



2

Generell økologi

BEGREPER DU BØR KUNNE FØR DU BEGYNNER PÅ KAPITLET

- abiotisk
- biotisk
- næringskjede
- næringsnett
- predasjon
- bæreevne
- reproduksjon

Mål for dette kapitlet er at du skal kunne

- samle, bestemme og klassifisere ulike organismer og knytte opplysninger om levevis og tilpassninger til et utvalg av organismene
- gjøre greie for faktorer som regulerer vekst og størrelsen på populasjoner og forvaltningen av bestander i et bærekraftig perspektiv
- gjøre greie for hvordan miljøgifter blir konsentrerte i næringskjeder
- gjøre greie for hvordan energistrømmen mellom trofiske nivåer påvirker økosystemet
- forklare hvordan økosystemer kan endre seg over tid
- gjøre greie for kretsløpet til karbonet og nitrogenet i et økosystem

«Alt henger sammen med alt»

Gro Harlem Brundtland, norsk politiker og leder av FNs miljøkommisjon

ISAAC NEWTON (1642–1727), grunnleggeren av den moderne fysikken og matematikken, sa en gang «*Natura es simplicia*» – Naturen er enkel. I dag vet vi at det snarere er omvendt – ingenting er så sammensatt og komplekst som naturen. Økologien er vitenskapen om sammenhengen mellom alt levende og deres miljø, og lever i sannhet opp til Brundtlands utsagn selv om det var ytret i en annen sammenheng.

Gang på gang har vi mennesker grepet inn i naturen og trodd at våre inngrep ikke vil endre noe. Ofte viser virkningen seg med en gang ved at dyr og planter forsvinner, andre ganger kommer virkningen snikende over lang tid. Det er nok å minne om sur nedbør, uhemmet bruk av kjemiske plantevernmidler og bruken av fossilt brensel med utslipp av karbondioksid. Det vil ta år og ufattelig mye ressurser å reparere skadene og å komme tilbake til utgangspunktet. I dag prøver vi å handle etter *føre var-prinsippet*. Det vil si på best mulig måte å forutse konsekvensene av våre inngrep i naturen og handle deretter. Dette krever økologisk innsikt, og i dette kapitlet har vi beskrevet økologiens grunnleggende prinsipper som må ligge til grunn for vår framtidige forvaltning av naturen.

Ingen atomer forsvinner, de går bare over i nye forbindelser og kommer før eller senere gjerne tilbake til utgangspunktet. Vi har derfor tatt med de tre viktigste elementene i vår tilværelse og gitt en oversikt over deres kretsløp i verden. Vi har også tatt med kretsløpet for livets viktigste væske, det vil si vannet.

2.1 Økologiske begreper

Økologi kommer av det greske ordet *oikos* som betyr hjem eller levested. *Økologien* er derfor læren om sammenhengen mellom de enkelte organismer og deres miljø. Ordet ble første gang benyttet av den tyske biologen Ernest Häckel i 1869, men det er først i de siste 50 årene at økologien virkelig har slått gjennom som en stor og meget viktig vitenskap.

oikos (gr.) → hjem/levested

Økologien er en vitenskap som henter elementer fra mange fagdisipliner. Det økologiske samspillet er meget komplisert. Årsaken er at dels skjer dette i forhold til det abiotiske miljøet (klima, jordbunn, vanntilførsel etc.), men også i forhold til de andre organismene som lever i miljøet. Ethvert individ søker etter å reproduksjonen og utnytte miljøet på best mulig måte for å oppnå dette. Miljøet, både hva angår andre organismer og levevilkårene for øvrig, er med på å bestemme hvem som skal klare dette best. Evolusjonen (se kapittel 9) er en blind prosess som til enhver tid tar vare på de individene som i størst mulig grad tilpasser seg miljøet og utnytter dette til reproduksjon.

Før vi går inn i samspillet kretser og elementer, er det nødvendig å forstå enkelte begreper, vi snakker om fagets terminologi.

Art

En *art* defineres som en gruppe individer som innbyrdes er i stand til å få befruktningsdyktige avkom. Vanligvis er det lett å avgrense en art, andre ganger kan det være mer problematisk, særlig gjelder det arter som formerer seg uten befrukting (vegetativt). I slike tilfeller kloner individet seg, særtrekk blir således beholdt i avkommet og kan være ganske distinkte. Nå og da kan det imidlertid skje en vanlig seksuell formering blant slike kloner, og nye særtrekk kan oppstå, mens de gamle «utvannes» eller blir mindre tydelige.

Individ

Et *individ* er et enkelt eksemplar av en art. Vanligvis er det lett å avgrense det, men i sopp- og planteriket, hvor artene også formerer seg uten befrukting, kan det være vanskelig. Multene sprer seg for eksempel lokalt ved underjordiske utløpere, og det som kan se ut som mange individer eller planter på en tue, kan i virkeligheten bare være skudd fra den samme planten.

Populasjon

En *populasjon* er en samling av individer av samme art innen et område. Vi kan snakke om fjellrevpopulasjonen i et mindre område, for eksempel på Hardangervidda. En populasjon kalles også ofte en bestand.

Samfunn

Et *samfunn* består av de samlede populasjonene innenfor et område, vanligvis nokså begrenset. Vi snakker for eksempel om et blåbærsamfunn på næringsfattig jord eller berggrunn. Uttrykket brukes mest i forbindelse med planter, men også innenfor insektverdenen, og på havbunnen, har begrepet anvendelse og mening. Et samfunn vil derfor bestå av ulike arter, vanligvis slike som opptrer sammen i mer eller mindre stabile enheter.



Sequoia-tre
Sequoia National Park,
California, USA.

Økosystem

Et *økosystem* er et avgrenset område i naturen, hvor populasjoner og samfunn lever i tilnærmet likevekt med hverandre og de ytre miljøfaktorene. Et økosystem er imidlertid nesten alltid i en viss ubalanse, for både populasjoner og ytre miljøfaktorer som for eksempel klima, varierer over tid. Det kan være korttidsvekslinger som fra sommer til vinter, eller det kan være langtidsendringer, for eksempel av den typen vi ser omkring oss i dag. Vi kan tenke oss en pendel som svinger fram og tilbake omkring et likevektpunkt.

Biosfæren

Biosfæren er summen av alle økosystemer på jorda, kort sagt alt levende og deres miljø.

DE STØRSTE INDIVIDER VI KJENNER, ER SEQUOIA-TRÆRNE I CALIFORNIA, SOM ER OM LAG 3200 ÅR GAMLE, VEIER OVER 2000 TONN OG ER INNPÅ 100 METER HØYE. DE ELDSTE ER NOEN FURUTRÆR, OGSÅ I CALIFORNIA, SOM ER OVER 6000 ÅR GAMLE. DET ER OGSÅ FUNNET SOPPINDIVIDER SOM ER OVER 2000 ÅR GAMLE.



