



Forfattere: Anders Endal og Geir Johnsen

Livet i havet



Innhold

Innledning.....	2
Kort om livets historie på jorda.....	4
Mer om forutsetninger for liv i havet.....	6
Vann, et livsviktig element.....	8
Biologisk produksjon i havet.....	10
Marine økosystemer. Næringskjeder.....	12
Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser.....	14
Arktisk biologi. (Geir Johnsen, Asgeir Sørensen).....	16
Oppgaver.....	19
Referanser.....	20

Vi har flere ganger tidligere påpekt den enorme betydningen som olje- og gassutvinning og utenriks skipsfart har for verdiskapningen i det norske samfunnet (se f.eks. sidene 9–1 og 10–1). Tabellen nedenfor viser på nytt det samme bildet. Men vi ser nå at også eksport av fisk har et imponerende omfang.

Den viste plassering i tabellen bekreftes også av det faktum som er dokumentert på side 11–22, nemlig at produksjonen av sjømat i Norge i forhold til produksjonen totalt i verden er langt større enn landets befolkning på 0,1 % skulle tilsi.

Norsk eksport av varer og tjenester i 2010, eksportverdi i milliarder kroner:

1. Olje og naturgass	481
2. Utenriks skipsfart	71
3. Fisk og andre havdyr	43
4. Metaller	34
5. Mineraloljeprodukter	30



Norsk økonomisk sone og fiskerirelaterte soner gjør Norge til en stormakt til havs. Den økonomiske sonen er syv ganger større enn fastlandsarealene.

Norge - en stormakt til havs

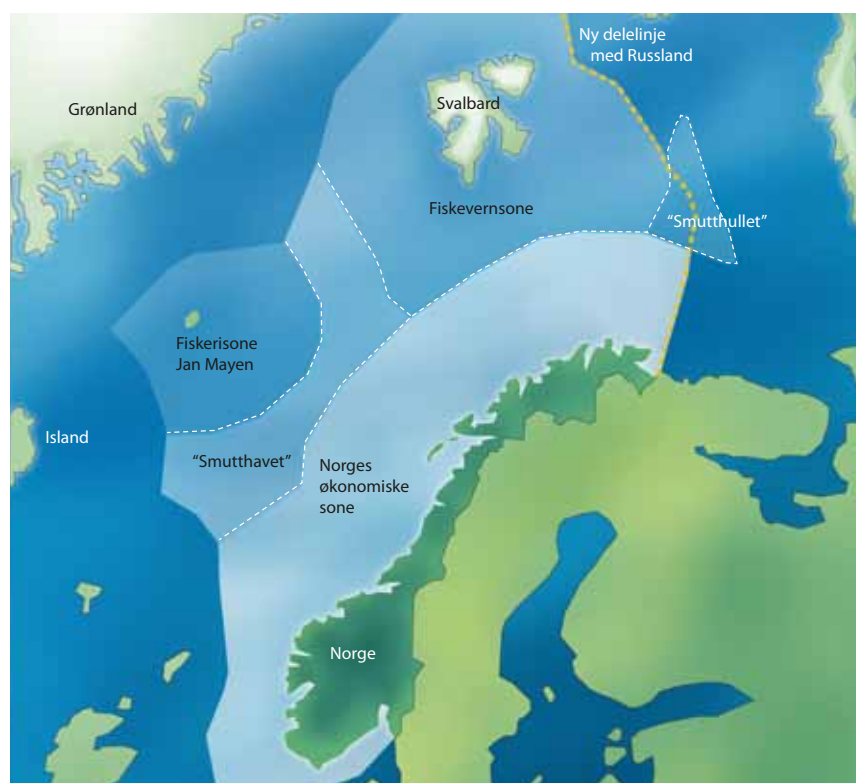
En kyststats økonomiske sone er en havsone som ligger utenfor territorialgrensa. Sonen utgjør ikke en del av det området hvor nasjonale lover og regler gjelder fullt ut. I gammel tid hadde staten rådevelde over havet innenfor ett kanonskudd avstand fra land. Territorialgrensen er i dag tolv nautiske mil.

I den økonomiske sonen har kyststaten ikke full suverenitet, men suverene rettigheter over naturressursene både under og på havbunnen, samt i havområdet over. Dette innebærer at kyststaten har suveren rett til å utnytte, bevare og forvalte f.eks. olje, gass og fiskeressurser. FNs Havrettskonvensjon av 10. desember 1982 slår fast at sonen kan strekke seg ut til 200 nautiske mil fra land, med mindre den støter opp mot annen stats jurisdiksjonsområde. Andre stater har rett til bl.a. skipsfart og overflyving, og til å legge og vedlikeholde undersjøiske kabler og rørledninger i en kyststats økonomiske sone.

Norge har opprettet tre soner på 200 nautiske mil:

- en økonomisk sone rundt det norske fastland
- en fiskevernsonen ved Svalbard
- en fiskerisonen ved Jan Mayen

På grunn av de spesielle strømforholdene i disse områdene, hører norsk økonomisk sone og de andre sonene med til de mest produktive havområdene i verden.



Livet i havet

MÅL

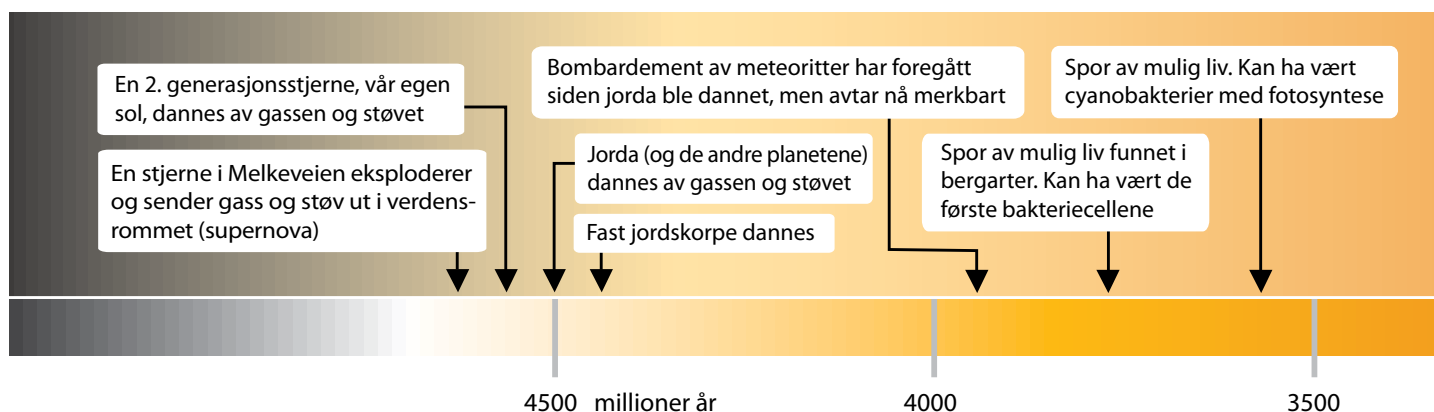
Etter å ha studert dette kapitlet skal du:

- kjenne til hva som karakteriserer liv, de viktigste forutsetningene for liv og milepeler i utviklingen av liv
- kjenne til de viktigste egenskapene til vann og hvorfor vann er en avgjørende forutsetning for eksistensen av liv
- kunne sette opp kjemiske ligninger for fotosyntese og celleånding, og forstå hvorfor disse to prosessene er avgjørende for livet på jorda
- vite hvordan havstrømmer oppstår, og kjenne til havstrømmene i norske farvann
- ha fått gode, generelle kunnskaper om næringskjeder og den biologiske produksjonen i havet. Forstå hvordan denne ressursen kan utnyttes på en bærekraftig måte

Hva er liv?

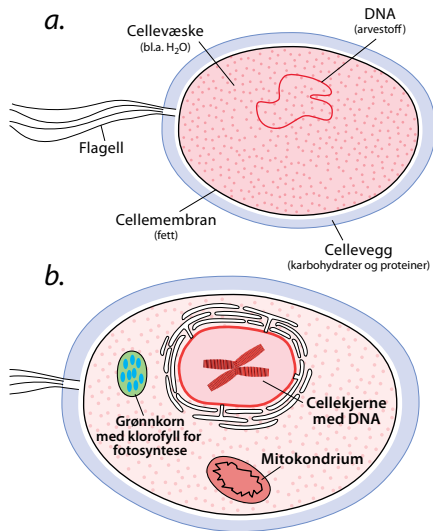
Liv kan defineres ved at det har en begynnelse og en slutt, — fødsel og død. I tillegg er det oppbygd av én eller flere celler, det omsetter energi, har et stoffskifte, det kan dele seg og føre arvelige egenskaper videre, og det kan utvikle seg og tilpasse seg miljøet.

Læren om livsprosessen kaller vi biologi.



Jordas og livets historie i de første 1000 millioner år. De viktigste hendelsene for jorda før livet oppstod, er avmerket. De fleste forskere mener at livet kan ha oppstått for 3700–3900 millioner år siden, men de er ikke sikre. Første sikre spor av liv, finnes i 2,7 milliarder år gamle fossiler, men det må ha vært en utvikling forut for disse funnene. Livet må derfor være eldre.

Kort om livets historie på jorda



a. Den første bakteriecellen kan ha sett slik ut.

