



## Hva er et økosystem?

Økosystem beskrives ofte i form av energioverføring mellom nivåer i næringskjeden. Men bak energioverføringen foregår det et spill på liv og død mellom rovdyr og byttedyr. Dette spillet der hvert enkelt individ prøver å gjøre det best mulig for seg selv i form av å spre sine gener, resulterer i det såkalte samspillet i naturen. Dette er et fascinerende samspill både å utforske og forvalte.

Geir Huse

geir.huse@imr.no

Et økosystem kan defineres som “et dynamisk kompleks av planter, dyr og mikroorganismer som i samspill med det ikke-levende miljø utgjør en funksjonell enhet”. Økosystemer er ikke lukkede systemer, og særlig gjelder dette økosystemene i havet der strømmene i stor grad bidrar til utveksling av organismer mellom forskjellige havområder og økosystemer. Likevel er de marine økosystemene kjennetegnet av at dynamikken innenfor systemet er viktigere enn import og eksport av organismer. Rammebetingelsene for økosystemet legges av det fysiske miljøet, som inkluderer bunndyp og -type samt havets egenskaper i form av temperatur, salt og strøm. Geografisk beliggenhet er dessuten avgjørende for grad av sesongvariasjon i for eksempel lys.

### Samspill og energistrøm

Samspillet mellom organismene i et økosystem – spis og bli spist – danner grunnlag for energistrømmen i næringskjeden. I havet resulterer dette samspillet i en pyramide med store mengder (biomasse) plankton i bunnen og avtagende biomasse oppover i næringskjeden. Mellom hvert nivå skjer det et tap av energi, fordi ikke all energi som inntas blir tatt opp av organismen, og fordi organismen forbruker energi til respirasjon, forflytning og reproduksjon. Overføringseffektiviteten for hvert ledd i økosystemet er på ca. 10 %. Marine økosystemer har derfor ofte ti ganger større biomasse av dyreplankton enn av planktonspisende fisk. Men det er ikke alltid slik, planteplankton kan for eksempel forsyne en større biomasse på neste nivå i næringskjeden fordi de formerer seg like raskt som de blir spist.

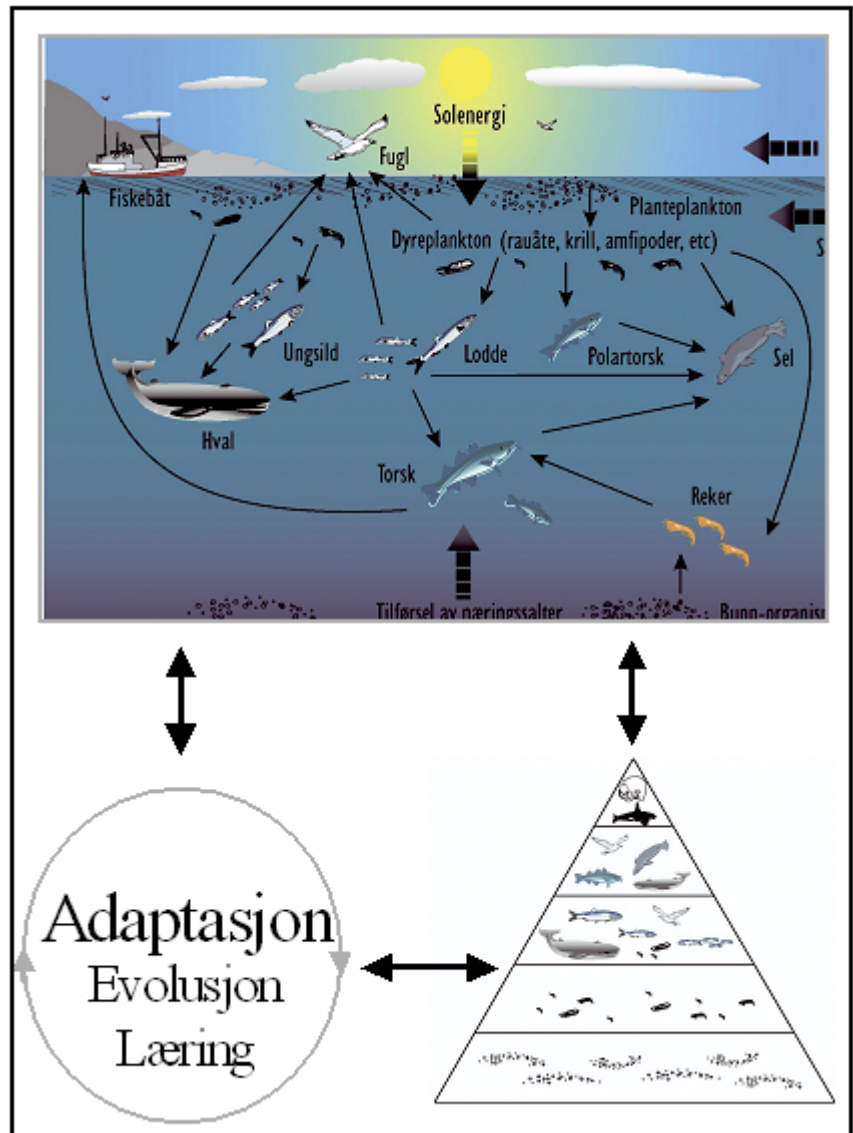
For å forstå hvordan økosystem fungerer er det vesentlig både å fange opp interaksjonene mellom organismene og den resulterende næringspyramiden, samtidig som det er viktig å ha i bakhodet at organismene lever livet ut ifra hva som lønner seg i et evolusjonært perspektiv. Figur 5.3.1 illustrerer nettopp disse forskjellige dimensjonene i økosystemet med interaksjoner, biomasse og den underliggende biologiske drivkraften. Samtidig indikerer pilene i figuren at disse faktorene påvirker hverandre og at økosystemet ikke er et statisk system.