2.2 Økosystemets oppbygning

Et økosystem er bygget opp av abiotiske og biotiske faktorer. De abiotiske er de vi kan kalle naturgitte, så som klima, jordbunnsforhold og terrengholdet. De biotiske faktorene omfatter alle de andre levende organismene i systemet. Det økologiske miljøet påvirker hvilke arter som skal overleve og reproduksjonen til dem. I studieheftet kan du lese mer om det marine økosystemet, skogen, ferskvannet og fjellet. Her beskriver vi den generelle oppbygningen av økosystemene.

Fjellreven er vanlig på Svalbard og ellers i polområdet, men den er i ferd med å forsvinne fra høyfjellet i Norge. Årsakene er komplekse, men skyldes dels konkurransen med rødreven, dels mangel på åtsler etter jerven som er blitt fåtallig i fjellet, og en generell økende trafikk i fjellet. Dette skjer til tross for at klimaet og leveområdene ellers er som de skal for at den kan overleve. Dette er ett av mange eksempler på at en arts utbredelse styres av mange faktorer.

Abiotiske faktorer

Økosystemets abiotiske faktorer er styrt av fysiske og kjemiske lover, særlig i forbindelse med nedbør, temperatur og jordsmonn. Mens noen av disse faktorene er uforanderlige, som berggrunnens sammensetning, så varierer de andre sterkt innenfor en årssyklus. Dette er særlig utpreget hos oss, hvor både planter og dyr opplever store forskjeller i livsvilkårene sommer og vinter. Det er de abiotiske faktorene som i svært mange tilfeller er de avgjørende for en arts utbredelse innenfor et økosystem. Det er viktig å minne om at en arts forekomst i et økosystem kan variere over tid, ettersom artene kan tilpasse seg når faktorene endrer seg. Vi kjenner alle til trekkfuglene våre, og tilsvarende vandringer finnes også blant fisk og andre marine organismer. Andre arter kan bli usynlige i økosystemet når levevilkårene endrer seg i ugunstig retning. Typisk er det for eksempel at alle insekter og nesten all sopp forsvinner utover høsten. De overlever dels nede i bakken og dels inne i døde trær og stubber. Det samme gjelder mange planter som overlever i form av frø eller i underjordiske røtter. Vi sier gjerne at de går i dvale, og svært mange dyr og insekter bruker også samme strategi når livsvilkårene

Maur produserer varme.

Maurene i dvale utvikler litt varme, og når det blir millioner av dem, kan maurtuen smelte fram i snøen som her på bildet.



blir hardere utover høsten. Vi skal komme tilbake til de ulike livsstrategiene som er utviklet i de enkelte organismegruppene for å løse dette problemet. På dette feltet er naturen nådeløs, her er det intet sosialkontor å gå til dersom livet begynner å gå på skjeve.

Klima

Beliggenheten avgjør til dels hvorledes de enkelte *klimafaktorene* oppleves. Klimaet kommer derfor inn når vi bedømmer eller beskriver de enkelte faktorer, selv om det strengt tatt ikke inngår i begrepet. De ytre levevilkårene slik de oppleves ute i naturen, er summen av en rekke faktorers innflytelse, og særlig viktig er:

- Beliggenhet
- Temperatur
- Nedbør
- Vind
- Sollys

I tillegg kommer menneskeskapt forurensning i luft og vann.

Norges klima

For klimaet i landet vårt er følgende faktorer særlig viktige:

- 1 Beliggenheten langt mot nord og vid utstrekning både fra nord til sør og fra øst til vest.

DET KOMMER SOM EN OVERRASKELSE FOR DE FLESTE AT KIRKENES LIGGER ØST FOR KAIRO OG ISTANBUL, OG AT ØST-FINNMARK EGENTLIG BURDE VÆRT I SAMME TIDSSONE SOM FINLAND.



- 2 Temperauren synker med omkring $0,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ for hver 100 meters vertikale stigning eller per 100 km fra sør til nord.
- 3 Nedbøren øker generelt med høyden og avtar nordover.
- 4 Daglengden endrer seg mye fra sør til nord i løpet av året.

VED LINDESNES VARIERER FOR EKSEMPEL DAGLENGDEN FRA 16 TIMER I JULI TIL CA. 10 TIMER I DESEMBER. I FINNMARK ER DET DAGSLYS I CA. 2 MÅNEDER OM SOMMEREN OG LIKE LENGE UTEN DAGSLYS OM VINTEREN.



- 5 Beliggenheten på østsiden av Atlanterhavet med mye vestavind.

Klimatyper

Disse faktorene medfører at vi i høyere grad enn de fleste andre land i Europa har et veldig variabelt klima. Det er som kjent mye vær i landet vårt – både sommer og vinter.

Vestlandet har et utpreget *kystklima* med mye nedbør, kjølige somre og milde vintre. Ytterst på kysten er det sjeldent å oppleve lengre frostperioder, og vi finner en rekke plantearter som vi ellers må til Irland eller Spania for å finne igjen.

PÅ DE YTTERSTE ØYENE PÅ VESTLANDET GÅR SAUENE UTE HELE ÅRET PÅ GRUNN AV DET MILDE KLIMAET.



Gradient er en utviklingslinje

Etter hvert som vi beveger oss østover, svekkes kystklimaet, sommertemperaturen stiger, og vintertemperaturen synker. Innerst i fjordene får vi derfor et typisk *innlandsklima* med tørre og varme somre og kalde og tørre vintre. De typiske kystplantene gir opp en etter en langs denne *gradienten* fra det ytterste Vestlandet til de indre fjordstrøkene, som for eksempel Skjolden og Årdal innerst i Sognefjorden. Tilsvarende kystklima, men i mindre grad, finner vi nordover langs hele kysten til Nordkapp hvor vi får et mer utpreget *arktisk klima* med både kalde og fuktige somre og kalde og snørike vintre.

Temperatur

Ved siden av nedbør er temperaturen den viktigste faktoren for planter og dyrs utbredelse og levevilkår, noe vi ser helt tydelig i vårt langstrakte land som strekker seg over 1700 km i nord–sørretning.

