighed.



2.1. Eksempler på abiotiske og biotiske faktorer i havet.

De abiotiske forhold danner hele grundlaget for et økosystem, og de forhold er organismerne nødt til at være tilpasset for at kunne overleve, vokse og formere sig. Men det er ikke nok. De skal også kunne klare sig i samspil med de andre organismer i økosystemet.

I havet kan planktonalger, der er små organismer, som bruger solens lys til fotosyntese, blive udsat for prædation. Det vil sige, at de bliver spist af et dyr. Men planktonalger i vandet kan også skygge for lyset, så havplanter nede på havbunden ikke kan få lys nok til deres fotosyntese. Man siger, at der er konkurrence om lyset. På samme måde kan der være konkurrence, hvis to fisk jager den samme fisk, som det er vist på figur 2.1.

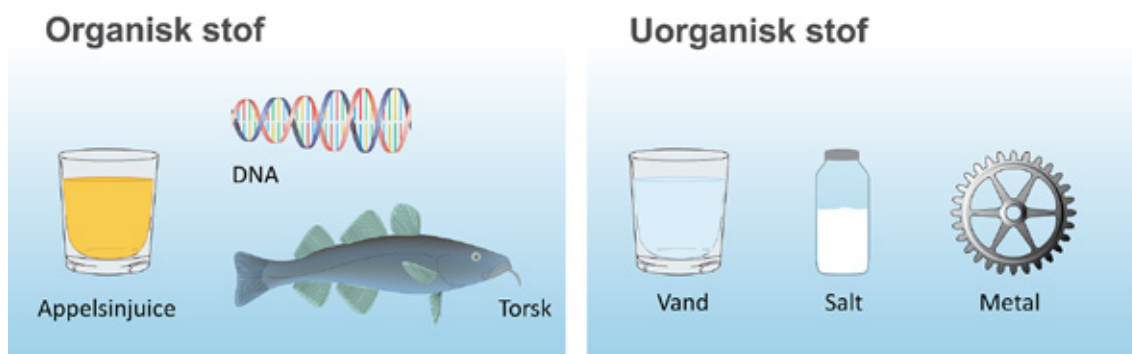
Prædation og konkurrence er eksempler på faktorer, der skyldes samspillet mellem levende organismer. Biotisk betyder levende, og derfor kaldes prædation og konkurrence for biotiske faktorer.

Organismerne i jordens økosystemer er altså påvirket af biotiske og abiotiske faktorer. Samtidig er en del af dem i stand til at danne organisk stof ud fra uorganisk stof, og de kaldes for primærproducenter.

2.2 PRIMÆRPRODUCENTER

Organisk stof er dannet af levende organismer. Du er bygget af organisk stof. Det er den mad, du spiser, og den levende natur omkring dig også. I organisk stof finder man molekyler, der er bygget op omkring kulstof (C) og indeholder grundstofferne hydrogen (H) og oxygen (O). Organiske molekyler kan også indeholde andre grundstoffer som for eksempel fosfor (P) og kvælstof (N). DNA, kulhydrater, fedt og proteiner er vigtige organiske stoffer.

Alt det, der ikke er organisk stof, er uorganisk stof. Det kan for eksempel være rene grundstoffer eller forbindelser som vand (H_2O) og kuldioxid (CO_2) eller nitrat (NO_3^-) og fosfat (PO_4^{3-}), som planter behøver for at kunne vokse.



2.2. Organisk stof og uorganisk stof.

For 4 milliarder år siden var der intet liv og næsten intet organisk stof på jorden, så hvordan er det blevet skabt, alt det organiske stof, som nutidens mennesker, dyr og planter er bygget af?

Det er naturligvis en længere forklaring, der hovedsageligt handler om primærproducenter. Som du allerede har læst, er primærproducenter organismer, der kan danne organisk stof ud fra uorganisk stof.

Planter er primærproducenter, fordi de kan producere organisk stof. Det gør de ved at bruge solens lysenergi til at danne organisk stof i form af glukose ($C_6H_{12}O_6$) ud fra kuldioxid (CO_2) og vand (H_2O), der er uorganiske molekyler. Samtidig bliver der frigivet ilt (O_2) i processen, der kaldes fotosyntese. Det kan du læse mere om i [afsnittet om fotosyntese](#).

Fotosyntese: $6CO_2 + 6H_2O + \text{lysenergi} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Selvom tang, havplanter og visse andre organismer er primærproducenter i havet, udgør planktonalger den vigtigste gruppe. Planktonalger er små fotosyntetiserende organismer, som på trods af deres ringe størrelse er nogle af de vigtigste producenter af organisk stof og ilt på jorden. Planktonalger er plankton, der er en fællesbetegnelse for planter og dyr, der bliver ført omkring med vandstrømme.

Planktonalger og jordens andre primærproducenter producerer det organiske stof, som alle andre organismer i sidste ende skal leve af. Derfor er de forudsætningen for alt andet liv på jorden og det første led i livets fødekæde. I alle andre fødekædeled finder vi økosystemernes konsumenter.

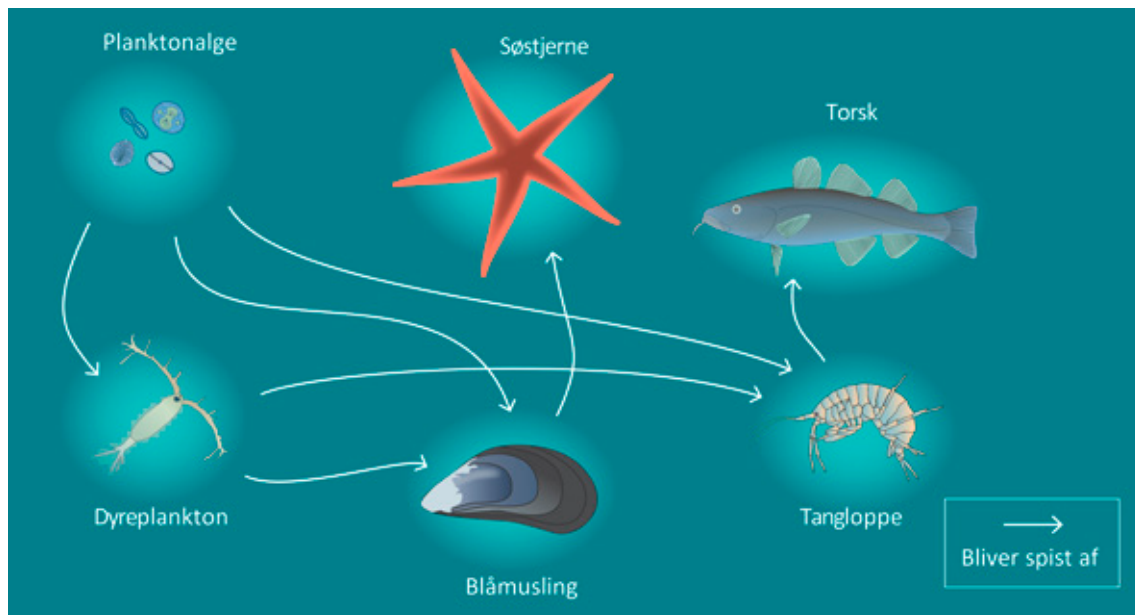
2.3 KONSUMENTER

Konsumenter er organismer, der lever af at æde andre organismer. Alle dyr fra de største hvaler til det mindste dyreplankton hører til konsumenterne. Dyreplankton er den del af planktonet, som består af dyr. Vandlopper og dafnier er dyreplankton ligesom fiskelarver og mange andre dyr. Dyreplankton er typisk mikroskopisk i størrelsen, og det meste dyreplankton lever af planktonalger.

En beskrivelse af, hvem der æder hvem, kaldes en fødekæde. Det kan være en planktonalge, der bliver spist af dyreplankton, som bliver spist af en reje, der bliver fanget af en torsk. I sådan en fødekæde er planktonalgen et eksempel på en primærproducent, dyreplankton hører til blandt planteæderne, og rejen og torsken er rovdyr.

Forestil dig, at planktonalgen i stedet bliver spist af en musling, som bliver spist af en søstjerne, der ender i maven på en fugl. I den fødekæde hører muslingen til blandt planteæderne, mens søstjernen og fuglen er rovdyr.

Når man skal beskrive hvilke dyr, der er afhængige af hinanden i et økosystem, bruger man tit betegnelsen fødenet. Som du kan se på figur 2.3 består et fødenet af et netværk af fødekæder.

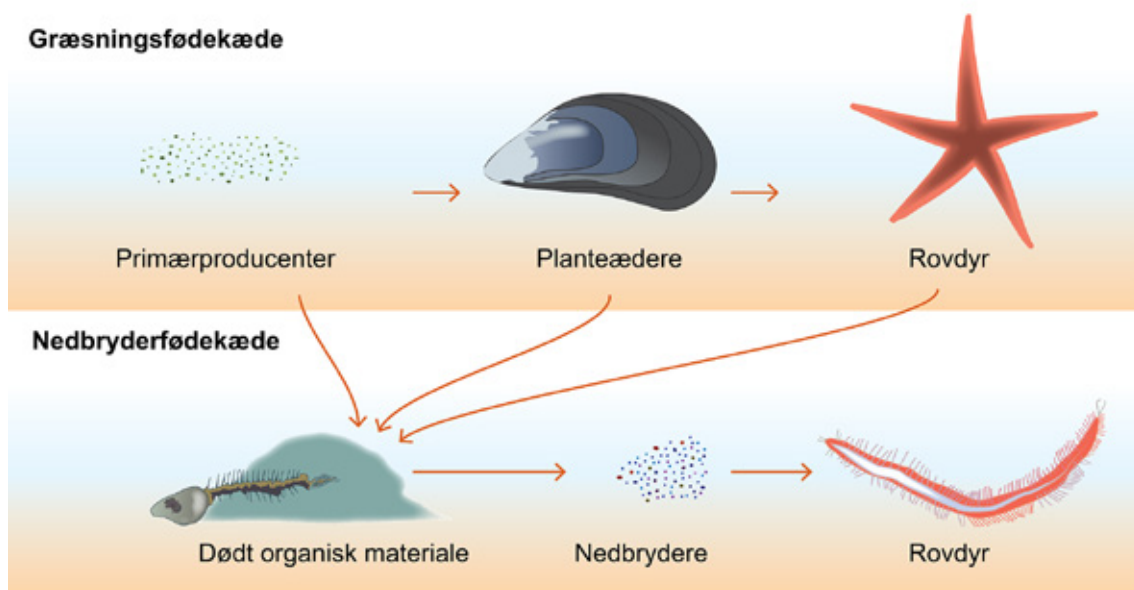


2.3. Fødenet.

En fødekæde, der tager udgangspunkt i noget levende, er en græsningsfødekæde. Eksemplet med planktonalgen, der bliver spist af en musling, som bliver spist af en søstjerne, der ender i maven på en fugl, er altså en græsningsfødekæde.

Men planktonalgen kan også dø, før den bliver spist af muslingen, og i stedet blive nedbrudt af en bakterie. En bakterie er her et eksempel på en nedbryder. Nedbrydere er organismer, som lever af dødt organisk materiale. Det kan for eksempel være svampe og bakterier, men større dyr som strandkrabber kan også høre til nedbryderne, hvis de spiser døde dyr.

Dødt organisk materiale består af rester af døde planter, dyr og mikroorganismer og bliver ofte kaldt for detritus. Hvis de første organismer i en fødekæde æder dødt organisk materiale, er det en nedbryderfødekæde. Figur 2.4 viser en nedbryderfødekæde og en græsningsfødekæde.



2.4. Græsningfødekæde og nedbryderfødekæde.

I en nedbryderfødekæde, hvor organisk stof for eksempel bliver nedbrudt af bakterier, som bliver spist af en børsteorm, bliver der frigivet næringsstoffer som en del af nedbrydningsprocessen. Næringsstofferne kan være grundstoffer som fosfor (P) og kvælstof (N), der har været bundet i det døde organiske materiale.

Da fosfor er en del af DNA, og kvælstof både indgår i protein og DNA, har planktonalger og andre organismer brug for næringsstoffer. De næringsstoffer, der er blevet frigivet fra det døde organiske materiale, vil igen kunne optages af primærproducenter, og derfor udgør nedbryderfødekæden et vigtigt led i økosystemernes cirkulation af næringsstoffer. I økologi er det ofte næringsstofferne kvælstof og fosfor, som er i fokus.

Planteædere, nedbrydere og rovdyr bliver tilsammen kaldt for økosystemets konsumenter. Livets fødekæde starter altså med primærproducenterne, mens alle andre led består af konsumenter.

AUTOTROF OG HETEROTROF

Primærproducenter er autotrofe. Autotrof er en betegnelse for organismer, der ernærer sig ved selv at opbygge organisk materiale ud fra uorganisk materiale. Det er netop det, der sker i fotosyntesen, når planter og planktonalger bruger solens lysenergi til at danne organisk stof i form af glukose ud fra de uorganiske molekyler kuldioxid og vand. Derfor er planter og planktonalger autotrofe.

Der findes også heterotrofe organismer. De kan ikke opbygge organisk stof ud fra uorganisk stof, og derfor er de afhængige af, at andre organismer har produceret organisk stof, som de kan indtage. Når en søstjerne for eksempel spiser muslinger, eller bakterier nedbryder døde planktonalger, er det for at skaffe organisk stof. Du hører til de heterotrofe organismer ligesom alle dyr, svampe og mange bakterier.

3. ENERGI OG VÆKST

3.1 FOTOSYNTSE OG RESPIRATION

For tre milliarder år siden var der så lidt ilt i atmosfæren, at det meste af det liv, vi kender, ikke havde kunnet leve på jorden. I dag, milliarder af år senere, får du ilt i lungerne, når du trækker vejret, og den ilt er blevet frigivet i fotosyntesen.

Alle planter, alger og visse bakterier kan lave fotosyntese. I planter foregår fotosyntesen i grønkorn, som også bliver kaldt for kloroplaster. Grønkornene indeholder klorofyl, der er et særligt pigment, som planten kan bruge til at udnytte energi i sollys. I nogle planter kan du se, at grønkornene ligger inde i plantecellerne, hvis du bruger et mikroskop.

I fotosyntesen bliver energi fra sollys brugt i en reaktion mellem kuldioxid (CO_2) og vand (H_2O), så der bliver dannet glukose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Samtidig frigives ilt (O_2) som affaldsprodukt.

Fotosyntese



Når du ser på reaktionsligningen ovenfor, undrer du dig måske over, hvad der sker med lysenergien, som du kun kan se på den venstre side af pilen. Lysenergien bliver omdannet til biokemisk energi, der er oplagret i glukosemolekylet ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), og det er derfor, du ikke kan se lysenergien i højre side af reaktionsligningen.

Planter kan bruge glukose fra fotosyntesen, når de skal danne andre organiske stoffer som for eksempel stivelse, proteiner og fedtstoffer, men de kan også omsætte glukosemolekylet til energi i en proces, som hedder respiration.

Du er ligesom planter og alle andre levende væsener nødt til at udføre respiration for at leve. Det er sådan, organismer skaffer sig den energi, der skal til for, at de kan overleve og reproducere sig. Energien fra respiration bliver brugt til at drive nogle energikrævende processer, som kaldes livsprocesser. Bevægelse, vedligeholdelse af celler og vækst er eksempler på livsprocesser.

Respiration foregår i cellerne, og hos planter og dyr sker respiration i nogle cellestrukturer, der hedder mitokondrier.

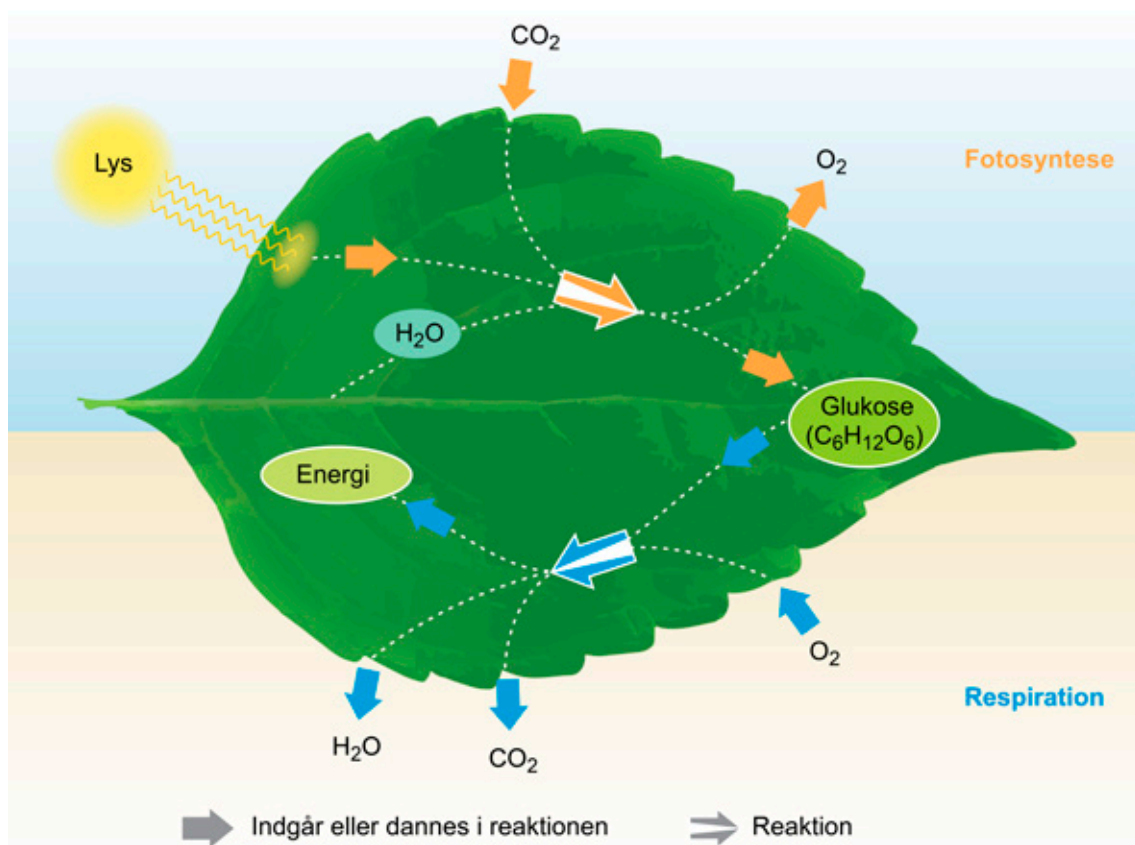
I ligningen nedenfor kan du se, hvordan respiration foregår hos mange organismer. Her bliver glukose ($C_6H_{12}O_6$) omdannet til kuldioxid (CO_2) og vand (H_2O) under forbrug af ilt (O_2). Samtidig frigøres energi, som bliver brugt til at danne ATP (adenosintrifosfat) ud fra ADP (adenosindifosfat) og en fosfatgruppe (P_i).

Respiration



ATP er et molekyle, som kan levere energi til livsprocesser i cellerne, og når du trækker vejret, er det blandt andet for at få ilt til respirationsprocessen, så du kan danne ATP.

Hvis du sammenligner fotosyntese og respirationsligningerne, kan du se, at nogle af de stoffer, som bliver produceret i den ene proces, bliver udnyttet i den anden proces. Figur 3.1 viser for eksempel, at fotosyntesen forbruger kuldioxid og vand, mens respirationsprocessen producerer kuldioxid og vand.



3.1. Fotosyntese og respiration.

En anden vigtig forskel på de to processer er, at respiration ikke kræver lys, og derfor kan processen foregå hele tiden. Til sammenligning kan fotosyntese kun foregå, når der er lys. Husk også, at primærproducenter er de eneste, der kan udføre fotosyntese.

Du kan selv undersøge fotosyntese og respiration i laboratoriet.



ØVELSE: FOTOSYNTSE OG RESPIRATION

Formålet med respiration er altså at skaffe energi i form af ATP, og en del af den ATP bliver anvendt til vækst.

3.2 VÆKST OG BEGRÆSENDE FAKTORER

Når planter og planktonalger vokser bliver glukose fra fotosyntesen brugt til at producere byggematerialer i cellerne. Men planterne og planktonalgerne er også nødt til at få tilført andre nødvendige byggematerialer udefra. Det gælder for eksempel næringsstoffet fosfor (P), som er en del af DNA og næringsstoffet kvælstof (N), der både indgår i protein og DNA.

Planter og planktonalger får hovedsageligt kvælstof (N) fra nitrat (NO_3^-) og fosfor (P) fra fosfat (PO_4^{3-}). Hvis en organisme mangler næringsstoffer, bliver dens vækst hæmmet. Det kan for eksempel ske for en plante, der har jord, vand, fosfor og lys, men ikke kan vokse, fordi den mangler kvælstof.

En faktor i miljøet, der begrænser organismers vækst, er en begrænsende faktor. I eksemplet, hvor planten mangler kvælstof for at kunne vokse, er kvælstof en begrænsende faktor.

Det er ikke altid, at det er kvælstof, der begrænser væksten. Forestil dig en planktonalge, der har rigeligt kvælstof og fosfor, men som mangler sollys for at kunne vokse. Her vil sollys være den begrænsende faktor.

Vækst kan blive begrænset af mange forskellige faktorer som for eksempel vand, saltholdighed og pH. I havet er det særligt næringsstoffer og lys, der begrænser planktonalgernes vækst.

Se filmen, og bliv klogere på begrænsende faktorer.



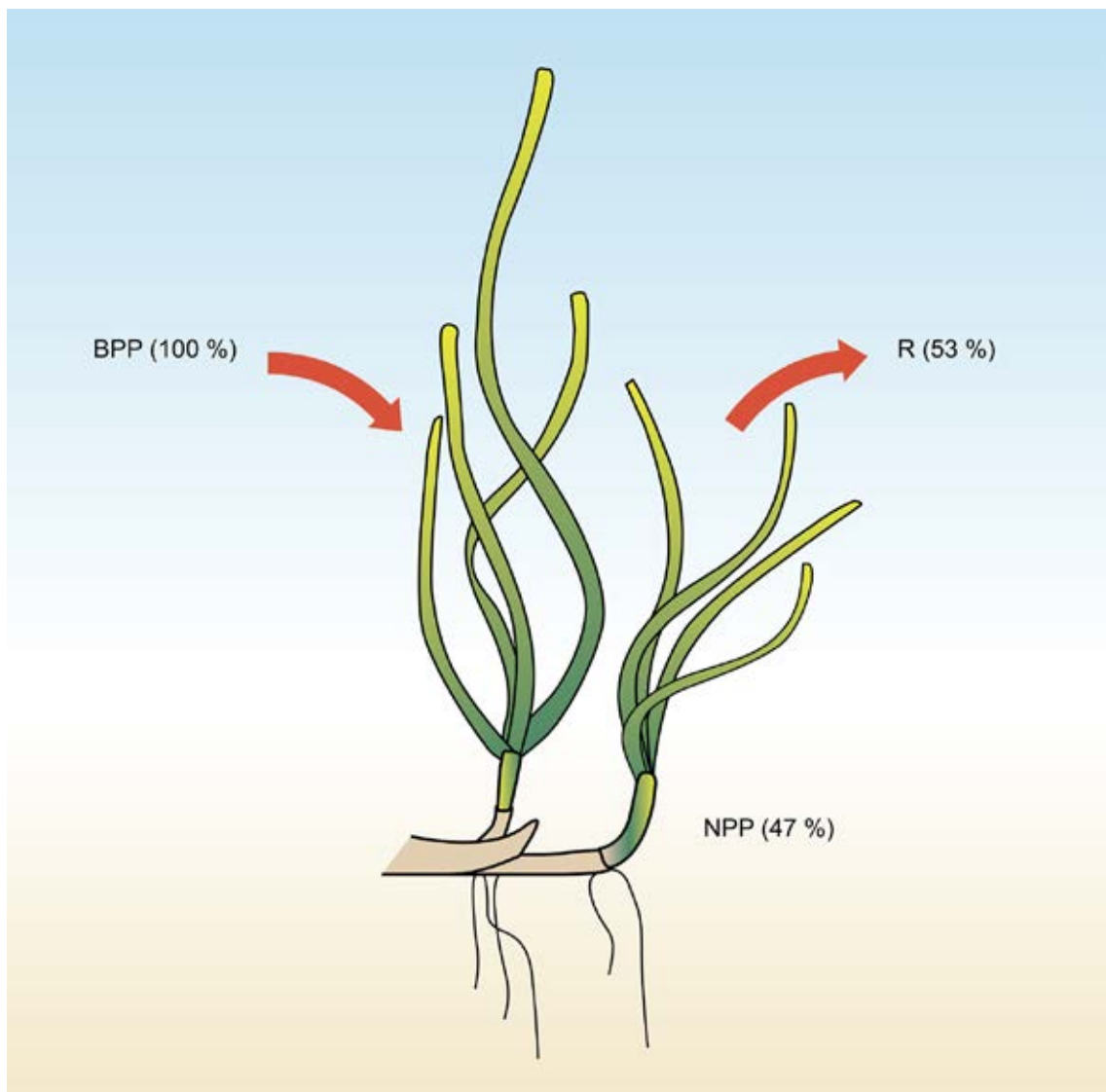
VIDEO: BEGRÆSENDE FAKTORER

Når man skal beskrive vækst hos planter og planktonalger i et økosystem, bruger man betegnelsen nettoprimærproduktion, som forkortes NPP. Det er den del af produktionen af organisk materiale i fotosyntesen, som planter og planktonalger kan bruge til at vokse og danne nyt afkom, når energiudgifterne til respiration er dækket.

Den samlede produktion af organisk materiale i fotosyntesen kaldes bruttoprimærproduktion, som forkortes BPP.

Sammenhængen er vist på figur 3.2 og nedenfor.

Nettoprimærproduktion (NPP) = Bruttoprimærproduktion (BPP) - Respiration (R)



3.2. Primærproduktion og respiration hos ålegræs.

Når du skal huske forskellen på brutto og netto, så tænk på en lønseddel. Her står der et bruttobeløb, som er det, du har tjent, og et mindre nettobeløb, som er det, du får udbetalt, når udgifter til for eksempel skat er dækket. Det samme princip gælder for ålegræsplanten på figur 3.2, hvor nettoprimærproduktionen er det, der er tilbage af bruttoprimærproduktionen, når udgifterne til respiration er dækket.

Nettoprimærproduktionen svarer altså til den mængde organisk stof, der bliver opbygget i primærproducenter. Dermed udgør nettoprimærproduktionen fødegrundlaget for de konsumenter, der er i det næste led i fødekæden.

Du hører til konsumenterne, og ligesom alle andre konsumenter, har du brug for at få tilført organisk materiale for at vokse. Det får du ved at spise andre organismer. Konsumenter bruger en del af det organiske materiale fra føden til vækst og til at danne nyt afkom, og det kaldes for produktion. Derudover omdannes en del af det organiske materiale til energi ved respiration. Endelig er der en del af føden, som ikke bliver udnyttet og ender som afføring.

Sammenhængen for konsumenters brug af føde er vist nedenfor.

Indtaget føde = produktion + respiration + afføring

Enhver konsument udnytter altså kun en del af sin føde til vækst, og det har betydning for, hvordan energien bliver fordelt i jordens økosystemer.

3.3 ENERGISTRØMME

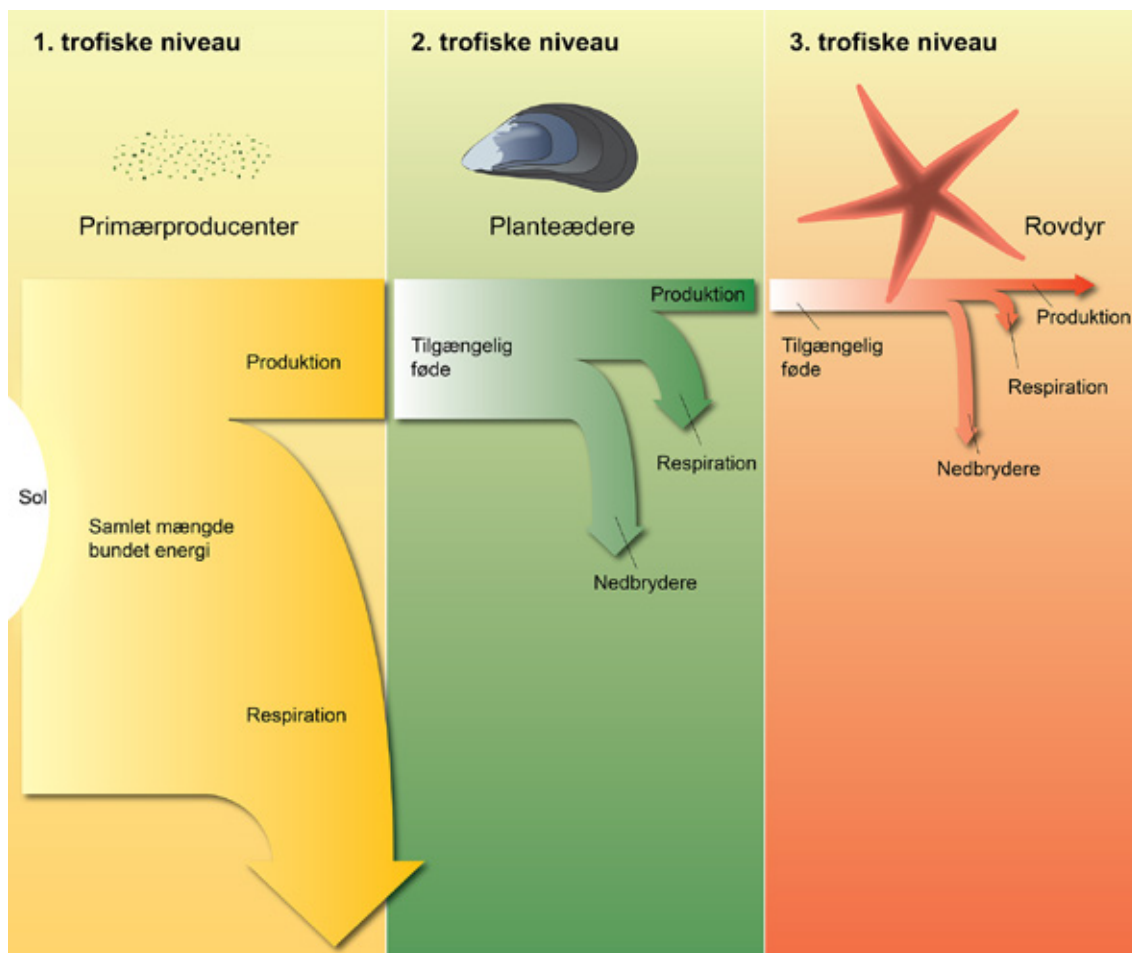
Når planktonalger og planter bruger solens lys til fotosyntese, binder de en del af energien fra sollyset. I en fødekæde, hvor en planktonalge bliver spist af en musling, som bliver spist af en søstjerne, vil en del af den energi, der oprindeligt stammede fra sollyset, blive transporteret gennem fødekædens forskellige led. Sådan strømmer energien igennem de fleste af jordens økosystemer.

Klik på filmen nedenfor, inden du læser videre, og få en forklaring på, hvordan det foregår.