På samme måte som på land er produksjonen i havet basert på fotosyntese i planter. De bruker energien i lys til å omdanne vann, karbondioksid og næringssalter til energirike organiske stoffer og oksygen. I havet blir fotosyntesen i hovedsak utført av planteplankton, ettersom tang og tare har lav produksjon sammenlignet med planteplanktonet. Alle andre organismer er avhengige av plantene for å overleve, vokse og formere seg. Strukturen i økosystemet i Barentshavet er indikert i Figur 5.3.1 (øverst). Der ser vi at planteplanktonet beites på av dyreplankton som kopepoder (hoppekreps) og krill som igjen spises av en rekke fisk og bardehval. Lenger oppe i næringskjeden finner vi de fiskespisende predatorerne som torsk, sel og hval, og helt på toppen er der isbjørn og spekkhogger.

Dette er vår vanlige oppfatning av hvilke organismer økosystemet innbefatter, men det finnes og en rik fauna av mikroorganismer. I den såkalte mikrobielle løkke blir løst organisk materiale, blant annet fra planteplankton, tatt opp av bakterier som igjen blir spist av protozoer (encellede dyr) og parasittert av virus. Protozoene blir igjen spist av små dyreplankton, blant annet nauplielarvene til hoppekreps. En del av energien som omsettes i den mikrobielle løkke kommer dermed resten av næringskjeden til gode, til tross for den mikrobielle omveien i forhold til den energien som går direkte fra planteplankton og til dyreplankton.

### Suksesjon, evolusjon og læring

Økosystemene blir formet i en gradvis prosess kalt suksesjon, med kolonisering, vekst og tilpasning der tilfeldigheter i artsrekkefølgen ved kolonisering ofte har følger for senere kolonisering og dermed økosystemets artssammensetning og funksjon. Det er vanlig med suksesjon fra økosystem bestående av få arter og med lav biomasse fremmot et klimakssamfunn med stor artsdiversitet og høy biomasse av planter og dyr. Noen arter har spesialisert seg på å være raskt ute til å utnytte ledige ”rom” som oppstår i økosystemet, mens andre arter igjen utnytter de koloniserende artene og kanskje i sin tur utkonkurrerer dem. I fjorder på Svalbard som er utsatt for isskuring for eksempel, foregår kolonisering regelmessig som følge av at isen skurer bort fastsittende planter



**Figur 5.3.1**

Sentrale elementer i marine økosystems struktur og virkemåte: interaksjoner mellom organismene (øverst), næringspyramide (nede til høyre), og underliggende evolusjonær motivasjon (nede til venstre).  
 Central elements in marine ecosystem structure and functioning: interactions between the organisms (top), the food pyramid (bottom right), and the underlying evolutionary motivation (bottom left).

og dyr. Et annet eksempel er tareskogen, som er hjem for en utrolig mengde andre planter og dyr. I områder med taretråling vil en dermed regelmessig gå gjennom en suksesjon etter tråling, med etablering av ny tareskog og deretter kolonisering av andre planter og dyr som er avhengige av tareskogen for å overleve.

Organismene i økosystemet tilpasser seg det fysiske miljøet og hverandre gjennom genetisk evolusjon og læring. Evolusjon er en prosess der endringene vanligvis skjer veldig langsomt, over tusener og millioner år, som følge av gjentatte runder med reproduksjon, mutasjoner og naturlig seleksjon. Læring skjer imidlertid innen livsløpet til et individ og er særlig viktig for langlivede fisk og sjøpattedyr, som kan oppleve relativt store klimatiske endringer i løpet av sitt liv. Det er for eksempel mye som tyder på at endringer i vandringsmønsteret til sild er drevet av "kulturelle" endringer. Vandringsmøn-

stre opprettholdes ved at ungsilda lærer av de eldre i bestanden. Dersom bestanden kollapse og der er få eldre individer igjen å lære av, går dermed kulturen tapt. Kollapsen i bestanden av norsk vårgytende sild på slutten av 1960-tallet førte således til store endringer i sildas vandringsmønstre.