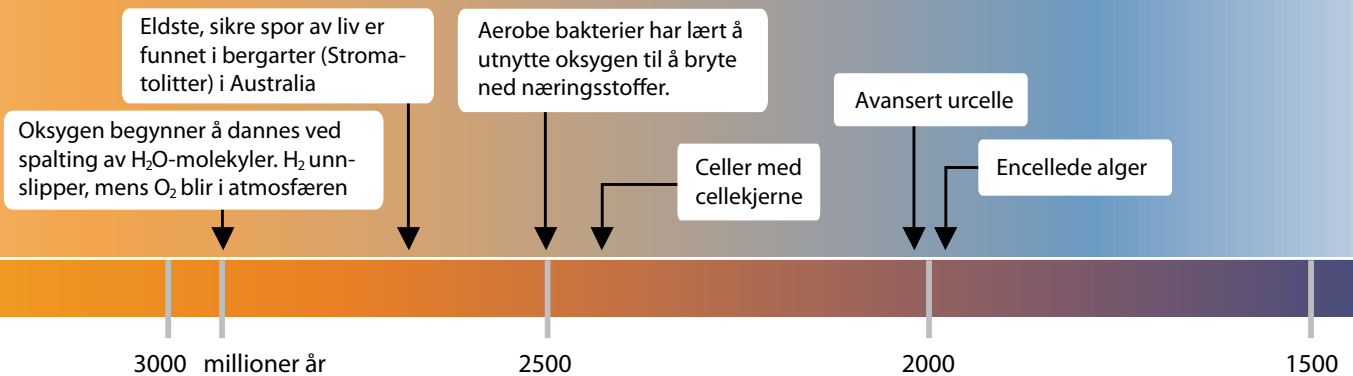
b. Avansert urcelle "klar" for videre utvikling til planteceller.

Cellenes "byggesteiner" er først og fremst fett, karbohydrater, proteiner, DNA og vann. Dette er stoffer som består av store molekyler bygget opp av noen av de vanligst forekommende grunnstoffene på jorda (se side 11–6 og oppgave 11.3). Karbonatomer inngår i de fleste stoffene. Det ligger nesten 2000 millioner års "prøving og feiling" mellom de to viste cellene.

Livets urtid (3800–542 mill. år siden)

Milepelene i utviklingen er markert på tidsaksene foran og nedenfor.

- **De første bakteriecellene.** Alt liv er organisert ved hjelp av celler. Den første cellen som kunne kopiere seg selv, oppstod trolig for 3,7–3,9 milliarder år siden, og var kanskje bygget opp som vist øverst til venstre. Karbon inngår i alle "byggesteinene". To forhold gjør at dette har vært avgjørende for utviklingen av cellen. For det første har karbonatomer en fantastisk evne til å lage store molekyler sammen med andre grunnstoffers atomer (ref. side 10-8). For det andre hadde karbonatomene tid til å bruke hundrevis av millioner år på å utnytte denne evnen. Disse første cellene lignet på bakterier. Cellen skaffet seg energi ved å finne andre energirike stoffer, men trengte ikke oksygen for å bryte ned disse (anaerob celle).
- **Cyanobakterier.** For 3,6 milliarder år siden lærte bakteriene å hente energi fra sollys ved hjelp av fotosyntese (se side 11–7). Sollyset ble fanget opp vha. ulike fargestoffer. Energien ble brukt til å lage sukker. Å lage sin egen "mat" slik er mye mer effektivt enn å finne den tilfeldig.
- **Aerobe bakterier.** Disse har lært å utnytte oksygen til å bryte ned næringsstoffene. Dette kalles aerob forbrenning eller celleånding. Prosessen frigjør mer energi enn anaerobe prosesser. Disse bakteriene har altså fått et eget "kraftverk". Vi kaller dette et mitokondrium.
- **Celler med cellekjerne.** Arvestoffet har fått et eget, beskyttet rom.
- **Avansert "urcelle".** Også et mitokondrium har nå flyttet inn i et eget rom i cellen med cellekjerne (se figur til venstre).
- **Encellede alger.** Videre utvikling fra "urcelle" til encellet alge er kort. Cellen har blitt større og fått flere oppgaver, bl.a. lagring av næringsstoffer. Algene blir god mat for andre.



Livets historie på jorda de neste 2000 millioner år. Utviklingen har gått uhyre langsomt og har ikke kommet lenger enn til encellede organismer som lever i havet. Disse har imidlertid blitt ganske avanserte og kan ivareta mange flere oppgaver enn de første bakteriecellene. Utviklingen er nå klar til å gå videre til en- og flercellede planter.

- **Encellede dyr** utviklet fra én celle med celle med cellekjerne og mitokondrium, men uten anlegg for fotosyntese.
- **Flercellede alger og dyr** utviklet ved samarbeid mellom encellede organismer. Sjansene for å overleve er blitt større.

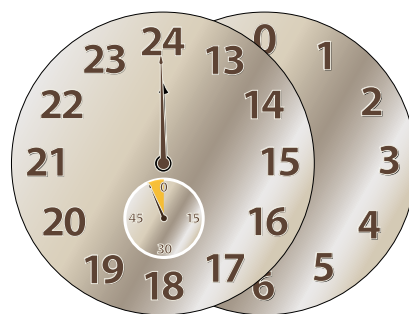
Livet i de geologiske perioder (542 mill. år – nåtid)

Livet har en lang historie på jorden. Alle arter som har slått rot, gått, krøpet eller svømt på jorden, har samme opprinnelse. Evolusjon er bakgrunnen for all biologisk tankegang i dag. Menneskene kan spores tilbake gjennom apene, de første pattedyrene, paddene som var de første landlevende virveldyr, helt tilbake til fiskene. Mennesket har gjennomgått en formidabel utvikling. Skilpadden, derimot, som har samme opprinnelse, har ikke endret seg noe særlig på 200 millioner år.

99 % av alle arter som har levd på jorden antas å være utryddet i dag. Livet på jorden har overlevd fem store utryddelser, den siste for 65 mill. år siden. Da forsvant blant annet dinosaurene og en rekke andre dyr.

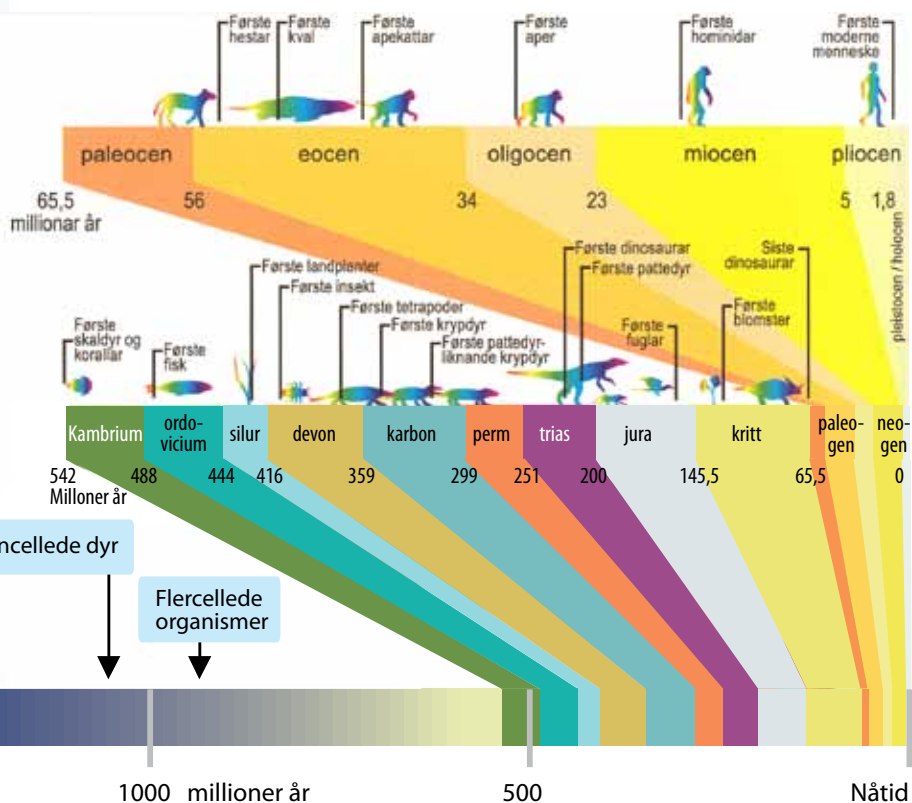
Grunnlaget for mesteparten av kull ble lagt i karbonperioden, hvor det var en enorm plantevekst på jorden. Dette var før den tredje katastrofen for 260 mill. år siden.

Mesteparten av de første dyrene på jorden levde i havet. Livet i havet - slik vi kjenner det i dag - utviklet seg etter den siste store katastrofen, hvor en enorm meteoritt traff jorden i en periode med voldsomme vulkanutbrudd og skapte en global vinter, og førte til at de fleste havlevende krypdyr forsvant, beinfiskene begynte å utvikle seg og havpattedyrene oppstod.



Til ettertanke.

Hvis vi sammenligner perioden fra jorden ble dannet og fram til i dag med en klokkes 24 timer, og jorden ble dannet ved forrige midnatt, så kom de første planter, fisker og dyr mellom klokken 21 og 22.30, dinosaurene døde klokken 23.40. Mennesket, homo sapiens, med sine 200 tusen år på jorden har bare eksistert i fire sekunder!



Hvor gamle er reservoarene av kull, råolje og gass?

Mesteparten av kullereservoarene (for eksempel kullet på Svalbard) ble dannet i karbon-tiden, ved at døde planter, trær og dyr råtnet i myraktige skogbunner på jorda, uten tilgang på oksygen. Mesteparten av olje- og gassreservoarene i Nordsjøen ble dannet av små dyr og planter som levde i havet og sank til bunns når de døde.

Eksempler:

- Statfjordfeltet (oljefelt) kommer fra overgangen mellom Trias og Juratiden.
- Ekofiskfeltet (olje- og gassfelt) er yngre, fra Paleocentiden.

Livets historie på jorda i de geologiske periodene. Fra [11.1]. Antall fossiler begynte å øke for 542 millioner år siden. Mange nye former dukket opp. Særlig var det nå blitt et yrende liv i havet. Landjorda ble "erobret" av planter for 425 millioner år siden, og i karbontiden var det blitt enorme sumpskog på land. Kull ble dannet i denne tiden. Naturgass og råolje kommer på sin side fra små dyr og planter som levde i havet på et senere tids-punkt (se boks til høyre).

Mer om forutsetninger for liv i havet

Livet i havet i dag

Livet er i kontinuerlig utvikling. Noen arter dør ut og nye oppstår. I dag omfatter livet i havet utallige varianter: fra de minste mikroskopiske virus, bakterier og alger, til den aller største levende skapning på jorden noen gang - blåhvalen.