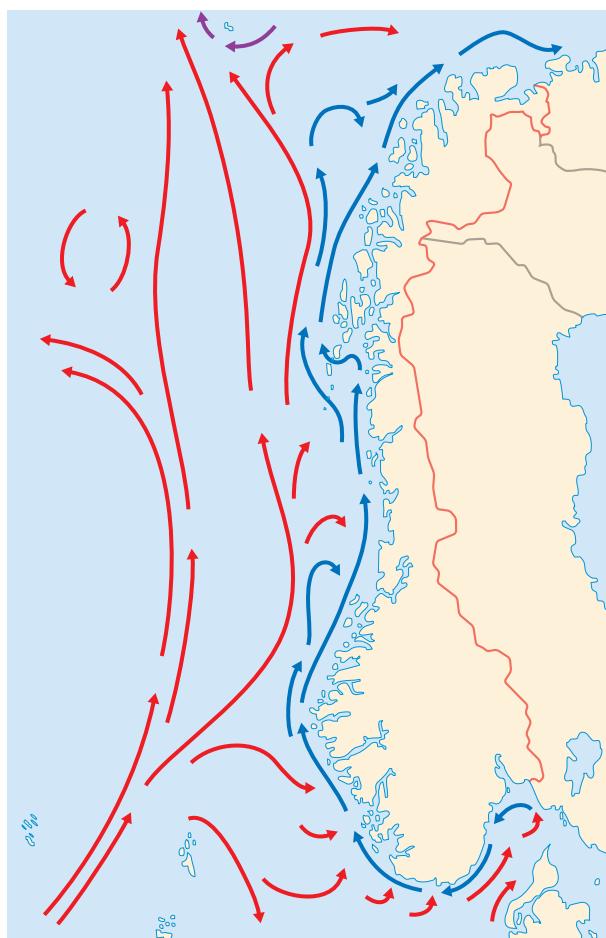
Røros. Røros er et av de kaldeste stedene i Sør-Norge om vinteren (rekorden er -51°C). Det skyldes at det ligger midt på den skandinaviske halvøy og langt fra havets modererende påvirkning.

Det er sola som er livets energikilde, enten indirekte eller direkte. Jordas rotasjonsakse står skrått (omkring 23°) i forhold til solplanet, noe som gir oss vekslingen mellom sommer og vinter, som blir mer og mer utpreget jo lengre vi beveger oss bort fra ekvator. Det betyr at den direkte solinnstrålingen er sterkest omkring midtsommer og svakest ved juletider, noe alle nordmenn er meget godt kjent med.



Den indirekte solenergien blir tilført i form av oppvarmet luft og vann. Særlig det siste er viktig, fordi vann er en god energibærer. Intet annet stoff kan inneholde så mye varme per volumenhet som vann. For Norge er vannets evne til å transportere varme livsviktig. Våre levevilkår er helt avhengig av Golfstrømmen (Den Nordatlantiske kyststrømmen). Vi kan populært si at Norges hjerte ligger i Mexicogulfen, og den som tviler, kan se på Grønland, som ligger på nøyaktig samme breddegrader som Norge!

Det er Golfstrømmen som styrer livet i Norge. Store mengder energi tilføres landet, særlig Vestlandet og videre nordover, og skaper et mildt vinterklima, isfrie havner og åpent hav helt opp til Barentshavet. Som et typisk eksempel kan nevnes at Røst i Lofoten, som ligger nord for polarsirkelen, og som ikke har sol i over en måned om vinteren, er landets varmeste sted i januar. Jo lengre inn vi kommer fra kysten, jo mindre blir effekten av Golfstrømmen, særlig om vinteren.



Golfstrømmen. Havstrømmene runder den skandinaviske halvøy. De røde pilene viser varmt Golfstrømvann, de blå pilene er kaldt vann fra Østersjøen og som danner kyststrømmen med stadig tilførsel av elvevann.

Det er særlig plantene som reagerer tydeligst på temperaturfaktorene, noe som er naturlig, ettersom de står stille og ikke kan forflytte seg slik som mange dyr og insekter kan. Skal en art overleve over lengre tid, må den reproduksjonen innenfor leveområdet. For plantenes vedkommende betyr det først og fremst at de må være i stand til å produsere levedyktige frø som kan spire i miljøet. Dydrene må først og fremst skaffe næring til seg og sitt avkom, skal de overleve.

Vekstsesongens lengde

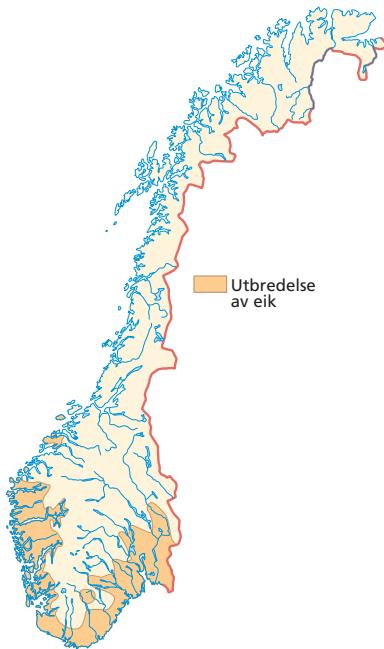
Vekstsesongen er avhengig av temperaturen og regnet som den tiden av året hvor normal døgn temperatur ligger over 5 °C, ettersom det er lite eller ingen fotosyntese ved lavere temperaturer. I Norge er vekstsesongen lengst på ytre Vestlandet med omkring 225 døgn, for så å synke med høyden og nordligere breddegrader til omkring 110 døgn i høyfjellet og på Finnmarksvidda. Det er vegetasjonssesongens lengde som setter grenser for hvilke planter som kan dyrkes i Norge. De fleste av våre viktigste nyttevekster krever en viss varmesum for å produsere modent frø. Dette gjelder særlig våre kornarter, hvor havre og bygg er de som kan dyrkes lengst nord.

På neste side er det vist utbredelseskart for 4 arter i Norge.

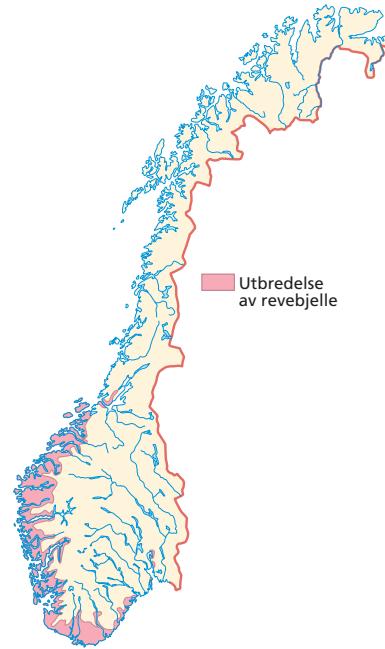
Tilsvarende utbredelsesmønstre finner vi også blant mange dyr og insekter hvor utbredelsen styres av de samme klimafaktorer som for plantenes vedkommende.

POTET ER VÅR VIKTIGSTE SELVDYRKETE KARBOHYDRATKILDE. DEN KLARER SEG MED EN VEKSTSESONG PÅ OMKRING 130–140 DØGN, MEN ER UTSATT FOR FROST, SOM ØDELEgger BLADENE.