VIDEO: ENERGISTRØMME I ØKOSYSTEMER

Som du kan se på figur 3.3, kan man inddele fødekæder i forskellige led, og hvert led udgør et trofisk niveau. Planktonalgen hører til primærproducenterne på 1. trofiske niveau, muslingen, der spiser planktonalgen, hører til planteæderne på 2. trofiske niveau, og søstjernen er et rovdyr på det 3. trofiske niveau.



3.3. Energistrøm i et økosystem. Størrelsesforholdene på figuren passer ikke helt.

I de fleste økosystemer kan primærproducenter på 1. trofiske niveau binde energi fra sollys ved hjælp af fotosyntese.

Figur 3.3 viser også, at primærproducenterne på 1. trofiske niveau bruger en del af energien fra sollyset til respiration, og den energi bliver i sidste ende omdannet til varme og tabt til omgivelserne. Men der er også en del af energien fra solens lys, som ikke går tabt. I stedet bliver den brugt til vækst og til at danne nyt afkom, og den del bliver kaldt for produktion. Det er kun den energi, der er bundet i produktionen, som er tilgængelig som føde for planteæderne på det 2. trofiske niveau. Resten af den energi, som primærproducenterne fik fra solens lys, er tabt ud af fødekæden.

Når planteæderne på det 2. trofiske niveau spiser af produktionen fra det 1. trofiske niveau, bliver noget af energien transporteret videre i fødekæden, og en del af den energi bliver brugt til produktion. Ligesom på det 1. trofiske niveau går en del af energien til respiration, og den energi bliver i sidste ende tabt som varme. Samtidig er der en sidste pulje af energi, der bliver tabt til nedbryderfødekæden. Det sker, dels fordi en del af energien stadig er bundet i organisk

materiale, som bliver udskilt som afføring, og dels fordi det slet ikke er hele produktionen fra det 1. trofiske niveau, som planteæderne når at spise.

Det er kun den energi, der er bundet i produktionen fra det 2. trofiske niveau, som er tilgængelig for rovdyrene på det 3. trofiske niveau. Her sker det samme igen. På det 3. trofiske niveau bliver en del af energien tabt til nedbryderfødekæden og til respiration, mens den sidste energi bliver bundet i produktionen.



3.4. Sæler er ofte sidste led i fødekæden i de danske havområder.

Når solens energi strømmer gennem de forskellige led i fødekæden, bliver der altså tabt en del energi undervejs, og derfor bliver produktionen mindre og mindre, jo længere op man kommer i fødekæden. I mange økosystemer bliver 90 procent af energien tabt fra hvert trofiske niveau, og så er der kun 10 procent af energien tilbage til det næste trofiske niveau.

Når produktionen bliver mindre for hvert led i fødekæden, bliver fødegrundlaget også mindre. Derfor er der til sidst ikke energi nok til flere led i fødekæden, og det er en af grundene til, at de fleste fødekæder kun har 3 til 6 led.

En del af den energi, der strømmer gennem jordens økosystemer, bliver bundet i økosystemets organismer sammen med kulstof og andre grundstoffer. Når en organisme bliver spist, passerer stofferne gennem fødekæden. Derfor spiller fødekæder ikke kun en vigtig rolle for energistrømme i jordens økosystemer, men også for forskellige stoffers kredsløb. Det kan du læse om i næste kapitel, som handler om stofkredsløb.

4. STOFKREDSLØB

4.1 KULSTOFKREDSLØBET

Kulstof findes i luft, i sten, i jord, i havet og i hver eneste af dine celler. Alt liv indeholder kulstof, og derfor er det vigtigt at forstå, hvordan kulstof cirkulerer i det, der kaldes kulstofkredsløbet.

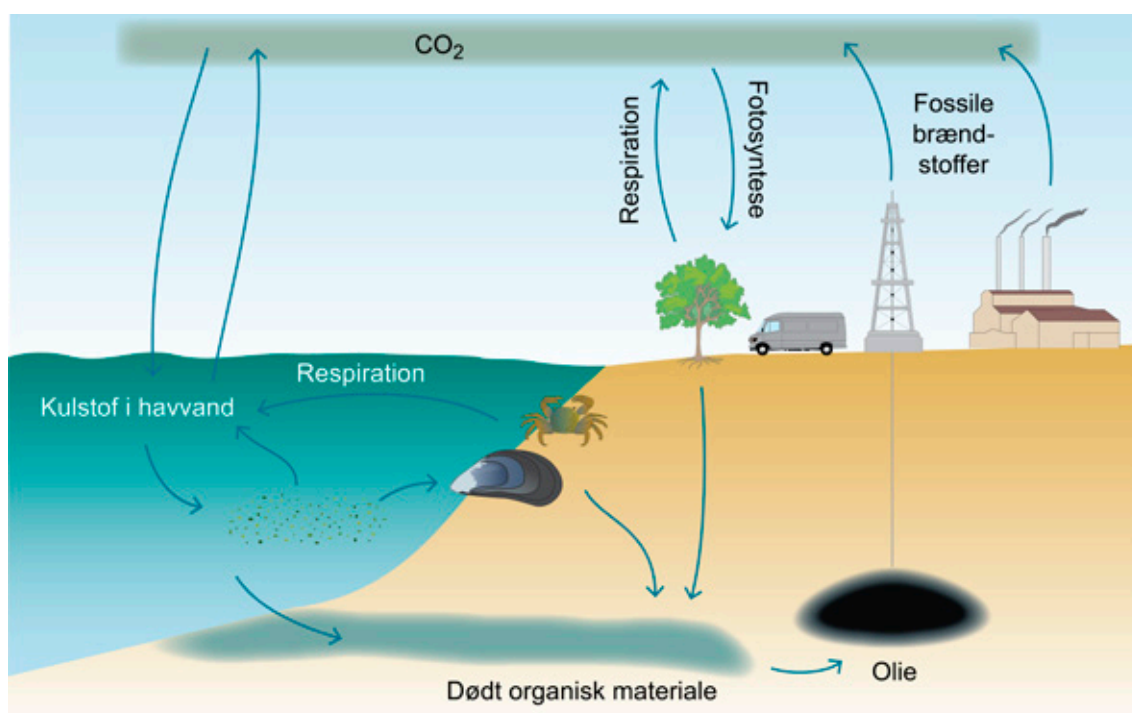
Kulstof er det samme som grundstoffet C. Som du kan se på figur 4.1, er kulstof blandt andet bundet i CO₂ i atmosfæren. Når planktonalger og andre primærproducenter udfører fotosyntese, binder de en del af atmosfærens kulstof.

Fotosyntese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lysenergi} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Det kulstof, som er bundet i primærproducenterne, kan passere gennem fødekæderne via konsumenter. Undervejs foregår respiration, hvor kulstof bliver frigivet til atmosfæren i form af CO₂.

Respiration: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Der er også en pulje af kulstof i undergrunden, som er bundet i dødt organisk materiale, der ikke bliver nedbrudt af konsumenterne i nedbryderfødekæden. Det vil på lang sigt blive omdannet til kul, olie og gas, som vi kan bruge som fossile brændstoffer.



4.1. Kulstofkredsløbet.

Når vi bruger benzin i bilen eller flyver på ferie, brænder vi fossile brændstoffer af. Det medvirker til, at CO_2 -indholdet i atmosfæren stiger. Ligesom mange andre gasser kan CO_2 opløses i vand. Da der er en ligevægt mellem CO_2 i atmosfæren og CO_2 i havet, betyder en stigning af CO_2 i atmosfæren, at CO_2 -koncentrationen i havet stiger. Spørgsmålet er, hvordan det påvirker vores havområder.

4.1.1 FORSURING

Når mere CO_2 bliver opløst i havet, sker der nogle kemiske reaktioner, som får pH-værdien i havvand til at falde. Man siger, at vandet i havet bliver mere surt, og derfor kaldes processen for forsuring.

Prøv selv at forsure vand.



ØVELSE: FORSURING AF VERDENSHAVENE

I fremtiden kan de ændringer, der sker i havets kemi, gøre det sværere for havdyr som snegle, muslinger og koraller at bygge skaller og skeletter af kalk, og derfor kan de få sværere ved at klare sig i havet.

Du kan læse mere i [miljøtemaet om forsuring](#) og selv undersøge, hvad der sker med kalkskaller, når vand bliver for surt.



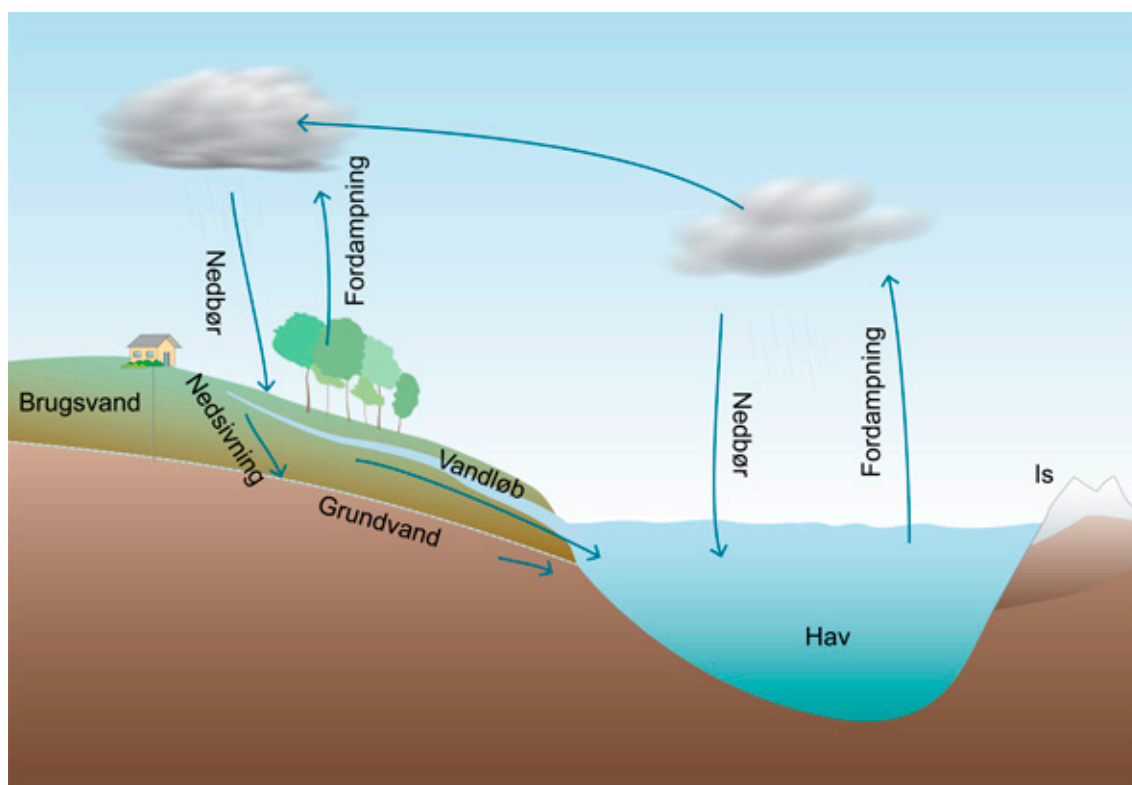
ØVELSE: PÅVIRKER FORSURING HAVDYR?

Det er ikke kun kulstofs kredsløb, der kan have betydning for miljøtilstanden i havet. Det har vands kredsløb også.



4.2 VANDS KREDSLØB

Mere end 50 procent af din krop består af vand, men det er intet mod den mængde, der er i havet, som rummer 97 procent af alt vand på jorden. Vandet fra havet indgår i et globalt kredsløb, hvor det blandt andet cirkulerer mellem atmosfæren, søer, vandløb og grundvand eller bliver bundet i ismasser ved polerne.



4.2. Vands kredsløb.

Du har sikkert lagt mærke til, at både regnvand og vandet i åer og floder er ferskvand. På figur 4.2 kan du se, at havet får tilført store mængder ferskvand med nedbør og overfladeafstrømning fra landjorden. Men når havet får tilført ferskvand, hvordan kan det så være, at havvand er salt?

Forklaringen er, at der bliver opløst salte og andre stoffer fra jordskorpen i det vand, der strømmer hen over landjorden, og som til sidst ender i havet. Samtidig fordamper der mere vand fra havoverfladen, end der falder som nedbør i havet. Når vandet fordamper, bliver saltene tilbage, og det får saltkoncentrationen til at stige i havvandet. Det er en langsom proces, og derfor har det taget millioner af år at nå op på den saltholdighed, der er i havene i dag.

I det næste kapitel kan du læse, hvordan saltholdighed påvirker biodiversiteten i havet.

5. BIODIVERSITET OG LEVEVILKÅR

5.1 BIODIVERSITET

Havtasker, sømrokker, brødkrummesvampe og søpølses, der findes mere end 35.000 arter i Danmark, og en del af dem lever i havet.

Når man skal beskrive antallet af arter inden for et område, taler man om biodiversitet, som betyder biologisk mangfoldighed. Hvis der er mange forskellige arter, er biodiversiteten høj, mens den er lav, hvis der er få arter.

Forskellige arter er forskelligt tilpasset det miljø, de lever i. Man siger, at deres økologiske tilpasning er forskellig. Økologisk tilpasning er en evolutionær proces, som er foregået siden det første liv opstod på jorden for 3,5 milliarder år siden, og det er sådan, at organismer tilpasses deres naturlige omgivelser. Derfor er de fleste fysiologiske træk resultatet af økologisk tilpasning.

Rødspættens flade form og evne til at kamuflere sig er eksempler på tilpasninger, der gør det nemmere at overleve på havbunden.



5.1. Fladfisk.

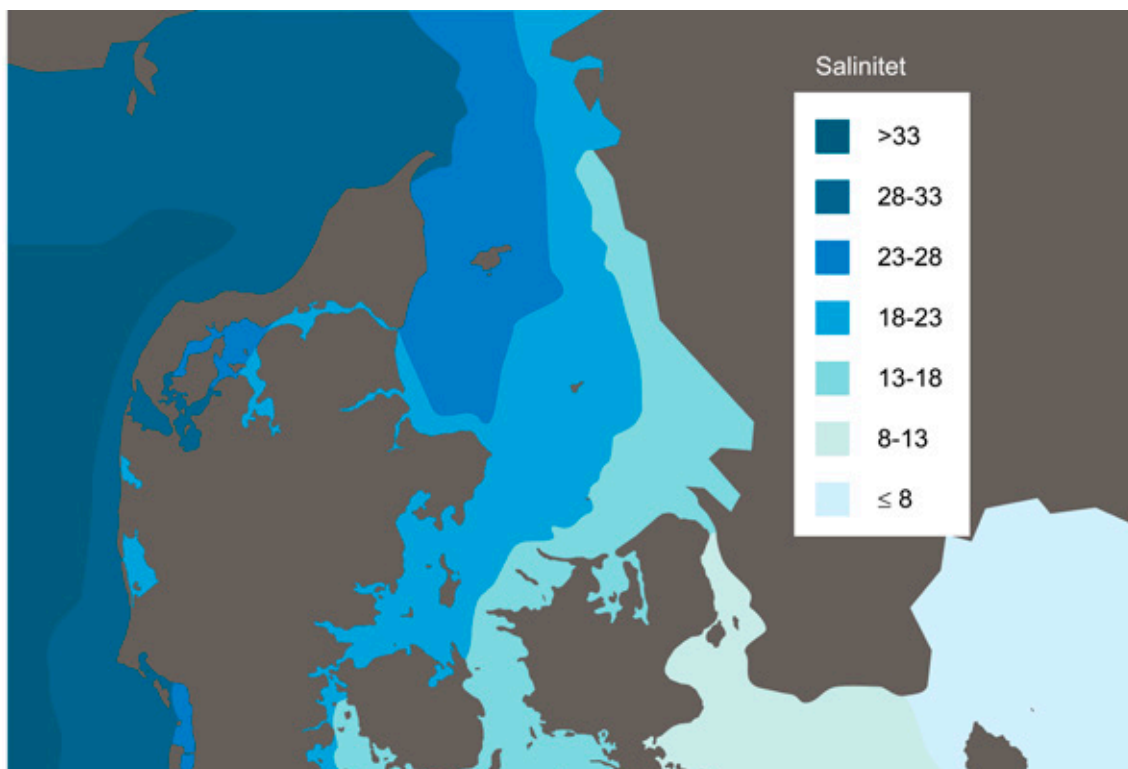
I økosystemer med høj biodiversitet er der typisk flere arter, som udfører de samme funktioner, men da de er forskelligt tilpasset, kan de blive påvirket forskelligt af miljøforandringer. Hvis der sker forandringer i miljøet, som gør, at en art ikke kan overleve, er der med andre ord stor sandsynlighed for, at der er en anden art, som kan tage over, hvis biodiversiteten er høj. Derfor er økosystemer med høj biodiversitet typisk mere modstandsdygtige over for miljøforandringer end økosystemer med lav biodiversitet.

Når du spiser sunde fisk og skaldyr eller tager til stranden og bliver mødt af et flag, der viser, at badevandet er rent, tænker du måske ikke over, at det kun kan lade sig gøre, når havets økosystemer er i balance. Her kan biodiversitet spille en vigtig rolle, fordi biodiversitet har indflydelse på stabiliteten i vores havmiljø og på, hvordan vi kan bruge havet som ressource.

Der er mange forskellige forhold, som påvirker biodiversiteten i havet, blandt andet saltholdighed.

5.2 SALTHOLDIGHED

Du har måske oplevet, at det svier mere i øjnene, når du bader i Vesterhavet, end det gør ved Bornholm. Det er fordi, der er forskel på vandets saltholdighed. I de store åbne oceaner har havvand en saltholdighed på cirka 35 promille, men som du kan se på figur 5.2, er saltholdigheden lavere i mange af Danmarks havområder.



5.2. Saltholdigheden i overfladen i de danske farvande. Saltholdighed måles ofte i promille. Efter data fra DCE 2012.

Årsagen til den lavere saltholdighed er, at ferskvand strømmer fra land og ud i havet. Der er for eksempel blevet tilført meget ferskvand fra land til det havvand, der befinder sig omkring Bornholm, og derfor er saltholdigheden kun omkring 10 promille. Samtidig kan man finde en saltholdighed på over 30 promille ved Vesterhavet, hvor ferskvandspåvirkningen er mindre.

Det er ikke kun din øjne, der bliver påvirket af havets saltholdighed. Det gælder også havets dyr og planter. Mange arter kan slet ikke undvære en vis mængde salt, fordi de er tilpasset et liv i saltvand. Derfor vil biodiversiteten typisk være lavere i havområder, hvor saltholdigheden er lav og svingende sammenlignet med områder med høj og stabil saltholdighed.

Saltholdighed er altså en vigtig abiotisk faktor med stor indflydelse på biodiversitet. En anden vigtig abiotisk faktor er ilt.

5.3 ILT OG ILTSVIND

Det kan være sværere for dyr i havet at skaffe nok ilt end for dyr på land, da de fleste havdyr optager ilt direkte fra det omgivende vand. Årsagen er, at ilt bliver transporteret 10.000 gange langsommere i vand end i luft. Samtidig har flere abiotiske faktorer indflydelse på iltkoncentrationen i havvand. En af dem er vind, der er med til at skabe omrøring. Jo mere omrøring der er, jo mere vand kommer i kontakt med luften. Derfor bliver der overført mere ilt til havet fra luften, når det blæser.

En anden vigtig abiotisk faktor er vandets temperatur. Jo varmere vand er, jo mindre ilt kan der opløses i vandet. Derudover forløber respiration og andre processer i cellerne hurtigere i varmt vand, og derfor stiger dyrenes iltforbrug med temperaturen. Varmere vand betyder altså både, at iltkoncentrationen i vandet falder, og at dyrene har brug for mere ilt. Det er en uheldig kombination, som kan føre til, at flere dyr kan få svært ved at skaffe sig nok ilt, hvis vandtemperaturen stiger som følge af global opvarmning.

I laboratoriet kan du selv undersøge, hvordan temperatur påvirker havdyrs iltforbrug.

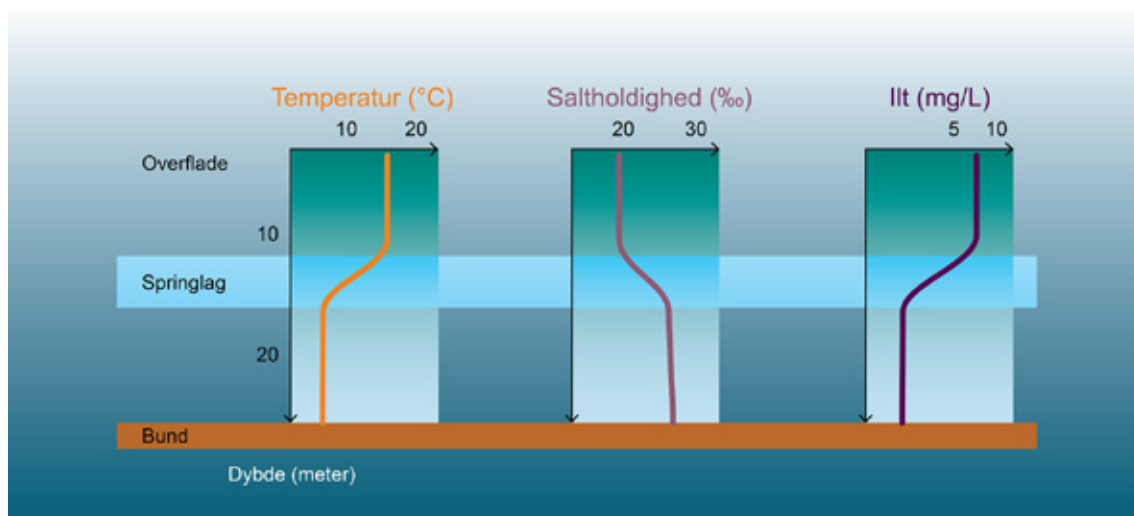


ØVELSE: RESPIRATION HOS HAVDYR

Når du bader ved stranden, har du sikkert lagt mærke til, at vandet ved bunden nogle gange er koldere end vandet i overfladen. Vands massefylde stiger, når temperaturen falder, og er højest ved cirka 4 grader C. Jo højere massefylden er, jo tungere er vandet, og derfor kan du opleve, at vandet er koldest ved bunden.

På dybere vand kan der opstå et grænselag mellem de to vandmasser, som man kalder et springlag. Et springlag virker nærmest som et låg, der bliver lagt over bundvandet. Konsekvensen er, at der stort set ikke bliver transporteret vand, ilt og andre stoffer mellem den øvre og den nedre vandmasse.

Som du kan se på figur 5.3, kan springlag også opstå, når vandmasser har forskelligt indhold af salt, fordi salt påvirker vands massefylde. Når der bliver opløst mere salt i vandet, bliver det tungere. Derfor kan der blive dannet et springlag i en vandsøjle, hvor den nedre vandmasse består af tungt saltholdigt vand, mens den øvre vandmasse består af lettere vand med lav saltholdighed.

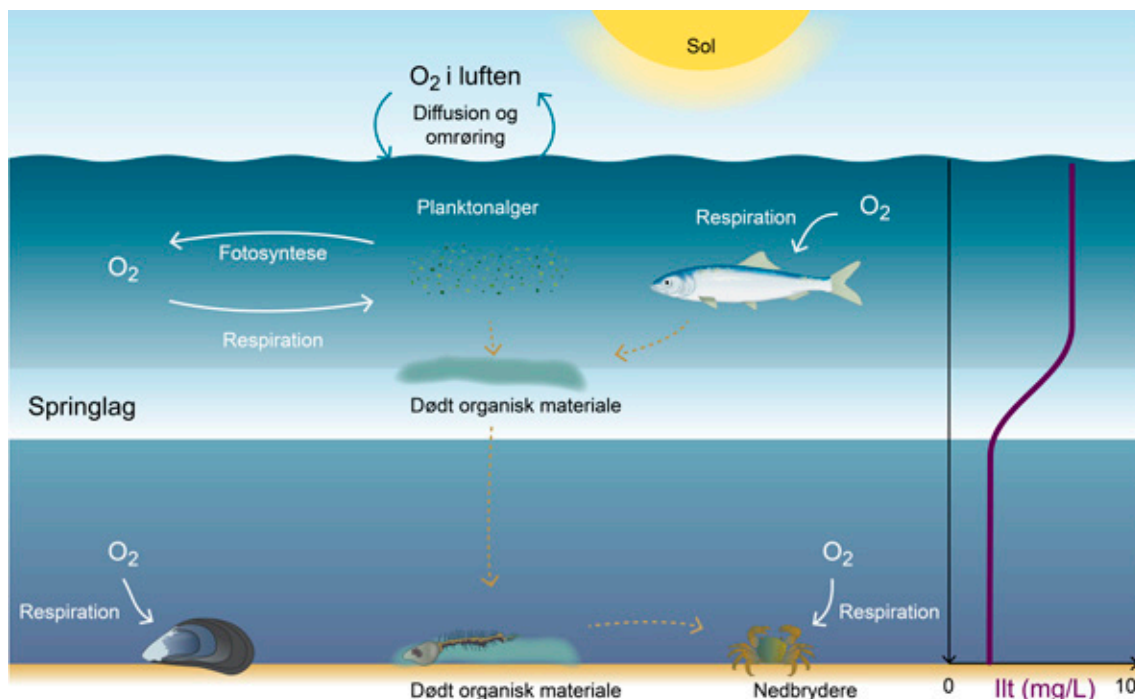


5.3. Temperatur, saltholdighed og iltindhold i en vandsøjle med springlag.

Prøv selv at lave et springlag i laboratoriet.

ØVELSE: LAV ET SPRINGLAG

Når der er et springlag, kan der opstå iltmangel på bunden. På figur 5.4 kan du se, at det sker, fordi det kun er i den øverste del af vandsøjlen, at havvand får tilført ilt fra luften. Typisk er lysforholdene også gode i de øvre vandmasser, så planktonalger kan producere ilt ved fotosyntese. Mange af planktonalgerne synker ned på bunden og bliver nedbrudt sammen med andet dødt organisk materiale under forbrug af ilt. Samtidig bruger havbundens dyr ilt til respiration. Derfor indeholder bundvand typisk mindre ilt end overfladevand, og så kan der opstå iltmangel ved bunden. I værste fald ender de dyr, der ikke kan flygte, med at blive kvalt, og det kaldes for iltsvind.

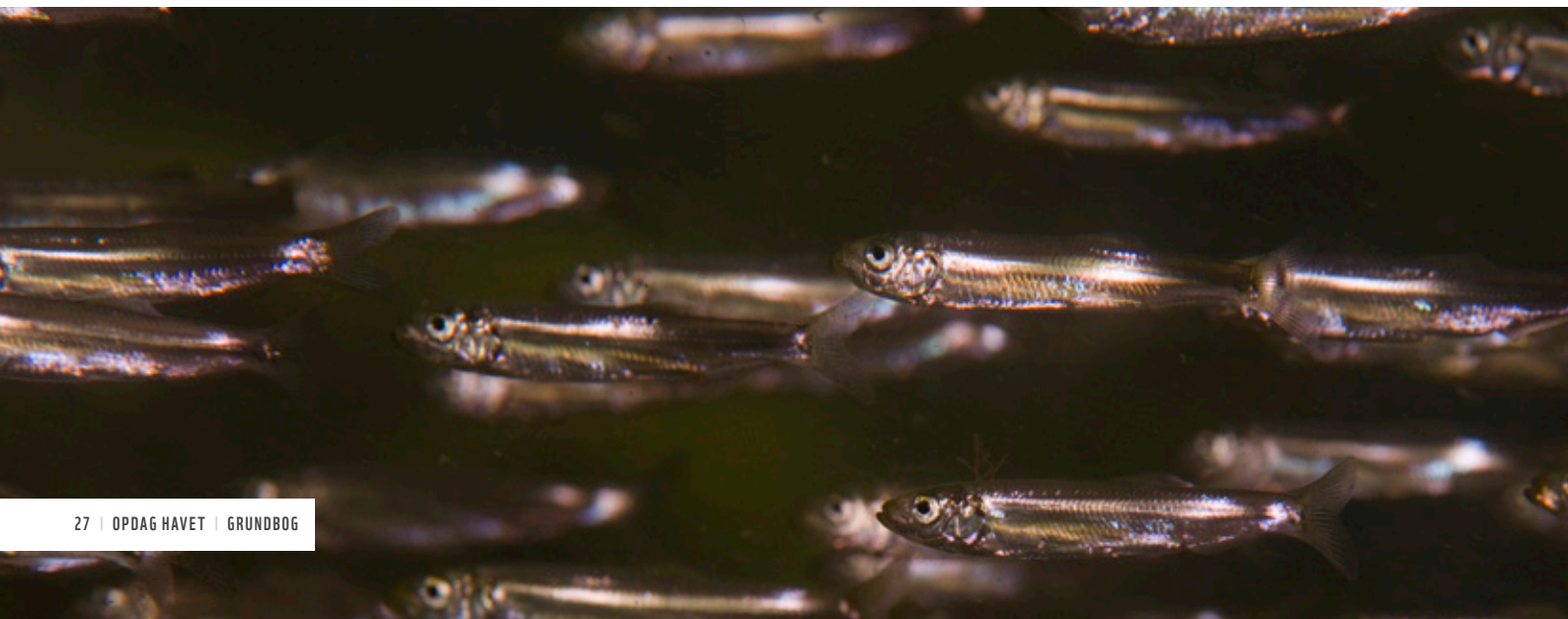


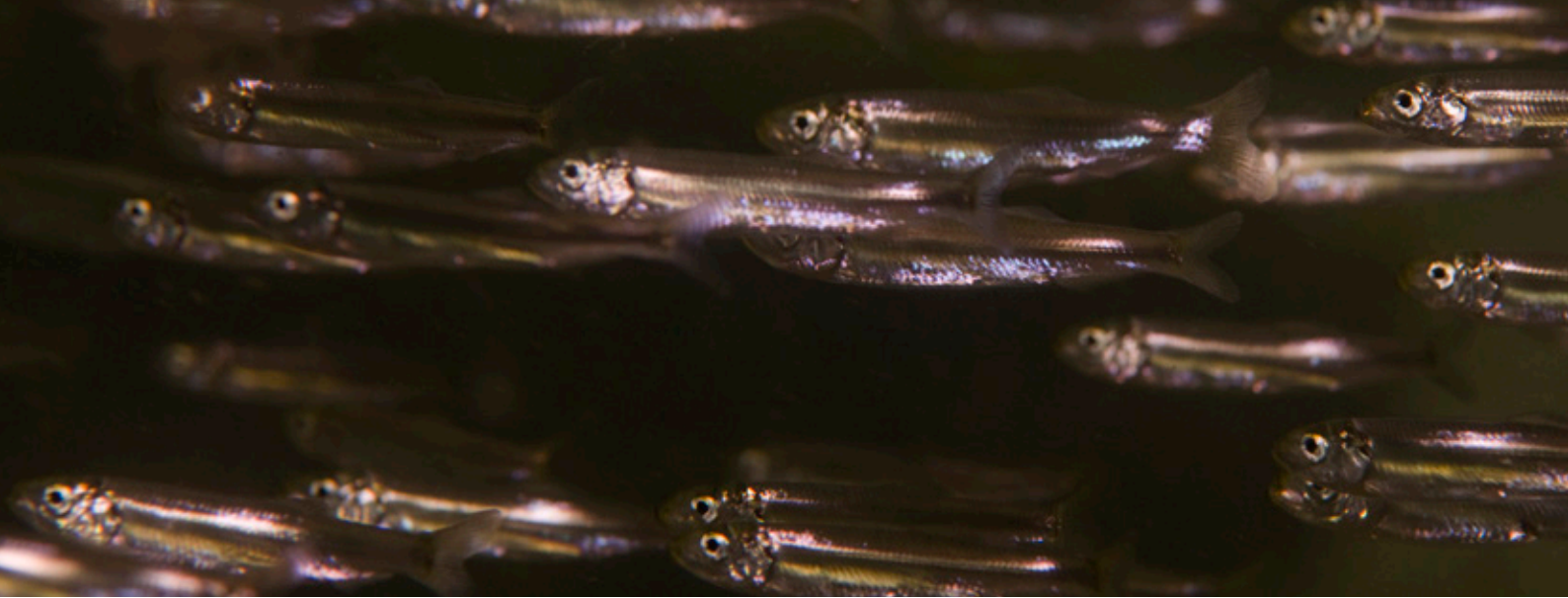
5.4. Springlag og iltmangel.