Den kan bli opptil 35 meter lang, ha en vekt på 190 tonn, og er langt større enn de største dinosaurer. Bakterier har en størrelse på f.eks. fem mikrometer ($5 \cdot 10^{-6}$ m), mens virus er enda mye mindre (men defineres ikke som liv, fordi det ikke har eget stoffskifte). Hjertet til blåhvalen er like stort som en liten bil. [11.4] Se også oppg. 11.3.



Foran er det listet opp noen milepeler i livets utvikling på jorda. Selv om disse gir en svært forenklet beskrivelse av de prosesser som har foregått, skjønner vil likevel at:

Livets utvikling og eksistens er basert på tre superviktige forutsetninger. Det må være tilgang på: 1) karbon og andre grunnstoffer, 2) energi og 3) vann.

Det er klart at livet i havet også er avhengig av av en mengde andre forutsetninger. Vi kan imidlertid av plasshensyn ikke gå i detalj når det gjelder disse, men vi skal se litt nærmere på de tre hovedforutsetningene.

Tilgang på karbon og andre grunnstoffer

I tabellen til venstre er det satt opp en oversikt over hvilke stoffer som inngår i oppbyggingen av en plantecelle. Vi har foran (se figurtekst øverst på side 11–4) pekt på den enorme betydningen som grunnstoffet karbon har for eksistensen av liv. Dette bekreftes av den plass som karbon har i den viste tabellen.

Tilgang på energi. Fotosyntese og cellerespirasjon

Levende organismer kan ikke fungere uten energi. De kan ikke skape energi, men de kan omvandle en type energi til en annen. Planter kan forvandle lysenergi til kjemisk bundet energi, og dyr kan forvandle kjemisk energi til bevegelsesenergi ved hjelp av musklene, og herunder utvikle varme. Alt liv driver direkte eller indirekte med forvandling og overføring av energi, og får energien direkte eller indirekte fra solen ved fangst, lagring eller overføring.

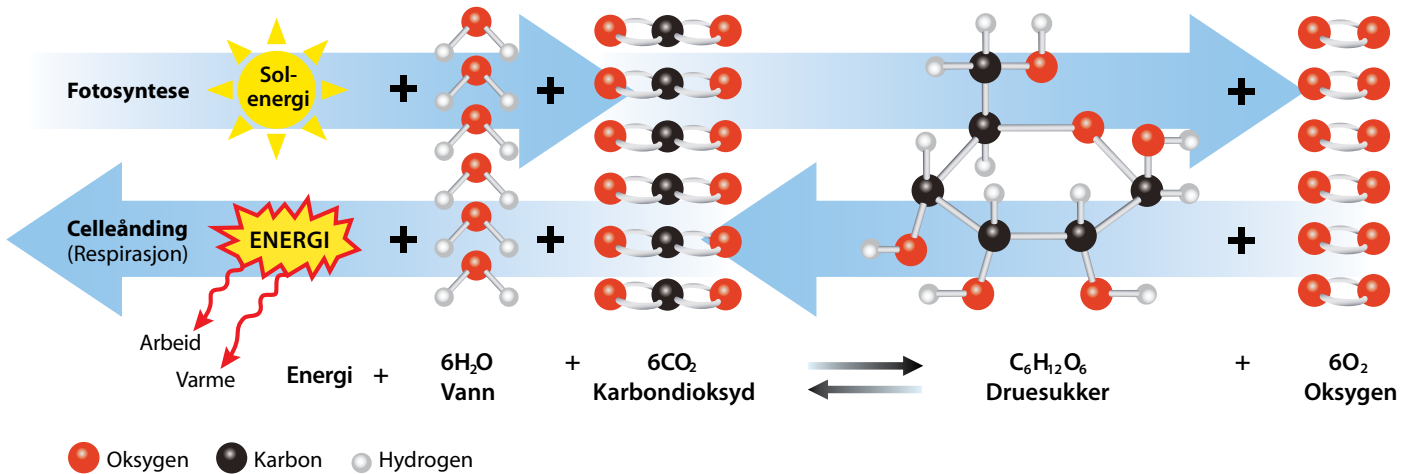
Fotosyntese - grunnlaget for alt liv. Fotosyntesen er den ene av de to viktigste kjemiske reaksjonene på jorden. Den andre er cellerespirasjon. Fotosyntesen foregår ved hjelp av bladcellens klorofyll. Dette er et stoff (pigment) som absorberer energien i de blå, og delvis de røde frekvensene i sollysets spektrum. Den grønne delen av spekteret reflekteres. Derfor er bladene på plantene grønne. Energien brukes til å holde fotosyntesen i gang (se figur). Solen leverer enorme mengder energi til jorden. Mindre enn en promille av denne fanges av fotosyntesen, men dette er nok til å drive all vekst og aktivitet av levende organismer på

Grunnstoffer som må være tilgjengelig for oppbygging av planteceller, rangert etter hvor mye av grunnstoffene som typisk inngår i cellenes molekyler:

Grunnstoff	Masse-%
Oksygen, O.....	48
Karbon, C.....	42
Hydrogen, H.....	6
Nitrogen, N.....	1
Kalium, K.....	2
Kalsium, Ca.....	0,5
Magnesium, Mg.....	0,2
Fosfor, P.....	0,2
Svovel, S.....	0,1

Cellemolekylene er bygget opp av ni grunnstoffer, som alle er blant de mest utbredte på jorden. De finnes oppløst i havet, enten i form av gasser (O_2 og CO_2), næringsalter (nitrater NO_3 , fosfater PO_4 , sulfater SU_4) eller ioner. Vann har meget stor evne til å være løsemiddel (se side 11–9), noe som er av stor betydning for stoffenes tilgjengelighet. Det vises også til i oppg. 11.1

vår klode. Denne klorofyllbaserte primærproduksjonen er grunnlaget for alle de næringskjeder som menneskene utnytter i sin matproduksjon fra land og hav. Som tidligere nevnt, finnes det bakterier og en del uvanlige skapninger i havet, også på store dyp, som kan produsere energi på andre måter. Vi kaller dette anaerob forbrenning (energi-produksjon som foregår uten bruk av oksygen). En har antatt at slik produksjon har liten betydning, men de siste årene har forskningen på dette området økt.



Fotosyntese og cellerespirasjon er de viktigste kjemiske reaksjoner på jorda. Reaksjonene kan gå begge veier.

Omtrent alt liv på vår klode drives av fotosyntese. Planter, alger og bakterier bidrar med en årlig biomasseproduksjon på omkring 250 milliarder tonn. Alger og bakterier i havet bidrar med litt under halvparten av dette. Energiomsetningen i havet går mye raskere enn på land. Den biomassen som lever i havet er derfor mye mindre enn den som finnes på land, og utgjør kun noen få prosent. Trær kan jo bli flere hundre år gamle. Skogene representerer enorme lager av karbon bundet som cellulose.

Primærproduksjonen i havet begrenses av tilgangen på sollys og næringsstoffer som nitrat, fosfat og silikat (næringsssalter). Næringsstoffene kreves bare i små mengder, men er likevel av livsviktig betydning.

Disse stoffene blir i stor grad resirkulert. Når organismene dør eller forbrenner energi og produserer avfallsstoffer, frigjøres næringsstoffer som går tilbake til vannet. De siste årene er det også blitt klart at jern kan være en viktig faktor i primærproduksjonen.

Celleånding (respirasjon)

Livsprosessene i havet krever energi. Denne energien frigjøres ved celleånding (respirasjon), eller for høyerestående dyr ved forbrenning. I denne prosessen reverseres fotosyntesen: sukker og oksygen reagerer, og frigjør energi, karbondioksid og vann (se figur).

Ved økende vanddyb reduseres fotosyntesen på grunn av manglende lys. På en dybde kalt kompensasjonsdybden, er energien lagret av fotosyntesen lik respirasjonsenergien, og netto produksjonen av biomasse stopper opp.

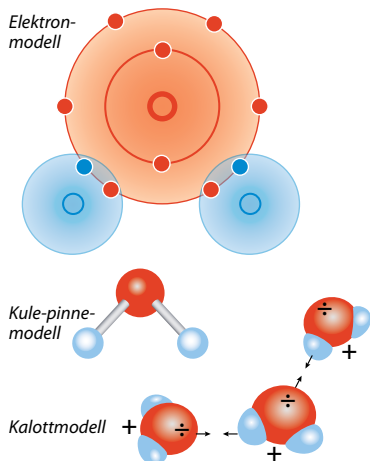
Fotosyntesen lagrer solenergi som kjemisk energi i druesukkeret. Cellerespirasjon i mitokondriene frigjør energien igjen, slik at den kan omformes til varme, bevegelsesenergi, energirike molekyler for diverse livsfunksjoner, osv. Det er bare plantene som utfører fotosyntese. Dyr må derfor skaffe seg nødvendig energi ved å spise planter og alger eller andre dyr eller matvarer.

Populært kan vi si at en plantecelle inneholder både en "matfabrikk" (fotosyntesen) og et "kraftverk" (cellerespirasjon). I perioder hvor det produseres mer "mat" enn det er behov for, lagres overskuddet f.eks. i form av stivelse. "Matfabrikken" arbeider bare når det er tilførsel av solenergi, mens "kraftverket" er i virksomhet så lenge det er tilgang på lagret mat.

Vann, et livsviktig element



Den blå planeten – hav og vann. "Vannkloden" eller "havplaneten" hadde kanskje vært et mer dekkende navn enn "jorda" på planeten vår.



Kjemisk oppbygging av vannmolekylet

Oksygenatomets åtte elektroner er fordelt med to i innerste skall og seks i ytterste skall (se øverste figur). Hvert av hydrogenatomene bruker da et elektron felles med oksygenatomet, som dermed får åtte elektroner i sitt ytterste skall (ref. side 10-8). Atomene ligger imidlertid ikke på en rett linje, men danner en vinkel. En slik oppbygging gir en skjev fordeling av de elektriske ladningene internt i molekylet. Vannmolekylet har derfor en negativ og en positiv pol, og vi kaller det derfor et polart molekyl. Polare molekyler tiltrekker hverandre, forårsaket av elektrostatiske krefter (hydrogenbinding, se nederste figur).

Over 70 % av jordas overflate er dekket av vann. Havet styrer klima og vær, regulerer temperaturen, skaffer oksygen, absorberer CO₂ og gjør vår planet beboelig for menneskene. Det anses som sikkert at livets vugge stod i havet.