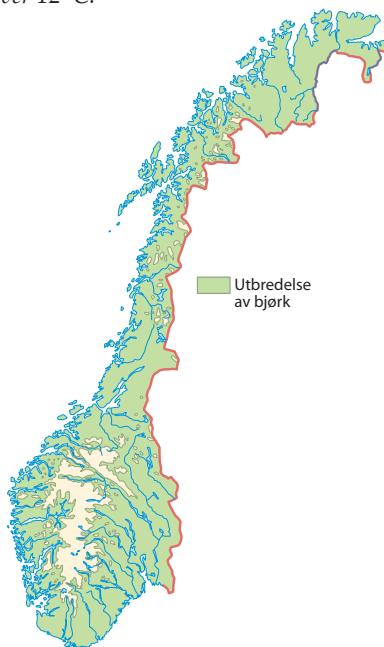




Utbredelsen av eik i Norge. Vi ser at eika vokser i et bredt belte langs kysten fra Oslofjord-området til More. Årsaken er at her er det tilstrekkelig varme til at det blir produsert modne eikenøtter. For eika betyr dette at gjennomsnittstemperaturen i årets 4 varmeste måneder må være over 12 °C.



Utbredelsen av revebjelle i Norge. Figuren viser at revebjelle, en stor 2-årig urt, bare forekommer i områder hvor vinteren er rimelig mild. Det er rota fra første års vekst som ikke tåler langvarig frost.



Utbredelsen av bjørk i Norge. Figuren viser at bjørk finnes over hele landet, bare begrenset oppad mot snøfjellet hvor sommertemperaturen blir for lav til at frøene kan spire.



Utbredelsen av musøre i Norge. Figuren viser at musøre, vår minste busk, ikke klarer å leve i lavlandet, hvor den ville tørke ut eller bli utkonkurrert av andre høyere og mer hurtigvoksende arter.

Nedbør

Hos oss kommer nedbøren både i fast og flytende form, noe som gir seg forskjellig utslag på planters og dyrs utbredelse. Norge ligger i det såkalte vestavindsbeltet, det vil si at den dominerende vindretningen er fra vest og sørvest. Det betyr at lufta som kommer fra Atlanterhavet, ofte er mettet med fuktighet når den møter landet. Når den så møter fjellene i vest, presses den opp, blir avkjølt og avgir nedbør.

Bergen har for eksempel 2800 mm nedbør, mens Oslo, som ligger litt i le av Langfjellene har omkring 750 mm. Skjåk og Lom derimot, som ligger bak Jotunheimen, har noe under 300 mm. Det er innlysende at dette skaper store variasjoner i livsvilkårene. Både floraen og faunaen er da også svært ulik i de to landsdelene, særlig gjelder dette planter, sopp, mindre dyr og insekter.



BERGEN HAR OMKRING 200 DAGER MED NEDBØR I ÅRET, MENS LOM PÅ INdre ØSTLANDET BARE HAR 45 DAGER.



I Nord-Norge og på fjellet er ikke nedbøren så avgjørende, fordi den generelt er nokså høy ettersom den fuktige lufta avkjøles sterkere i høyden og nordover og derfor avgir mer nedbør.

Nedbør i form av vann er selvsagt viktigst, ettersom den kommer i den tiden da veksten er sterkest. Imidlertid spiller snøen og dens fordeling også en rolle, særlig i høyfjellet hvor vinden skaper ujevne snølag. Det skapes derfor snøfonner som dels luner, dels stenger lyset ute. Foran snøfonnaene blir det derfor varierende livsmiljøer når snøen smelter om sommeren. I høyfjellet finner vi således en serie såkalte snøleieplanter, som i varierende grad er tilpasset dette spesielle livsmiljøet. Snø består av 90 % luft og 10 % iskristaller og isolerer godt. Under snøen kan derfor en rekke planter, dyr og insekter overleve uten særlig kulde. Andre bruker snøen som skjul, så som alle våre smågnagere og spissmusene.

ALGER ER AVHENGIGE AV FUKTIGHET, MEN NOEN KLARER SEG MED FROSSENT VANN.
I ANTARKTIS ER DET OBSERVERT 20 ALGEARTER SOM LEVER PÅ, ELLER I, IS OG SNØ.



Vi ser at på grunn av nedbørens skjeve fordeling, både geografisk og tilstandsmessig, skapes det en serie med forskjellige livsmiljøer. Dette gjør at landet vårt har høy *biodiversitet*, sin nordlige beliggenhet til tross.

Vind

Norge ligger som nevnt i det såkalte vestavindsbeltet, hvor lavtrykkene oppstår på rekke og rad mellom varm luft fra sør og polarluften fra nord, det vil si langs den såkalte polarfronten. Det er polarfrontens beliggenhet som bestemmer om vi skal få solrikt, varmt vær i sør og regnfullt og kjølig i nord eller omvendt. Vindens viktigste klimatiske bidrag ligger i at den fører fuktighet med seg, og dermed nedbør.

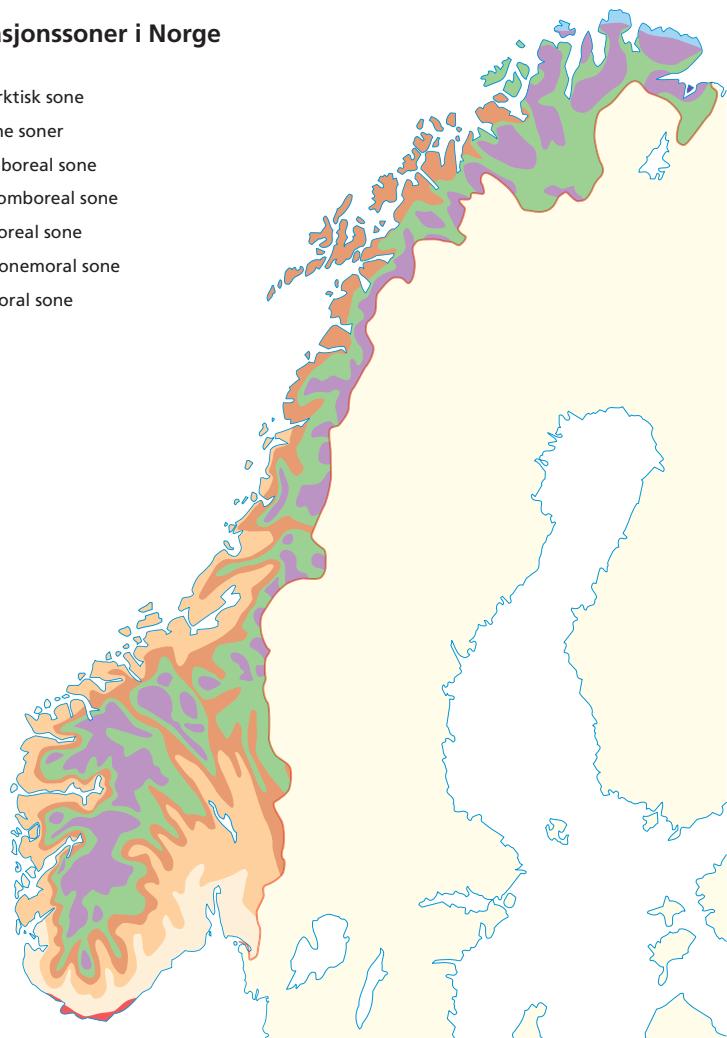
I lavlandet har ellers vinden lokalt liten innflytelse på økosystemene. I høyfjellet derimot påvirker den vegetasjonsfordelingen, som nevnt ovenfor, ved at den gir en høyst ujevn fordeling av vinternedbøren i form av snaublåste rabber og store snøfonner.