Der er iltvind, når der er mindre end 4 mg ilt pr. liter vand og kraftigt iltvind, hvis iltindholdet er under 2 mg pr. liter. Til sammenligning så er iltforholdene gode for fisk og smådyr, når der er 8 til 10 mg ilt pr. liter vand.

Når arter forsvinder fra områder med iltvind, falder biodiversiteten, og det kan tage mange år, før alle de arter, der forsvandt, vender tilbage. Risikoen for iltvind stiger med global opvarmning, og når vi tilfører flere næringsstoffer til vores havområder. Det kan du læse mere om i [miljøtemaerne](#).

Det næste kapitel handler om, hvordan forskellige organismer er tilpasset livet i havet.





6. TILPASNINGER

6.1 PRIMÆRPRODUCENTER

Havets primærproducenter tæller alt fra mikroskopiske planktonalger til meterlange tangplanter og havgræsser. Fælles for dem alle er, at de bruger pigmenter som for eksempel klorofyl til at binde solenergi, som bliver brugt til fotosyntese. Men havets primærproducenter er også meget forskellige.

Planktonalger adskiller sig for eksempel fra tang og havgræsser ved at være encellede og så små, at mange kun kan ses i mikroskop. Prøv selv.

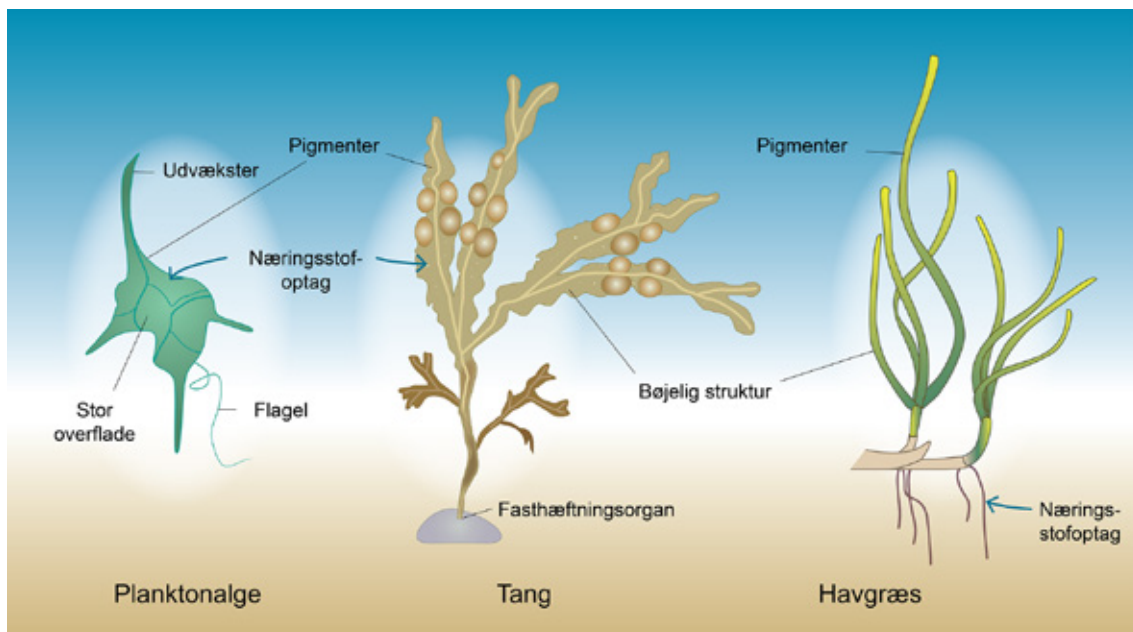


ØVELSE: KIG PÅ PLANKTON

Ligesom andre planktonorganismer bliver planktonalger ført mere eller mindre passivt afsted med havets vandmasser. Det betyder, at det i høj grad er vandets bevægelser, der bestemmer en planktonalges placering.

Samtidig er planktonalger lidt tungere end vand, og derfor risikerer de at synke ned på dybder, hvor der ikke er nok sollys. For at undgå at synke har mange planktonalger udvækster, der nedsætter synkehastigheden. Nogle har endda en bevægelig struktur, der hedder en flagel, som hjælper dem med at bevæge sig lidt. Men planktonalgerne's udvækster kan også have andre funktioner. De kan fungere som forsvar mod planteædere.

Figur 6.1 viser, at planktonalger desuden er tilpasset livet i vand ved at have en stor overflade i forhold til deres størrelse. På den måde kan de nemmere optage næringsstoffer direkte fra havvand.



6.1. Eksempler på tilpasninger hos primærproducenter.

Ligesom planktonalger skaffer tang sig næringsstoffer direkte fra havvand, men i modsætning til planktonalgerne lever både tang og havgræsser på bunden. De lever på de dybder, hvor lyset når helt ned til bunden, og der kan vandets bevægelser være kraftige. Derfor har både havgræsser og tang en bøjelig struktur, som skal forhindre, at de knækker.

For ikke at blive ført med vandmasserne har tang også udviklet fasthæfningsorganer. Det ser man ikke hos havgræsser, som i stedet har rødder, der samtidig kan bruges til at optage næring direkte fra havbunden.

Ud over at være primærproducenter har både tang og havgræsser en anden vigtig funktion i havets økosystemer. De er hjemsted for mange af havets dyr, som ligeledes har tilpasset sig livet under havoverfladen.

6.2 DYR

6.2.1 ILTOPTAGELSE

I Danmarks havområder kan du møde alt fra mikroskopiske vandlopper til kæmpemæssige hvaler på visit. Fælles for dem alle er, at de har brug for ilt. De fleste havdyr skal skaffe sig ilt direkte fra det omgivende vand, men da ilt bliver transporteret 10.000 gange langsommere i vand end i luft, kan det være sværere for havdyr at få nok ilt end for dyr på land. Iltmolekyler bevæger sig fra områder med høj iltkoncentration til områder med lavere iltkoncentration ved en proces, der kaldes diffusion.

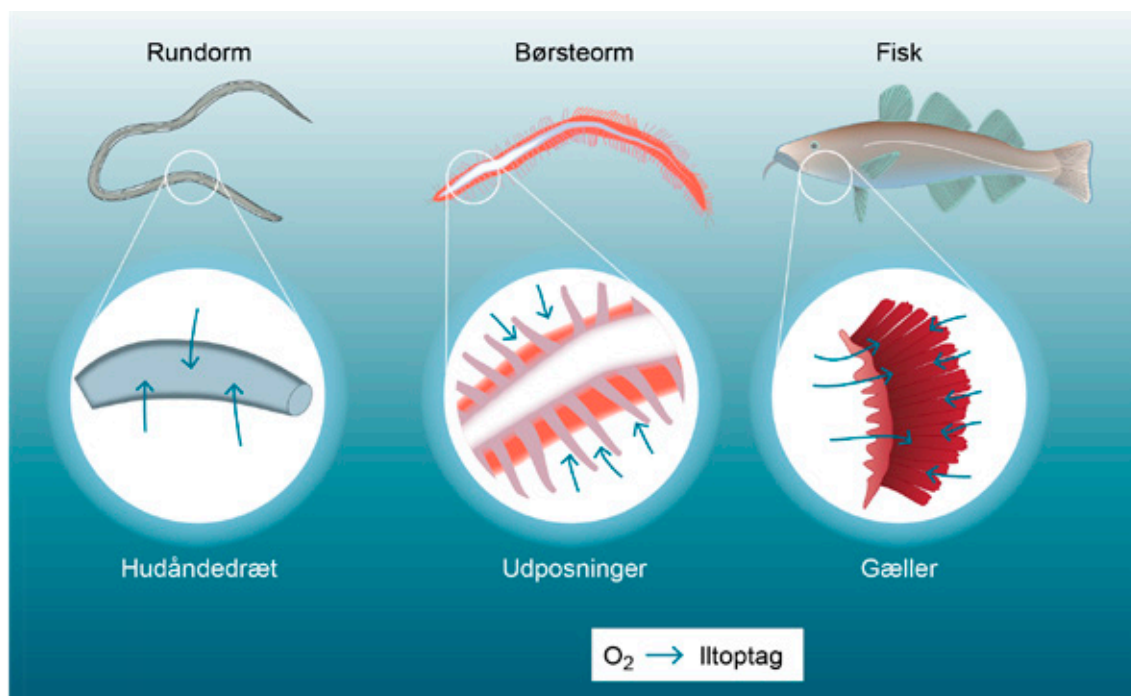
Når havdyr forbruger ilt ved respiration, vil koncentrationen af ilt falde i dyrets kropsvæske, og derfor vil ilten diffundere fra havvandet og ind i dyret. Det er et princip, som mange af havets dyr udnytter på forskellig vis.

På figur 6.2 kan du se, at en af de mest simple måder at skaffe ilt på er hudåndedræt, hvor dyret optager ilt direkte over huden. Nogle orme har hudåndedræt, men simpelt hudåndedræt kan kun skaffe ilt nok til dyr med et lavt iltbehov. Derfor har børsteorme og mange andre dyr optimeret hudåndedrættet ved at udvikle udposninger, som øger deres overflade. På den måde kan dyrene optage ilt over et større hudareal, og dermed stiger iltoptagelsen.

VIDSTE DU, AT

Søpølser skaffer sig ilt ved at suge vand ind i anus? Herfra passerer ilten ind i kropsvæsken, hvor den bliver brugt til respiration.

Hos fisk, krabber, søstjerner og mange andre af havets dyr er udposningerne blevet så avancerede, at man kalder dem gæller. Ilten omkring gællerne bliver hurtigt brugt op. Derfor øger mange dyr deres iltoptagelse ved at sørge for, at der hele tiden strømmer frisk vand over gællerne. Det kan for eksempel ske ved, at dyret bevæger sig gennem vandet og skaber en vandstrøm, som man ser det hos hajer, eller ved at dyret pumper vand over gællerne som hos muslinger og fisk.



6.2. Eksempler på iltilpasninger.

For at øge iltoptaget har mange af havets dyr desuden hæmoglobin i deres kropsvæske, ligesom vi har det i vores blod. Hæmoglobin binder ilt i kropsvæsken med det resultat, at koncentrationen af opløst ilt i dyrets kropsvæske falder. Når koncentrationen af opløst ilt i kropsvæsken er lav, vil ilt diffunderer fra det omgivende vand og ind i havdyret, selv når der ikke er ret meget ilt i vandet.

Havets dyr er altså forskelligt tilpasset iltforholdene under overfladen, men de er også tilpasset mange andre forhold. Det kan man for eksempel se, hvis man sammenligner en blåmusling og en torsk.

6.2.2 TILPASNINGER HOS BLÅMUSLINGER OG TORSK

Blåmuslinger og torsk er begge dyr, som optager ilt ved hjælp af gæller, men samtidig er de også forskelligt tilpasset livet i havet.

Blåmuslinger skaffer sig føde ved at udnytte, at det havvand, der strømmer forbi, indeholder føde, som de kan filtrere fra ved hjælp af et fintmasket fangstnet.

Undersøg selv, hvordan muslinger filtrerer føden.



ØVELSE: MUSLINGEFILTRATION

Blåmuslinger er nødt til at vente på, at føden strømmer forbi, fordi de lever fasthæftet på et underlag, som for eksempel kan bestå af andre blåmuslinger eller sten. De holder sig fast ved hjælp af nogle hæftetråde, der kaldes byssustråde. For de muslinger, der lever på lavt vand, betyder det, at de også skal kunne klare sig over vandets overflade, hvis vandstanden pludselig falder. Derfor har de en hård skal, som beskytter mod udtørring, og som samtidig har den fordel, at den også beskytter mod prædation.

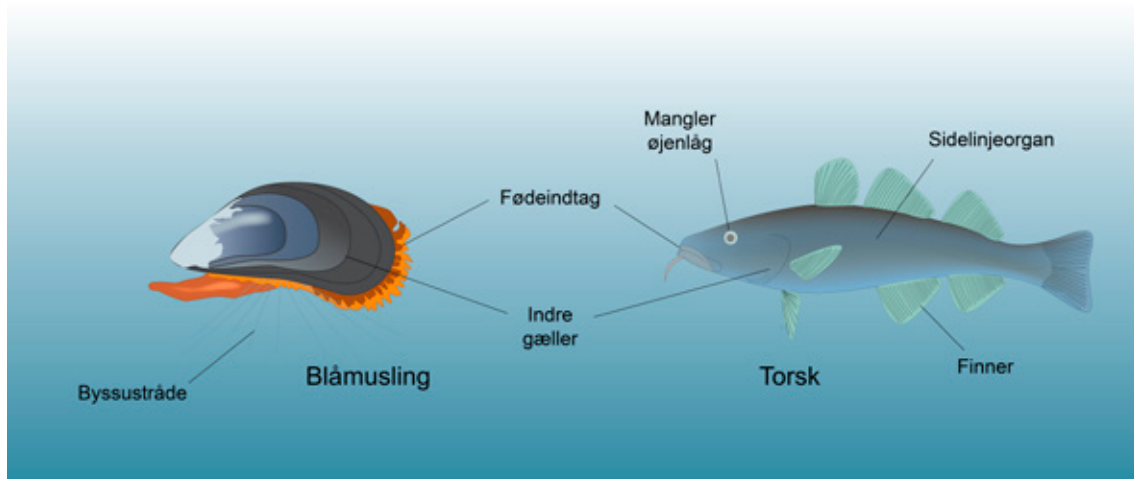
I modsætning til muslingen, der lever fasthæftet, svømmer torsken frit omkring. Til det formål har den udviklet finner, som den blandt andet bruger til at styre med. Undervejs fanger den sit bytte med munden, som er udstyret med bagudrettede tænder, der gør det nemmere at fastholde byttet.

VIDSTE DU, AT

Nogle blåmuslinger filtrerer 2 til 3 liter vand i timen? Det svarer til, at der skulle løbe omkring 7000 liter vand igennem din krop hver time.

Da torsken altid er omgivet af vand, bliver den ikke udsat for udtørring, og derfor behøver torsken ikke at have øjenlåg. Til gengæld har den et sidelinjeorgan på hver side af kroppen, som kan registrere trykbølgers udbredelse i vandet. Man forestiller sig, at sidelinjen giver fisken et

billede af omgivelserne ligesom et øje, og at det kan bruges af fisk, der svømmer i stime, til at sanse bevægelser fra de andre fisk.



6.3. Udvalgte tilpasninger hos blåmuslinger og torsk.

Nogle tilpasninger finder man altså både hos muslinger og fisk, mens andre tilpasninger er forskellige. Det kan du se, hvis du udfører en dissektion.

ØVELSE: DISSEKER ET DYR

I det her kapitel har du læst, at livet i havet kræver særlige tilpasninger. Man kan undersøge tilpasningerne ved at lave en biotopundersøgelse af stranden, og det kan du læse mere om i næste kapitel.



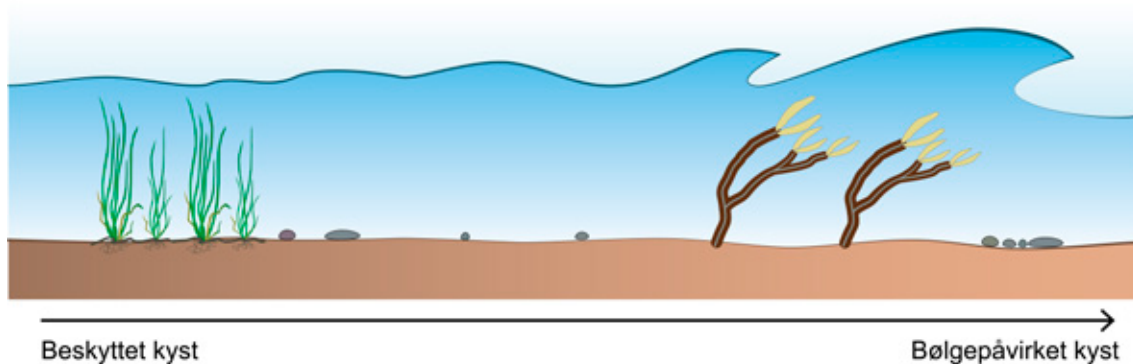
7. BIOTOPUNDERSØGELSE

I det lave vand, som strækker sig fra strandkanten og ud til 1,5 meters dybde, er der som regel rigeligt lys og ilt. Når du sidder ved stranden på en varm sommerdag, kan det virke som et nemt sted at leve livet. Men for de organismer, der lever under havets overflade, byder det lave vand på nogle voldsomme og omskiftelige levevilkår.

Det skyldes først og fremmest vandets bevægelser. Den inderste del af strandzonen er skiftevis blotlagt og dækket af vand på grund af tidevand, og derfor skal nogle af de organismer, der lever nær strandkanten, kunne tåle delvis udtørring.

Samtidig stiller vandmassernes bevægelser store krav til bundlevende organismers evne til at holde sig fast, særligt ved meget bølgepåvirkede kyster. Her bliver finere partikler skyllet væk. Det efterlader en bund, der er fattig på dødt organisk materiale, og som i stedet består af grove sandkorn eller sten.

Nogle kyster er meget bølgepåvirkede, og det har du måske oplevet ved Vesterhavet. Andre kyster er mere beskyttede for bølger, det gælder for eksempel de østjyske fjorde. Ved den beskyttede kyst er vandet ofte roligt, og mindre partikler kan synke til bunds i det stillestående vand. Derfor finder man ofte en blød bund, som består af fint materiale med et højt indhold af mørkt dødt organisk stof, ved den beskyttede kyst. Selvom der som regel er ilt nok på det lave vand, kan der opstå iltmangel på bunden, når det organiske materiale skal nedbrydes, fordi nedbrydningsprocessen kræver ilt.



7.1. Bølgepåvirkning ved beskyttet kyst og bølgepåvirket kyst.

I havet er både den beskyttede og den bølgepåvirkede kyst en vigtig biotop, der er det græske ord for levested. En undersøgelse af de abiotiske og biotiske forhold i et afgrænset område kalder man for en biotopundersøgelse.

Du har allerede læst, at livet på lavt vand er påvirket af en række abiotiske forhold som bølger, lys, ilt og bundforhold, og at organismers placering i havets fødenet har stor indflydelse på deres levevilkår. Men hvordan ser det ud i den virkelige verden? Det kan du blive klogere på ved at lave en biotopundersøgelse.

ØVELSE: BIOTOPUNDERSØGELSE

En biotopundersøgelse giver et indtryk af biodiversiteten i det område, du undersøger. I næste kapitel kan du læse, at biodiversiteten er truet - ikke bare i Danmark, men på hele jorden.





8. MASSEUDRYDDELSE

Du har sikkert hørt om dinosaurerne, der var udsat for en masseudryddelse for 65 millioner år siden, men vidste du, at flere forskere mener, at vi netop nu befinder os midt i en ny masseudryddelse?

Masseudryddelse er en betegnelse, man bruger, når verdensomspændende katastrofer udsletter meget store dele af jordens dyre- og planteliv. I jordens historie har der været fem masseudryddelser, som var forårsaget af naturkatastrofer.

Når biodiversiteten er under pres i dag, skyldes det menneskelig aktivitet. Vi bruger flere ressourcer, end jorden kan nå at genskabe, og samtidig bliver vi flere og flere mennesker. Spørgsmålet er, hvordan det påvirker biodiversiteten og økosystemerne i havet.

VIDSTE DU, AT

Arter nu forsvinder 100 til 1000 gange hurtigere end før menneskets tid, og at vi befinder os midt i den største masseudryddelse i 65 millioner år?

En stor del af jordens ressourcer går til produktion af fødevarer. Det gælder også i Danmark, hvor mange landmænd gøder med næringsstoffer for at producere flest mulige afgrøder. En del af næringsstofferne ender med at blive skyllet ud i havet. Det medvirker til, at dyr dør af iltmangel på bunden, og at arter forsvinder fra store områder. Resultatet er, at biodiversiteten falder, og det kan tage mange år før alle de arter, som forsvandt fra et område, vender tilbage.

Nogle fødevarer dyrker vi, andre fisker vi direkte op fra havet. En del af de fisk og skaldyr, der ender på din tallerken, er blevet fanget med fiskeredskaber, som ødelægger dyrenes levesteder på havbunden. Andre kommer fra overfiskede bestande, som er under pres. Derfor kan fiskeri være en trussel mod biodiversiteten i havet.

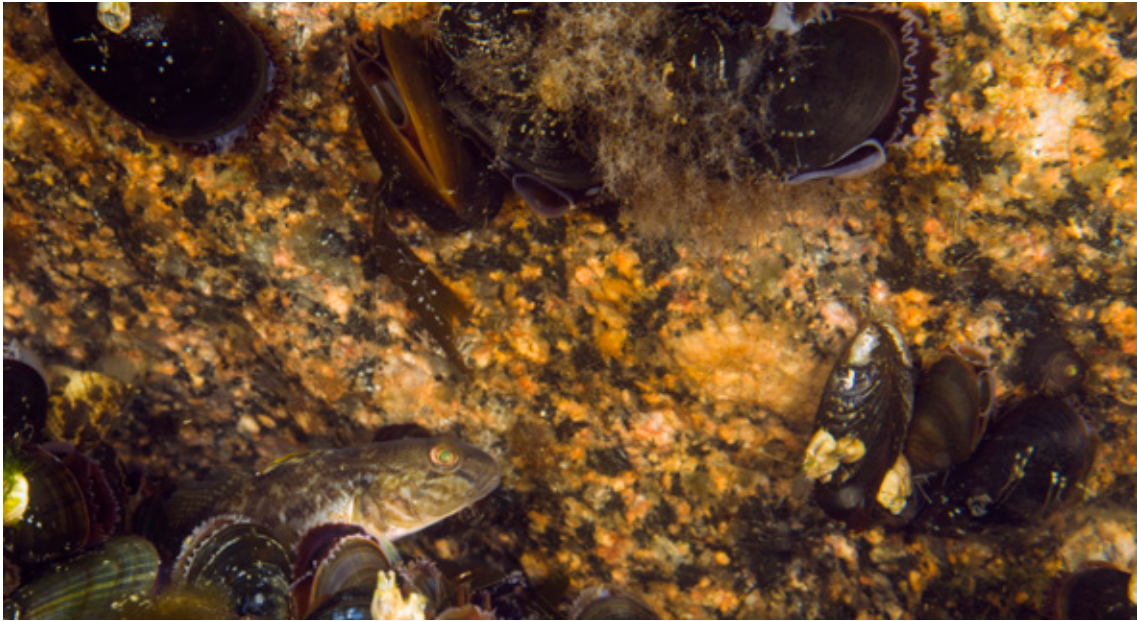


8.1. Jomfruhummere.

Men det er ikke kun vores fødevarer, der påvirker biodiversiteten. Den er også truet af miljøfarlige stoffer, plastik og andet affald, der ender i vores havområder og hober sig op i havets fødekæder, så dyr dør eller får sværere ved at formere sig.

Samtidig tilfører vi ekstra CO₂ til atmosfæren. I fremtiden kan det skabe problemer i havet, fordi en del CO₂ efterfølgende bliver optaget i havet. Det er med til at gøre havvandet mere surt, og derfor hedder processen forsuring. Ikke alle dyr kan klare, hvis vandet bliver for surt, og derfor kan det true biodiversiteten i fremtiden.

En del af den CO₂, der kan ende med at forsure vores havområder, udleder vi, når vi transporterer os rundt over det meste af kloden. Undervejs hænder det, at vi bringer arter med os og introducerer dem til nye økosystemer. Nogle arter spreder sig aggressivt og effektivt og udkonkurrerer andre arter. De udgør en trussel mod biodiversiteten i deres nye økosystem og bliver kaldt for invasive arter.



8.2. Sortmundet kutling er en invasiv art i Danmark. Her gemmer den sig bag blåmuslinger.

Biodiversiteten i vores havområder er altså truet af vores fødevareproduktion, af fiskeri, forurening, klimaforandringer og invasive arter, men der findes også løsninger. Vi kan for eksempel starte med at spise fisk, der er fanget med miljøskånsomme fiskeredskaber, vi kan reducere vores kødforbrug, og vi kan sørge for, at mindre affald ender i havet. Der er et hav af muligheder, og flere vil komme til.

Hvis du kigger på et kort, kan du se, at Danmarks havområder udgør en lille del af et globalt ocean, som forbinder alle jordens havområder. Derfor er mange af de forhold, som truer vores havmiljø, tæt forbundet med miljøproblemer i andre dele af verden. Det betyder, at det også er nødvendigt at finde globale løsninger.

Som forbrugere og vælgere har vi mulighed for at påvirke virksomheder og beslutningstagere, og derfor må vi selv tage stilling til, hvordan vores havmiljø skal være fremover.

Hvad synes du?

BLIV ENDNU KLOGERE PÅ HAVMILJØET

I grundbogen har du læst om havet som økosystem og om miljøproblemer, der truer biodiversiteten i vores havområder. Men hvad kommer miljøproblemerne til at betyde for havet og for dig, og hvordan kan de løses?

Læs mere i [Opdag Havets miljøtemaer](#).



UNDERSVISING

OPDAG
HAVET

Er der plastik i din makrelsalat?
Gør mere CO₂ livet surt i havet?
Hvordan påvirker din mad havet?
Hvem skal løse havets miljøproblemer?

Få svarene i Opdag Havets miljøtemaer

MILJØTEMAER

Tema 1. Forsuring	Side 39
Tema 2. Global opvarmning	Side 45
Tema 3. Plastik	Side 51
Tema 4. Eutrofiering	Side 60



MILJØTEMA 1. FORSURING

MERE CO₂ GØR LIVET SURT I HAVET

Vi udleder CO₂, som er med til at gøre vandet i verdenshavene mere surt. I år 2100 regner forskerne med, at menneskelig aktivitet vil have fået havets surhedsgrad til at stige med 170 procent. Hvad betyder det for havet og for dig?

Koncentrationen af CO₂ i atmosfæren stiger, når vi bruger fossile brændstoffer som olie, kul og gas for at skaffe energi til el, transport, varme og produktion. Du har sikkert hørt, at det fører til global opvarmning med is, der smelter, og stigende vandstand, men hvordan påvirker det vores havmiljø?

Se videoen, og bliv klogere på klimaforandringerne i havet.



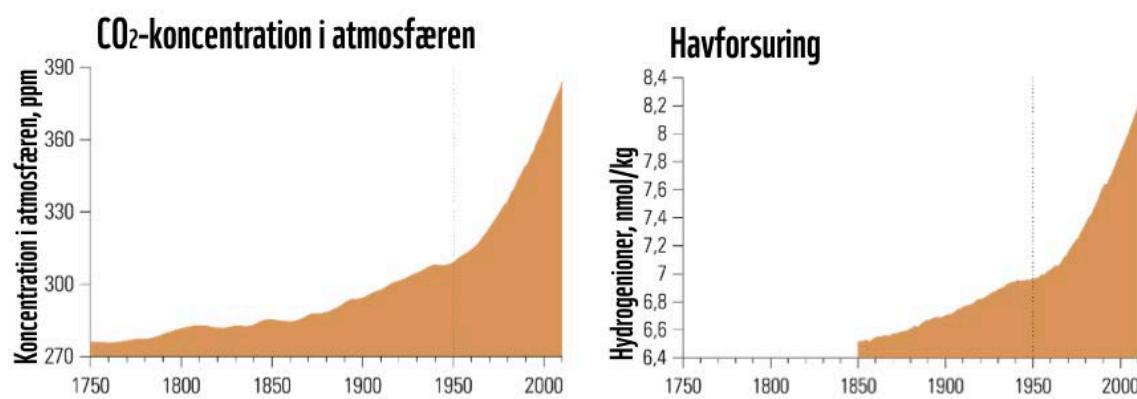
VIDEO: KLIMAFORANDRINGER I HAVET

Ligesom mange andre gasser kan CO₂ opløses i vand. Fordi der samtidig er en ligevægt mellem CO₂ i atmosfæren og CO₂ i havet, optager havet mere end 25 procent af den ekstra CO₂, som vi mennesker udleder.

I havet reagerer det meste CO₂ med vand. Processen kaldes forsuring, fordi der bliver dannet kulsyre (H₂CO₃) og H⁺-ioner, som gør havvandet mere surt.



Sammenhængen mellem CO₂-udledning og forsuring er vist på figur 1.



1. CO₂-udledning og forsuring af verdenshavene. Living Planet Report 2018.

Du kan selv efterligne forsuringsprocessen med et simpelt forsøg.



ØVELSE: FORSURING AF VERDENSHAVENE

Siden vi for alvor begyndte at brænde fossile brændstoffer af under industrialiseringen i 1800-tallet, har forsuring ført til et fald i havenes pH.

NÅR HAVET BLIVER SURERE, FALDER pH

pH angiver koncentrationen af H⁺-ioner i en væske og måles på en skala fra 0-14. Væsker med pH under 7 er sure og indeholder flere H⁺-ioner end væsker med pH over 7, der er basiske. Mere CO₂ betyder altså flere H⁺-ioner og et fald i pH.

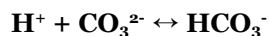
De seneste århundreder er den gennemsnitlige pH-værdi i overfladevandet i verdenshavene faldet fra 8,2 til 8,1. Havet er med andre ord basisk, men fordi pH falder, bliver det mere surt. Et fald i pH på 0,1 lyder ikke af meget, men det svarer til, at verdenshavene er blevet 26 procent

mere sure, for små ændringer på pH-skalaen er ensbetydende med drastiske ændringer i koncentrationen af H^+ -ioner. Og det går stærkt, vi skal tilbage til før dinosaurernes tid for at finde et tidspunkt i jordens historie, hvor forsuring skete så hurtigt som i dag.

Forskerne forudser, at pH kan være faldet til under 7,8 i år 2100. Spørgsmålet er, hvordan forsuring påvirker biodiversiteten i havet nu og i fremtiden.

KAMP OM KALKEN

Forsuring bidrager ikke kun til stigende koncentration af H^+ -ioner, processen fjerner også karbonationer (CO_3^{2-}) fra havvand, fordi H^+ kan reagere med karbonat og danne hydrogenkarbonat (HCO_3^-).



Det kan være et problem for kalkdannende havdyr som koraller, muslinger og krebsdyr, der har brug for karbonat til at danne kalk i form af calciumkarbonat ($CaCO_3$) til deres skaller eller skeletter. Calciumkarbonat kender du fra tavlekridt, og det indgår også i dine knogler.