Jordas ytre domineres av hav og vann

Havet inneholder 97 % av vannet på jorda, og primærproduksjonen av biomasse i havet er omtrent like stor som på land, ca. 50 mrd. tonn/år. Vann er en forutsetning for alt liv. Kunnskap om vannet er grunnleggende for all vår viten om marin biologi og økologi, og dermed for vår evne til å utnytte og forvalte de levende ressursene i havet på en bærekraftig måte.

Utjevner temperatursvingninger på jorden. Vann er velkjent for oss alle, men det har uvanlige egenskaper som vi sjelden tenker på. I forhold til andre væsker krever vannet stor tilførsel av varme for å øke temperaturen, for å smelte is og for å forandres til damp. Vannets termiske egenskaper har stor virkning på temperaturforholdene i verden: Varme fra sola lagres om dagen og avgis om natta. I tillegg lagres store mengder varme om sommeren og avgis om vinteren. Havet bidrar slik til å jevne ut temperatursvingningene på jorda.

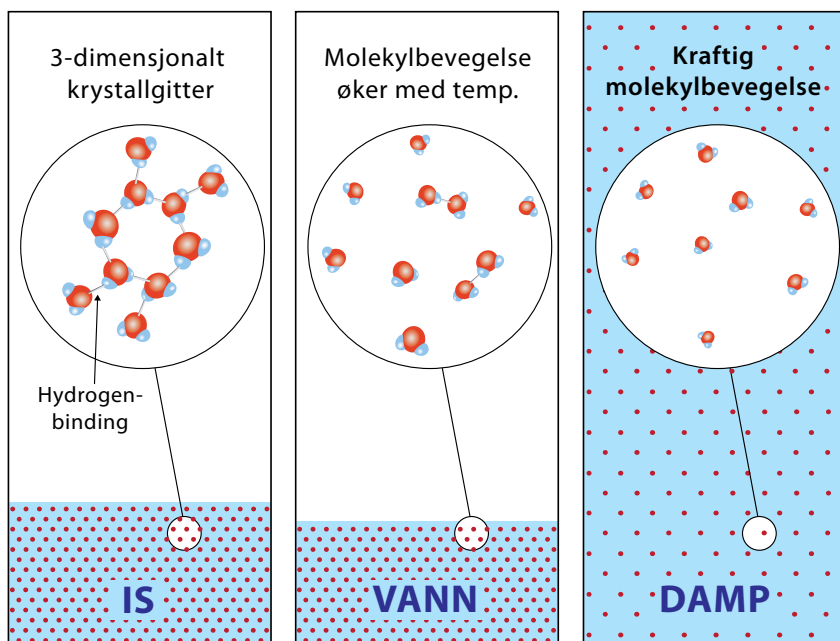
Løsemiddel for næringsalter. Vann er et fremragende løsemiddel som løser nesten hva som helst, og dette er av fundamental betydning for livet i havet. Viktige salter er oppløst i havet, deriblant essensielle næringsalter som nitrater og fosfater, som finnes i produktive havområder.

Gjennomsnittlig saltholdighet i havet er på ca. 3,5 %. Hvis alt vannet i havet fordampet, ville saltet dekke planeten vår i et lag med en tykkelse på 45 m. Tettheten for sjøvann er 1,025 kg/dm³. Tettheten øker når saltholdigheten stiger og synker når temperaturen stiger. Endringer i temperatur og saltholdighet fører til horisontale trykkrefter som skaper strømninger i havet.

Vannmolekylets oppbygging

Et molekyl er en gruppe av to eller flere atomer som kan holdes sammen av felles elektroner (se side 10-8). Vann er en kjemisk forbindelse, og er et polart molekyl. Formelen er H₂O, som betyr at molekylet består av to hydrogenatomer og ett oksygenatom. Vi ser fra figuren at de to hydrogenatomene er plassert på samme side. Dette er årsaken til de spesielle egenskapene vannet har. Molekylet får en positiv og en negativ pol, slik at molekylene tiltrekkes av hverandre, som vist på kalottmodellen på figuren. Dette kalles en hydrogenbinding.

Vannmolekylets oppbygging forklarer dets spesielle termiske egenskaper. Hydrogenbindingene medfører at vann har et høyt kokepunkt, dette fordi det krever mye energi å bryte disse bindingene ved overgang til dampfase.



H₂O-molekylets aggregat-tilstander

- **Is.** Legg merke til at volumet øker når vann fryser til is. Det er nesten bare vann som har denne egenskapen. Den skyldes hydrogenbindingen. Is er 9 % lettere enn ferskvann og blir altså liggende oppå. Spesifikk frysevarme er stor. Alt dette er viktig for livet i vann; Det forhindrer at innsjøer bunnfryser og ødelegger næringskjedene.
- **Vann**
- **Damp.** Når vann går over til damp ved 100 °C og 1 atm trykk, øker volumet 1673 ganger. Avstanden mellom molekylene øker da dramatisk.

Temperaturen i et legeme, i en væske eller en gass avhenger av hvor raskt molekylene vibrerer og beveger seg. Tilførsel av varme medfører at molekylbevegelsene øker, is smelter til vann, væsken føles gradvis varmere og til slutt fordamper den.

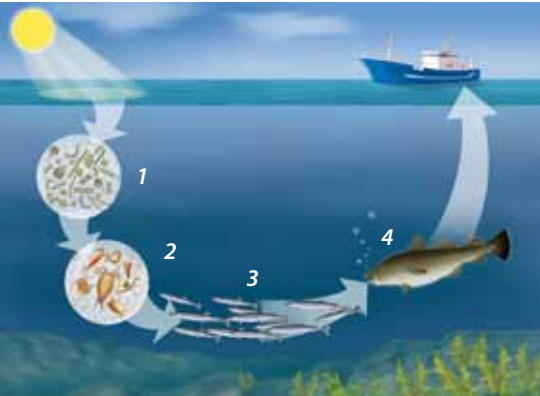
På grunn av bindingene mellom de polare vannmolekylene, kreves mye energi for å øke molekylbevegelsene, altså vanntemperaturen. Vannet får dermed høy spesifikk varmekapasitet, langt høyere enn for andre vanlige væsker. (og dobbelt så høy som for olje/bensin). Energien som kreves for å smelte og fordampe vann er også svært høy.

Livsviktige bindinger mellom molekyler og mellom atomer.

H₂O-molekyler krever mye større varmetilførsel eller bortførsel for å gjennomløpe de prosesser som er vist på neste side, enn molekyler for andre stoffer. Dette betyr at både temperaturvariasjoner og forandringer i aggregattilstander, for eksempel frysing, blir vanskeligere. Dette har vært gunstig for utviklingen av livet. Dessuten, hvis frysing likevel skulle skje, legger isen seg på overflaten istedenfor å synke ned og gi bunnfrost. Vann er nesten det eneste stoffet på jorda som har denne egenskapen. Alt dette kan forklares ved hjelp av hydrogenbindingen mellom H₂O-molekylene. Denne bindingen, som skyldes elektrostatiske krefter, forklarer også vannets fabelaktige evne til å løse opp andre stoffer (for eksempel næringssalter). På grunn av alt dette sier mange at *hydrogenbindingen mellom vannets molekyler har vært av avgjørende betydning for utviklingen av livet.*

Benytter vi anledningen til å se på bindinger mellom atomer, finner vi også en bestemt type som har vært superviktig. Vi tenker da på kjemiske atombindinger som forklares ved felles bruk av elektronpar, såkalte kovalente bindinger. Disse er spesielt viktig ved oppbygging av molekyler (se side 10-8). Det er denne type atombindinger som forklarer karbonatomets fantastiske evne til å danne forbindelser med andre atomer i utallige varianter. *Kjemiens kovalente atombindinger har også vært livsviktig.*

Biologisk produksjon i havet



Biologisk produksjon i havet, fordelt på ulike trofiske (næringsmessige) nivåer i en næringskjede.

Hvert nivå omfatter bestander som spiser av bestandene på det lavere nivået, og dermed utnytter noe av næringsenergien (kjemisk energi) som er samlet opp her. Energiandelen som på denne måten føres videre til neste nivå, er imidlertid lite. Tapene vil øke med antall trofiske nivåer som energikjeden består av.

- Trofisk nivå nr. 1: planteplankton (primærproduksjon). Produksjonen skyldes fotosyntese
- Trofisk nivå nr. 2: dyreplankton (sekundærproduksjon).
- Trofisk nivå nr. 3: småfisk som for eksempel sardiner, sild makrell og lodde
- Trofisk nivå nr 4: rovfisk, som for eksempel torsk

Biomasseproduksjon i havet

I dette kapitlet vil vi i hovedsak ta for oss de marine organismer som utnyttes eller er viktige i produksjonen av mat: alger, bløtdyr/skalldyr, krepsdyr og fisk. Fiskeri og fiskeoppdrett skaffer mat og inntekter til millioner av mennesker. Fiskeri og havbruk høster bare en ørliten del av den biomasseproduksjonen som foregår i havet. Figuren til venstre viser produksjonskjeden. Energitransporten gjennom næringskjeden foregår ved at glukose fra fotosyntesen kombineres med nærings-salter og danner stivelse, fett, cellulose osv.

Alger

Alger er den suverent største gruppen av primærprodusenter i havet, og deles inn i to grupper: de som svever fritt i vannet, og de som er knyttet til bunnen. De største av disse er tang og tare, som vi blant annet finner i fjæra. Et planteplankton (plankton, fra gresk – "det som svever") er svært lite, fra noen få tusendels millimeter opptil et par – tre millimeter. Hvert individ består vanligvis av én celle. Utrolig nok er disse bitte små plantene grunnlaget for den enorme primærproduksjonen og dermed for så godt som alt liv i havet. Dette er utgangspunktet for den "foredling" som skjer videre i næringskjeden. Hvert trinn i næringskjeden antas å representere et energitap på 90 %.

Planteplanktonet står for nesten hele primærproduksjonen (fotosyntesen) i havet, og er dermed hovedgrunnlaget for livet der.