Sollys

På grunn av vår nordlige beliggenhet varierer *døgnlengden* mye fra sør til nord. Ettersom lyset er fotosyntesens energikilde, gir dette seg store utslag på plantenes produksjonsevne og følgelig levevilkårene for organismene høyere opp i næringskjeden. Under skoggrensen er det konkurransen mellom plantene som bestemmer lysfordelingen og følgelig produksjonen i økosystemet. På høyfjellet er det derimot

Vegetasjonssoner i Norge

- Sørarktisk sone
- Alpine soner
- Nordboreal sone
- Mellomboreal sone
- Sørboreal sone
- Boreonemoral sone
- Nemoral sone



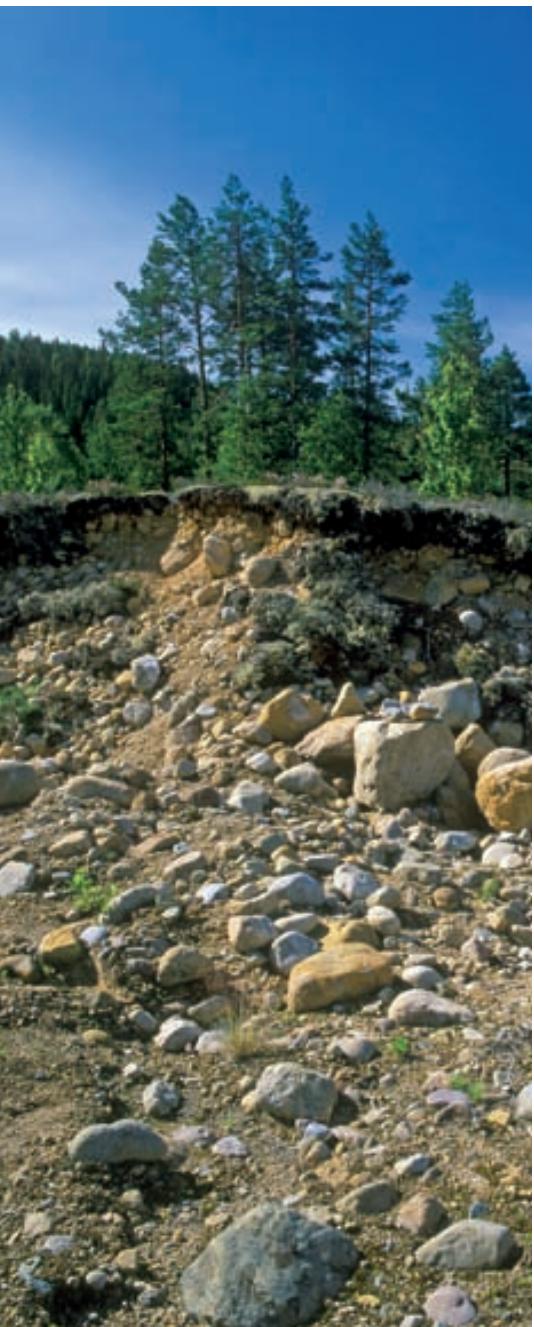
nok lys til alle fordi plantene er lave, og skyggeeffekten er så å si borte. Om sommeren øker lysintensiteten med minst 2–3 % for hver 100 meters vertikale stigning eller per 100 kilometers avstand fra sør til nord. Årsaken er at atmosfæren blir tynnere med høyden og klarere nordover på grunn av mindre fordamping. Dette gir noe av forklaringen på den ofte forbausende frodige vegetasjonen vi finner både på høyfjellet og nordpå, hvor også midnattssolen bidrar sterkt til en døgnkontinuerlig fotosyntese.

I havet avtar produksjonsevnen raskt med dypet, fordi vannet absorberer lyset. Det skyldes stor tetthet av mikroskopiske planktonorganismer foruten oppløste stoffer. Allerede på omkring 30 meter er nesten alt lys borte. Det er årsaken til at det nesten ikke gror alger dypere ned. Hos oss veksler også produksjonsmengden med årstiden på grunn av den varierende lysmengden. I hele polhavet og langt nedover norskekysten er det så å si ingen fotosyntetisk produksjon om vinteren på grunn av mørketiden. Til gjengjeld skjer det en voldsom oppblomstring om sommeren når det er lyst hele døgnet.

Topografi

Norge har varierende *topografi* eller *terrengforhold*, og lokalt spiller terrenget en stor rolle for hvilke økosystemer som skal utvikles. En av de viktigste faktorene er eksponeringen som skaper store økologiske forskjeller over korte avstander. Sørsiden av en bratt ås vil ha en helt annen solinnstråling enn nordsiden, som vil ligge i skygge store deler av dagen, foruten at snøen her vil smelte ut senere. Det samme forholdet får vi i liten skala på en stor stein hvor den ene siden blir liggende i skyggen hele året.

På sørsvendte ås- eller fjellsider vil det gjerne bli tørt om sommeren, men også mer næringsrikt, ettersom forvitringen i *berggrunnen* går fortare når det er varmt enn når det er kaldt. På Østlandet under skoggrensen finner vi ofte løvskog med ask, lind, eik, alm og hassel på den varmere sørskråningen, blant annet fordi disse trærne krever mer varme for å sette modne og spiredyktige frø. På toppen av skogsåsene vil leveforholdene være vanskeligere med tynt



Bunnmorene. Snitt gjennom en typisk bunnmorene med totalt utsortert materiale. Steinene avrundet form forteller oss at materiale har vært transport langt over muligens flere istider.

jordsmonn, og her vil furu og einer dominere. Begge tåler tørke og har store rotssystemer som kan utgjøre opp til halvparten av individenes biomasse. På nordsiden vil det være dominans av gran, som må ha mer vann ettersom den har omkring 3 ganger mer masse av barnåler enn furu.

Berggrunn

Foruten lys og vann, trenger alle planter mineraler for å virke optimalt, og det må de få fra jorda der de gror. Jordsmonnet og berggrunnens sammensetning vil derfor få avgjørende betydning for hvilke arter som kan leve i de forskjellige miljøene. Mineralene tilføres i alt vesentlig i form av ioner oppløst i vann, som suges opp i rota.