2. Korallrev.

Hvis havene bliver mere sure, skal kalkdannende dyr bruge mere energi på at skaffe karbonat til at bygge og vedligeholde deres skaller. Det efterlader mindre energi til andre livsfunktioner som vækst og reproduktion. Med mindre energi er dyrene mere sårbare over for fødemangel, dårlige iltforhold, temperaturændringer eller andre forandringer i deres økosystem, og derfor kan de få sværere ved at overleve.

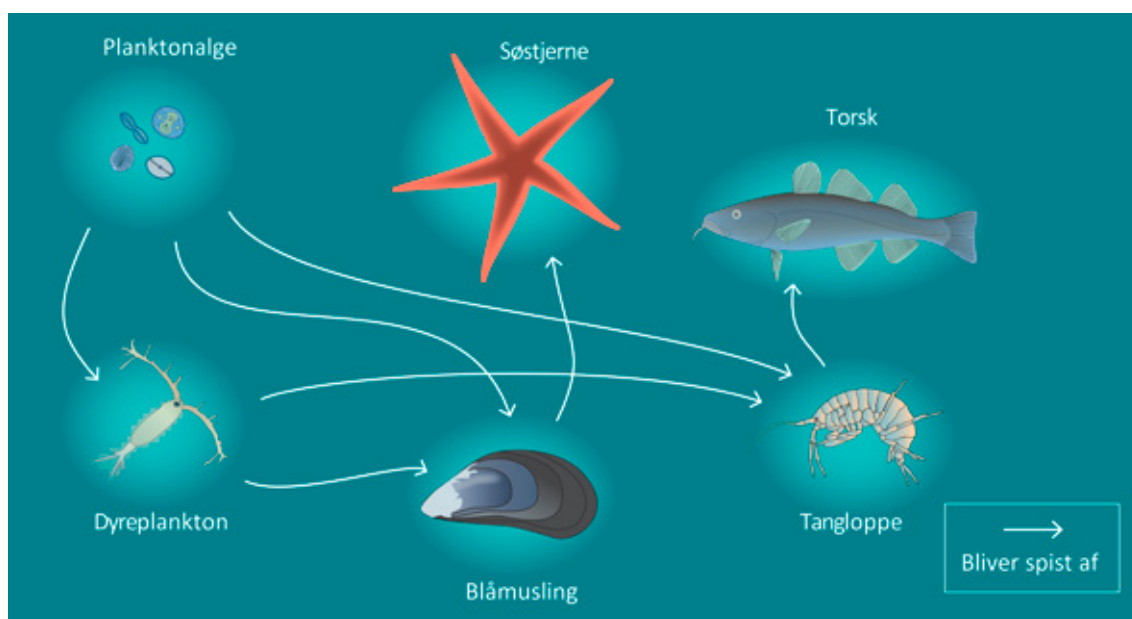
Samtidig er der risiko for, at deres skaller bliver tyndere, og det øger risikoen for, at de ender som byttedyr. Hvis pH falder for meget, kan den kalk, som dyrene allerede har opbygget i deres skaller, blive opløst.

Det er næsten det samme, der sker, med de kalkforbindelser, der er i emaljen på dine tænder, hvis du drikker store mængder cola og syreholdige drikke – de går i opløsning. Du kan selv undersøge processen i laboratoriet.

ØVELSE: PÅVIRKER FORSURING HAVDYR?

Forsuring er endnu ikke et problem i Danmark, men andre steder i verden er havsnegles huse begyndt at gå i opløsning, og skallerne er blevet tyndere hos kalkdannende alger og kiselalger, der er vigtige for balancen i havenes økosystemer.

Som du kan se på figur 3, kan det gå ud over dyr højere oppe i fødekæden, hvis organismer længere nede i fødekæden bliver påvirket af forsuring.



3. Hvad sker der, hvis muslingen for eksempel forsvinder fra fødenettet i fremtiden?

EN TRUSSEL MOD BIODIVERSITET

Ingen ved med sikkerhed, præcis hvilken effekt forsuring vil have på livet i havet fremover. Flere laboratorieforsøg, hvor pH er sænket, spår om en fremtid, hvor mange arter er svækkede og har svært ved at overleve. Det gælder ikke kun kalkdannende arter som koraller, muslinger

og krebsdyr, men også andre arter. Kombinationen af forsurening og global opvarmning ser for eksempel ud til at forringe overlevelsen af nogle arters fiskeyngel.

Selvom ålegræs og enkelte andre arter kan have gavn af forsurening, er forventningen, at den generelle påvirkning af havmiljøet vil være negativ.



4. Ålegræs vokser langs de danske kyster.

I jordens historie har miljøet ændret sig flere gange. Hver gang har nogle organismer formået at tilpasse sig med evolution som drivkraft, men vil det også ske, når havet bliver mere surt i fremtiden?

Evolutionær tilpasning er en proces, der foregår over flere generationer, og for mange organismer tager det tid. Med de mængder CO_2 vi udleder, går forsuringen så stærkt, at det hovedsageligt vil være mikroorganismer og andre arter med kort generationstid, der kan nå at tilpasse sig de nye forhold.

Derfor er en ting sikker, fremtidens forsurening er en trussel mod biodiversiteten i vores havmiljø, som vil få fødekæder og balancen i havets økosystemer til at ændre sig. Samtidig kan forsurening formentlig også få global opvarmning til at ske hurtigere.

FORSURING PÅVIRKER GLOBAL OPVARMNING

Du har allerede læst, at forsurening påvirker alger, der danner kalkskaller. Algerne befinder sig i øverst i vandsøjlen og optager kulstof, når de danner kalk. Med tiden synker kalkskallerne ned mod havbunden, hvor en stor del bliver lagret i årtusinder eller længere. Jo mere kulstof, der bliver

fjernet fra havoverfladen, jo mere CO₂ kan havet optage fra atmosfæren. CO₂ er en drivhusgas, og derfor ville vi opleve langt højere temperaturer i dag uden havets optagelse af CO₂.

Hvis fremtidens forsurening gør det sværere for alger at danne kalkskaller, bliver der fjernet mindre kulstof fra havoverfladen, og havet vil ikke kunne optage lige så meget CO₂ fra atmosfæren.

Det kan bidrage til, at du kan se frem til højere temperaturer og lange somre med varmt badevand i Danmark. Og det lyder jo dejligt, men det er ikke så simpelt, for med klimaforandringerne følger også kraftige storme, der kan ødelægge vores kyster og stigende vandstand, som kan oversvømme store dele af landet. Problemernes omfang kommer til at afhænge af, hvad vi gør nu og fremover.

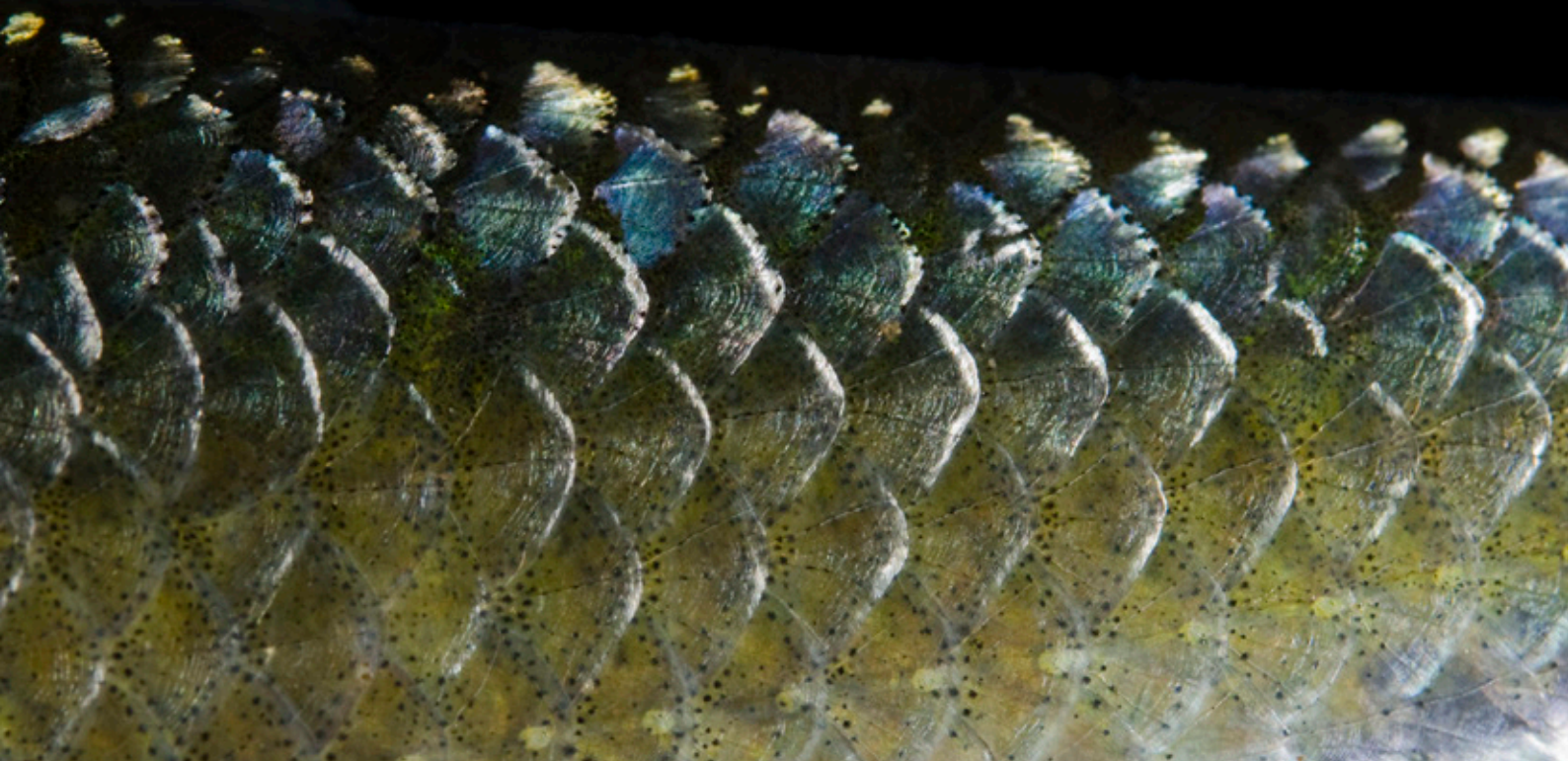
LØSNINGEN ER MINDRE CO₂

En del af den CO₂, vi udleder, når vi brænder olie, kul og gas af, ender med at forsure vores havområder. Vi er selv en del af problemet, og derfor er vi også en del af løsningen. Hvis vi skal bremse forsureningen af havet, skal vi reducere udledningen af CO₂ dramatisk.

Vi kan udlede mindre CO₂ ved at bruge vedvarende energi, skære ned på vores flyrejser eller ved at tage cyklen i stedet for bilen. Der er mange muligheder, og flere vil komme til.

Forsuring af verdenshavene er et globalt problem, som også kræver globale løsninger. Som forbrugere og vælgere har vi mulighed for at påvirke virksomheder og beslutningstagere, og derfor må vi selv tage stilling til, hvordan vores havmiljø skal være fremover.



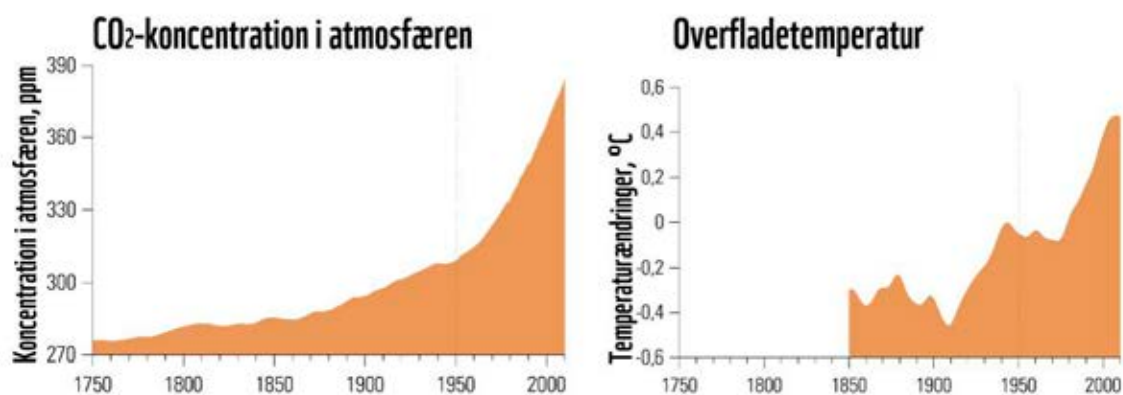


MILJØTEMA 2. GLOBAL OPVARMNING

MERE VARME FORANDRER HAVET

Det bliver varmere, isen smelter, og havet stiger. Når vi udleder CO₂ og andre drivhusgasser, påvirker det klimaet, men hvilke konsekvenser har det for havets økosystemer, og hvordan påvirker det dig?

En del af den energi, som vi bruger til el, transport, varme og produktion, skaffer vi fra fossile brændstoffer som kul, olie og gas. Det får temperaturen til at stige, fordi CO₂ og andre drivhusgasser bliver udledt til atmosfæren.



1. CO₂-udledning og overfladetemperatur.

Siden år 1900 er middeltemperaturen ved jordens overflade steget med omkring 0,8 grader. Det lyder ikke af meget, men fortsat opvarmning kan få store konsekvenser – ikke kun på land, men også under havets overflade, for når temperaturen stiger, optager havet en del af varmen.

Se videoen, og bliv klogere på, hvordan klimaforandringerne påvirker havet.



VIDEO: KLIMAFORANDRINGER I HAVET

Ingen ved med sikkerhed, hvad global opvarmning kommer til at betyde for havet i fremtiden, men allerede nu kan forskerne se forandringer i havets økosystemer.

VIDSTE DU, AT

Forskerne regner med, at temperaturen på landjorden ville være steget med 36 grader siden år 1955, hvis ikke havet havde optaget en del af varmen?

TEMPERATUR PÅVIRKER ARTERS UDBREDELSE

Måske er du en af dem, der gerne vil bytte svømmeturens kolde gys ud med varmere badevand langs de danske kyster. Sådan er det ikke for mange af de arter, der lever i vores havområder. De er tilpasset bestemte temperaturer, og hvis det bliver for varmt, rykker de nordpå mod koldere forhold.

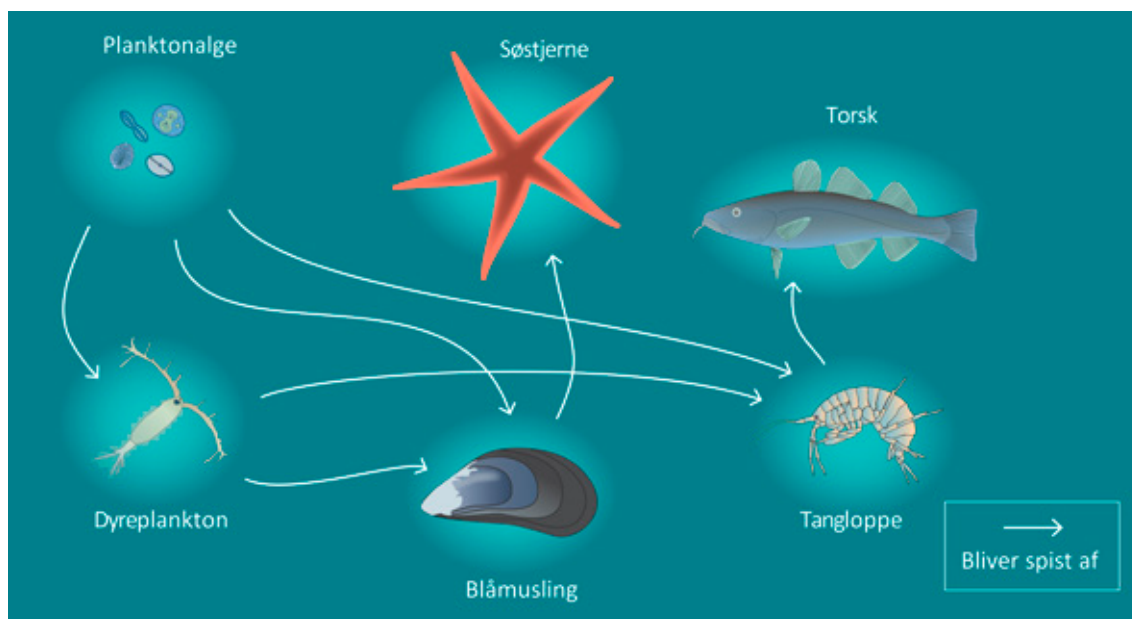
Nogle steder i Danmark er gennemsnitstemperaturen på havbunden i vintermånederne allerede steget med 1 grad, og det er nok til, at torsk og andre fiskearter er begyndt at flytte nordpå.



2. Torsk.

Samtidig støder fiskere oftere på sydlige arter som ansjoser og sardiner. De ender formentlig i vores farvande, fordi vandtemperaturen stiger. Derfor kommer global opvarmning til at have indflydelse på vores fiskeri og på hvilke fisk, der ender på din tallerken i fremtiden.

Men det er ikke kun fiskeriet, der bliver påvirket af stigende havtemperaturer, for hvis en art forsvinder, eller en ny kommer til, kan det også skubbe til balancen i havets fødenet.



3. Hvad sker der med fødenettet, hvis torsken forsvinder?

Temperatur spiller ikke bare en vigtig rolle, når det gælder udbredelsen af arter, den har også indflydelse på, hvor meget ilt, der kan opløses i vand.

NÅR TEMPERATUREN STIGER, FORSVINDER MERE ILT

Jo varmere vand er, jo mindre ilt kan der opløses i det. Samtidig forløber respiration og andre processer i cellerne hurtigere i varmt vand, og derfor har havets organismer brug for mere ilt, når temperaturen stiger. Det kan du selv undersøge i laboratoriet.

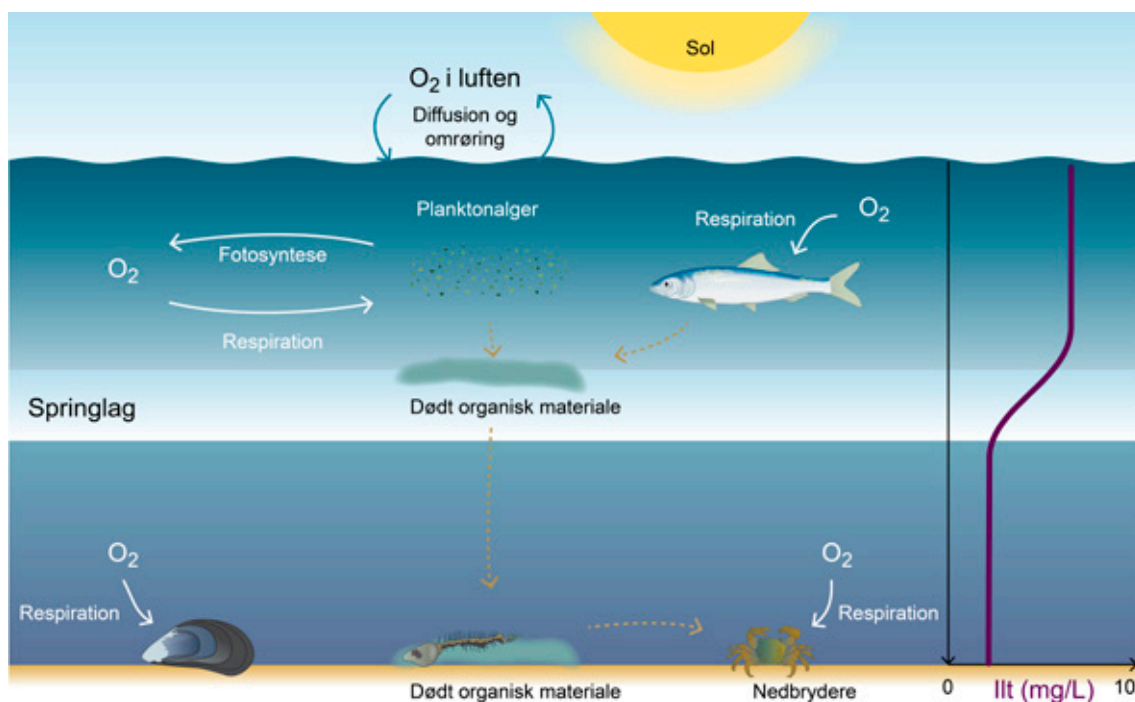


ØVELSE: RESPIRATION HOS HAVDYR

Global opvarmning kan altså betyde mindre ilt i havet og et større iltforbrug. Det er en uheldig kombination, som kan føre til, at flere dyr kommer til at mangle ilt fremover.

Risikoen for iltmangel bliver forstærket af, at der i fremtiden vil falde mere regn i Danmark på grund af den globale opvarmning. Når mere ferskvand fra nedbør strømmer fra land og ud i havet, kan det medvirke til, at vores farvande bliver mere påvirkede af springlag. Et springlag er et grænselag mellem en øvre og en nedre vandmasse, der nærmest virker som et låg, der bliver lagt over bundvandet. Derfor kan et springlag hæmme transport af ilt fra overfladen og ned til bunden.

Som du kan se på figur 4, bruger nedbrydere og bunddyr ilt til respiration. Hvis et springlag hæmmer transport af ilt fra overfladen til bunden, kan der opstå iltmangel på bunden. I værste fald bliver iltindholdet så lavt, at de dyr, der ikke kan flygte, bliver kvalt. Det kaldes for iltsvind, og det forekommer, når der er under 4 mg ilt pr. liter havvand.



4. Springlag og iltmangel.

Fremtidens regnfald kan også betyde, at flere næringsstoffer fra land skyller ud i havet. Ofte er det mangel på næringsstoffer, der begrænser algers vækst, og derfor vil der sandsynligvis komme flere alger i vores havområder. Mange af algerne vil synke ned gennem vandsøjlen og ende som organisk stof, der bliver nedbrudt ved bunden under forbrug af ilt. Resultatet er et større iltforbrug ved bunden, som kan forstærke risikoen for iltsvind yderligere.

KLIMAFORANDRINGERNE TRUER BIODIVERSITETEN I FREMTIDEN

I de danske farvande har der altid været lidt iltsvind, som er forekommet naturligt, men i dag har vi langt mere iltsvind, blandt andet fordi næringsstoffer fra landbruget ender i havet.

Med stigende temperaturer og voldsommere skybrud bliver problemet endnu større i fremtiden. Det kan få betydning for stabiliteten i havets økosystemer, for når havområder bliver ramt af iltsvind, falder biodiversiteten, og det kan tage mange år, før alle de arter, der forsvandt, vender tilbage.

I de områder, der bliver ramt af iltsvind gentagne gange, kan der ske en ændring i artssammensætningen, så arter, der er tolerante over for lavt iltindhold, ender med at dominere.



5. Bakterier har dannet et hvidt lag oven på en mørk mudderbund som følge af iltsvind.

Du har allerede læst, at den globale opvarmning blandt andet skyldes, at vi udleder for meget CO_2 . En del af den CO_2 , vi udleder, ender med at blive optaget i havet. Det er med til at gøre havvandet mere surt, og derfor kaldes processen forsuring.

Forsuring er endnu ikke et problem i de danske farvande, men i fremtiden kan forsuring true biodiversiteten i verdenshavene, blandt andet fordi mere surt havvand kan gøre det sværere for havets organismer at tilpasse sig varmere forhold med mindre ilt. Det kan du læse mere om i miljøtemaet om forsuring.

På land kommer vi også til at mærke klimaforandringerne. Vi kan se frem til lange danske somre med høje temperaturer og varmt badevand, og det lyder jo dejligt. Men det er ikke så simpelt, for når temperaturen stiger, smelter isen ved polerne, og vandet i havet udvider sig og kommer til at fylde mere. Det får vandstanden til at stige, og derfor kan vi risikere, at store dele af Danmark bliver oversvømmet.

Du kan selv efterligne processen i laboratoriet.



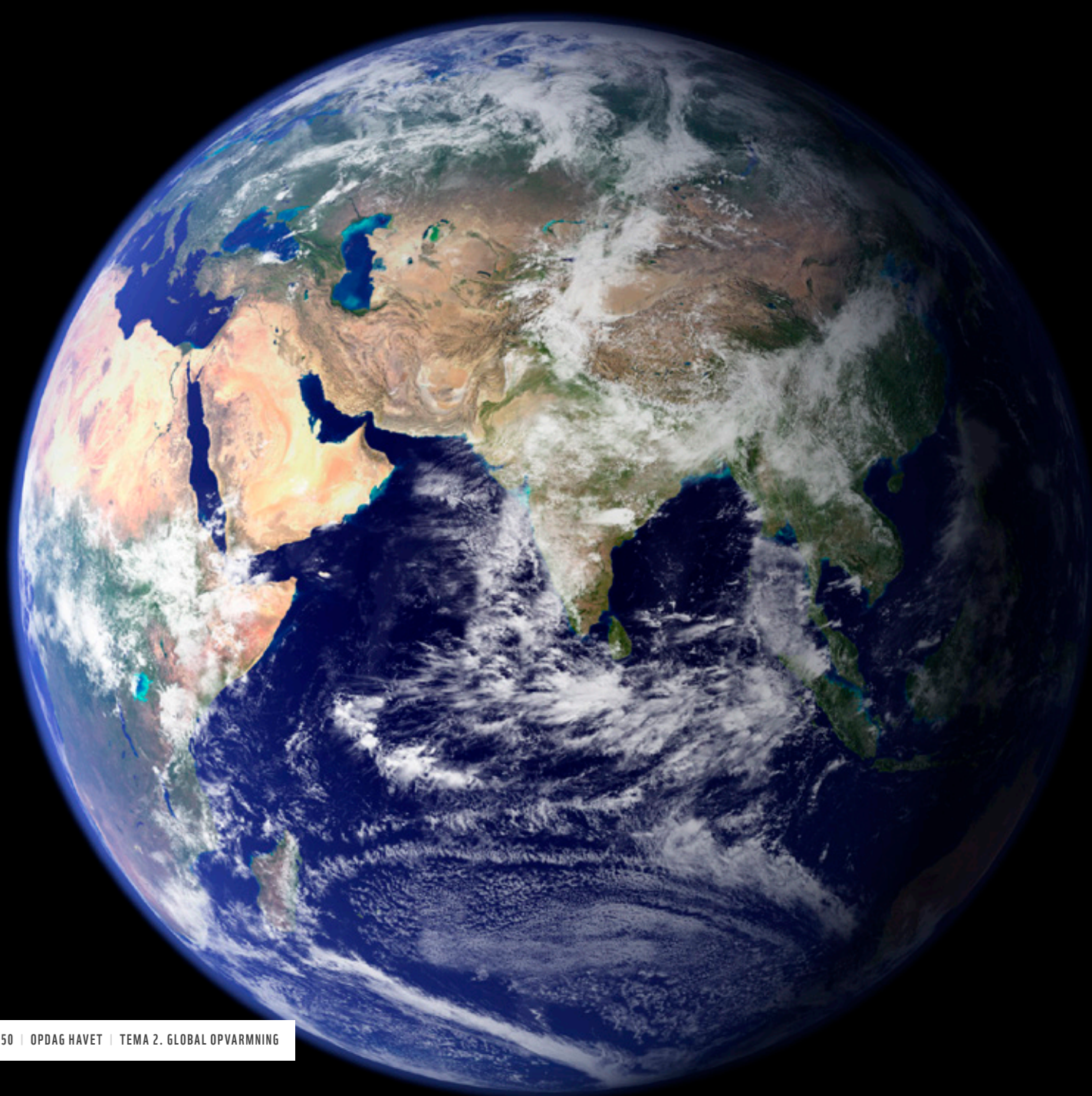
ØVELSE: GLOBAL OPVARMNING

Klimaforandringerne er allerede i gang, og de kommer til at påvirke vores fremtid. Hvor stort omfanget bliver, kommer til at afhænge af, hvad vi gør nu og fremover.

LØSNINGEN ER MINDRE CO₂

Hvis vi skal bremse den globale opvarmning, skal vi blandt andet reducere udledningen af CO₂ dramatisk. Vi kan for eksempel udlede mindre CO₂ ved at bruge vedvarende energi, skære ned på vores flyrejser og ved at tage cyklen i stedet for bilen. Der er mange muligheder, og flere vil komme til.

Stigende temperatur er et globalt problem, som også kræver globale løsninger. Som forbrugere og vælgere har vi mulighed for at påvirke virksomheder og beslutningstagere, og derfor må vi selv tage stilling til, hvordan vores havmiljø skal være fremover.

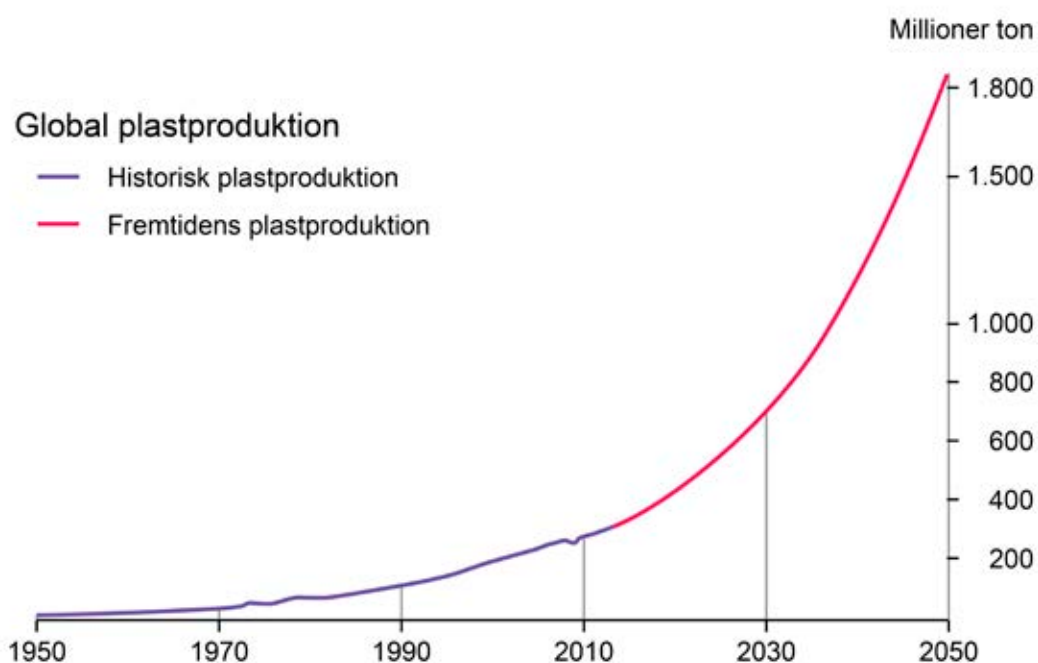


MILJØTEMA 3. PLASTIK

HAVET DRUKNER I PLASTIK

Der kan være plastik i den luft, du indånder, og i den mad, du spiser, men det er ikke sikkert, at du opdager det, og sådan er det også for mange af havets dyr. Hvad sker der, når vi hvert år udleder tonsvis af plastik til de danske havområder?

Plastik kan findes i alt fra mademballage til tøj, hospitalsudstyr og smartphones, for plastik er en vigtig del af hverdagen – ikke bare i Danmark, men i hele verden, hvor plastproduktionen stiger.



1. Global plastikproduktion fra Plastics Europe 2015.

Som du kan se på figur 1, ser tendensen ud til at fortsætte i fremtiden. I takt med, at produktionen stiger, hober plastik sig op i verdenshavene, men hvorfor ender det der?