Enorme energitap

I figuren til venstre forvandles 500 000 enheter solenergi til 10 000 enheter energi i den glukosen som skapes ved fotosyntese i planteplankton. Dyreplankton som beiter på det klorofyllholdige planteplanktonet, får med seg bare en liten del av energien (1000 enheter). Dette planktonet spises så av arter som sardiner, sild, makrell og lodde, som bare får med seg 100 enheter av energien som økt biomasse. På figuren ser vi deretter rovfisken torsk som da sitter igjen med 10 enheter energi lagret i sin biomasse. Når mennesket så til slutt fanger denne fisken og spiser den, bidrar dette til en økning av den menneskelige biomasse som tilsvarer en eneste energienhet.

Stor fossil energisubsidiering i dagens fiske- og landbruksprodukter

Denne framstillingen var korrekt den gangen våre forfedre på 1800-tallet drev fiske med seil og årer. Da måtte de nødvendigvis hente hjem mer matenergi enn den muskelenergien de brukte i fisket, for å kunne fø seg og sine. Det var dette som avgjorde om matproduksjonen var bærekraftig. I dagens høyteknologiske fiskerier foregår det en dramatisk subsidiering av matenergiproduksjonen. Avhengig av hvilke fangst- og foredlingsmetoder som anvendes, bruker vi fra 10 til 20

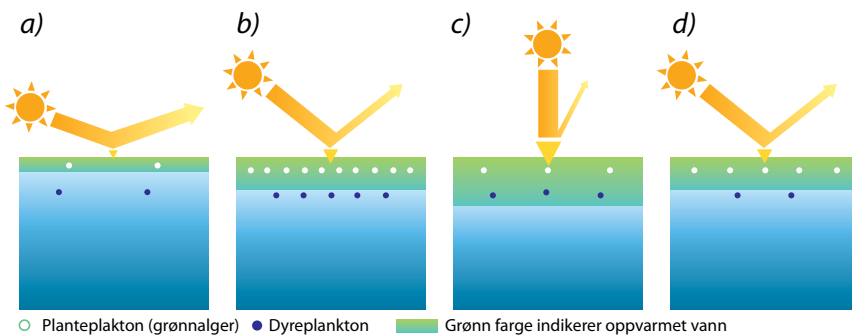
ganger mer fossil energi til å få fisken fram på middagsbordet, enn den energien maten representerer. Industriell landbruksproduksjon bruker også mye fossil energi. Produksjonen av nitratholdig kunstgjødsel krever store mengder fossil energi, og energibruken i jordbearbeiding, transport og logistikk er også omfattende.

Å skape bærekraftig matproduksjon for ni milliarder mennesker innen 2050 (prognose fra FN-rapport) er – som vi skjønner – en utfordrende oppgave.

Primærproduksjonen i norske farvann

Denne avhenger – som vi vet – av næringsalter og sollys. Figuren nedenfor viser først situasjonen om vinteren, med lav sol, næringsrikt blått vann og lite plankton. Gjennom vinteren har dårlig vær ført til en kraftig omrøring og tilførsel av næringsalter til de øverste vannlagene. Produksjonen er liten (figur a). Etter hvert som solen stiger, øker produksjonen kraftig, og vi får en "vårblomstring" av både plante- og dyreplankton (figur b).

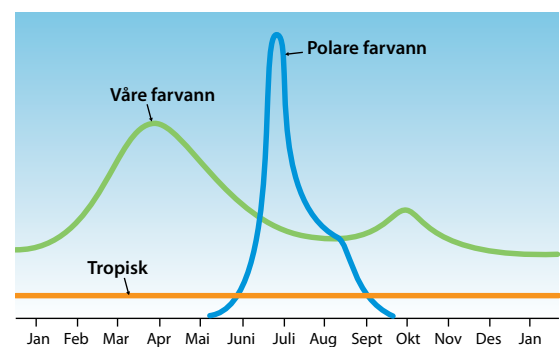
Biomasse produksjonen fører til at næringsalterne blir oppbrukt. Temperaturen i overflaten stiger når solen kommer høyere, og vi får en markert termoklin, et lag av "lett" vann på toppen, som forhindrer tilførsel nedenfra av næringsrikt vann (figur c). Utover sensommeren blir det ofte mer vind, nordavind gir oppvelling og vi får en ny oppblomstring, men ikke like kraftig som om våren (figur d).



Variasjon av plankton gjennom året i norske farvann. I figur c er vannet også fattig på både næringsalter og oksygen.

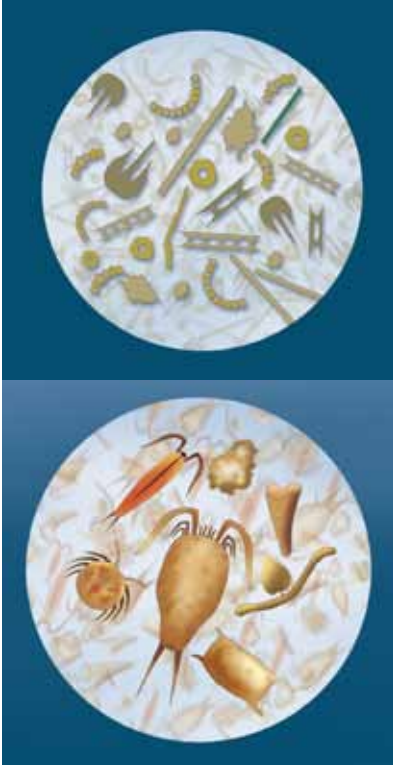
Forholdene i Barentshavet

I Barentshavet er det lite lys om vinteren, og is på havet hindrer i tillegg lyset å trenge ned i havet. Storm og strøm fører til omrøring, avkjøling og utfrysing av salt fra havisen fører til at overflatevannet blir tungt og synker, mens varmere vann stiger opp fra dypet. Det finnes derfor mye næringsalter i havet når isen smelter. Det lette smeltevannet legger seg på toppen, og sammen med oppvarming forhindrer dette omrøring. Dermed blir algene værende oppe i lyssonen. Vårblomstringen blir derfor eksplosiv langs iskanten (se figur til høyre), og etter som iskanten trekker seg nordover avdekkes stadig nye områder, og primærproduksjonen spres ut over lenger tid. Dette fører til at den kan utnyttes bedre av dyreplankton og andre høyere organismer. Den delen av primærproduksjonen som ikke blir spist, dør og avgir næringsalter. Mye synker til bunns, hvor plante- og dyreplankton råtner og blir bakteriemat. Dermed frigjøres næringsalterne som senere kan komme opp igjen i sollyset ved omrøring/oppvelling og brukes på nytt av primærprodusentene. Det kan være snakk om både ny og regenerativ produksjon, der næringsalter blir gjenbrukt i lukkede områder. I våre hav er nesten all produksjon ny, basert på tilførsel av næringsalter fra dypet.



Figuren viser phytoplankton-biomassen i havet gjennom året, i tropene (rødt), i våre tempererte farvann (grønt) og i polare farvann (blått). Grunnen til den lave produksjonen i tropene er mangel på næringsstoffer i det varme vannet.

Marine økosystemer. Næringskjeder



Plantep plankton og dyreplankton
 Både plantep plankton og dyreplankton (nederst) består av en rekke organismer av svært varierende form og størrelse. De fleste er encellede. Mange arter er krepsdyr som raudåte, småkrill og krill. Disse blir henholdsvis 3, 25 og 45 mm store.



Raudåte (øverst) og krill
 Raudåten er det viktigste dyreplankton i norske farvann.

Hva er et økosystem?

Ordet økosystem er i flittig bruk når det gjelder diskusjonen om bærekraft. Det omfatter de levende organismene, de fysiske omgivelsene og samspillet mellom disse i et gitt område. Økosystemene kan defineres på ulike vis, og havet blir ofte referert til som det marine økosystemet. Det er imidlertid nyttig å ha en mer nøyaktig inndeling. Ulike arter kan ha samme rolle i systemenes ulike lokaliteter. Det er derfor praktisk å definere dem geografisk, for eksempel som tropiske eller arktiske systemer, eller som Nordsjøen eller Barentshavet. I de to nevnte havområdene har de to ulike planktonspisende artene sild og lodde samme rolle. Det kan også være hensiktsmessig å dele dem inn etter hvor i vannmassene de befinner seg. I nærheten av bunnen finnes de demersale økosystemene, mens de pelagiske systemene finnes i de frie vannmassene som ikke er nær bunn eller land. Pelagiske systemer har enkle næringskjeder, mens energiflyten i et demersalt system kan være svært komplisert uansett hvilket geografisk område de befinner seg i.

En del viktige begreper er i bruk i forbindelse med økosystemer:

- **Bestand**, også kalt populasjon - dette er de individene av en art som lever i et økosystem.
- **Nisje** – dette er det fysiske stedet hvor en art oppholder seg i økosystemet. Desto større variasjon det er i omgivelsene, desto flere organismer vil finne sin nisje der. Et vrak som synker ned på en stor mudderslette, vil føre til stor økning i antall organismer som finner en nisje der. Dette gjelder både alger og dyr av ulike slag. Artsmangfoldet eller biodiversiteten øker, og fiske i nærheten av vrak kan derfor gi gode fangster.
- **Energitransport** gjennom næringskjeden er et sentralt begrep. Sollysets rolle i første trinn i næringskjeden er vist i figur på side 11-16. Næringskjeden opprettholder en kontinuerlig strøm av energi gjennom økosystemet. Det kan på mange måter sammenlignes med en maskin som drives av sollyset. Sett på som maskin, er den lite effektiv, tapene i hvert ledd i kjeden er svært høye.

Hvem som spiser hvem i næringskjeden, er stort sett bestemt av hvem som er størst. Lange næringskjeder produserer biomasse mindre effektivt enn korte kjeder. Når høyere organismer spiser planter, snakker vi om beiting på trofisk¹⁾ nivå nr. 1. Innenfor jordbruk kan mennesket som vegetarianer lett livberge seg på laveste trofisk nivå: planter og røtter som skapes direkte gjennom fotosyntese. Det er ikke like attraktivt for mennesker å "beite" på det marine primærnivået. Tang og tare spises det jo mye av i Østen, men flagellatsuppe¹⁾ høres ikke særlig innbydende ut. Dyreplankton-suppe²⁾ kokt på raudåte, smaker derimot nydelig.