Forvitringsevnen er svært forskjellig hos de bergartene som finnes i landet vårt. Kvartsitt, gneis, granitt og syenitt er gjennomgående sure bergarter som gir dårlig og mineralfattig jordsmonn. Glimmer, skifer, dolomitt og kalkstein på sin side er basiske og gir et nøytralt og langt mer mineralrikt jordsmonn på grunn av rask forvitring.

I områder med sure bergarter som har vid utbredelse i landet vårt, vil vi finne arter som er lite kravstore med hensyn til mineralnæring og surhet. De fleste av dem finnes derfor over hele landet, og typiske arter er blåklokke, skogstjerne, røsslyng, gullris, krekling, blåbær og flere andre lyngarter.

Når *næringsstilgangen* øker og surheten avtar, som for eksempel i kalkområder, kommer det inn arter som krever bedre næringsforhold. I tillegg vil også de mindre kravfulle artene finne seg til rette. Det er jo ikke slik at de må ha vanskelige og fattige leveforhold for å overleve, men de bare tolererer dem. Dette gjør at biodiversiteten øker når næringstilgangen øker og surheten synker, under forutsetning av at vanntilførselen er tilstrekkelig. De fleste botanikere liker seg derfor best på kalk og skifer, der finner de flere og sjeldnere arter enn for eksempel i en sur granskog.

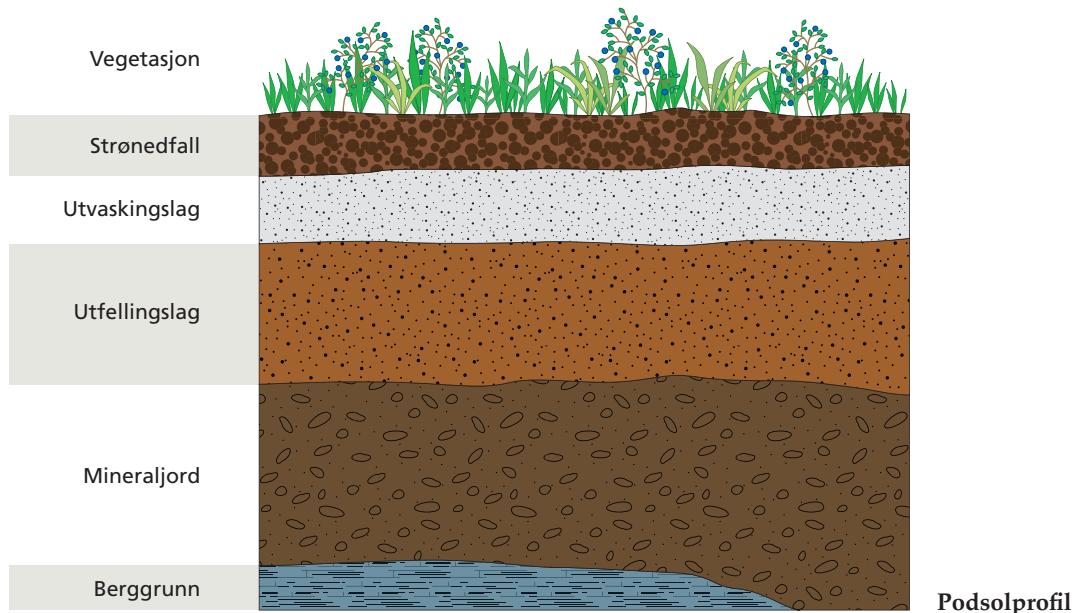
Jordsmønns

Over tid vil forskjellige prosesser påvirke løsmaterialet og langsomt omdanne dette til forskjellige typer *jordsmønns*. Vi skal derfor kort beskrive våre fire vanligste jordtyper.

Podsoljord

Podsolbetegnelsen viser til jordlagets bleke farge. Denne jordtypen utgjør omkring 80 % av all skogs- og heijsjord i landet. Tar vi et snitt, finner vi øverst et *strønedfall* fra plantene i form av barnåler, kvister og blader. Slikt strø er surt på grunn av syrer og sure forbindelser i barnåler og bjørkeblader. Det har derfor liten biologisk aktivitet, og regnvannet vil ta med seg oppløste syrer nedover til den underliggende mineraljorda. Her vil syren vaske ut lettoppløselige mineraler, og etter noen tusen år blir det dannet et 2–5 cm tykt, nesten helt hvitt, lag av lys kvarts. Det er dette laget som kalles *podsoljord*. Lenger ned i bakken blir syrene nøytralisiert, og da felles blant annet jern ut og farger jorda rustbrun. Under dette kommer vi så ned til den opprinnelige *mineraljorda*.

pod (rus.) → under
sola (rus.) → aske



Brunjord

Brunjord finner vi i varmere strøk hvor nedbrytningen går fortare, særlig hvis det er mineralrik berggrunn. Slike steder er det stor biologisk aktivitet. Meitemarken spiller en viktig rolle som lokal transportør av mineraler og organisk materiale opp og ned i jorda. Jorda blir derfor nokså homogen og lett. Den er et ypperlig vekstgrunnlag for planter, og artsrikdommen blir stor. Det er særlig i våre varmekjære løvskoger vi finner denne jordtypen. Mange av våre største gårdsbruk ligger i opprinnelige brunjordsområder.

Torv

Torv dannes når akkumuleringen av organisk materiale overstiger nedbrytningen. Det er tilfellet i våre myrer hvor det høye vannnivået hindrer oksygen i å komme til, slik at det ikke blir noen celleånding og nedbrytning av de døde plantene. Ved tilførsel av oksygen vil sopp, bakterier og mange smådyr utføre en langsom forbrenning av torven til karbondioksid og vann. Det sier seg selv at særlig på Vestlandet og i Trøndelag med sitt fuktige klima, finner vi store myrområder med torv, selv på hellende mark. I tidligere tider ble torven skåret og tørket og deretter brukt som brennstoff. I dag er denne aktiviteten nesten helt borte.

Frostjord

Frostjord finner vi stedvis i høyfjellet, hvor de øvre vannfylte jordlagene fryser og løfter seg, for så ved tiningen langsomt å sige nedover bakken. Dette kalles solifluksjon eller sigejord, og er meget vanlig i våre fjellstrøk, og setter særlige krav til plantene som lever på slike steder.

Biotiske faktorer

I ethvert økosystem foregår det en konkurranse mellom de levende organismene for å skaffe seg energi til vekst og reproduksjon. De påvirker derfor hverandre og skaper hva vi kaller et biotisk miljø i økosystemet.



Havørn. Havørnen er vår største rovfugl, og tar både fisk og fugl, men jakter sjeldent langt fra land.