VIDSTE DU, AT

Mellem 4 og 12 millioner ton plastik ender i verdenshavene hvert år?

BRUNCREME OG BILDÆK BETYDER PLASTIK I HAVET

Du har sikkert set både plastikposer og emballage, der flyder rundt i havoverfladen. De stammer fra land ligesom det meste af det plastik, vi finder i havet. Samtidig er en stor del af havets plastik så småt, at man ofte ikke ser det med det blotte øje. Det er mikroplast, som er plastikstykker, der er under 5 mm.

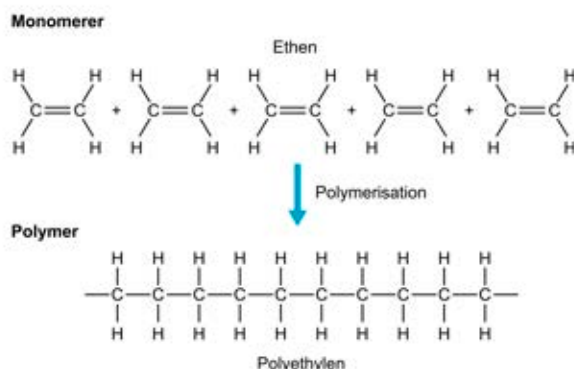
Det meste mikroplast bliver dannet, når større stykker plastik bliver slidt, men der findes også bittesmå plastikstykker i solcreme, bruncreme, barberskum, glimmer og mange af de andre plejeprodukter, som du bruger, når du står foran spejlet om morgenen. De små plastikstykker kan blive ført med spildevand hen til vores rensningsanlæg, hvor de samler sig i slam. I Danmark bliver en del af slammet senere spredt på markerne, og herfra kan mikroplasten blive transporteret med regnvand og vandløb ud i havet.

I EU er konsekvensen, at omkring 800 ton mikroplast fra plejeprodukter ender i spildevandet hvert år, og det stopper ikke der. Når vi kører bil, bliver der slidt mikroplast af dækkene. Det bliver ført med vand fra vejen ud til kysterne og udgør sammen med maling, slidte skosåler og tekstiler en stor kilde til mikroplast i de danske farvande.

Undersøgelser har vist, at det er forskellige former for plastik, der findes i vores havmiljø.

PRAKTISK POLYMER ELLER LANGTIDSHOLDBART PROBLEM?

Polyethylen, polypropylen, polyurethan ... der findes tusindvis af forskellige typer plastik. Selvom de har forskellige egenskaber og anvendelsesmuligheder, består de alle af polymerer. En polymer er et molekyle, der er sammensat af mindre molekyler, som kaldes for monomerer. Plastik bliver fremstillet i en kemisk proces, der hedder polymerisation, hvor monomerer bliver sat sammen til en polymer, som det er vist på figur 2.



2. Polymerisation.

Hvis du taber en plastikflaske i havet, begynder en fysisk og kemisk nedbrydning, som er styret af saltholdighed, temperatur, UV-stråling og mange andre faktorer.

Laboratorieforsøg og beregninger har vist, at der går 400 år, før din flaske er blevet nedbrudt til mikroplast, men det kan være svært at sige, hvor lang tid det tager i havet, da det først var midt i 1900-tallet, at der for alvor kom gang i plastikproduktionen. Det betyder, at det meste af havets plastik er under 70 år gammelt.



3. Plastik på stranden.

Til gengæld er det vigtigt at huske, at nedbrydningsprocesserne ikke får plastikken til at forsvinde, for plastik er stort set unedbrydeligt i naturen. Årsagen er, at de fleste organismer ikke har plastnedbrydende enzymer. Enzymer er proteiner, som blandt andet medvirker i kemiske reaktioner, hvor polymerer bliver nedbrudt til mindre bestanddele.

Indtil videre er det kun hos ganske få organismer, at forskere har fundet plastnedbrydende enzymer. De bliver brugt til bionedbrydning, der er en betegnelse, man bruger, når levende organismer nedbryder plastik og andre materialer. De plasttyper, som det virker på, kaldes for bionedbrydelig plastik.

Prøv selv at undersøge nedbrydning af forskellige plasttyper i laboratoriet.



ØVELSE: KAN PLASTIK NEDBRYDES?

For at organismer kan nedbryde plastik, kræver det nogle særlige forhold. De er typisk ikke til stede i naturen, og derfor er bionedbrydelig plastik også et forureningsproblem.

Da det meste plastik ikke bliver nedbrudt i havet, arbejder forskerne på at finde ud af, hvordan det påvirker dyrelivet.

MÆT I PLASTIK

En del plastik ender i maverne på havets dyr, fordi de tror, at det er mad. Du har måske set billeder af fugle og hvaler, der er døde med maven fyldt af store plastikstykker.

VIDSTE DU, AT

100.000 havpattedyr og skildpadder og 1 million havfugle dør hvert år på grund af plastikforurening?



4. Død fugl

Mindre plastikstykker bliver også spist. I de nordiske farvande er der blandt andet fundet mikroplast i hummere, torsk, makreller, rejer og i 30 procent af alle sild. Samtidig har forsøg på vandlopper vist, at dyrene kan ende med at spise sig mætte i mikroplast i stedet for føde, og at deres adfærd kan blive forstyrret.

I et andet forsøg, hvor mikroplastkoncentrationerne svarede til, hvad man kan finde nogle steder i de nordiske farvande, kunne forskerne konstatere, at muslingelarver udviklede misdannelser. Hos nogle af de voksne muslinger i forsøget var skallerne desuden blevet hullede og deforme.

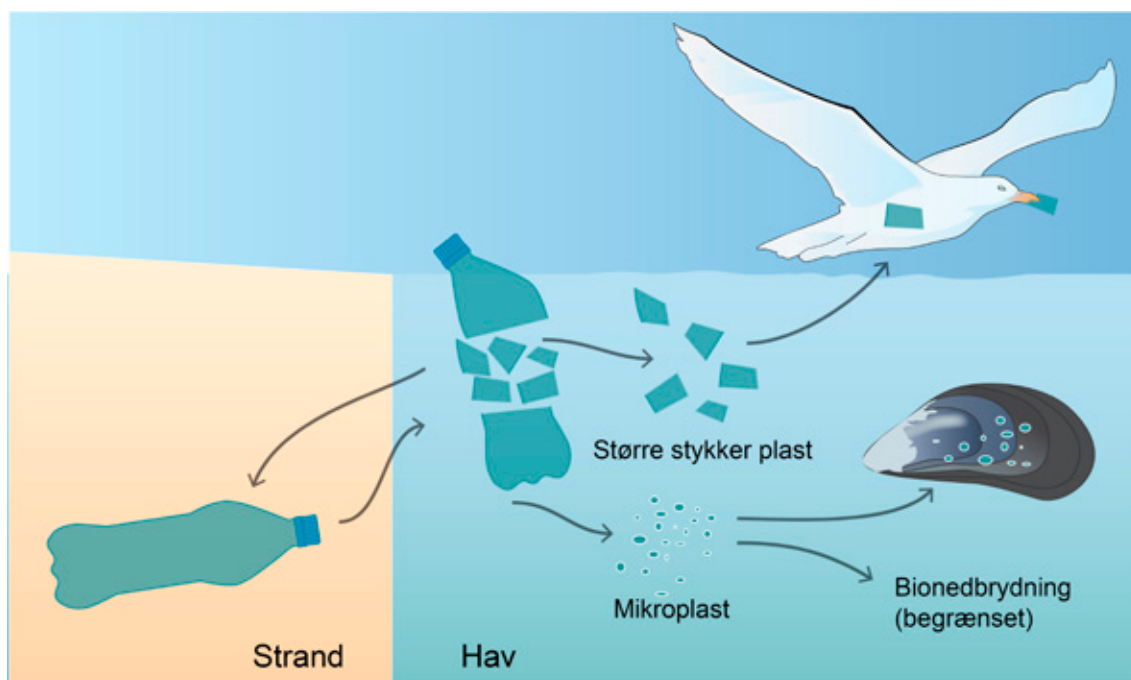
Undersøg selv, om blåmuslinger optager mikroplast.

ØVELSE: OPTAGER MUSLINGER PLASTIK?

Mikroplast findes efterhånden i alle dele af fødekædens led – også hos mennesker, men det lader til at en del bliver udskilt igen, da man har fundet mikroplast i afføring fra både mennesker og havdyr.

PLASTIKOMSÆTNING I HAVET

Du har allerede læst, at plastik fra land ender i havet. Her flyder det meste omkring eller ender på havbunden, hvis ikke det bliver skyllet tilbage på land. Større stykker plastik bliver med tiden nedbrudt til mikroplast, og på figur 5 kan du se, at større stykker plastik og mikroplast kan ende i maverne på havets dyr. Bionedbrydning forekommer formentlig kun i begrænset omfang, da de fleste af havets dyr ikke har plastnedbrydende enzymer.



5. Plastikomsætning i havet.

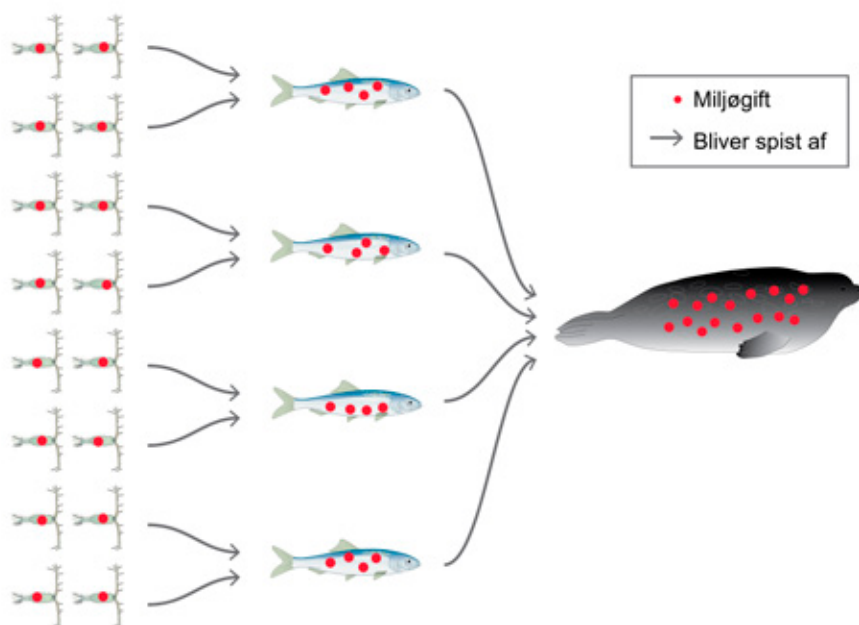
Det er stadig usikkert, hvordan plastik påvirker sundheden. Et af de store spørgsmål er, hvad der sker med de skadelige kemikalier, som dyrene indtager sammen med plasten.

EN GIFTIG COCKTAIL

Noget plastik skal være blødt og fleksibelt, andet skal være mindre brændbart. Plastiks mange forskellige egenskaber kommer blandt andet fra tilsætningsstoffer. I medierne kan du læse om phthalater, bisphenol A, flammehæmmere og andre sundhedsskadelige stoffer i plastik. Mange af stofferne er ikke kun skadelige for mennesker, men også for havets dyr. Samtidig kan plastik virke som en form for magnet, der samler miljøgifte fra omgivelserne.

Når dyrene spiser plastik, kan miljøgiftene blive frigivet undervejs i fordøjelsesprocessen. Da mange af stofferne udskilles meget langsomt fra dyrene, hober de sig op, og det kan ende med at være en farlig cocktail. Hvis dyrene bliver ædt, følger giftstofferne med. Konsekvensen er, at der kan ske biomagnifikation, som er en betegnelse, man bruger, når koncentrationen af et giftstof stiger op gennem en fødekæde og er højest i fødekædens sidste led.

I de danske farvande er det ofte marsvin eller sæler, som er sidste led i fødekæden. De røde prikker på figur 6 skal forestille en miljøgift. Når planktonorganismer bliver spist af en sild, bliver den gift, der er bundet i planktonorganismen, overført til silden. Hvis silden efterfølgende bliver spist af en sæl, ender sælen med at indtage store mængder af den ophobede miljøgift.



Biomagnifikation.

For de sæler, marsvin og andre dyr, der befinder sig øverst i fødekæden, kan de ophobede miljøgifte blandt andet virke hormonforstyrrende, og det betyder, at de får sværere ved at få unger. Men plastik påvirker ikke kun havets dyr, det bidrager også til klimaforandringerne.

PLASTIK SKRUER OP FOR KLIMAFORANDRINGERNE

I 2018 blev cirka 5 procent af verdens olie brugt til at producere 99 procent af al plastik. Oliebaseret plastik kaldes også fossil plastik, og det er den plasttype, vi bedst kender fra hverdagen.

Olie, der bliver i undergrunden, belaster ikke atmosfæren med drivhusgasser. Men når olie indgår i plastik, der ender som affald på et forbrændingsanlæg, bliver de kulstofforbindelser, der oprindeligt var bundet i undergrunden, frigivet som ekstra CO₂ til atmosfæren.

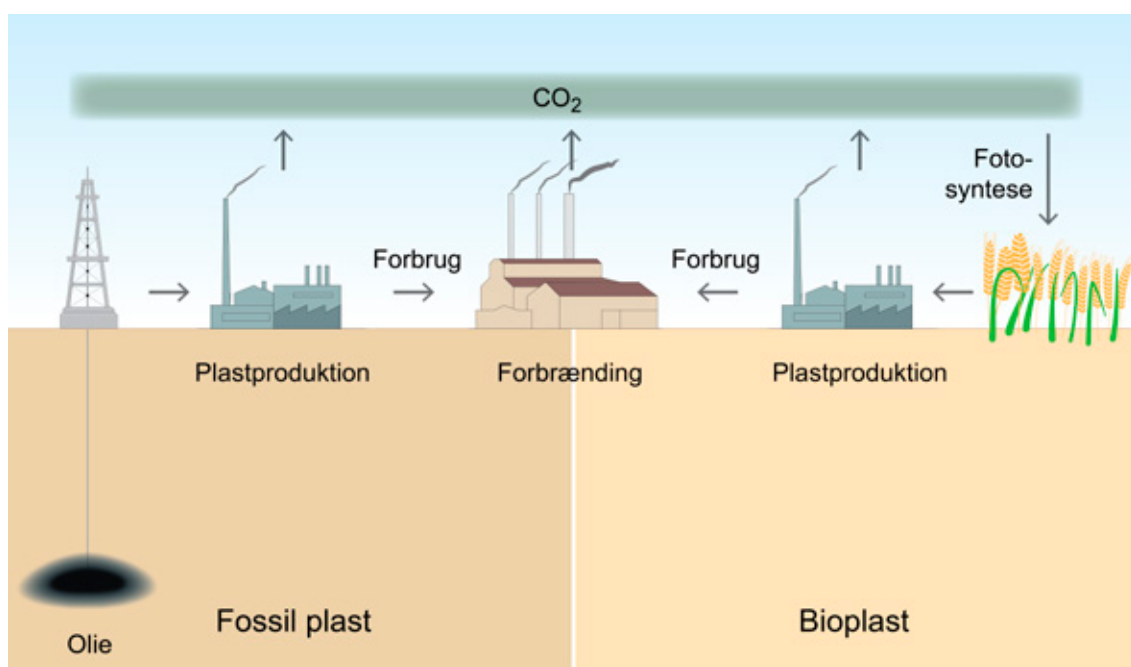
Samtidig bliver der udledt CO₂ i de energikrævende processer, hvor olien bliver udvundet og plasten produceret. I Opdag Havets andre miljøtemaer kan du læse, hvordan øget CO₂-udledning bidrager til [global opvarmning](#) og [forsuring af verdenshavene](#).

For at mindske klimaforandringerne er man begyndt at udvikle biobaseret plastik, der også kaldes bioplast. Det er en plasttype, der er fremstillet af biologiske materialer som majs, sukkerrør, kartofler og halm i stedet for olie.

Fordelen ved biobaseret plastik er, at planterne optager CO₂ fra atmosfæren via fotosyntesen, når de vokser på marken.

Fotosyntese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lysenergi} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

På figur 7 kan du se, at der stadig bliver frigivet CO₂ til atmosfæren, når biobaseret plastik bliver produceret og forbrændt, men da planterne har optaget CO₂ i fotosyntesen, er den samlede CO₂-udledning fra biobaseret plastik langt mindre end fra fossil plastik.



7. CO₂-udledning fra fossil plast og biobaseret plast.

Selvom biobaseret plastik udleder mindre CO₂ til atmosfæren end fossil plastik, giver det stadig miljøproblemer. Hvis du taber en biobaseret plastikpose i naturen, forsvinder den ikke, for biobaseret plastik er ligesom fossil plastik ikke nødvendigvis bionedbrydeligt i naturen.

Flere steder i verden er der desuden mangel på fødevarer og landarealer, og derfor må vi overveje, om planter skal bruges i plastik eller som fødevarer. Og hvad med de arealer, som de planter, der bliver brugt til bioplast, bliver dyrket på, kan de i stedet bruges til fødevarerproduktion eller vild natur?

Noget plastik giver problemer i vores havmiljø, og andet bidrager til klimaforandringerne, men plastik kan også være svært at undvære, fordi det er en vigtig del af vores hverdag. Spørgsmålet er, hvordan vi kan bruge det uden at skade miljøet.

MINDRE PLASTIK, SMARTERE PLASTIK OG MERE GENBRUG

Når plastik ender i havet, skaber det ikke kun problemer for dyrene, en del af de ressourcer, der indgår i plastikproduktionen, går også tabt.

I øjeblikket forbruger vi flere ressourcer, end jorden kan nå at genskabe, og samtidig går vi en fremtid i møde, hvor vi bliver flere og flere mennesker på jorden. Derfor er vi nødt til at reducere vores forbrug af plastik og andre ressourcer og sørge for, at de kan blive genbrugt og genanvendt.

Der findes allerede mange løsninger, og flere vil komme til. Vi kan for eksempel vælge plastikfri produkter, sortere vores affald til genanvendelse og sørge for, at det ikke ender i naturen.

Hvis du kigger på et kort, kan du se, at Danmarks havområder udgør en lille del af et globalt ocean, som forbinder alle jordens havområder. Den plastik, der er i vores farvande, stammer ikke nødvendigvis fra Danmark, men kan være blevet transporteret flere tusinde kilometer med havstrømme. På samme måde kan en plastikflaske, som du taber i havet i Danmark, risikere at ende på Nordpolen.

Da plastik forurener på tværs af landegrænser, er det også nødvendigt at finde globale løsninger. Som forbrugere og vælgere har vi mulighed for at påvirke virksomheder og beslutningstagere, og derfor er vi nødt til at tage stilling til, hvad der skal ske med havets plastikproblemer fremover.



MILJØTEMA 4. EUTROFIERING

HVORDAN PÅVIRKER DIN MAD HAVET?

Havdyr risikerer at blive kvalt, når næringsstoffer fra vores fødevareproduktion ender i havet, og problemet ser ud til at blive større med klimaforandringerne. Hvordan påvirker næringsstoffer havmiljøet, hvad er eutrofiering, og hvilken rolle spiller din mad?

”Heste, grise, køer og får”... Danmark er et land med et intensivt landbrug og en årlig svineproduktion på mere end 31 millioner svin. En del af deres afføring bliver spredt som gylle på markerne.

Ligesom almindelig gødning indeholder gylle næringsstofferne kvælstof (N) og fosfor (P), som afgrøderne behøver for at kunne vokse.

VIDSTE DU, AT

Danmark er det mest intensivt dyrkede land i Europa, og at landbrug udgør over 60 procent af Danmarks areal?



1. Kornmark.

Men afgrøderne kan ikke nå at optage alle de næringsstoffer, der bliver spredt på markerne. I stedet bliver en del af dem ført med regnvand og vandløb ud i havet, hvor de bidrager til eutrofiering, som betyder, at havet får tilført for mange næringsstoffer.

Se videoen, og bliv klogere på, hvorfor eutrofiering er en af de største udfordringer for Danmarks havmiljø.



VIDEO: EUTROFIERING

Det er ikke kun overskydende næringsstoffer fra fødevareproduktionen, som ender i vores havmiljø, der bliver også udledt næringsstoffer fra spildevand og andre kilder. De ekstra næringsstoffer betyder mere fosfor og kvælstof i havet, men hvordan påvirker det planktonalgernes vækst?

FOR MEGET AF DET GODE

Hvis en organisme mangler næringsstoffer, bliver dens vækst hæmmet. Sådan er det også for planktonalger, der hovedsageligt får kvælstof (N) fra nitrat (NO_3^-) og fosfor (P) fra fosfat (PO_4^{3-}).

Forestil dig en planktonalge, der har rigeligt med sollys, men som mangler kvælstof for at kunne vokse. Man siger, at kvælstof er en begrænsende faktor for væksten.

Se videoen, og få en forklaring på begrænsende faktorer.



VIDEO: BEGRÆNSENDE FAKTORER

I havet er det ofte kvælstof, der er begrænsende for planktonalgernes vækst, og derfor kan det sætte gang i kraftig algevækst, når vi tilfører for meget kvælstof til et havområde.



2. Eutrofieret havområde.

Det er naturligvis godt for planktonalgerne at få tilført ekstra kvælstof, men som du kan læse i næste afsnit, kan for kraftig algevækst skabe ubalance i havets økosystemer, så havdyr dør af iltmangel.

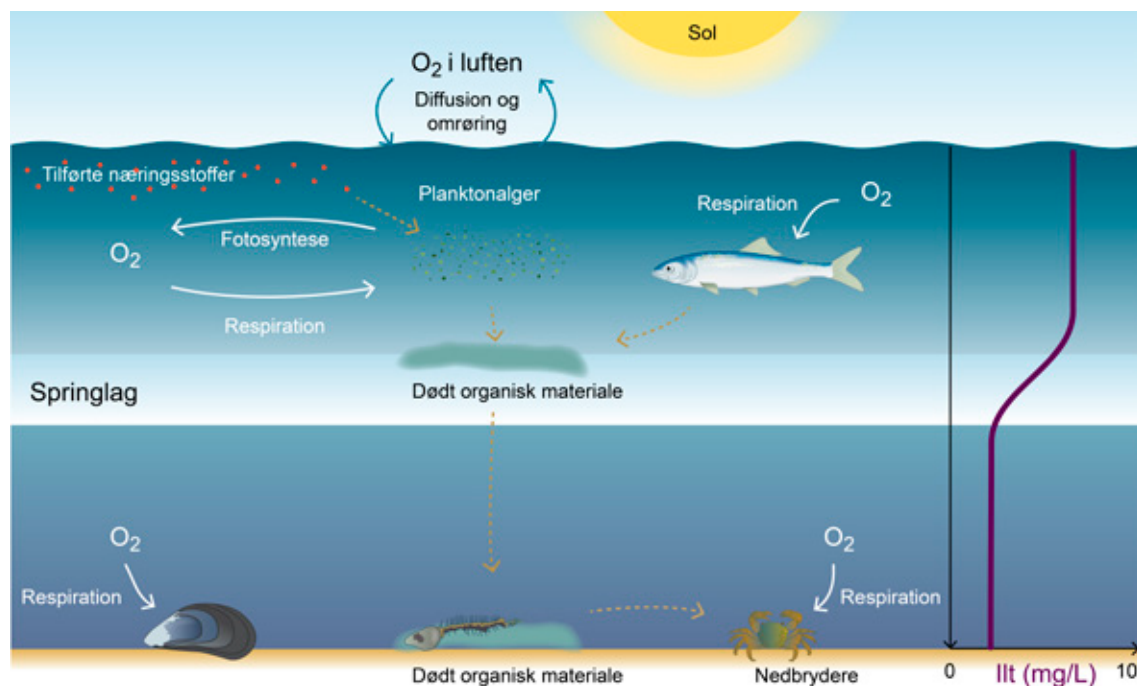
LIGLAGEN OG ILTSVIND PÅ BUNDEN

Når du nogle gange oplever, at vandet ved stranden er uklart, kan det skyldes for mange planktonalger. Med tiden synker de fleste af planktonalgerne ned gennem vandsøjlen og bliver nedbrudt. Det kan føre til iltmangel ved bunden, særligt i perioder hvor der er springlag.

Et springlag er et grænselag mellem to vandmasser, som nærmest virker som et låg, der bliver lagt over bundvandet. Konsekvensen er, at der stort set ikke bliver transporteret vand, ilt og andre stoffer mellem den øvre og den nedre vandmasse.

Det kan give problemer med iltmangel på bunden, fordi det kun er i den øverste del af vandsøjlen, at havvand får tilført ilt fra luften. Typisk er det også i de øvre vandmasser, at planktonalger kan producere ilt ved fotosyntese, fordi lysforholdene er gode. På figur 3 kan du se, at iltmanglen opstår, fordi planktonalgerne synker ned på bunden og bliver nedbrudt sammen med andet dødt organisk materiale under forbrug af ilt. Samtidig bruger havbundens dyr ilt til respiration.

I værste fald er konsekvensen, at de dyr, der ikke kan flygte, ender med at blive kvalt, og det kaldes for iltsvind.



3. Næringsstoffer og iltmangel.

Der er iltsvind, når der er mindre end 4 mg ilt pr. liter vand og kraftigt iltsvind, hvis iltindholdet er under 2 mg pr. liter. Til sammenligning så er iltforholdene gode for fisk og smådyr, når der er 8 til 10 mg ilt pr. liter vand.

Når arter forsvinder fra områder med iltsvind, falder biodiversiteten, og det kan tage mange år, før alle de arter, som forsvandt, vender tilbage. I de områder, der bliver ramt af iltsvind gentagne gange, kan der ske en ændring i artssammensætningen, så arter, der er tolerante over for lavt iltindhold, ender med at dominere.

VIDSTE DU, AT

Der var iltsvind på et areal, der er større end Fyn, i de indre danske farvande i 2016?

I de tilfælde, hvor iltsvindet er så kraftigt, at ilten helt forsvinder i havbunden, ser man ofte en mælkevid måtte oven på bunden. Det kaldes et liglagen og består af svovlbakterier, der kan udnytte svovlbrinte (H_2S), som er en gas.



4. Søstjerne på en mørk havbund, der er dækket af et hvidt liglagen.

Liglagenet forhindrer altså giftige gasser fra bunden i at sive op i vandet, men hvor stammer gasserne fra?

GIFTIGE GASSER DRÆBER DYRENE

Du har allerede læst, at planktonalger synker ned på bunden og bliver nedbrudt sammen med andet dødt organisk stof. Hvis der er iltmangel på bunden, foregår en del af bakteriernes nedbrydning anaerobt, det vil sige uden ilt. Under de anaerobe forhold bliver der blandt andet dannet svovlbrinte (H_2S), der er giftig for havets dyr, og metangas (CH_4), som også er i dine prutter.

Nogle af gasserne samler sig som bobler nede i havbunden, og når gasmængden er tilstrækkelig stor, er opdriften fra gasserne så høj, at de stiger op gennem havbunden og hvirvler bundmaterialet op. Derfor kalder man det for en bundvending.

VIDSTE DU, AT

Svovlbrinte i høje koncentrationer også er giftig for mennesker, og at mere end 200 mennesker er omkommet på grund af svovlbrinteudslip fra industrielle anlæg?

Konsekvensen er, at svovlbrinte (H_2S) ender i vandet, hvor det forgifter havets dyr eller reagerer med ilt i vandsøjlen, så dyrene i stedet bliver kvalt.

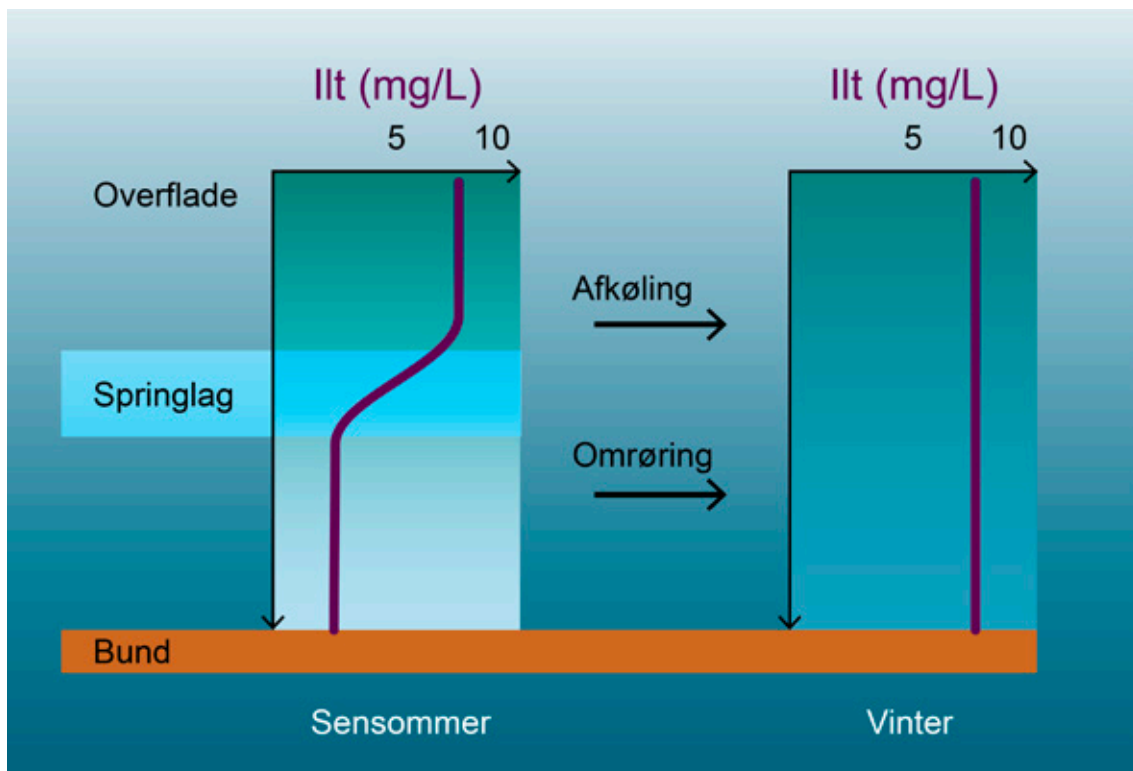
Det er særligt i sensommeren, at historier om fiskedød, iltsvind og bundvending fylder i medierne.

RISIKOEN FOR ILTSVIND STIGER I SENSOMMEREN

Der flere grunde til, at risikoen for iltsvind og bundvending stiger i sensommeren og efteråret. For det første har der været en lang forårs- og sommerperiode, hvor lys ikke har begrænset algevæksten. I næringsstofbelastede havområder betyder det, at døde planktonalger har hobet sig op på bunden, hvor de bliver nedbrudt under forbrug af ilt.

For det andet er vandtemperaturen højere i sensommeren og efteråret. Jo varmere vand er, jo mindre ilt kan der opløses i det, og derfor er der mindre ilt i vandet. Den tredje grund er, at der er mindre vind til at skabe omrøring, og det betyder, at vandmasserne over og under springlagene typisk ikke bliver blandet op.

Som du kan se på figur 5, ændrer situationen sig i løbet af vinterhalvåret, hvor overfladevandet gradvist bliver afkølet med det resultat, at det bliver tungere og nemmere kan blandes op med vandmasserne under springlaget. Samtidig skaber efterårets storme omrøring i vandmasserne, springlaget forsvinder, og ilt og næringsstoffer bliver fordelt i hele vandsøjlen. På denne tid af året er mangel på næringsstoffer ikke længere en begrænsning for planktonalgernes vækst. Det er lyset til gengæld, og derfor kan planktonalgerne først rigtig udnytte næringsstofferne igen i det tidlige forår.