Når vi mennesker spiser rovfisk som torsk og laks, beiter vi på trofisk nivå 4 og/eller 5. Sammenligner vi med næringskjeden på land, blir dette som å ernære seg ved å spise ulv. Da ville det ikke blitt mulig å ernære særlig mange. De lange næringskjedene i havet innebærer nemlig – som vi har sett – store energitap.

1) Flagellat = encellet organisme som svømmer ved hjelp av svingtråder (flageller).

Næringskjeder i havet

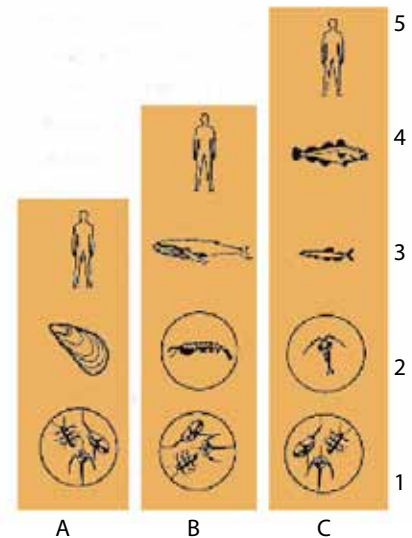
Som vi har nevnt tidligere, er marine planter primærprodusentene av organisk materiale i havet. Mesteparten består av encellede organismer kalt planteplankton eller planktonalger. Disse spises av dyreplankton. Dyreplankton eller zooplankton er en samlebetegnelse på mange ulike virvelløse dyr som stort sett finnes i de frie vannmassene. De fleste er små og knapt synlige. Noen av artene (som krill) er rovdyr og beiter på andre dyr, mens andre (som raudåte) har planktonalger som hovedføde. En av de største dyreplanktonartene er maneter, et nesledyr, som spiser plankton og små partikler. Den spiser også småfisk. De finnes i store mengder langs kysten, og terskel-fjorder viser seg å være et eldorado for maneter.

Muslinger (som blåskjell) er skalldyr som spiser planteplankton de filtrerer fra havvannet. Mennesket spiser i enkelte områder tang og tare, på første trofiske nivå. Skjell er imidlertid det laveste nivået vi har tradisjoner for å utnytte i vårt land, og dette gir den korteste marine næringskjeden vi i praksis benytter oss av. På verdensbasis er muslinger derimot en nokså betydelig ressurs. Figuren til høyre viser tre enkle næringskjeder.

Robuste næringsnett i norsk farvann. Slike enkle næringskjeder er sårbare. Hvis ett av leddene skulle falle bort på grunn av sykdom, overfiske eller andre forhold, blir det krise på høyere nivå. I norske farvann har vi stort sett ganske komplekse næringsnett, som vist nedenfor. Disse er svært robuste og bidrar til større stabilitet. Det er spesielt i demersale (bunn) økosystemer vi finner kompliserte næringsnett.

Raudåten er en interessant ressurs. Det er i praksis mulig å fange raudåte og krill. Den årlige produksjonen av raudåte i norske farvann er av våre havforskere anslått til om lag 150 millioner tonn, og noe tilsvarende for krill. Raudåte – som hører til på det andre trofiske nivå – er en av flere viktige motorer i energitransporten. Den er viktig som mat for planktonspisende fisk som lodde og sild, samt som føde til torskens i dens første leveår. Det virker svært interessant å kunne utnytte disse ressursene i havbruksammenheng.

I motsetning til vill laks og vill torsk, som trenger ti kg mat fra pelagisk fisk for å legge på seg én kg, trenger oppdrettsfisk fire kg naturlig fôr for å øke vekten med én kg. For å produsere ti kg har den pelagiske fisken spist 100 kg raudåte. Fôres oppdrettsfisk direkte med raudåte, trengs bare fire kg for å produsere én kg fisk. En slik kortslutning av næringskjeden kan ha et stort potensial for produksjonen av fôr, men i første omgang maner havforskerne til forsiktighet, fordi raudåte er den viktigste maten for en rekke planktoniske og svømmende organismer, slik som torskelyngel, og fordi en foreløpig ikke har full oversikt over konsekvensene av et fiske på disse artene. I Antarktis er det imidlertid åpnet for et betydelig fiske av krill til liknende formål.



Tre næringskjeder med ulik lengde og dermed ulik effektivitet
Hvis mennesker kunne tenkt seg å leve hovedsakelig på innmat fra skjell (næringskjede A), ville det gitt en vesentlig mer effektiv næringskjede enn en som baserte seg på for eksempel torsk (næringskjede C). To trofiske nivåer med store tap av næringsenergi ville da vært unngått.



Næringsnett

I mange økosystemer ligner forholdene mer på næringsnett enn næringskjeder. Dette gjelder for eksempel for norske farvann.

Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser

Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser

Norge har ansvaret for å forvalte noen av verdens mest produktive havområder, 7-8 ganger større enn fastlands-Norge. For å kunne forstå utfordringene dette innebærer, trenger vi innsikt i grunnleggende prosesser knyttet til utviklingen av primær- og sekundærprodusenter og fiskebestandene. Verdens fiskebestander trues av overfiske, og enkelte steder er viktige bestander i ferd med å bli borte. Verdens største bestand av torsk på bankene utenfor Newfoundland er nesten helt forsvunnet, trolig på grunn av overfiske. Fangstforbud siden 1992 har ikke bidratt til økning av bestanden, som nå er på noen få prosent av tidligere størrelse.

Ned og opp for sildefisket. I 1960 - årene ble den enormt store norske sildebestanden utfisket. Ny teknologi kombinert med manglende kunnskap om forholdene i havet førte til et massivt overfiske. Fangstene gikk på få år ned fra over en million tonn i året til ingen ting. Ny teknologi som ekkolodd, sonar og utvikling av matematiske modeller, ga imidlertid også havforskerne nye verktøy som gav bedre innsikt i forholdene i havet. Det tok tretti år å bygge bestanden opp igjen slik at sildefisket kunne gjenopptas. I 2010 var de fleste norske fiskebestander i god forfatning.

Biologiske forhold ved fiskebestander

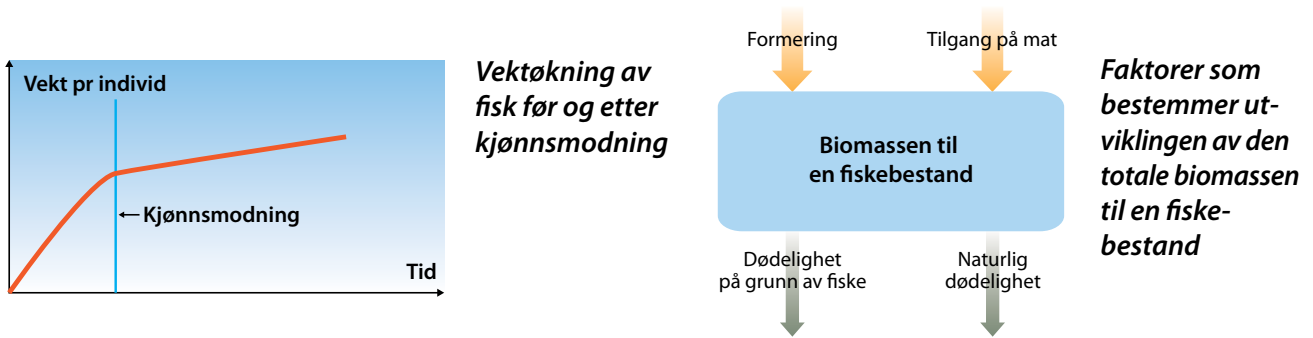
Vi har sett at de enkelte fiskeartene avhenger av hverandre i næringskjedene, og at overfiske i en bestand derfor kan påvirke resten av økosystemet. Det er ikke lett å ha oversikten over fødsel, død og hvordan fisk formerer seg, når vi ikke kan se noe til den før vi drar den over ripa. Et av de viktigste målene for fiskeridirektøren, som har ansvaret for fiskeriforvaltningen, er å oppnå størst mulig utbytte fra fiskebestandene. Samtidig må han sørge for at gytebestanden er stor nok til å sikre nye generasjoner av småfisk. Havforskningsinstituttet er svært viktig i denne sammenheng, nettopp fordi det er nødvendig å ha innsikt i de biologiske prosessene i våre fiskebestander.

Gyting. Gyting foregår på vidt forskjellige måter. De ulike artene har ulike strategier. Mens laksen gyter i elvene, og graver noen få og store egg og melke ned i elvegrusen for å sikre befruktning og overlevelse, så gyter hann- og hunntorsken samtidig i store stimer i åpent hav og håper det beste. Hver hunntorsk legger millioner av egg. (ca. 1 million per kg kroppsvekt). I motsetning til lakserogna er det en svært liten del av torskeeggene som blir befruktet

Torskeeggene og yngelen er svært avhengige av forholdene i naturen for å overleve. Antallet overlevende varierer sterkt fra år til år, avhengig av vær og temperaturforhold som påvirker algeproduksjon og tilgang på mat. Torsken gyter over en lang periode, trolig for å sikre overlevelse. Sild og lodde gyter på bunnen, mens egg og yngel fra sei og makrell lever pelagisk. Felles for mange av de viktigste bestandene er at egg og/ eller yngel transporteres nordover til oppvekstområdene av kyststrømmen, samtidig som oppblomstringen av raudåte også flytter seg nordover. På dette viset sørger naturen for at fiskelarver og yngel har god tilgang på mat mens de driver nordover.

Gytetiden er en stor påkjenning for både hunn- og hannfisken, og hos enkelte arter, f.eks lodde, dør hunnene og en stor del av hannene etter gytingen.