Jakt og rov

I ethvert økosystem er det rovorganismer som lever av andre organismer og holder antallet av disse nede. Eksempler på slike organismer er dyreplankton, fisk, krabber, sjøstjerner, maneter, små dyr og insekter, amfibier og rovdyr og rovfugler. Som vi skal se i avsnittet om næringskjeden, er det alltid færre rovdyr enn byttedyr.

Konkurranse

I ethvert økosystem er det konkurransen. Konkurransen foregår både mellom individer av samme art, *intraspesifikk konkurranse*, og mellom individer av ulike arter, *interspesifikk konkurranse*. For plantene kan det være konkurransen om lys, som for eksempel i fjæresonen eller i en skog, eller det kan være om mineraler, hvor røttene hele tiden står i et konkurranseforhold nede i bakken. For planteetere kan det være konkurransen om beiteplanter, mens det blant rovdyr og rovfugler er konkurransen om byttedyrene. Det er også mange andre former for konkurransen, så som om territorier blant fugler. Hos mange arter er det også konkurransen om maker. Tiur- og orrhaneleik er nettopp utslag av denne type konkurransen. I ethvert samfunn vil det være slik at de individene som sikrer seg det beste utgangspunktet og mest av ressursene, vil ha størst mulighet til å frambringe levedyktige avkom.

intra (lat.) → innenfor
 inter (lat.) → mellom

Parasittisme

Mange arter er utsatt for *parasitter* som lever i eller på dem, det være seg sopp, insekter eller andre organismer. Dette nedsetter vertenes vitalitet ved at parasitten tar ressurser fra dem som ellers skulle vært anvendt til reproduksjon, vekst, immunforsvar, omsorg for avkom eller migrasjon til bedre leveområder. Parasittisme er nærmere omtalt under livsstrategier.

Symbiose

Symbiose eller *mutualisme* er samarbeid mellom to organismer som bedrer partenes livssjanser og reproduksjon. Særlig viktige symbioser finner vi hos lav (alge og sopp), mykorrhiza (sopp og høyere planter), tarmbakterier hos alle våre drøvtyggere, tarm- og munnbakterier og insekter og blomster for å nevne noen. Noen vil bli mer detaljert beskrevet i kapitlet om livsstrategier.

SJEKKPUNKTER

- Hva skiller en art og et individ?
- Hva definerer en populasjon?
- Hva er forskjellen på en abiotisk og en biotisk faktor i økologien?
- Hvorfor er det mer nedbør på Vestlandet enn på Østlandet?
- Hvorfor er Golfstrømmen så viktig for Norge?
- Hva er forskjellen på podsoljord og brunjord?
- Hvorfor betyr eksponeringen så mye for vegetasjonen?

2.3 Næringskjeder

En *næringskjede* er en liste over hvem som blir spist av hvem. Ett eksempel er: Gras blir spist av sau, og sauen blir spist av mennesket. I ethvert økosystem er det én eller flere næringskjeder med en energistrøm fra bunnen mot toppen, og som danner det vi kaller en *næringspyramide*. Et *næringsnett* er sammensatt av mange næringskjeder og prøver å beskrive forholdet mellom alle organismene i et økologisk samfunn. Dette er mer komplisert enn i en næringskjede, fordi det i et næringsnett i tillegg til den vertikale transporten også skjer en energi- og næringstransport horisontalt og

nedover i samfunnet. Et komplett næringsnett skal fortrinnsvis vise transport mellom alle populasjonene i samfunnet.

De organismene som inngår i næringskjedene, kan klassifiseres i tre grupper:

- 1 Produsenter
- 2 Konsumenter
- 3 Nedbrytere

Produsenter

De fotosyntetiserende organismene, fra encellete alger til enorme trær, danner basis for alt liv på jorda og er derfor alltid i bunnen av enhver næringspyramide. I havet og i ferskvann er det planteplankton og alger som danner basisen i næringspyramidene. Ved fotosyntesen omsettes solenergi, vann og karbondioksid til karbohydrater (se kapittel 5). Dette er en effektiv prosess, men produsentene bruker allikevel bare 2–5 % av den solenergien de mottar i fotosyntesen. Resten går til fordamping av vann, til oppvarming eller blir reflektert til andre planter eller til luften og så tilbake til atmosfæren. Som alt annet levende har produsentene *celleånding* (kalles også *respirasjon*, se kapittel 6), og den tar 60–70 % av produksjonen, slik at bare 40–30 % er overskudd (nettoproduksjon). Det brukes til videre vekst og utvikling av blant annet frø og frukt. Det er dette overskuddet alt annet levende (konsumentene) lever av, enten direkte eller indirekte.

Konsumenter

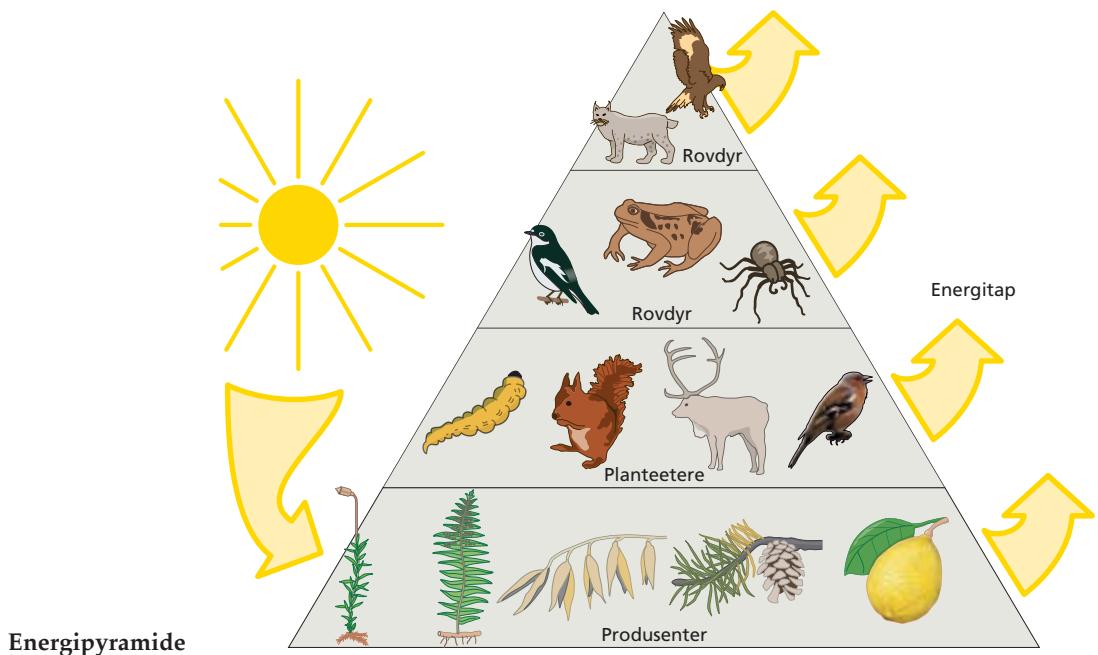
Konsumentene er, som ordet antyder, forbrukere av produsentenes nettoproduksjon. Dette foregår på flere *trofiske nivåer* ved at mange konsumenter spiser produsenter eller andre konsumenter på lavere nivåer i næringskjeden.