5. Iltkoncentrationen i en vandsøjle i sensommeren og om vinteren.

Risikoen for iltvind afhænger ikke kun af årstiden, fremtidens klimaforandringer kommer også til at spille en vigtig rolle.

KLIMAFORANDRINGER GIVER MERE ILTSVIND

Med global opvarmning bliver problemet med iltvind endnu større, fordi varmere vand indeholder mindre ilt. Samtidig forløber respiration og andre processer i cellerne hurtigere ved højere temperaturer, og derfor får havets organismer brug for mere ilt, når vandtemperaturen stiger.

Det kan du selv undersøge i laboratoriet.



ØVELSE: RESPIRATION HOS HAVDYR

Global opvarmning kan altså betyde mindre ilt i havet og et større iltforbrug. Det er en uheldig kombination, som kan føre til, at flere dyr kommer til at mangle ilt fremover.

Risikoen for iltmangel bliver forstærket af, at der i fremtiden vil falde mere regn i Danmark på grund af klimaforandringerne. Det kan betyde, at flere næringsstoffer fra land skyller ud i havet og øger næringsstofbelastningen af vores havområder.



6. Regnvejr i horisonten.

I de mere lukkede dele af de danske farvande som for eksempel Limfjorden har der altid været lidt iltsvind, der er forekommet naturligt. I dag har vi langt mere iltsvind, blandt andet fordi næringsstoffer fra landbruget ender i havet, og samtidig går vi en fremtid i møde, hvor klimaforandringerne øger risikoen for iltsvind.

DIN MAD OG HAVET

Du har allerede læst, at gylle og gødning fra landbruget indeholder næringsstoffer, der kan give problemer i havmiljøet, men hvad har det at gøre med din mad?

Vi har alle brug for at få tilført en vis mængde energi med kosten hver eneste dag. Som tommelfingerregel gælder det, at 90 % af energien går tabt fra et led i fødekæden til det næste led. Da planter udgør det første led i fødekæden, og dyr befinder sig højere oppe i fødekæden, kan vi spare på ressourcerne, hvis en større del af vores energibehov bliver dækket af planter i stedet for kød.

VIDSTE DU, AT

Knap 80 procent af landbrugsarealet i Danmark bliver brugt til at dyrke foder til husdyr?

Det kan du få en forklaring på i videoen nedenfor.



VIDEO: ENERGISTRØMME I ØKOSYSTEMER

For mange næringsstoffer fra vores fødevareproduktion truer miljøtilstanden i Danmarks havområder, men hvis vi sørger for, at færre næringsstoffer ender i havet, kan vi bremse eutrofieringen.

Som forbrugere og vælgere har vi mulighed for at påvirke beslutningstagere, og derfor må vi selv tage stilling til, hvordan vores havmiljø skal være fremover.

TIL DIG MED BIOLOGI PÅ B-NIVEAU

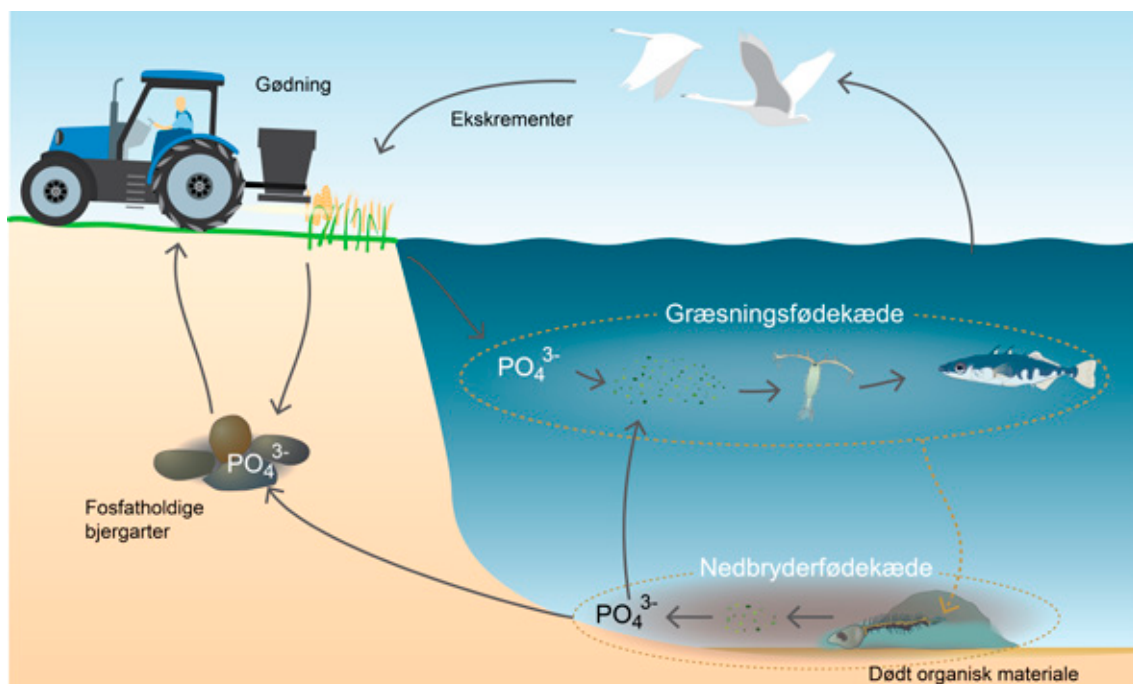
Som du læste tidligere, spiller kvælstof og fosfor en afgørende rolle for eutrofieringen af vores havområder. Derfor er det vigtigt at forstå, hvordan de to næringsstoffer cirkulerer i det, der kaldes fosfor- og kvælstofkredsløbet.

FOSFORKREDSLØBET

Fosfor findes i planter, i dyr, i vand, i jord og i hver eneste af dine celler, fordi både DNA, RNA og ATP, der leverer energi i cellerne, indeholder fosfor.

Fosfor er det samme som grundstoffet P og indgår i fosfat (PO_4^{3-}), der stort set er den eneste form for fosfor, der er tilgængelig for primærproducenter som planktonalger og planter.

Som du kan se på figur 7, bliver fosfat frigivet fra fosforholdige bjergarter. En del bliver optaget af planter og planktonalger, der behøver fosfat for at kunne vokse. Herfra kan det passere gennem fødekæderne via konsumenter. Når organismer dør og bliver nedbrudt, bliver den fosfat, de har bundet, frigivet og herefter kan den igen optages af levende organismer.



7. Fosforkredsløbet i havet.

Da fosfor kan være en begrænsende faktor for afgrødernes vækst, gøder landmændene markerne med kunstgødning, der indeholder fosfat. En del af det fosfat, der ikke bliver optaget af afgrøderne på markerne, bliver ført med regnvand og vandløb ud i havet.

At fosfor fra land ender i havet, er en del af en naturlig proces, men udvaskningen er steget markant siden midten af 1900-tallet, da industrien og særligt landbruget anvender fosfor i store mængder.

I havet kan fosfat bidrage til eutrofiering eller blive aflejret på havbunden. Samtidig er der en del af havets fosfor, som bliver ført tilbage på land. Det sker for eksempel, når vi fanger fisk, når ekskrementer fra havfugle, der har spist fisk, ender på land, eller når geologiske processer hæver havbunden og skaber fosforholdige bjergarter.

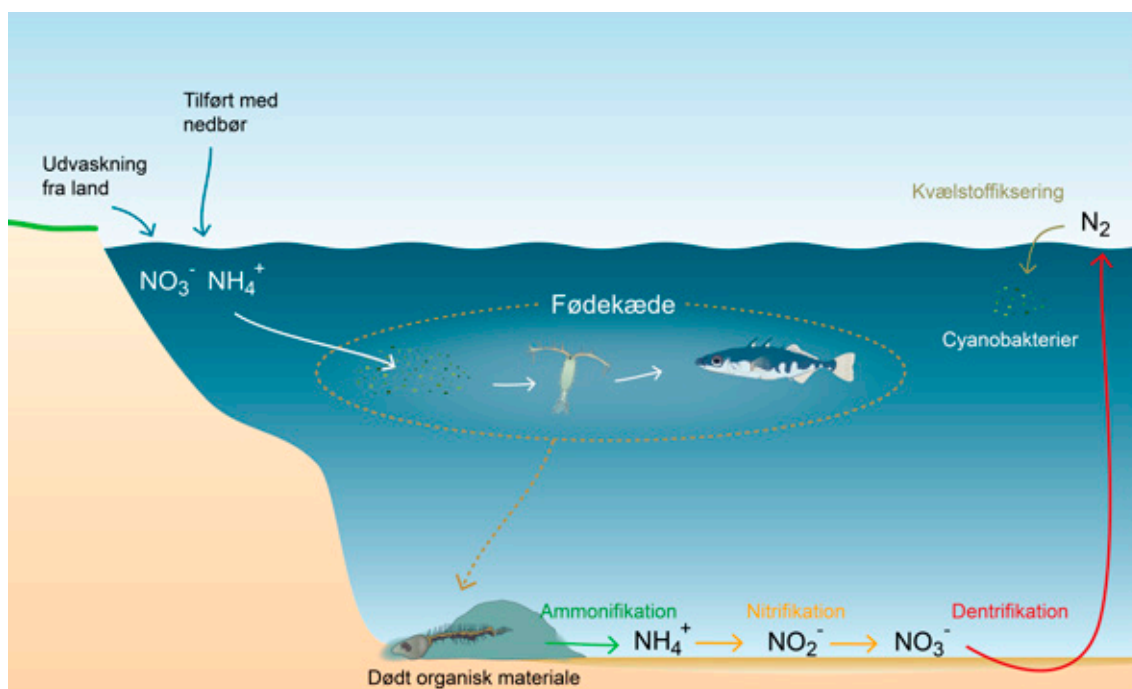
Fosfor har betydning for eutrofieringen af vores havområder, men kvælstof spiller ofte en endnu større rolle.

KVÆLSTOKREDSLØBET

Kvælstof er det samme som grundstoffet N og bliver også kaldt for nitrogen. Når du trækker vejret, indånder du kvælstof, da atmosfæren indeholder knap 80 procent kvælstof i form af N_2 .

Selvom kvælstof er et nødvendigt grundstof for alt liv, kan de fleste primærproducenter ikke optage kvælstof fra N_2 , i stedet optager de det fra nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+).

Det optagede kvælstof bliver indbygget i primærproducenternes DNA, RNA og proteiner. Det samme sker hos konsumenterne, når primærproducenterne bliver spist, og det bundne kvælstof passerer videre gennem fødekæderne, som det er vist på figur 8.



8. Kvælstofkredsløbet i havet.

Kvælstof, der indgår i DNA og andre forbindelser, som er dannet af levende organismer, kaldes for organisk kvælstof. Alt det, der ikke er organisk kvælstof, er uorganisk kvælstof. Når organismerne dør, bliver det organiske kvælstof mineraliseret i nedbryderfødekæden. Det vil sige, at det bliver omsat til uorganisk kvælstof igennem en række nedbrydningstrin.

Forestil dig en død fisk i havet, der bliver nedbrudt af krabber og bakterier. Her spiller bakterierne en særlig rolle, fordi de indgår i en proces, hvor det organisk bundne kvælstof i fisken bliver omdannet til ammoniak (NH_3) og ammonium (NH_4^+), der er uorganiske forbindelser. Processen kaldes ammonifikation og bliver ofte beskrevet som vist nedenfor.

Ammonifikation: Organisk bundet kvælstof $\rightarrow NH_4^+$



9. Død torsk.

En del af det dannede ammonium, bliver udnyttet af forskellige bakterier, der kaldes nitrificerende bakterier. De skaffer sig energi ved at omsætte ammonium (NH_4^+) til nitrit (NO_2^-) og derefter til nitrat (NO_3^-) i en proces, der kun kan foregå under iltrige forhold og kaldes nitrifikation.

Nitrifikation: $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$

Nedbrydningsprocesserne betyder, at nitrat og ammonium igen er frit tilgængeligt i omgivelserne og på ny kan optages af planktonalger eller andre primærproducenter.

Du har allerede læst, at de fleste organismer ikke kan optage kvælstof fra N_2 , men der er undtagelser. Cyanobakterier, der også går under betegnelsen ”blågrønalger”, kan optage kvælstof direkte fra luften og indbygge det som organisk bundet kvælstof i en proces, der kaldes kvælstoffiksering.

Kvælstoffiksering: $\text{N}_2 \rightarrow$ organisk bundet kvælstof

Cyanobakterier er ofte omdrejningspunkt i mediernes historier om røde flag og badeforbud ved de danske strande, fordi de samtidig kan udskille giftstoffer. Det er særligt sidst på sommeren, at cyanobakterier skaber problemer, fordi planktonalgerne har bundet meget af det kvælstof, der var i havvandet tidligere på sommeren. Konsekvensen er, at kvælstofindholdet i havvandet typisk er lavt på denne årstid, og da cyanobakterierne kan skaffe sig kvælstof direkte fra luften, giver det dem en konkurrencemæssig fordel i forhold til planktonalger.

Mens cyanobakterier kan fikse kvælstof fra luften, kan andre bakterier frigive N_2 ved en proces, der kaldes for denitrifikation. Her udnytter bakterier nitrat (NO_3^-) til respiration i stedet for ilt og danner frit kvælstof (N_2) gennem flere trin.

Denitrifikation: $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

Processen kræver iltfrie forhold, som for eksempel findes i havbunden. Det frie kvælstof er en gas og søger mod atmosfæren, og på den måde bliver kvælstof fjernet fra havmiljøet.

Denitrifikation er meget vigtig for kvælstofomsætning i de kystnære farvande, men kan ikke kompensere for de store mængder kvælstof, som ender i havet.

En del af havets kvælstof bliver tilført med nedbør, men en af de helt store kilder til eutrofieringen af vores havmiljø er udvaskning fra landbruget.





UNDERSVISING

OPDAG
HAVET

ØVELSER

ØVELSESVÆJLEDNINGER TIL ØKOLOGI

a. <u>Fotosyntese og respiration</u>	Side 73
b. <u>Forsuring af verdenshavene</u>	Side 77
c. <u>Påvirker forsuring havdyr?</u>	Side 79
d. <u>Respiration hos havdyr</u>	Side 81
e. <u>Lav et springlag</u>	Side 85
f. <u>Kig på plankton</u>	Side 87
g. <u>Muslingefiltration</u>	Side 90
h. <u>Disseker et dyr</u>	Side 93
i. <u>Biotopundersøgelse</u>	Side 99
j. <u>Miljøfremmede stoffer</u>	Side 106
k. <u>Global opvarmning</u>	Side 109
l. <u>Kan plastik nedbrydes?</u>	Side 111
m. <u>Optager muslinger plastik?</u>	Side 117

FOTOSYNTSE OG RESPIRATION

ØVELSEN BESTÅR AF TO DELE

- Demonstrationsforsøg: Hvorfor skifter BTB farve?
- Elevforsøg: Design et forsøg om fotosyntese og respiration

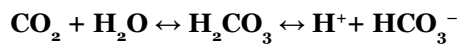
1. DEMONSTRATIONSFORSØG: HVORFOR SKIFTER BTB FARVE?

TEORI

Som du kan se af reaktionsligningen nedenfor, producerer levende organismer CO_2 , når de udfører respiration.

Respiration: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{frigjort energi (ATP)}$

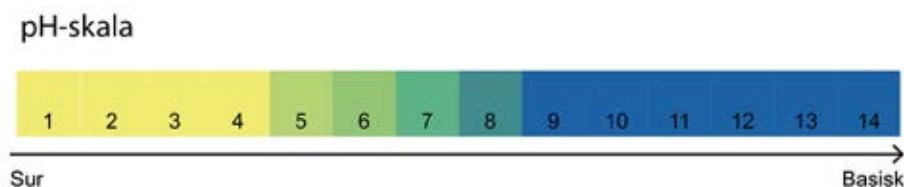
Når CO_2 reagerer med vand, bliver der blandt andet dannet kulsyre (H_2CO_3) og H^+ -ioner, der gør vandet mere surt, og det betyder, at pH-værdien falder. Sammenhængen er vist her:



Mens respiration fører til produktion af CO_2 , så forholder det sig omvendt med fotosyntese, hvor der i stedet bliver brugt CO_2 .

Fotosyntese: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{lysenergi} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Når fotosyntese fjerner CO_2 , bliver der mindre kulsyre og færre H^+ -ioner, og derfor stiger pH. For at kunne se, om pH-værdien ændrer sig i vand som følge af fotosyntese eller respiration, bruger man en farveindikator, der kaldes bromthymolblåt og forkortes BTB. Når der sker ændringer i pH, skifter BTB farve. En væske, der er sur, bliver farvet gul, neutral væske bliver grøn, og basisk væske bliver blå.



Danskvand indeholder CO_2 og kulsyre, og derfor kan I efterligne effekten af respiration ved at tilføje danskvand til en vandig opløsning.

FORMÅL

I skal undersøge, hvordan CO_2 påvirker pH-værdien i vand.

MATERIALER

1 reagensglas, BTB, danskvand.

FREM GANGSMÅDE

1. Fyld et reagensglas halvt op med vand fra vandhanen.
2. Tilføj et par dråber BTB. Noter farven.
3. Tilføj danskvand. Hvad sker der?

RESULTATER

Noter farve uden ekstra CO_2 _____

Noter farve med ekstra CO_2 _____

DISKUSSION

- a. Forklar på baggrund af de observerede farveændringer, hvordan tilførsel af CO_2 påvirker pH-værdien i vand.
- b. Hvordan kan I bruge viden fra forsøget, når I selv skal designe et forsøg om respiration og fotosyntese?

TIL LÆREREN

Hvis forsøget kun udføres af læreren, er det nemmere for eleverne at se farveskiftet, hvis man bruger en større beholder med mere vand i.

2. DESIGN ET FORSØG OM FOTOSYNTESE OG RESPIRATION

TEORI

1. Hvad ved I om fotosyntese og respiration?

FORMÅL

I skal selv designe et forsøg, hvor I bruger teoretisk viden om fotosyntese og respiration og materialerne nedenfor.

MATERIALER

- Vandpestplanter
- Reagensglas med skruelåg eller parafilm
- BTB (bromthymolblåt)
- Danskvand
- Stanniol

FORSØGSDESIGN OG HYPOTESER

2. Formuler en hypotese, og tegn en skitse af jeres forsøg.

Eksempel på hypotese

I et reagensglas med vandpest, vand, BTB og ekstra CO_2 fra danskvand, som står i lys, vil vi forvente, at vandets farve skifter fra gul til blå efter 24 timer. Det sker, fordi der blandt andet er foregået fotosyntese, der fjerner CO_2 fra vandet, hvilket får pH-værdien til at falde.

Tip til forsøgsdesign

Jeres forsøg skal stå i **24 timer eller længere** for, at I kan se, om der er sket fotosyntese og/eller respiration.

Varier kun en faktor ad gangen. Det kan for eksempel være, at I har to reagensglas, der indeholder det samme, men det ene glas placeres i lys og det andet i mørke. På den måde undersøger I lysets betydning for resultatet.

Skitse af forsøg:

3. Præsenter jeres skitse, og få respons på jeres forsøgsdesign.

FREMGANGSMÅDE

4. Sæt jeres forsøg op, og tag et billede af forsøgsopstillingen, så I har det til næste undervisningstime.

RESULTATER

5. Præsenter forsøgets resultater.

DISKUSSION

- a. Var der overensstemmelse mellem hypotese og resultater? Hvorfor/hvorfor ikke?

KONKLUSION

- b. Hvad har forsøget vist om fotosyntese og respiration?

TIL LÆREREN

Tag eventuelt en metodesnak med eleverne, inden de går i gang med at designe forsøg. Eleverne kan for eksempel overveje, hvor fyldte reagensglassene bør være. Lad eleverne i en gruppe give respons på en anden gruppes forsøgsdesign.

FORSURING AF VERDENSHAVENE

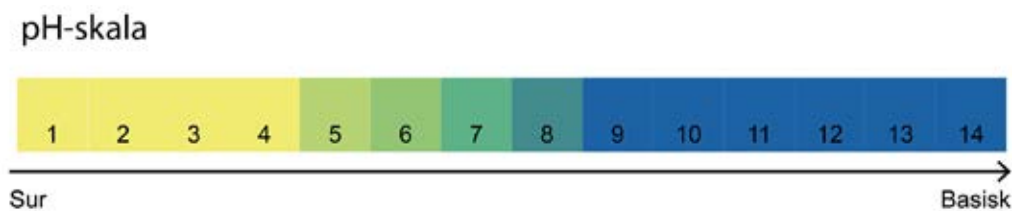
TEORI

Du har sikkert hørt, at koncentrationen af CO_2 stiger i atmosfæren. Ligesom mange andre gasser kan CO_2 opløses i vand. Fordi der samtidig er en ligevægt mellem CO_2 i atmosfæren og CO_2 i havet, betyder stigningen af CO_2 i atmosfæren, at CO_2 -koncentrationen i havet stiger.

Spørgsmålet er, hvordan den ekstra CO_2 påvirker pH-værdien i vand. Det skal I undersøge i laboratoriet.

Jeres udåndingsluft indeholder CO_2 , og derfor kan I efterligne den del af processen, hvor havet optager CO_2 fra atmosfæren, ved at bruge et sugerør til at puste luft ned i et glas med vand.

For at kunne se, om pH-værdien ændrer sig i vandet, er I nødt til at bruge en farveindikator, der kaldes bromthymolblåt og forkortes BTB. Når der sker ændringer i pH, skifter BTB farve. En væske, der er sur, bliver farvet gul, neutral væske bliver grøn, og basisk væske bliver blå.



FORMÅL

I skal undersøge, hvordan CO_2 fra luften, der er blevet opløst i vand, kan påvirke pH-værdien.

MATERIALER

- 1 reagensglas
- 1 sugerør
- BTB-opløsning
- Vand

FREMGANGSMÅDE

1. Tilsæt 3 mL vand til et reagensglas.
2. Tilsæt 2 dråber BTB eller mere, hvis farven ikke er tydelig.
3. Pust i væsken i reagensglasset med et sugerør, til der sker et farveskift.

DISKUSSION

- a. Forklar på baggrund af den observerede farveændring, hvordan CO_2 påvirker pH-værdien i vand.
- b. Hvilke konsekvenser kan øget koncentration af CO_2 i havvand have for skaldyr?

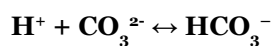
PÅVIRKER FORSURING HAVDYR?

TEORI

Vi mennesker medvirker til, at koncentrationen af CO_2 stiger i atmosfæren. En del af den ekstra CO_2 bliver optaget i verdenshavene, hvor det meste reagerer med vand. Når CO_2 reagerer med vand, bliver der blandt andet dannet kulsyre (H_2CO_3) og H^+ -ioner, der gør havvandet mere surt.



Processen kaldes forsuring, og den bidrager til en stigende koncentration af H^+ -ioner med det resultat, at der bliver fjernet karbonat (CO_3^{2-}) fra vandet.



Havdyr som muslinger, snegle, krebsdyr og koraller har brug for karbonat til at danne kalk i form af calciumkarbonat (CaCO_3) til deres skaller og skeletter. Spørgsmålet er, hvordan kalk bliver påvirket, hvis pH falder for meget? Det skal I undersøge i laboratoriet.

FORMÅL

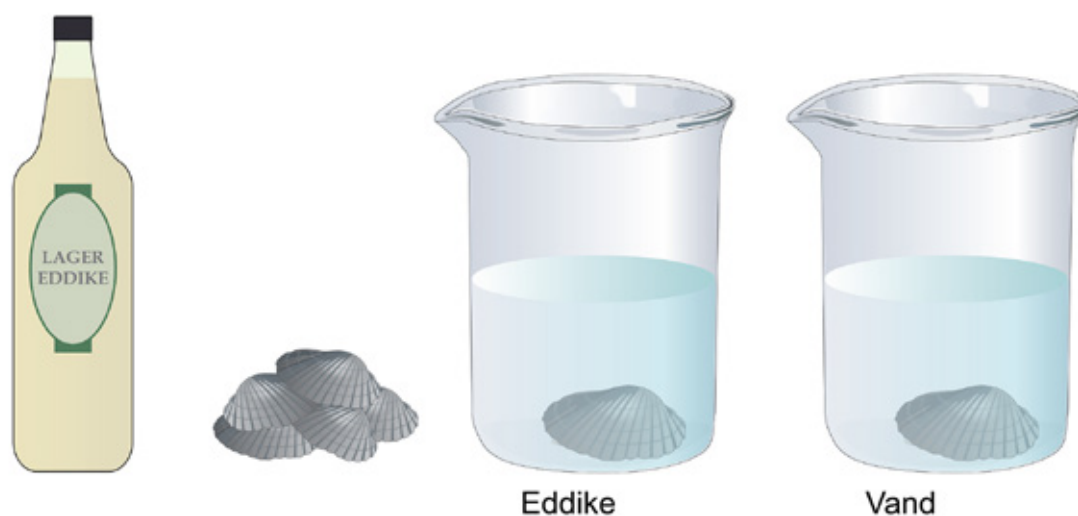
I skal undersøge, hvordan vandets surhedsgrad påvirker kalk.

MATERIALER

- 2 stk. 100 ml bægerglas
- 2 tavlekridt eller 2 muslingeskaller
- Eddike
- pH-sticks

FREMGANGSMÅDE

1. Fyld vand i det ene glas og eddike i det andet glas.
2. Mål pH med pH-sticks.
3. Put et tavlekridt eller en muslingeskal i hvert glas. Hvad sker der?



RESULTATER

- a. Hvilken sammenhæng kan I observere mellem pH-værdi og kalkens opløsning?

DISKUSSION

- b. Forklar den observerede sammenhæng mellem pH og kalkens opløsning.
- c. I hvor høj grad kan forsøget bruges til at sige noget om, hvordan fortsat forsuring vil påvirke havdyr, der danner skaller?

TIL LÆREREN

Forsøget fungerer bedre med skaller fra hjertemuslinger, som er vist på figuren, end med skaller fra blåmuslinger. Forsøget kan også bruges som demonstrationsforsøg, eller man kan vælge at udbygge det. Lav for eksempel en måleserie, hvor pH falder fra 8,1, og mål opløsningshastigheden ved at veje kridtet eller muslingeskallerne før og efter. Brug eventuelt HCl i stedet for eddike.

RESPIRATION HOS HAVDYR

TEORI

Global opvarmning får temperaturen i verdenshavene til at stige. Spørgsmålet er, hvordan det påvirker havets dyr? Det skal I undersøge i laboratoriet. Ligesom alle andre levende væsener udfører havdyr respiration for at leve. Hos de fleste havdyr sker respiration ved, at glukose bliver omdannet til kuldioxid og vand under forbrug af ilt.

Derfor kan man bruge iltforbrug som et mål for, hvor meget dyr respirerer. Ved at opbevare dyr i en lukket beholder, kan I måle dyrenes iltforbrug over tid. Hvis I samtidig udfører forsøget ved forskellige temperaturer, kan I få en ide om, hvordan temperatur påvirker havdyrs iltforbrug.

FORMÅL

I skal undersøge havdyrs respiration ved forskellige temperaturer.

MATERIALER

Til hver gruppe

- 1 havdyr for eksempel en musling, krabbe, fisk eller sandorm
- 2 beholdere med skruelåg. Størrelsen skal passe til det valgte dyr

Fælles

- Iltmåler
- Luftpumpe
- Beholder med isterninger
- 2-3 spande med havvand til dyr og til at lukke flaskerne i
- Vægt til vejning af dyr
- Måleglas

FREM GANGSMÅDE

1. Sørg for, at vandet i spanden med havvand er gennemboblet med ilt.
2. Mål iltkoncentrationen i havvandet i spanden. Vær opmærksom på, at nogle iltmålere skal bevæges roligt gennem vandet under måling. Iltkoncentrationen skal være minimum 8 mg/L. Skriv resultatet ind i skema 1 i resultatafsnittet.
3. Fyld en beholder med havvand fra spanden, og kom et dyr ned i beholderen.



4. Opstil den anden beholder kun med havvand fra spanden som reference.
5. For at undgå, at der kommer luftbobler i beholderne, skal de lukkes til, mens de er sænket helt ned i spanden med havvand. Bobler inde i beholderen kan fjernes med en finger, mens beholderen er nedsænket under vand.
6. Placer din gruppes to beholdere ved samme temperatur. Halvdelen af grupperne kan udføre forsøget i vand med isterninger, mens resten kan udføre forsøget ved stuetemperatur.
7. Lad beholderne stå i en time.
8. Mål iltindhold i begge beholdere. Husk, at nogle iltmålere skal bevæges roligt gennem vandet under måling.
9. Noter forsøgstiden.
10. Vej dyret, og mål rumfanget af den vandmængde, som dyret har opholdt sig i.
11. Tjek, at du har fået skrevet alle resultater ind i skema 1.

RESULTATER

Skema 1 Gruppens resultater

	Beholder 1 (med dyr)	Beholder 2 (reference)
Dyreart		Uden dyr
$Ilt_{start}(\frac{mg\ O_2}{l})$		
$Ilt_{slut}(\frac{mg\ O_2}{l})$		
Temperatur _(grader) (isbad/stuetemperatur)		
Forsøgstid _(min)		
Rumfang _(l)		
Vægt _{dyr (g)}		
Respiration _{total} $(\frac{mg\ O_2}{min})$		
Respiration pr. g. vådvægt $(\frac{mg\ O_2}{min/g})$		

RESULTATBEHANDLING

- a. Beregn dyrets samlede respiration efter formlen:

$$Respiration_{total}(\frac{mg\ O_2}{min}) = \frac{(Ilt_{start}(\frac{mg\ O_2}{l}) - Ilt_{slut}(\frac{mg\ O_2}{l})) * Rumfang_{(l)}}{Forsøgstid_{(min)}}$$

- b. Beregn dyrets respiration pr. gram vådvægt dyr efter formlen:

$$Respiration\ pr.\ g.\ vådvægt(\frac{mg\ O_2}{min/g}) = \frac{Respiration_{total}(\frac{mg\ O_2}{min})}{Vægt_{dyr}(g)}$$

- c. Sammenlign din gruppes resultater med en gruppe, der har udført forsøget ved en anden temperatur.

DISKUSSION

- d. Hvordan påvirker temperatur havdyrs respiration pr. gram vådvægt?
- e. Hvilke andre faktorer kan påvirke dyrs iltforbrug?
- f. Hvad er formålet med referenceforsøget?
- g. I hvor høj grad kan forsøget bruges til at sige noget om, hvordan stigende havtemperatur vil påvirke havdyr?

TIL LÆREREN

Hvis I har været på biotopundersøgelse, kan I bruge de dyr, I har fanget, til forsøget. Husk også at få et par dunke med havvand med hjem fra biotopundersøgelsen.

Beholderne i forsøget skal være store nok til dyr og måleudstyr, men må ikke være alt for store.

Hvis man bruger blåmuslinger, som er lukkede under forsøget, kan iltforbruget være så lavt, at det er svært at registrere.

Hvis eleverne har svært ved at overskue udregningerne i resultatbehandlingsafsnittet, kan man lade alle arbejde ved den samme temperatur og undersøge, om der forsvinder mere ilt i beholderen med dyret sammenlignet med referencebeholderen.