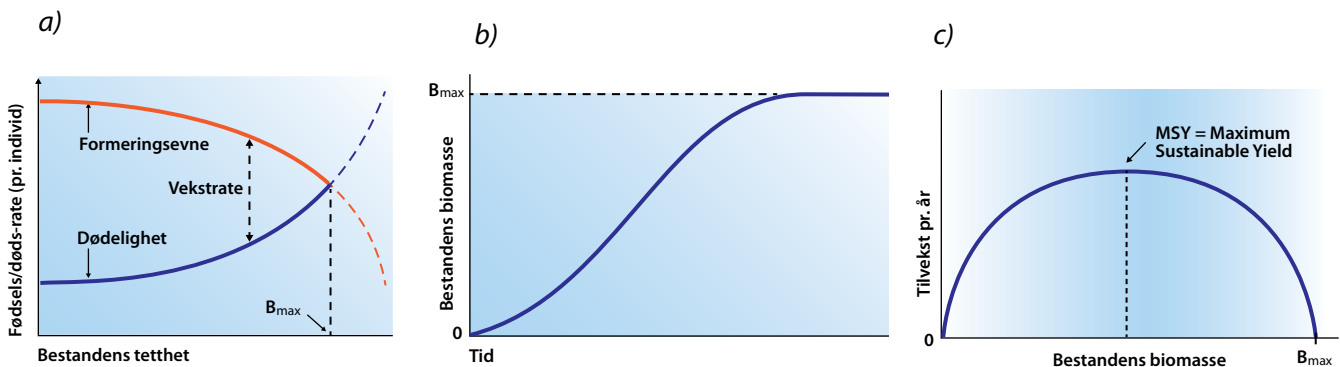
I oppvekstområdene vokser yngelen raskt. Fiskevekten øker raskest før fisken blir kjønnsmoden (se figur nedenfor), og det er ikke lurt å fange småfisk før den får formert seg. Dette er den perioden vekten øker mest i forhold til hvor mye den spiser. Derfor prøver en å unngå å fange småfisk, for eksempel ved å sette krav til maskevidde i garn, trål og teiner, og ved å stenge fiskefelt hvis det er mye småfisk til stede.



Biomassen av en fiskebestand avhenger av balansen mellom de fire faktorene vist i figur til høyre. Dødelighet og formering avhenger imidlertid også av konkurranse om maten.

Maksimalt bærekraftig utbytte som kan hentes ut av en fiskebestand.

Denne kan bestemmes som det framgår av prinsippskissene nedenfor, fra [11.8].



Figur a viser grafer for formering og dødelighet (uten fangst) pr. individ i en fiskebestand, som funksjon av bestandens tetthet. Grafenes forløp skyldes konsekvenser av at økende tetthet gir økt konkurranse om mat og plass, samt økt kannibalisme og sykdom. Stiplet linje viser den maksimale størrelsen som bestanden selv ville regulert seg inn på dersom det ikke ble fisket på den. Da er årlig tilvekst lik null (tilgang på nye individer tilsvarer dødelig-heten).

Figur b viser hvordan bestanden ville vokst som funksjon av tiden fram til den når sin maksimale verdi (B_{max}), forutsatt at det ikke foregår fiske på bestanden. Til å begynne med vil bestanden øke sakte fordi den er liten. Etter hvert vokser den raskere. Til slutt flater bestanden ut, fordi stor tetthet gir konsekvenser som beskrevet under figur a.

Figur c viser hvor **fort** tilveksten skjer i bestandens biomasse. Det gunstigste er å fiske på bestanden slik at den holder seg på en størrelse hvor tilveksten pr. år har sitt maksimum, og altså høste denne maksimale tilveksten hvert år. Denne fangsten kaller vi det maksimale, bærekraftige utbyttet (maximum sustainable yield).

Arktisk marin biologi



Foto: Geir Johnsen

Ishavstaren *Laminaria solidungula* trenger tre år for å fullføre en livssyklus. Denne arten gror i mørket og er tilpasset et liv under ekstremt lysmiljøbetingelser.



Foto: Geir Johnsen

Fjernstyrt undervannsfarkost under havisen i nordpolbassenget.



Foto: Geir Johnsen

Utdanning av framtidens generasjoner av havforskere i Arktis. Universitetsenteret på Svalbard (UNIS) har flere studenter ved NTNU hvert år. Disse får «hands on» utdanning i havisen nord for Svalbard.

Allerede i kapittel 0, sidene 0-18/19, pekte vi på framtidige behov for bedre kartlegging og overvåking av havrommet og havmiljøet. Videre beskrev vi i kapittel 1, sidene 1-38/43, ny, avansert teknologi og tenkemåte som er aktuell for slik kartlegging.. Det er dette vi nå ytterligere skal begrunne ytterligere her på de siste sidene. Disse handler om arktisk marin biologi, men du bør generelt også lese mer om både livet i havet foran i kapittel 11 og om forholdene i Barentshavet på side 1-35.

Marine nordområder

Reproduksjon også i polarnatten. Havområdene rundt Svalbard, Barentshavet og nordpolbassenget er et økosystem preget av kalde vannmasser, havis og stor årstidsvariasjon i lysmiljø (lystintensitet, fargesammensetning og daglengde). Dette området, fra Finnmarks-kysten i sør til Nordpolen i nord, er karakterisert med polarnatt i vinterhalvåret og midnattssol i sommerhalvåret. Nyere forskning har vist at polarnatten (arktisk vinter), med stummende mørke, er sesong for masseforekomster av mange marine organismer, og at dette også er tid for reproduksjon.

Økt havovervåking/ kartlegging av habitater og organismer viktig. Med økende menneskelig aktivitet i nordområdene, er det svært viktig å ha kunnskap om hvordan økosystemet her fungerer. Vi må da ta i bruk ny teknologi for å kartlegge habitater og viktige organismer over store havområder. De marine naturressursene må overvåkes slik at Norge kan forvalte dem på en klok og bærekraftig måte.

Økt menneskelig aktivitet gir nye utfordringer. Minkende havisutbredelse og tykkelse har dette ført til større menneskelig aktivitet i nordområdene med hensyn til olje- og gassleting, mineralutvinning på havbunn, fiskeriaktivitet, turisme samt nye transportert langs Sibir-kysten (Nordøstpassasjen) og langs Canada og Alaska (Nordvestpassasjen). I tillegg har nå nye transportruter startet tvers over nordpolisen, med skip som kommer fra Asia via Nordpolen, og går langs Svalbard med kurs mot norskekysten og Europa. Dermed får også forurensning og redningsarbeid økt aktualitet i Arktis.

Kunnskapsbasert forvaltning. Når mange nasjoner nå begynner å bli ivrige i jakten på nye naturressurser og transportmønster i nordområdene, blir det spesielt viktig med kunnskapsbasert forvaltning for å ta kloke beslutninger i fremtiden. Universitetene har derfor nå sterk fokus på utdanning av neste generasjons naturforskere og teknologer, slik at ressursene kan bli forvaltet og utnyttet på en forsvarlig måte.

Planktonalger, isalger og makroalger

Planktonalger – "sjøens gress". Matkilde for dyreplankton, som igjen spises av fisk og marine pattedyr. Planktonalgene er i hovedsak fotosyntetiske, og av denne grunn finner vi dem i øvre vannlag (0-100 m), hvor det er nok lys til å utføre fotosyntese. I sommerhalvåret kan det være mer enn 100 ganger større biomasse (antall celler) av planktonalger sammenlignet med vinteren. Om vinteren vil det være en stor del heterotrofe flagellater og små dyreplankton som holder liv i større dyreplankton som krill. Planktonalgene spises altså av dyreplankton som igjen spises av fisk, sel og hvaler.

Isalger under isen beites av tanglopper. Havisen kan deles inn i årsis (pakkis) og flerårsis. På undersiden av havisen er det i vår- og sommersesongen mikroskopiske isalger (isflora) som blir beitet av isfauna. Isalgene danner en biofilm som ofte domineres av algeklassen kiselalger (diatomeer). De mest kjente representantene for isfauna er isamfipoder (tanglopper). Disse lever på undersiden av isen og spiser isalger, dødt organisk materiale (detritus) og smådyr.

Makroalger, spesielt tilpasset polarnatten. Rundt Svalbard er det en tett tareskog på 3-30 meters dyp. Dess klarere vannmasser, dess lenger ned vil algene finnes. Distribusjon og tetthet av makroalger (grønne, brune og røde alger) er avhengig av havisskuring i de øverste 0-3 meter. Av denne grunn finner vi ikke flerårige tarearter på grunt vann, slik som langs norskekysten. Stort sett finner vi kun ettårige arter i fjæresona. Tareskogen er derimot frodig fra tre meter og dypere, så lenge det er lys nok og hard bunn, slik at algene kan feste seg med festeorganet sitt (hapter). Ingen makroalger har røtter; festeorganet er kun til å holde seg fast, og alle næringsalter blir tatt opp av hele algen (i motsetning til hos planter). De fleste tarearter gror i vintermørket og om våren, og er dermed spesielt tilpasset polarnatten.

Dyreplankton

Raudåte er en spesielt interessant ressurs. Dyreplanktonet i Arktis er dominert av hoppekreps (kopepoder), som er en særdeles viktig matressurs til større dyreplankton, fisk, sjøfugl sel og hval. Hoppekreps-slekten *Calanus* er den viktigste, og her har vi tre arter som er nøkkelarter i økosystemet. Disse heter *Calanus finmarchicus* (raudåte), *C. glacialis* (ishavsåte) og *C. hyperboreus* (feitåte). Raudåta er minst av disse, feitåta er størst og er ca. 20 ganger større enn raudåta. Feitåta er blant annet favorittmaten til alkekongen, en 180 grams alkefugl som spiser opptil 80 % av sin egen kroppsvekt hver dag i hekkesesongen for å føre seg selv og ungene. Du kan lese litt mer om raudåte også på sidene 11-12/13.

Noen dyreplanktonarter har utviklet fantastiske metoder for å unngå å bli spist av sine predatorer. Hoppekrepsene og annet dyreplankton vandrer opp og ned i vannkolonnen hvert døgn (døgnmigrasjon), fra 200 m dyp om dagen og opp til overflaten om natten. Dette er for å unngå predatorer når disse kommer opp for å beite på planktonalger og mindre dyreplankton. Andre arter av dyreplankton kan produsere morild for å unnsnippe predatorer. Morildorganismer (bioluminescens) er organismer som produserer eget lys av forskjellige farger. Disse kan brukes til forskjellige formål. Eksempler på bruksområder for morild kan være: forvirre og unnsnippe predatorer, parringssignaler, kommunikasjon og varsling av at fare er på ferde.