#### Nøkkelarter

Våre marine økosystemer inneholder en mengde forskjellige arter. Noen arter er spesielt viktige i økosystemet, rett og slett fordi de er tallrike. Raudåta er en slik art. Den lille hoppekrepsen beiter på planteplankton og mindre dyreplankton, og er svært tallrik i Norskehavet. Raudåta tilbringer vinteren i "dvale" på store dyp der den har liten risiko for å bli spist av fisk og andre predatorer. På sen vinteren vandrer den opp og gyter før og under vår oppblomstringen slik at naupliene, dvs. de minste stadiene av raudåte, skal få mye mat og vokse raskt. Raudåta danner grunnlaget

for våre store bestander av sild og makrell, som beiter på raudåte hele livet. I tillegg er raudåta mat for larvene hos en rekke andre arter som torsk og sei. I det hele tatt "planlegger" de fleste av fiskeartene våre livet sitt etter raudåtas livssyklus og gyter om våren slik at fiskelarvene skal treffe på mest mulig raudåte-nauplier. Sild er kanskje den fiskearten som er mest avhengig av raudåta. I likhet med denne overvintrer sildebekstanden, noe som innebærer at den ikke spiser på over fire måneder!

#### Bunn-opp og topp-ned

Man snakker ofte om at dynamikken i økosystem eller hos en art er drevet av bunn-opp- eller topp-ned-prosesser. Det har å gjøre med at populasjonsveksten kan være begrenset enten av fødeinntak eller predasjon. Når bunn-opp-prosesser antas å være viktige, betyr det at mengden av en fiskeart er begrenset av hvor mye mat den får. Dersom topp-ned-prosesser er viktige, er mengden begrenset av predasjon.

Både bunn-opp- og topp-ned-kontroll kan være viktige i å regulere mengden av en populasjon under forskjellige betingelser. Lodde er for eksempel utsatt for predasjon gjennom store deler av livet. Predasjonspresset varierer imidlertid fra år til år, og loddebestanden kan ofte bli svært tallrik. Stor loddebestand fører til nedbeiting av dyreplanktonet som lodda spiser, og dette gir igjen lav vekst hos lodda. Loddebestanden kan dermed reguleres både av bunn-opp- og topp-ned-prosesser.

### I stadig endring

Økosystemene er i stadig endring. På våre breddegrader er variasjon i det fysiske miljøet – vind, strøm og temperatur – en sentral driver av endring i økosystemet. Det fysiske miljøet er således en premissleverandør for resten av økosystemet. Det er store variasjoner i klima både mellom år og mellom tiår, og vi er nå inne i en periode med rask global oppvarming. Dette kan gi varige endringer i økosystemene våre, siden oppvarming sannsynligvis vil endre konkurransebetingelsene i havet. Vi ser allerede at en mengde arter som tidligere var sjeldne gjester i våre havområder, er i ferd med å etablere seg her, og at våre tradisjonelle arter forflytter seg nordover. Slike endringer har funnet sted tidligere, for eksempel er det kjent at torsken forskyver sine gyteområder nord- og østover i varme perioder.

Men endringene i økosystemet er ikke bare av klimatisk art. Menneskelig aktivitet fører også til forurensning, overfiske og innføring av nye arter, og alt dette kan gi store endringer i økosystemenes struktur og virkemåte. Økosystembasert forvaltning innebærer at man skal ha en overordnet plan for forvaltning av hele økosystemet. Man skal ikke bare opprettholde et vedvarende høyt uttak av kommersielle ressurser, men også hindre at menneskelig aktivitet får negativ innvirkning på de resterende delene av økosystemet. Dagens mennesker skal ikke forringe miljøet på bekostning av fremtidige generasjoner. Dette medfører at man i større grad enn før må kjenne til økosystemets struktur og virkemåte for å kunne forutsi konsekvenser av menneskelig aktivitet. Derfor trenger vi en økt satsing på økosystemforskning fremover.

### What is an ecosystem?

Ecosystems are often described in terms of the energy transfer between different levels in the food chain. But behind the energy transfer a game of life and death unfolds between predators and prey. This game where every individual tries to maximize their fitness by spreading their genes results in an interplay that is fascinating both to study and manage. In order to understand how ecosystems function, it is important to consider both the interactions between the organisms, the resulting food pyramid and the underlying evolutionary motivation as illustrated in Figure 5.3.1. To maintain ecosystem health and services in the future, it is essential to improve our understanding of the structure and functioning of marine ecosystems.