Forsøget kan udbygges ved at undersøge iltforbruget hos forskellige arter.

Dele af vejledningen er lavet med inspiration fra "Måling af vanddyrs respiration" i FaDB Biologijournaler.

LAV ET SPRINGLAG

TEORI

I vores havområder kan der opstå springlag, når vandmasser med forskellig massefylde møder hinanden. Et springlag er et grænselag mellem to vandmasser, der kan adskille overfladevand og bundvand. Derfor virker det nærmest som et låg, der bliver lagt på bundvandet, og det kan hæmme transport af ilt og andre stoffer mellem de øvre og nedre vandmasser.

Springlag kan opstå, når to vandmasser har forskellig temperatur eller saltholdighed. Det sker for eksempel, når ferskvand møder vandmasser med saltvand, fordi ferskvand har en lavere massefylde end saltvand.

I laboratoriet kan I efterligne processen og vise, at ferskvand lægger sig øverst i vandsøjlen oven på saltvand.

FORMÅL

I skal lave et springlag.

MATERIALER

- Et højt gennemsigtigt måleglas eller et bægerglas
- Salt - gerne fint
- Vand
- Frugtfarve
- 100 mL sprøjte eller en sprøjteflaske

FREM GANGSMÅDE

1. Lav en saltvandsopløsning ved at blande 30 g salt og 100 mL vand.
2. Bland frugtfarve og saltvand, og kom det i sprøjten.
3. Fyld måleglasset 1/3 op med lunkent ferskvand.
4. Sprøjt indholdet fra sprøjten forsigtigt ned i måleglasset langs kanten tæt ved vandoverfladen.



OBSERVATIONER

- a. Hvad observerede I?

DISKUSSION

- b. Hvorfor kan springlag føre til iltmangel på havbunden?

TIL LÆREREN

Da temperatur påvirker vands massefylde, er det vigtigt, at saltvand og ferskvand har den samme temperatur, og ellers skal ferskvandet være varmere end saltvandet.

Hvis saltholdigheden i forsøget i højere grad skal svare til saltholdigheden i havet, skal man blande 3,5 g salt med 100 mL vand. Øvelsen kan også laves uden salt, ved at man i stedet varierer vandmassernes temperatur. Her farves koldt vand fra isklumper og hældes ned i et glas med varmt vandhanevand. Begge metoder er lidt sværere at få til at lykkes end den metode, der er beskrevet i vejledningen.

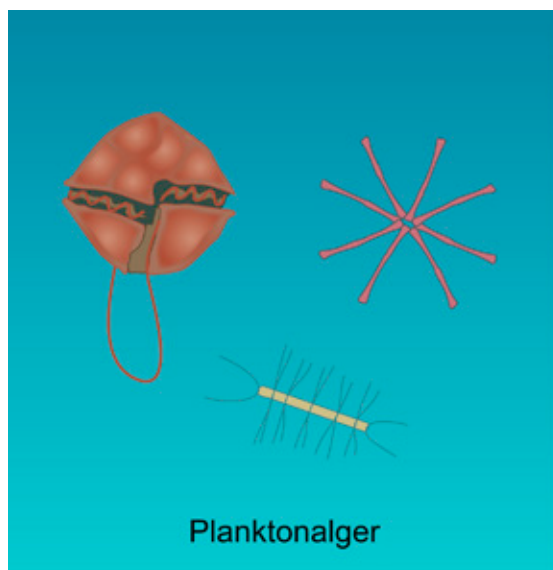
KIG PÅ PLANKTON

TEORI

Plankton er en fællesbetegnelse for planter og dyr, der bliver ført omkring med vandstrømme. Ofte er planktonorganismer så små, at du kun kan se dem, hvis du bruger et mikroskop. Hos planktonalger, der er primærproducenter, finder man fotosyntesepigmenter, og på trods af deres ringe størrelse er planktonalger nogle af de vigtigste producenter af organisk stof og ilt på jorden. I de indre danske farvande kan der være perioder, hvor planktonalger som kiselalger og flagellater dominerer.

I havets fødekæde kan planktonalger blive spist af dyreplankton, der også er plankton. Vandlopper og dafnier er dyreplankton ligesom fiskelarver og mange andre dyr.

Hvis du kigger på en dråbe havvand i et mikroskop, kan du se, hvordan plankton ser ud i virkeligheden.



FORMÅL

I skal undersøge planktonalger og dyreplankton i havvand.

MATERIALER

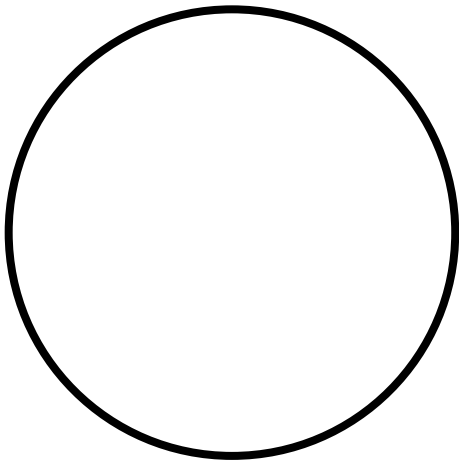
- Mikroskop
- Objektglas
- Dækglas
- Planktonprøve

FREM GANGSMÅDE

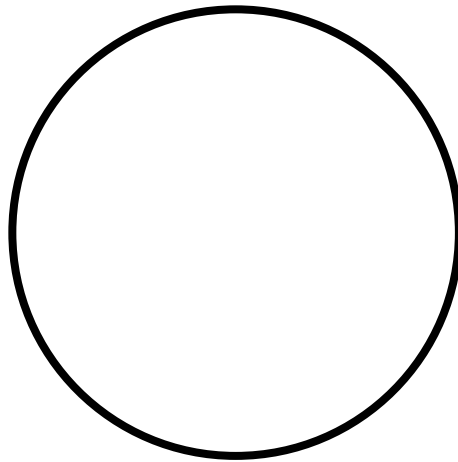
1. Brug en pipette til at placere en dråbe havvand midt på et objektglas.
2. Læg forsigtigt et dækglas oven på dråben.
3. Læg objektglasset i mikroskopet, og start med at bruge den mindste forstørrelse.
4. Stil først skarpt med grovskruen og derefter med finskruen.
5. Prøv eventuelt med en kraftigere forstørrelse.
6. Tegn de planktonalger og det dyreplankton, du ser i mikroskopet, i cirklerne nedenfor.

OBSERVATIONER

PLANKTONALGER



DYREPLANKTON



7. Lav en liste med de forskelle, I har fundet på planktonalger og dyreplankton

DISKUSSION

- a. Hvorfor er planktonalger forskellige fra dyreplankton?
- b. Hvilken betydning har planktonalger og dyreplankton for havets økosystemer?

TIL LÆREREN

Tag en planktonprøve fra havet inden øvelsen. Det gøres ved at trække et planktonnet igennem vandet.

Hvis I synes, at der er for langt mellem de enkelte planktonorganismer, når I kigger på planktonprøven i mikroskopet, kan I opkoncentrere prøven. Det gøres ved at hælde planktonprøven igennem et planktonnet igen.

MUSLINGEFILTRATION

TEORI

Blåmuslinger lever af planktonalger og andre mikroskopiske organismer, som de filtrerer fra vandet. Det sker ved, at blåmuslingerne suger vand ind og leder det over gællerne, der også fungerer som et filter, som kan tilbageholde fødeemner. Nogle blåmuslinger filtrerer 2-3 liter vand i timen. Det svarer til, at der skulle løbe omkring 7000 liter vand igennem din krop hver time. I kan selv undersøge filtration i laboratoriet ved at tilføje alger eller gær til et akvarium med blåmuslinger og havvand og se, om blåmuslingerne kan rense vandet.

FORMÅL

At undersøge blåmuslingers filtration.

MATERIALER

- 2 akvarier eller gennemsigtige beholdere med plads til 1,5 liter vand
- 2 liter havvand
- 8-10 levende blåmuslinger
- Tørgær
- Vægt

FREM GANGSMÅDE

1. Fyld 1 liter havvand i hvert af de to akvarier.
2. Overfør 8-10 muslinger til det ene akvarie.
3. Bland 0,1 g tørgær i 10 mL havvand.
4. Kom 5 mL af gæropøsningen i akvariet uden blåmuslinger og 5 mL af gæropøsningen i akvariet med blåmuslinger.
5. Rør forsigtigt rundt i akvarierne, så gæren fordeler sig i vandet.
6. Blåmuslingerne skal være åbne for at kunne filtrere. Hvis I lader dem stå uforstyrret i cirka 10 min, vil I se, at de åbner sig.
7. Undersøg, om man kan se forskel på vandets klarhed i de to akvarier, når muslingerne har været åbne og filtreret i 1/2-1 time.



Hvis det er svært at se, om der er forskel på klarheden af vandet, kan man holde øvelsesvejledningen bagved akvarierne, og se, hvor nemt det er at læse teksten, når man kigger på øvelsesvejledningen fra den anden side af akvariet.

RESULTATER

- a. Hvordan var vandets klarhed i akvariet med blåmuslinger sammenlignet med akvariet uden blåmuslinger?

DISKUSSION

- b. Hvordan påvirker blåmuslinger vandets klarhed?
- c. I hvor høj grad kan forsøget bruges til at sige noget om blåmuslingers filtrationsevne? Inddrag fejlkilder.
- d. Hvilke konsekvenser kan det have for havets økosystemer, hvis muslinger optager mikroplast i stedet for føde?

TIL LÆREREN

I stedet for torgær kan man bruge algekultur for eksempel *Rhodomonas*.

Forsøget fungerer bedst med blåmuslinger, som man selv har taget direkte op fra havet. Hvis man bruger blåmuslinger fra fiskehandleren, skal de opbevares i havvand. Hvis blåmuslingerne er fanget ved højere salinitet, end det havvand, man har adgang til, skal man salte vandet op.

Opløs for eksempel havsalt fra supermarkedet i en mindre mængde vand, og tilføj det gradvis, mens du måler saliniteten.

Blåmuslinger er tolerante over for perioder med lave iltkoncentrationer, men lad dem gerne stå med ilt. Sørg eventuelt for, at muslingerne er akklimatiseret 1 times tid inden forsøget, og lad akvarierne stå uforstyrret under forsøget.

Forsøget kan udvides, hvis man bruger en skalpel til at skrabe fibre af et stykke fleece i kraftig farve. Tilføj fibrene i stedet for gær til akvariet med blåmuslinger. Lad blåmuslingerne stå i 1-2 dage, skyl dem, og disseker dem for at se, om de har optaget fleecestykker.

DISSEKER ET DYR

ØVELSEN BESTÅR AF TO DELE

- Disseker en blåmusling
- Disseker en sild

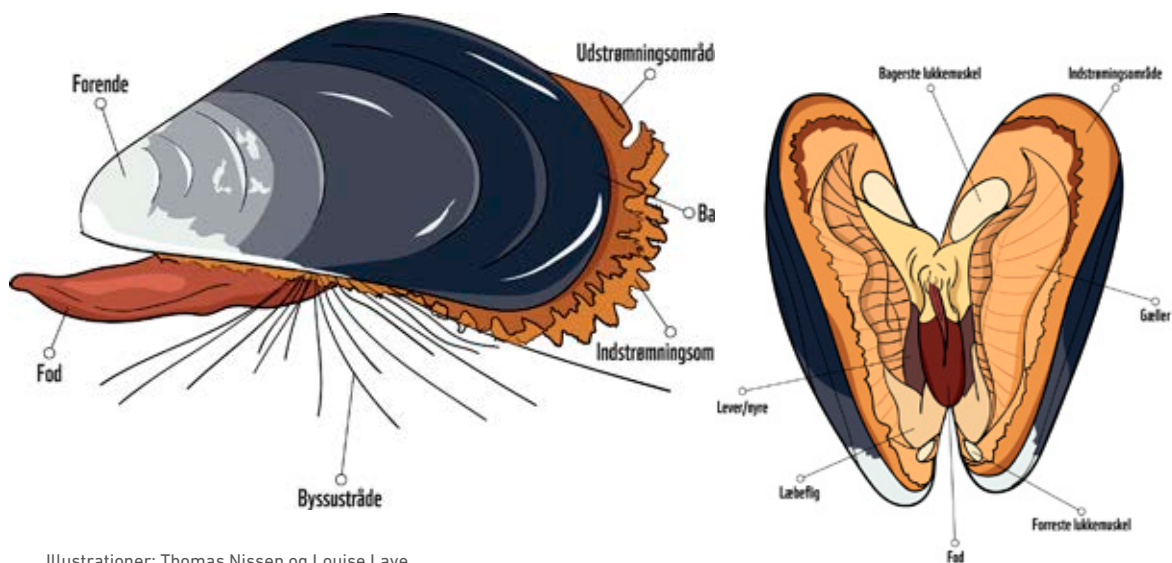
1. DISSEKER EN BLÅMUSLING

TEORI

Blåmuslinger lever af planktonalger og andre mikroskopiske organismer, som de filtrerer fra vandet. Det sker ved, at blåmuslingerne suger vand ind og leder det over gællerne, der også fungerer som et filter, som kan tilbageholde fødeemner.

På figuren nedenfor kan du se, at blåmuslinger har en fod, som de bruger, når de skal krybe afsted. Fra foden kan blåmuslinger udskille et stof, der hedder byssus. Når byssus kommer i kontakt med havvand, bliver der dannet nogle hæftetråde, der kaldes byssustråde. De gør det muligt for blåmuslingerne at holde sig fast og samtidig følge bølgenes bevægelser.

Da mange blåmuslinger lever på lavt vand og kun bevæger sig ganske langsomt, skal de kunne klare sig over vandets overflade, hvis vandstanden pludselig falder. Derfor har blåmuslinger en hård skal, som beskytter mod udtørring, og som samtidig har den fordel, at den også beskytter mod prædation. Skallen bliver holdt lukket ved hjælp af lukkemuskler.



Illustrationer: Thomas Nissen og Louise Lave

FORMÅL

I skal undersøge blåmuslingens anatomi, og hvordan den er tilpasset livet i havet.

MATERIALER

Afdækning, blåmusling, dissektionssæt og kar til at opbevare muslingen i.

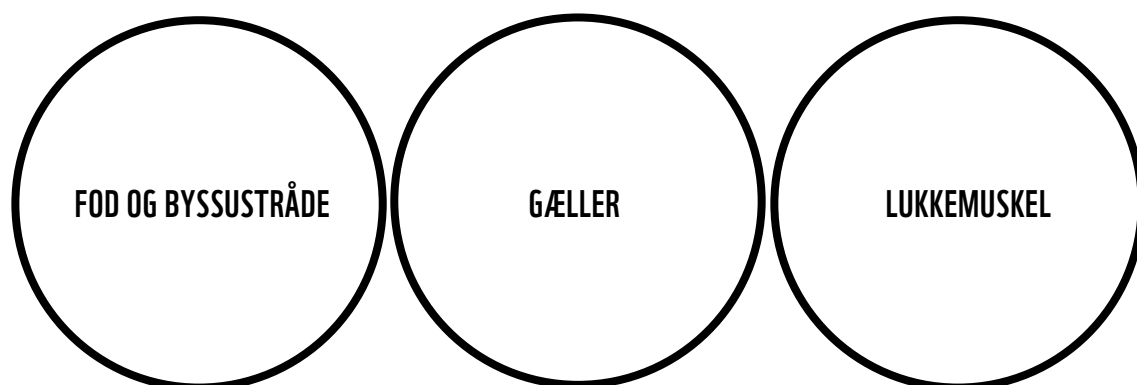
FREMGANGSMÅDE

1. Find forende og bagende på muslingen.
2. Find ryg og bugside. Rygsiden er buet, mens bugside næsten er lige.
3. Find byssustråde.



4. Luk muslingen op ved at holde den brede bagende væk fra dig selv, mens du presser eller vrider skallerne lidt fra hinanden. Tag en kniv, der ikke er så spids. Placer kniven ude ved den brede bagende, så knivens æg vender væk fra dig selv. Stik kniven ind mellem skallerne.
5. Før kniven ind mellem skallerne, og skær den store bageste lukkemuskel over.
6. Åbn muslingen, og placer den i et kar med vand.
7. Prøv at bestemme de indre organer ud fra tegningen i teoriafsnittet.
8. Placer fod, gæller, byssustråde og lukkemuskler i cirklerne i observationsafsnittet.

OBSERVATIONER



DISKUSSION

- a. Hvordan er blåmuslinger tilpasset livet i havet?
- b. Hvilken rolle spiller blåmuslinger i havets økosystemer?

TIL LÆREREN

Cirklerne i observationsafsnittet holder bedst, hvis vejledningen er lamineret.

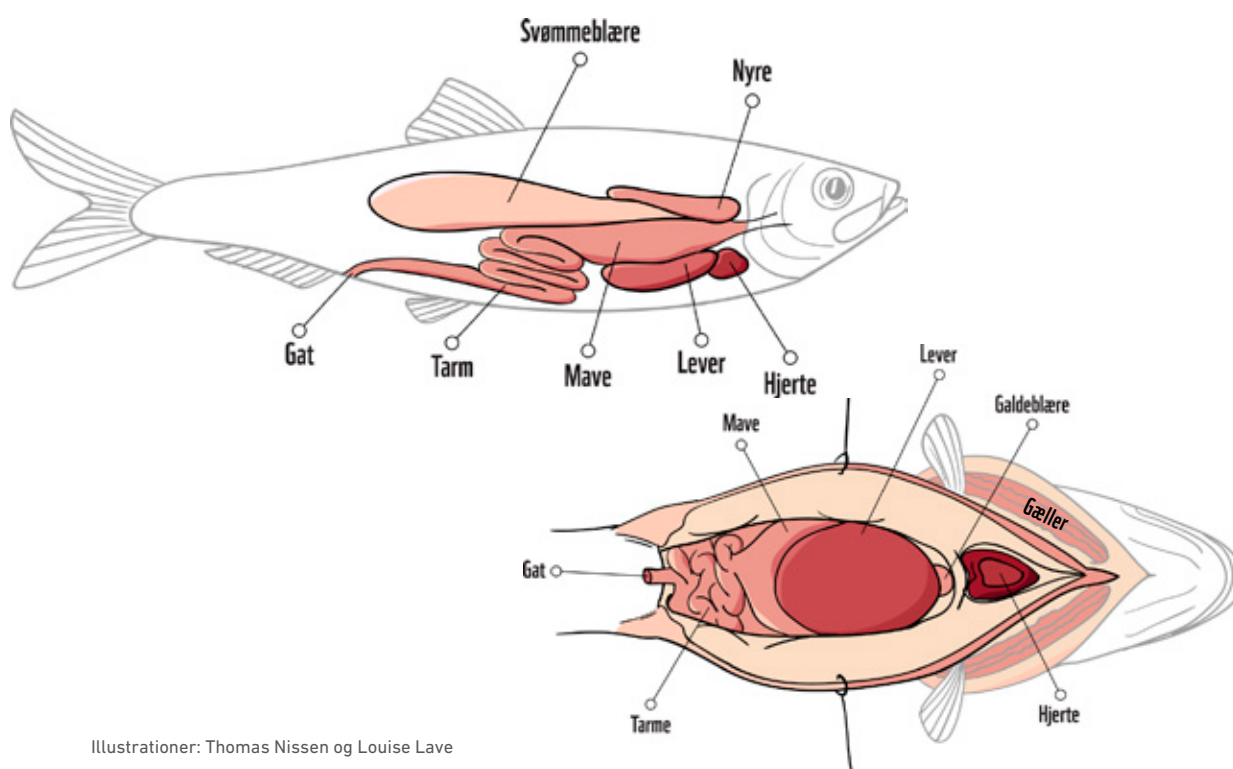
2. DISSEKER EN SILD

TEORI

Sild lever i de frie vandmasser og har som mange andre fisk en strømlinet krop, der er dækket af et beskyttende lag skæl. Kroppen er udstyret med finner, som blandt andet bliver brugt til at styre med. Lyset i havet kommer fra overfladen, og derfor er sildens overside mørkere end undersiden, der også bliver kaldt for bugen. Den lyse bug gør det sværere for rovdyr, der angriber nedefra, at skelne silden fra den lysere havoverflade. På samme måde er det sværere for rovdyr, der angriber ovenfra, at se silden, når den har en mørk ryg.

Da sild altid er omgivet af vand, bliver de ikke udsat for udtørring, og derfor behøver de ikke at have øjenlåg. Til gengæld har de et sidelinjeorgan på hver side af kroppen, som kan registrere trykbølgers udbredelse i vandet. Man forestiller sig, at sidelinjen giver fisk et billede af omgivelserne ligesom et øje. Sidelinjeorganet kan for eksempel bruges af sild, der svømmer i stime, til at sanse bevægelser fra de andre sild.

Bag hovedet sidder gællerne, der gør det muligt for silden at optage ilt fra vandet. Samtidig har sild en svømmeblære, som sidder inde i kroppen. Ved at regulere, hvor meget luft der er i svømmeblæren, kan sild styre deres egen opdrift, så de ikke pludselig synker til bunds eller stiger for hurtigt mod overfladen. Det er en stor fordel i havet, hvor trykket fra det omgivende vand ændrer sig alt efter, hvilken dybde silden befinder sig på.



Illustrationer: Thomas Nissen og Louise Lave

FORMÅL

I skal undersøge sildens anatomi, og hvordan den er tilpasset livet i havet.

MATERIALER

- Afdækning
- Dissektionssæt
- Sild
- Stereolup

FREM GANGSMÅDE

1. Iagttag fiskens form, finner og farver.
2. Pil et fiskeskæl af fiskens krop. Brug eventuelt en skalpel til at skrabe det af.
3. Kig på fiskeskællet i en stereolup. På skellet vil I kunne se nogle buede aftegninger.
Det er vækstringe, ligesom I måske kender det fra årringene på et træ.
4. Find gæller og øjne.
5. Klip fra endetarmsåbningen, der også kaldes gattet, op langs bugen til gællerne uden at komme langt op i de bløde organer i bughulen.
6. Prøv at bestemme de indre organer ud fra tegningen i teoriafsnittet.
7. Skær organerne fri fra bugen, og placer dem i cirklerne nedenfor.

OBSERVATIONER

TARME	MAVESÆK	LEVER
GÆLLER	SVØMMEBLÆRE	HJERTE

DISKUSSION

- a. Hvordan er sild tilpasset livet i havet?
- b. Hvilken rolle spiller sild i havets økosystemer?

TIL LÆREREN

Klip eventuelt fiskens øje ud, og tag linsen ud. Hvis fisken er frisk, kan linsen bruges som en lille lup.

Cirklerne i observationsafsnittet holder bedst, hvis vejledningen er lamineret.

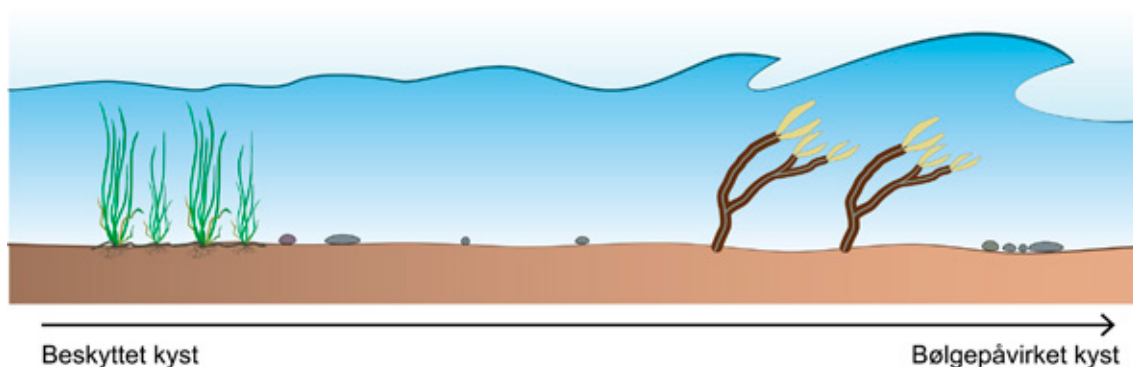
BIOTOPUNDERSØGELSE

TEORI

Det lave vand, som strækker sig fra strandkanten og ud til 1,5 meters dybde, byder på nogle omskiftelige levevilkår, og det skyldes først og fremmest vandets bevægelser. Den inderste del af strandzonen er skiftevis blotlagt og dækket af vand på grund af tidevand, og derfor skal nogle af de organismer, der lever nær strandkanten, kunne tåle delvis udtørring.

Som du kan se på figuren nedenfor, er nogle kyster meget udsatte for bølgepåvirkning, mens andre kyster er mere beskyttede.

Bølgebevægelser kan stille store krav til organismers evne til at sidde fast på bunden, og samtidig har andre abiotiske forhold som lys, temperatur, saltholdighed og ilt stor indflydelse på livet på det lave vand. Men det er ikke kun de abiotiske faktorer, som påvirker organismernes overlevelse, den enkelte organismes placering i havets fødenet spiller også en vigtig rolle. Derfor har både planter og dyr udviklet nogle helt særlige tilpasninger til livet i havet, som I skal undersøge.



FORMÅL

Formålet med øvelsen er at undersøge, hvordan organismer i havet er tilpasset livet på lavt vand, og at få indsigt i økosystemets fødenet og kulstofkredsløb.

MATERIALER

Ved stranden

Hver gruppe: Waders, ketsjer, fiskenet, rejenet, sorteringsbakker, spand, guide til artsbestemmelse.

Fælles: Plastikdunk, iltmåler, salinitetsmåler, pincetter, engangspipetter, indsamlingsglas, planktonnet, eventuelt en vandkikkert og bestemmelseslitteratur.

Hjemme:

Mikroskop, objektglas, dækglass, pipette.

FREMGANGSMÅDE

De abiotiske forhold på lokaliteten (Skema 1)

1. Brug figuren fra teori afsnittet til at vurdere, hvor påvirket kysten er af bølger, og skriv resultatet ind i skema 1.
2. Består bunden af mudder, sand, sten og/eller klipper?
3. Blød bund består af sand og mudder, og hård bund består af klipper og sten. Vurder, om bunden er hård, blød eller midt imellem.
4. Undersøg vandets klarhed. Når lyset ned til bunden, når vanddybden er ca. 1 m?
5. Mål saltholdighed.
6. Mål temperatur og ilt.
Hvis der er mindre end 4 mg ilt pr. liter havvand, er der iltsvind, altså dårlige iltforhold.
Hvis der er 8 mg ilt pr. liter havvand eller mere, er iltforholdene gode for fisk og smådyr.

De biotiske forhold på lokaliteten

7. Lav et træk med et planktonnet gennem vandet.
8. Kom indholdet i en flaske, og tag det med hjem i laboratoriet.
9. Brug net og ketcher til at indsamle så mange forskellige dyr og havplanter og så meget tang som muligt. Led efter dyr nede i bunden, på bunden, i vandsøjlen og under tang.
10. Sorter det, I har fundet, så I har dyr et sted og havplanter og tang et andet sted.

Havplanter og tang (Skema 2)

11. Kom havplanter og tang i en udsorteringsbakke sammen med lidt havvand.
12. Artsbestem jeres fund, og undersøg, hvordan havplanter og tang er tilpasset deres levested. Overvej for eksempel, hvad de sidder fast på, hvordan de sidder fast, og hvordan de adskiller sig fra landplanter. Brug eventuelt figur 6.1 i kapitel 6 i grundbogen.

Dyr (Skema 2)

13. Kom dyrene i en udsorteringsbakke sammen med lidt havvand.
14. Artsbestem jeres fund, og undersøg, hvordan de er tilpasset forholdene på lokaliteten. Overvej, om dyret er særligt tilpasset til at sidde fast på f.eks. sten, eller om det er tilpasset til at bevæge sig rundt på bunden. Hvordan skaffer dyrene sig ilt, og hvad med kamuflage? Brug eventuelt figur 6.2 og 6.3 i kapitel 6 i grundbogen.

Hjemme i laboratoriet (Skema 2)

15. Undersøg den vandprøve, I har taget med hjem, i et mikroskop.
16. Hvilke forskelle kan I se på planktonalger og dyreplankton?

RESULTATBEHANDLING

- a. Udfyld kolonnerne i skema 2 om fødevalg, og hvem der spiser de forskellige organismer, I har fundet på lokaliteten.
- b. Tegn et fødenet for lokaliteten i figur 1, som du finder sidst i dokumentet. Inddrag nogle af de organismer, I har noteret i skema 2.
- c. Marker, hvilke organismer i fødenettet, der er primærproducenter, og hvilke der er konsumenter.
- d. Tegn et kulstofkredsløb for lokaliteten på figur 2, som du finder sidst i dokumentet.

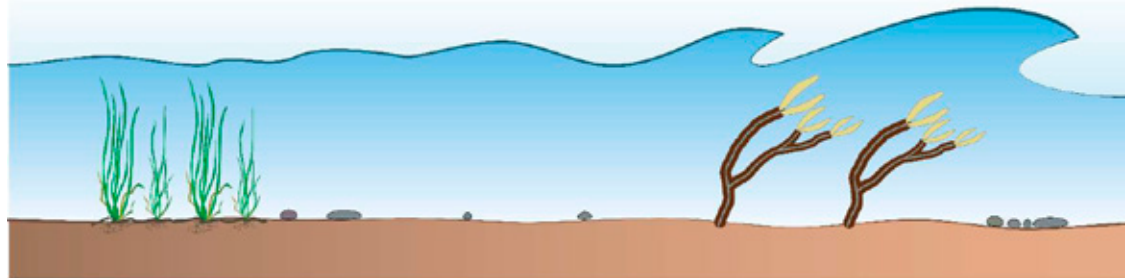
DISKUSSION

- e. Udvalg de abiotiske forhold, som er mest interessante i forhold til lokaliteten. Begrund dit valg.
- f. Forklar, hvordan nogle af de organismer, I har fundet på lokaliteten, er tilpasset de abiotiske forhold, du har fokuseret på i spørgsmål e? Se eventuelt kapitel 6 i grundbogen.
- g. Hvilke forskelle er der på primærproducenter og konsumenter, og hvordan kan man se det på de organismer, I fandt?
- h. Vurder, hvilke konsekvenser det kan få for økosystemet på lokaliteten, hvis forurening bliver et problem i fremtiden? Inddrag figur 1 og 2 i forklaringen. Se eventuelt afsnit 4.1.1 i grundbogen.

Skema 1. Abiotiske forhold på lokaliteten

Gruppe _____ Dato _____ Lokalitet _____

Fysiske forhold



Beskyttet kyst

Bølgepåvirket kyst

Vurder kystens bølgepåvirkning (sæt kryds).

☐ Kyst, hvor der forekommer større bølger

☐ Kyst med roligt vand

Hvad består bunden af? (Sæt et eller flere krydser)

☐ Mudder ☐ Sand ☐ Sten ☐ Klipper

Vurder bundens hårdhed (Sæt et kryds)

☐ Blød ☐ Hård ☐ Midt imellem

Blød bund består af sand og mudder, og hård bund består af klipper og sten.