Under nordpolisen og i Grønlandshavet oppdaget norske og amerikanske forskere for første gang i 2010 at det er en rekke morildorganismer som lyser opp i dypet i polarnatta. Her ble autonome undervannsroboter (AUV) med morildsensorer brukt til å finne forskjellig "morildplankton" på forskjellige dyp. Hvordan disse organismene kan følge en døgnrytme i mørketiden, er foreløpig et mysterium som blant annet forskere fra NTNU for tiden prøver å løse.



Foto: Geir Johnsen UNIS

Mikroskopiske mikroalger er en viktig bestanddel av planktonet om våren og er den viktigste kilden for mat til dyreplankton som igjen spises av fisk, sjøfugl, sel og andre marine pattedyr.



Foto: Geir Johnsen UNIS

Parrende tanglopper ved Ryke Yse øya.



Foto: Geir Johnsen UNIS

Snøkrabbe fanget i teine. Denne arten er en ny art som kommer inn i Barentshavregionen.



Foto: Geir Johnsen

Vanlig ulke på havbunnen



Foto: Geir Johnsen

Storkobbe er som ringsel avhengig av havis for beskyttelse mot predatorer, sikker ungepleie og for å få rask tilgang til mat.



Foto: Geir Johnsen

Isbjørn på 82 grader nord. Stadig mindre og tynnere havis gjør det vanskeligere for isbjørn å finne sel.

Fisk

Polartorsken er en nøkkelart. I Arktis er polartorsken spesielt viktig. Den fanges vanligvis i de åpne vannmasser, men også i nærheten av havis. Polartorsken blir sjelden større enn 20 cm, men finnes i stort antall og er svært næringsrik. Dette er en arktisk nøkkelart som er viktig matkilde for større fisk, sjøfugl, sel og hval. De største fiskeforekomstene finnes i Barentshavregionen og i de grunne farvannene rundt Svalbard. Her er middeldybden på 250 meter. Slike hav kalles ofte for sokkelhav.

Nord for Svalbard går sokkelkanten fra 250 meters dyp og ned til dypvannsbassengene i nordpolområdet, med dybder på 4-5000 meter. Her har det blitt utført liten forskning, men områdene står nå for tur til å bli utforsket i større grad.

Marine pattedyr

Selarter. En rekke pattedyrarter spiser større dyreplankton og fisk, spesielt polartorsk og lodde. De viktigste selartene er grønlandssel, klappmyss, ringsel og storkobbe. Mindre og tynnere sjøis er en trussel for disse artene, da pakkis og fjordis (fastis) er deres leveområder med hensyn til ungestell, beskyttelse og lett tilgang på mat.

Hvalarter. Av hvalarter har vi større forekomster av vågehval, som er den eneste utsatt for kommersiell fangst. Noen av de viktigste områdene for denne hvalfangsten er nordvest for Spitsbergen. Hvithval finnes typisk i grupper på 100–200 dyr og er et vanlig syn rundt Svalbard. Av de større hvalene som var nær utrydding, har en i de siste årene hatt flere årlige observasjoner av verdens største dyr – blåhvalen (30-35 meter, se side 11-6). Den nest største hvalarten er finnhval (28 meter). Denne har også økt i antall, og sommeren 2013 kunne en se mer enn 16 dyr samtidig i Isfjorden på Spitsbergen. Blåhval, finnhval, knølhval og vågehval vandrer mellom varmere havområder om vinteren og har sommerbeite ved polarfronten og iskanten.

Isbjørn. I de siste årene har minkende havisdekke og tykkelse ført til at isbjørnen begynner å få vanskeligheter med å jakte på selen som følger havisen. Spesielt ringsel (snadd), storkobbe, klappmyss og grønlandssel trenger havis for å eksistere. Med minkende havis blir det mindre områder som er brukbare for sel og isbjørn, og disse dyrene er de første til å merke et varmere klima på jorden.

Framtidsperspektiver

Økosystemene påvirkes av miljøvariable som lysklima og temperaturvariasjoner, og vi ser effektene av dette ved at noen organismegrupper forsvinner, og andre kommer inn. Forståelse av denne populasjonsdynamikken er et stadig viktigere fokusområde. Forskjellige fagområder og kompetanse trengs nå for å utdanne neste generasjons teknologer, naturvitere og forvaltere, slik at vi kan ta vare på våre naturressurser på en bærekraftig måte.

Oppgaver

Oppgave 11.1

- Hva er biologi?
- Hva mener vi med en celle i biologien?
- Hva er den viktigste forskjellen mellom bakterieceller, planteceller og dyreceller?
- Cellene er bygget opp av fem hovedtyper "byggesteiner" (molekyler), som igjen er bygget opp av ni forskjellige grunnstoffer. Oppgi navnene på disse "byggesteinene" og grunnstoffene.
- En av de viktigste karbohydratene er druesukker (glukose). Se side 11-7. Her er både såkalt strukturformel og såkalt sumformel (sum av antall av de forskjellige grunnstoffatomer som inngår i en kjemisk forbindelse) for et glukosemolekyl oppgitt. Bruk sumformelen til å beregne sammensetningen i masse-% av de tre grunnstoffene som inngår i et glukosemolekyl.
- En av de viktigste enzymene (katalysatorer) i en plantecelle er klorofyll, som har sumformel $C_{38}H_{65}O_4N_4Mg$. Beregn sammensetningen i masse-% for klorofyll.

Oppgave 11.2

Det vises til side 11-7. Se også side 7-28

- Beskriv fotosyntesen med ord. Hvorfor er denne en av de viktigste kjemiske prosessene for livet på jorda?
- Bruk den kjemiske reaksjonsligningen til å bestemme hvor mye sukker som dannes pr. kg forbrukt vann i fotosyntesen.
- Hvor mye oksygen dannes det pr. kg forbrukt vann?
- Beskriv celleånding med ord. Hvorfor er dette en av de viktigste kjemiske prosessene for livet på jorda?
- Hvor mye karbondioksid (CO_2) dannes ved "forbrenning" av 1 kg sukker i en celleåndingsprosess? Hvor mye utgjør dette i % av den mengde CO_2 som dannes ved forbrenning av 1 kg bensin i en bilmotor?

Oppgave 11.3

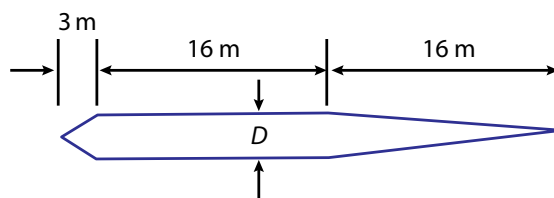
Lag en disposisjon, med stikkord, for et 15 min. kåseri om vann og hvorfor det nettopp er vann som er en avgjørende forutsetning for liv.

Oppgave 11.4

Du og to klassekamerater diskuterer hvor stor nyttig effekt musklene til en blåhval må yte for at den skal kunne svømme med en fart på 50 km/t, som er den største farten den kan oppnå (i en kort periode). Forslagene er: <100 kW, ca. 300 kW og >600 kW. Dere diskuterer også om hvalen kan kalles "hurtiggående" eller ikke. For å avgjøre hvem av dere som har mest rett, og for å få repetert deler av hovedkapittel 3 om motstand og framdrift, skal dere forsøke å gjøre en overslagsberegning av effektbehovet. Først må dere da forsøke å bestemme friksjonsmotstand som hvalen har ved 50 km/t. Vi forutsetter at den svømmer i en dybde som gjør at det ikke danner seg bølger på vannets overflate. Videre skal det regnes med at den har lengde 35 m, masse 190 tonn og at den tilnærmet kan beskrives ved hjelp av to kjegler og en sylinder (se figuren).

Beregn:

- Beregn hvalens fart i knop og m/s
- Den diameter D som gjør at hvalen får en oppdrift som er lik dens tyngde
- Hvalens overflate
- Reynolds tall og Froudes tall ved en fart på 50 km/t. Hvor stor er hvalens maksimale hastighet regnet i knop? Marker hvalen som et punkt i figuren på side 3-19. Kan hvalen kalles "hurtiggående"?
- Friksjonsmotstandstallet $vha.$ ITTC-formel på side 3-10. For en tilnærmet sylindrisk form skal denne verdien økes ved å multiplisere med en såkalt formfaktors som i dette tilfellet kan settes lik 1,3
- Friksjonsmotstanden (se side 3-11)
- Effektbehov som svarer til friksjonsmotstanden
- Hvilke feilkilder har vi i denne beregningen?
- Hvorfor må hvalens muskler yte en effekt som er vesentlig større enn det beregnede effektbehovet?



Referanser

- 11.1 Olje- og energidepartementet / Oljedirektoratet:
Fakta: Norsk petroleumsverksemd 2009
- 11.2 Hanne S. Finstad, Jørgen Kolderup, Eva C Jørgensen:
Trigger 8, 9 og 10. Naturfag for 8., 9. og 10. klasse
N. W. Damm & Søn AS. 2006
- 11.3 Per Roar Ekeland, Odd-Ivar Johansen, Siri B. Strand, Odd Rygh,
Ann-Beate Hesenet: Tellus 8, 9 og 10. Naturfag for ungdomstrinnet.
H. Aschehaug & Co (W. Nygaard). 2008
- 11.4: Wikipedia, the free encyclopedia
- 11.5 Statistisk sentralbyrå: Statistisk årbok 2009 (www.ssb.no/aarbok)
- 11.6 Tor Brandt, Harald Brandt, Inger Johansen, Arvid Mostad:
Kjemi 3KJ. Grunnbok. H. Aschehoug & Co (W. Nygaard). 1998
- 11.7 Merethe Frøyland, Merete Hannisdal, John Haugan, Jørn Nyberg:
Eureka 8, 9 og 10. Naturfag for ungdomstrinnet. Gyldendal Norsk Forlag AS. 2006
- 11.8 Simon Jennings, Michel J Kaiser, John D. Reynolds:
Marine Fisheries Ecology. Blackwell Science Ltd. Oxford. 2001