Vandets klarhed: Når lyset ned til bunden på 1 meters dybde? Ja ☐ Nej ☐

Vandkemiske forhold

Saltholdighed _____

Iltkoncentration _____

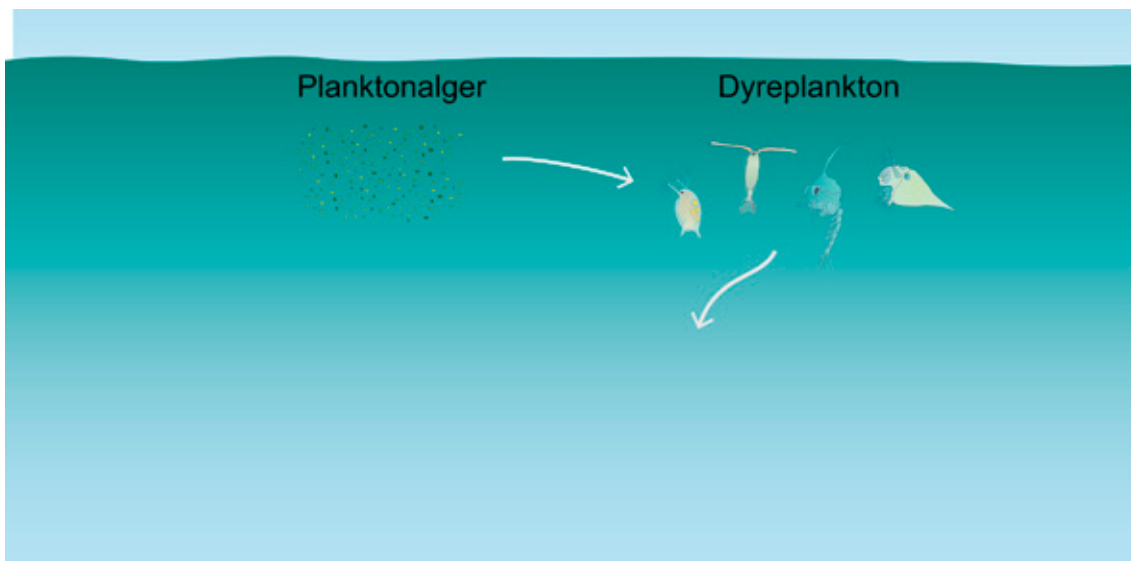
Temperatur _____

Skriv eventuelt andre observationer, der ikke er med i skemaet

Skema 2: Biotiske forhold på lokaliteten

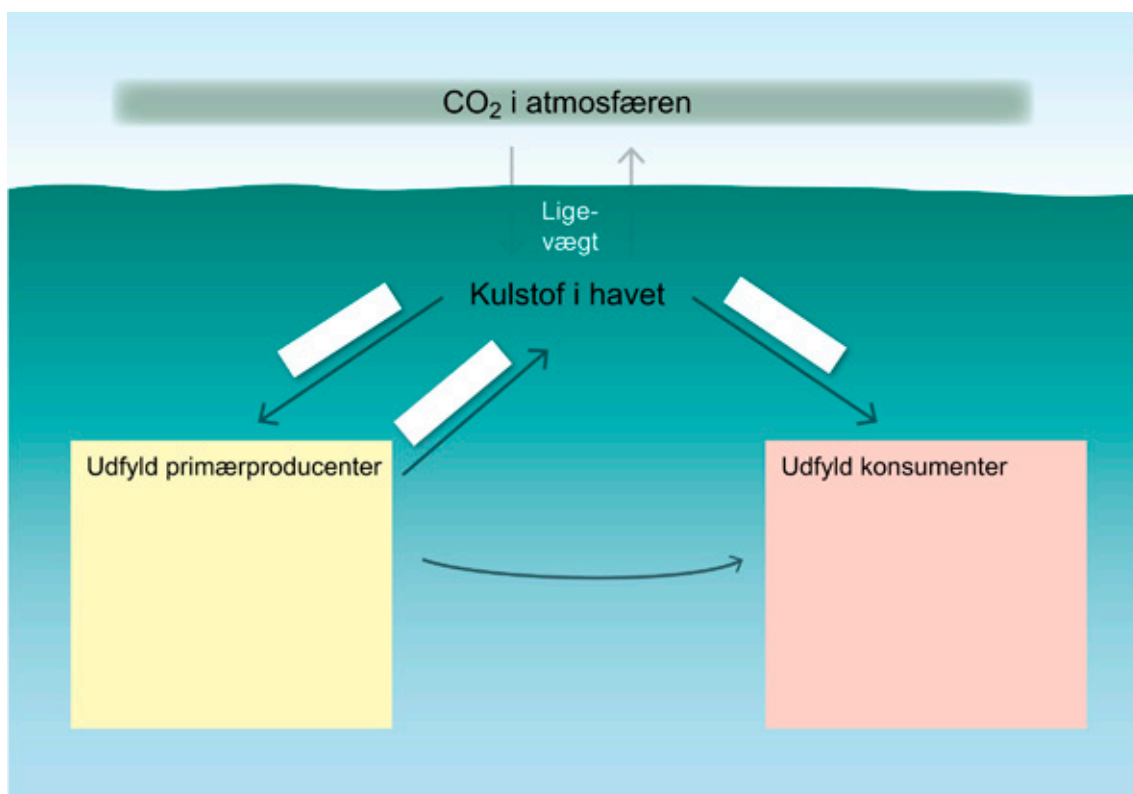
Gruppe _____ Dato _____ Lokalitet _____

Organismens gruppe	Observerede tilpasninger til levested	Placering i fødenettet	
		Fødevalg:	Spises af:
Tang			
Havplanter (f.eks. ålegræs, havgræs)			
Bløde dyr (f.eks. vandmænd)			
Fisk			
Krebsdyr (f.eks. tanglopper, tanglus, rurer)			
Skaldyr (f.eks. muslinger, snegle)			
Pighuder (f.eks. søstjerner)			
Orme			
<i>Organismer fra vandprøver</i>			
Dyreplankton			
Planktonalger			



Figur 1. Fødenet for lokaliteten

1. Udvid fødenettet med nogle af de arter, I fandt.



Figur 2. Kulstofkredsløb for lokaliteten

1. Sæt primærproducenter fra lokaliteten i den gule boks, og konsumenter i den beige boks.
2. Skriv i de hvide bokse, om der foregår fotosyntese eller respiration ved pilene.

TIL LÆREREN

Af sikkerhedsmæssige årsager kan det være en god ide at være to lærere afsted. Inddel eleverne i grupper, og bed dem følges ad i gruppen, når de er i vandet.

I finder flest forskellige organismer, hvis I udfører øvelsen efter april måned, og inden havvandet igen bliver koldt.

Hvis I ikke har udstyr til at måle saltholdighed, kan man estimere den ud fra figuren i afsnit 5.2 i grundbogen, ligesom øvelsen godt kan gennemføres uden en iltmåling.

Øvelsens omfang kan reduceres, hvis I udelader planktonprøven og den del, der handler om kulstofkredsløbet.

MILJØFREMMED E STOFFER

Hvordan påvirker de havdyr?

TEORI

Miljøfremmede stoffer er stoffer, der ikke findes naturligt i miljøet, men kommer fra menneskelig aktivitet. Hvert år udleder vi store mængder af miljøfremmede stoffer til de danske havområder. Spørgsmålet er, hvordan det påvirker dyrelivet i havet.

Det skal I undersøge ved at udsætte dafnier for forskellige koncentrationer af shampoo. Dafnier er små vandlevende krebsdyr, som både findes i ferskvand og saltvand.

I øvelsen skal I bruge shampoo til at undersøge effekten af miljøfremmede stoffer, fordi det er nemt at arbejde med, selvom det egentlig er andre miljøfremmede stoffer, der ender i vores havmiljø og giver problemer.

Når man skal undersøge et stofs giftighed, kan man udsætte dyr for forskellige koncentrationer af et miljøfremmed stof og observere, hvordan dyrene reagerer over tid.

FORMÅL

At undersøge, hvordan shampoo påvirker dafnier.

MATERIALER

- Stamkultur af dafnier.
- 4 stk 50 mL bægerglas
- Engangspipetter (den yderste spids skal klippes af)
- Shampoo
- Vægt
- 4 beholdere til shampoo-opløsninger

Forberedelse for lærer eller elever:

Lav shampoo-opløsninger med følgende koncentrationer: 2 g/L, 0,5 g/L, 0,1 g/L og 0 g/L

FREM GANGSMÅDE



1. Mærk 4 bægerglas med 2 g/L, 0,5 g/L, 0,1 g/L og kontrol 0 g/L
2. Fyld hvert af de 4 bægerglas op med den koncentration af hårshampoo, der passer til glasset. Der skal være minimum 3 cm vandsøjle.
3. Brug en afklippet pipette til at overføre tre dafnier til hvert bægerglas. Pas på ikke at beskadige dyrene.
4. Lad dyrene stå i 30 min.
5. Vurder dyrenes mobilitet ud fra mobilitetsscoren nedenfor.

Mobilitetsscore

- 1 - Dyret kan svømme op i vandfasen
 - 2 - Dyret kan bevæge ben og gæller, men kan ikke svømme op i vandfasen
 - 3 - Dyret er dødt
6. Noter resultaterne for hvert dyr under 'score' i skema 1.
 7. Vurder dyrene, og noter scoren igen i jeres næste undervisningstime.

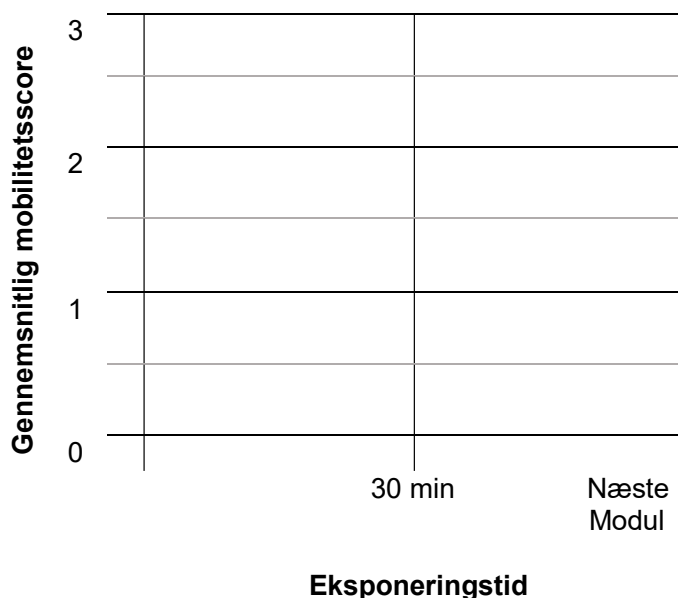
RESULTATER

Skema 1

Konc. Tid	2 g/L ☆		0,5 g/L ○		0,1 g/L △		0 g/L □	
	score	gennemsnit	score	gennemsnit	score	gennemsnit	score	gennemsnit
30 min								
Næste modul								

- Udregn gennemsnittet for '30 min' og for 'næste modul' for hver koncentration.
- Plot gennemsnitskoncentrationerne fra skema 1 ind i skema 2. Brug $\square$ som symbol for koncentrationen 0 g/L, brug Δ som symbol for koncentrationen 0,1 g/L og så videre.

Skema 2



DISKUSSION

- Hvilken effekt har shampoo på dafnierne? Og hvilken betydning har eksponeringstiden?
- Hvorfor kan det være problematisk for et krebsdyr i havet at have nedsat mobilitet?
- I hvor høj grad kan forsøget bruges til at sige noget om, hvordan miljøfremmede stoffer påvirker dafnier? Inddrag fejlkilder i din forklaring.
- Hvilke konsekvenser kan miljøfremmede stoffer have for dyr længere oppe i fødekæden?

TIL LÆREREN

Du kan købe dafnier hos nogle akvarieforretninger og dyrehandlere, men de skal som regel bestilles i god tid. Øvelsen kan udvides ved at overføre dafnierne til en lille petriskål og iagttage dafniernes bevægelser i en stereolup eller et mikroskop.

Dele af vejledningen er inspireret af undervisningsmateriale fra Roskilde Universitet.

GLOBAL OPVARMNING

Hvordan bliver vandstanden påvirket?

TEORI

Du har sikkert hørt, at global opvarmning vil få vandstanden i verdenshavene til at stige. I laboratoriet kan I efterligne en del af processen og vise, at vand, der er mere end 4 grader varmt, udvider sig, når temperaturen stiger.

FORMÅL

I skal vise, at vand udvider sig, når temperaturen stiger.

MATERIALER

- Bunsenbrænder
- Kolbe fx 250 mL
- Tusch
- Stativ

FREMGANGSMÅDE

1. Kom vand i kolben, og marker vandstanden med en tusch.
2. Varm kolben op med bunsenbrænderen, mens vandstanden stiger.
3. Marker den forhøjede vandstand med en tusch.

DISKUSSION

- a. Hvorfor stiger vandstanden i kolben?
- b. I hvilken grad kan forsøget bruges til at sige noget om, hvordan global opvarmning vil påvirke vandstanden i verdenshavene?



TIL LÆREREN

Opvarmningen af vandet går hurtigere, hvis man kommer en prop på kolben. Det kan være en fordel at vælge en løstsiddende prop, så man undgår for højt tryk inde i kolben.

KAN PLASTIK NEDBRYDES?

ØVELSEN BESTÅR AF TO DELE

- Lav selv bioplast
- Design et nedbrydningsforsøg

1. LAV SELV BIOPLAST

TEORI

Den plastik, der er i din smartphone, er forskellig fra plasten i din tandbørste og dine sko. Der findes mange forskellige typer plastik, men fælles for dem alle er, at de er polymerer. En polymer er et molekyle, der er sammensat af mindre molekyler, som kaldes for monomerer. Plastik bliver fremstillet i en kemisk proces, der hedder polymerisation. Her bliver monomererne sat sammen til polymerer, og undervejs sker der en nedsmeltning.

Bioplast er fremstillet af biologiske materialer som majs, sukkerrør, kartofler og halm i stedet for kul, olie og gas, der indgår i fossil plastik, som er den plasttype, vi bedst kender fra hverdagen.

FORMÅL

I skal fremstille bioplast.

MATERIALER

- Minimælk eller skummetmælk
- Eddike
- 100 mL målebæger
- Gryde og ske
- Termometer
- Kogeplade
- Skål eller 500 mL bægerglas
- Viskestykke
- Bagepapir eller lignende til at tørre bioplasten på

FREMGANGSMÅDE



1. Hæld 200 mL mælk i en gryde.
2. Opvarm mælken til cirka 55 grader, mens I rører i gryden.
3. Sluk for varmen, og tilsæt 20 mL eddike.
4. Rør rundt i blandingen i et par minutter.
5. Find en skål eller et stort bægerglas, og læg et viskestykke over.
6. Hæld blandingen fra gryden op i viskestykket.
7. Klumperne i viskestykket er bioplast. Lad dem køle lidt af.
8. Form bioplasten, som I har lyst til, eller del den i lidt mindre stykker, hvis I skal undersøge nedbrydning i øvelsesvejledningens del 2.
9. Lad eventuelt bioplasten tørre til næste undervisningsmodul.

DISKUSSION

- a. Forklar, hvorfor den plastik, I har produceret, er bioplast.
- b. Hvorfor er man begyndt at anvende bioplast i stedet for fossil plastik?

TIL LÆREREN

Brug eventuelt en si i stedet for et viskestykke. I kan også lave bioplast af kartoffelmel i stedet for mælk.

Opskrift på bioplast af kartoffelmel

1. Hæld 60 mL vand i en gryde.
2. Tilføj 40 mL kartoffelmel og 1 tsk glycerin.
3. Rør rundt i blandingen til den begynder at blive tykkere.
4. Tilføj 1,5 tsk eddike, og fortsæt med at røre rundt til blandingen ligner gelé.
5. Hæld blandingen ud på et stykke bagepapir eller i nogle små forme.
6. Lad det tørre i nogle dage, og vend det gerne undervejs.

2. DESIGN ET NEDBRYDNINGSFORSØG

TEORI

1. Hvad ved I om bionedbrydning af plastik?

FORMÅL

I skal selv designe et forsøg, hvor I undersøger bionedbrydning af plastik ved at bruge materialerne nedenfor.

MATERIALER

- Bægerglas
- Bioplast, I selv har produceret
- Bionedbrydelig plastik for eksempel fra en bionedbrydelig hundepose
- Ikke-bionedbrydelig plastik for eksempel fra en almindelig plastikpose.
- Havvand
- Jord

FORSØGSDESIGN OG HYPOTESER

2. Formuler en hypotese, og tegn en skitse af jeres forsøg.

Eksempel på hypotese

I et bægerglas med havvand og plastik, der ikke er bionedbrydelig, vil vi forvente, at plasten ikke bliver nedbrudt, fordi der ikke er enzymer til stede, som kan klippe plastpolymeren over.

Tip til forsøgsdesign

Varier kun en faktor ad gangen. Hvis I for eksempel har to bægerglas, der indeholder havvand, kan I tilføje jeres egen bioplast til det ene bægerglas og plastik fra en almindelig pose til det andet glas. På den måde undersøger I, hvordan forskellige typer plastik bliver nedbrudt i havvand.

Tjek jeres forsøg efter **en uge**, og vurder, om det skal stå længere.

Skitse af forsøg:

3. Præsenter jeres skitse, og få respons på jeres forsøgsdesign.

FREM GANGSMÅDE

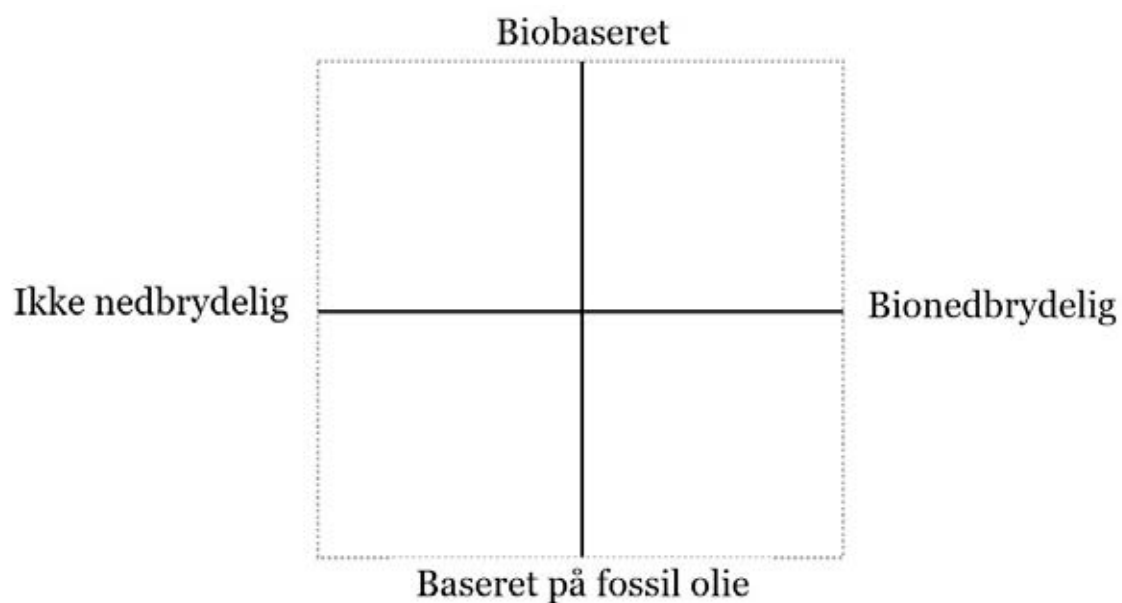
4. Sæt jeres forsøg op, og tag et billede af forsøgsopstillingen.

RESULTATER

- a. Tegn jeres forsøgsresultater ind på figuren nedenfor.

Biobaseret plastik, der ikke kan nedbrydes, skal placeres firkanten øverst til venstre.

Biobaseret plastik, der kan bionedbrydes placeres i firkanten øverst til højre og så videre.



DISKUSSION

- b. Var der overensstemmelse mellem hypoteser og resultater? Hvorfor/hvorfor ikke?
- c. I hvor høj grad kan jeres forsøg bruges til at sige noget om nedbrydning af plastik i naturen? Inddrag fejlkilder.

KONKLUSION

- d. Hvad har forsøget vist om bionedbrydning af plastik?

PERSPEKTIVERING

- e. Hvorfor kan man ikke regne med, at bioplast forsvinder, hvis man smider det i naturen?

TIL LÆREREN

Tag eventuelt en metodesnak med eleverne, inden de går i gang med at designe forsøg. Lad eleverne i én gruppe give respons på en anden gruppes forsøgsdesign.

Dele af vejledningen er lavet med inspiration fra undervisningsmaterialer fra Astra og DTU.

OPTAGER MUSLINGER PLASTIK?

TEORI

Hvert år udleder vi tonsvis af plastik til de danske havområder, og en del af det ender i maverne på havets dyr, fordi de tror, at det er mad. I har måske set billeder af fugle og hvaler, der er døde med maven fyldt af store plastikstykker, men mikroplast, som er plastikstykker, der er under 5 mm, kan også blive spist.

Blåmuslinger lever af at filtrere deres føde fra vandet. Hvis I tilføjer mikroplast til havvand, kan I undersøge, om de optager mikroplast fra vandet.

FORMÅL

I skal undersøge, om blåmuslinger optager mikroplast.

MATERIALER

1. øvelsesdag

- 2 levende blåmuslinger
- 2 bægerglas fx 500 mL
- Plastikfibre i en kraftig farve fra fleece, engangsklude eller plysbamser
- Skalpel eller engangsskrabere
- Vægt
- Havvand

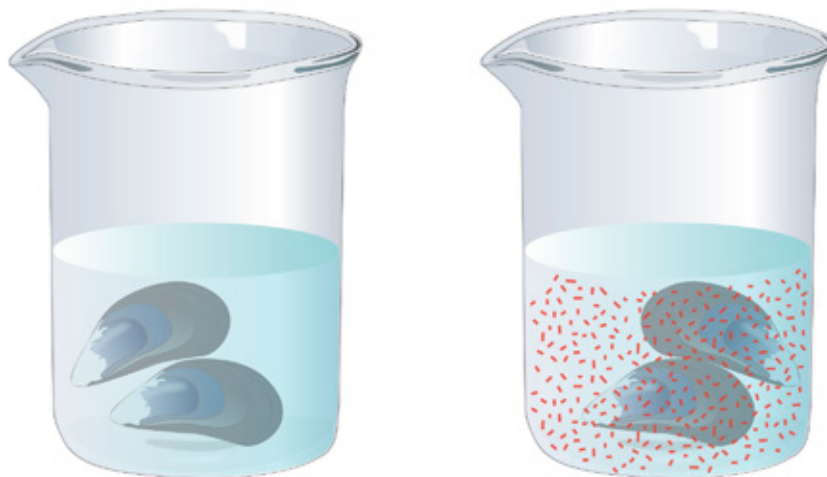
2. øvelsesdag

- Afdækning
- Dissektionssæt
- Petriskål
- Stereolup

FREMGANGSMÅDE

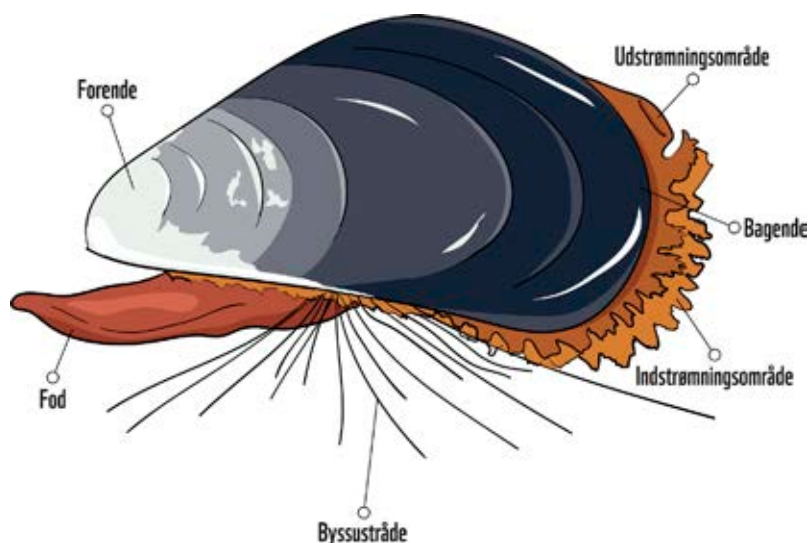
1. øvelsesdag

 Mikroplast

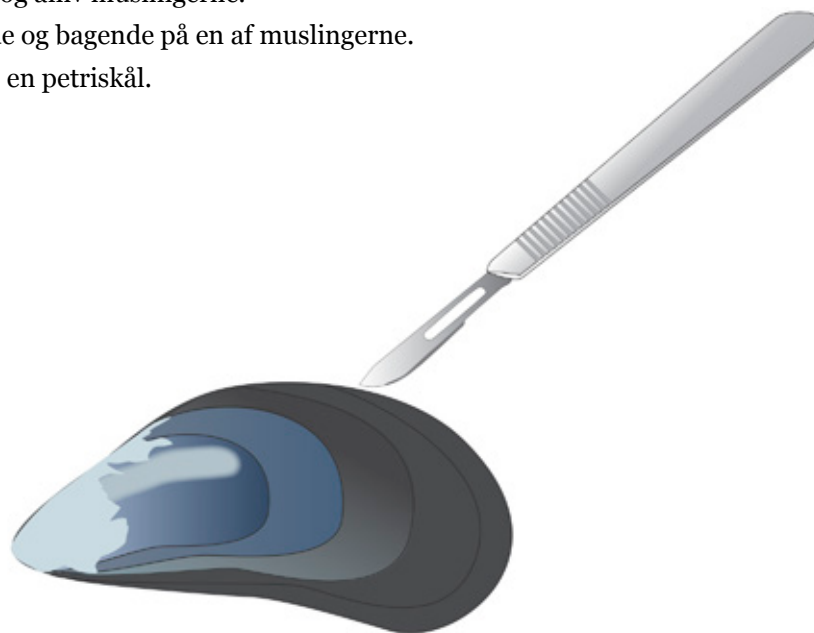


1. Skrab eller klip fibre af plastikfibre af fleece, plys eller en engangsklud.
2. Tilsæt 200 mL havvand til hvert af de to bægerglas.
3. Kom 0,1 g fibre i det ene bægerglas.
4. Læg 2 blåmuslinger i hvert bægerglas.
5. Tjek, at muslingerne er levende. En åben musling, der er levende, vil lukke i, hvis man banker let på skallen. En lukket musling, der er levende, vil åbne sig op, når den har ligget lidt i bægerglasset, hvis glasset ikke flyttes rundt.
6. Lad muslingerne stå i bægerglassene i en til to dage.

2. øvelsesdag



7. Skyl muslingerne, så der ikke sidder fibre fra fleece eller engangsklude uden på muslingen, og afliv muslingerne.
8. Find forende og bagende på en af muslingerne.
9. Placer den i en petriskål.



10. Luk muslingen op ved at holde den brede bagende væk fra dig selv, mens du presser eller vrider skallerne lidt fra hinanden. Tag en kniv, der ikke er så spids. Placer kniven ude ved den brede bagende, så knivens æg vender væk fra dig selv. Stik kniven ind mellem skallerne. Før kniven ind mellem skallerne, og skær den store bageste lukkemuskel over.
11. Åbn muslingen, og kig på den i stereoluppen. Brug skalpellen, når I skal undersøge, om den indeholder plastfibre.
12. Skyl, og disseker den anden musling.

RESULTATER

- a. Noter jeres resultater i skemaet nedenfor.

	Antal muslinger med mikroplast indvendig	Antal muslinger uden mikroplast indvendig
Gruppens resultater		
Uden tilsat mikroplast		
Med tilsat mikroplast		
Klassens resultater		
Uden tilsat mikroplast		
Med tilsat mikroplast		

DISKUSSION

- b. I hvor høj grad kan forsøget bruges til at sige noget om optag af mikroplast hos blåmuslinger? Inddrag fejkilder.
- c. Hvilke konsekvenser kan det have for havets økosystemer, hvis muslinger optager mikroplast i stedet for føde?

TIL LÆREREN

Forsøget fungerer bedst med blåmuslinger, som man selv har taget direkte op fra havet, men kan godt udføres med blåmuslinger fra fiskehandleren. Hvis man bruger blåmuslinger fra fiskehandleren, skal de opbevares i havvand. Hvis blåmuslingerne er fanget ved højere saltholdighed, end det havvand, man har adgang til, skal man salte vandet op. Opløs for eksempel salt fra supermarkedet i en mindre mængde vand, og tilføj det gradvis, mens du måler saliniteten. Brug eventuelt figur 5.2 i grundbogens kapitel 5 til at estimere saltholdigheden, der hvor muslingerne er fanget, hvis fiskehandleren ikke ved det.

Blåmuslinger er tolerante over for perioder med lave iltkoncentrationer, men lad dem gerne stå med ilt, hvis de skal stå i længere tid.

Dele af vejledningen er lavet med inspiration fra undervisningsmaterialer fra biologiportalen.gyldendal.dk.

FOTOLISTE

- | | | | |
|-------|----------------------------|--------|---|
| S. 1 | Martin Macnaughton. | S. 44 | Eric Madeja/WWF-Malaysia. |
| S. 2 | Martin Macnaughton. | S. 45 | Martin Macnaughton. |
| S. 4 | Tim Marshall/Unsplash. | S. 46 | Scandinavian Fishing Yearbook/
WWF. |
| S. 5 | Jonas Thormar. | S. 49 | Martin Macnaughton. |
| S. 6 | Martin Macnaughton. | S. 50 | NASA. |
| S. 7 | Jonas Thormar. | S. 53 | Jakob Bredsdorff Fredriksen/WWF. |
| S. 19 | Staffan Widstrand/WWF. | S. 54 | Shutterstock/Krzysztof Bargiel/
WWF. |
| S. 21 | Martin Macnaughton. | S. 59 | Naturepl.com/Sue Daly/WWF. |
| S. 23 | Martin Macnaughton. | S. 60 | Polina Rytova. |
| S. 27 | Martin Macnaughton. | S. 61 | Martin Macnaughton. |
| S. 28 | Martin Macnaughton. | S. 63 | Martin Macnaughton. |
| S. 32 | Martin Macnaughton. | S. 66 | Brian Cook/Unsplash. |
| S. 34 | Martin Macnaughton. | S. 70 | Martin Macnaughton. |
| S. 35 | Martin Macnaughton. | S. 71 | Martin Macnaughton. |
| S. 36 | Edward Parker/WWF. | S. 72 | Martin Macnaughton. |
| S. 37 | Martin Macnaughton. | S. 121 | Martin Macnaughton. |
| S. 38 | Naturepl.com/Sue Daly/WWF. | S. 122 | Tim Marshall/Unsplash. |
| S. 39 | Erling Svendsen/WWF. | | |
| S. 41 | Eric Madeja/WWF-Malaysia. | | |
| S. 43 | Martin Macnaughton. | | |



UNDERVISNING

OPDAG
HAVET

I WWF KÆMPER VI FOR EN FREMTID, HVOR MENNESKET LEVER I HARMONI MED NATUREN

Derfor arbejder vi for at bevare de truede dyrearter og for, at der er nok ressourcer til de kommende generationer i alle lande på kloden.

WWF's tre hovedindsatser handler om at bevare naturens mangfoldighed, at sikre en bæredygtig udnyttelse af naturens ressourcer og om at bekæmpe forurening og unødigt forbrug af energi og ressourcer.

Læs mere på www.opdaghavet.dk

AAGE V.
JENSEN
NATURFOND