De som lever direkte av planter, og som kan kalles vegetarianere, er *primærkonsumenter*. Noen er rene plantespisere slik som insektene teger, bladlus og biller. Blant større dyr finner vi her lemen, storfe, elg, rein og hjort. Andre arter skifter meny gjennom året. Rype og tiur spiser mye insekter når de er kyllinger, men blir vegetarianere senere. Flere av våre gnagere og mange fugler spiser insekter om sommeren og blir frø- eller knoppspisere om vinteren. I sjøen er dyreplankton et viktig bindeledd mellom produsentene (planteplankton) og fiskeproduksjonen.



I en næringskjede er det flere nivåer eller ledd fra produsentene og oppover til de forskjellige konsumentene, og de betegnes ofte som trofiske nivåer. I næringskjeden grantre–barkebille–trost–ugle vil det for eksempel være fire trofiske nivåer.

Når vi går fra ett trofisk nivå til et annet, går i gjennomsnitt omkring 90 % av energien tapt og bare 10 % (varierer fra 5 til 20 %) går videre til neste ledd. Denne regelen kalles gjerne *10 %-regelen*. Det store tapet skyldes først og fremst celleåndingen, og energien som framstilles, brukes til å holde riktig kroppstemperatur, til bevegelse, til livsviktige indre prosesser og næringsopptak foruten at noe av næringen blir til avfall/ekskrementer. Denne 10 %-regelen forklarer hvorfor det blir mindre og mindre *biomasse*, og ofte også færre og færre individer, på hvert nivå etter hvert som vi beveger oss oppover i næringskjeden. Biomassen på ett nivå vil kort og godt være omkring 10 ganger så stor som neste nivå i næringskjeden. Dette betyr at individene på det lave nivået har omkring 10 ganger så mye energi å rutte med. Resultatet er derfor ofte, men ikke alltid, at individantallet synker etter hvert som vi beveger oss oppover i nivåene.



Primærkonsumentene blir vanligvis spist av andre konsumenter, som derfor kalles *sekundærkonsumenter*, og de igjen av andre, som da blir det vi kaller *tertiærkonsumenter*.

Et eksempel er en bladtege som suger plantesaft, men blir selv spist av en kjøttmeis (sekundærkonsument), som så igjen blir tatt av en spurvehauk (tertiærkonsument). Vi mennesker beveger oss på alle disse nivåene, alt etter våre spisevaner. Det er sjeldent at en næringskjede har mer enn fire eller fem ledd, fordi det rett og slett er for lite biomasse og følgelig energi tilgjengelig på slike høye nivåer.

Nedbrytere

På alle ledd i næringskjedene dør organismer, og det dannes avfallsstoffer og ekskrementer. Alt blir angrepet og omsatt av nedbrytere (kalles ofte saprotrofer), av forskjellige slag. De viktigste er bakterier og sopp, som er rene nedbrytere. Andre kan opptrer som nedbrytere når anledningen byr seg, og vi kaller dem *åtseletere*. Gode eksempler er krabber og sjøstjerner og fugler som skjære, kråke og ravn. Forskjellen på en nedbryter og en primærkonsument er altså at nedbryteren lever av dødt materiale, enten dette kommer fra en produsent eller en konsument, mens primærkonsumenten spiser levende plantemateriale.

Nedbryterne inngår ikke direkte i næringskjeden, bortsett fra når de blir spist, men opptrer som tilretteleggere for produsentene ved at de resirkulerer viktige næringsstoffer. De spiller derfor en meget viktig rolle i elementenes kretsløp, som vil bli omtalt i senere avsnitt.



Sopp er nedbrytere. Sopp forårsaker hvert år skade for 100 millioner kroner eller mer, og det er lett å se at denne tommerstokken er lite verdt, verken til cellulosefremstilling eller som ved.

SJEKKPUNKTER

- Hva er forskjellen på en primær- og en sekundærkonsument?
- Hvorfor er det færre ørner enn kjøttmeiser?
- Hva er forskjellen på en næringskjede og et næringsnett?
- Hva er forskjellen på en symbiont og en parasitt?
- Hva menes med et trofisk nivå?

2.4 Livsstrategier

Innen alle organismegrupper har det utviklet seg en differensiering i levemåte eller livsstrategi. Det er først og fremst et spørsmål om på hvilket trofisk nivå organismene opptrer i næringskjeden, og hvordan de skaffer seg ressurser til sin eksistens og reproduksjon.

Før vi går inn på de mer spesifikke strategiene, kan det være nyttig å se på de to hele generelle typene, K- og r- seleksjon.

K- og r-seleksjon

Noen organismer får mange avkom, dette gjelder for eksempel sild og mygg. Her investerer foreldrene ingenting i omsorg for avkommet, og det er mer eller mindre tilfeldig hvor mange som overlever. Vi kaller dette for *r-strateger*, og de har kort generasjonstid, små og mange avkom og ingen omsorg for avkommet. Mange av dem har også bare én reproduksjonsperiode i livet.

I den andre enden av skalaen finner vi arter som investerer mye i omsorg for avkommet. De fleste fugler og pattedyr befinner seg i denne gruppen. De beskyttes og mates avkommet inntil det klarer seg selv. Her er overlevelsen i stor grad avhengig av hvor stor innsats foreldrene legger i avkommet. Vi kaller slike organismer for *K-strateger*, og de har få avkom, mye omsorg, og de reproduuserer mange ganger i et livsløp.

Det er viktig å understreke at nesten ingen organismer er rene K- eller r-strateger, men befinner seg et sted mellom ytterpunktene.

Vi har følgende fem spesifikke livsstrategier:

- 1 Produsenter
- 2 Rov eller konsum
- 3 Nedbrytning
- 4 Parasittisme
- 5 Symbiose

Produsentene

I denne gruppen finner vi først og fremst plantene som ved hjelp av fotosyntesen skaffer seg karbohydrater (se kapittel 4). Dette er livets grunnleggende prosess som alt annet levende, enten direkte eller indirekte, er avhengig av. De viktigste faktorene i fotosyntesen er lys, temperatur og vann ettersom konsentrasjonen av karbondioksid er mer eller mindre konstant over hele jordkloden. Alt etter hva som er minimumsfaktoren i miljøet, vil evolusjonen belønne dem som er best tilpasset og får optimal reproduksjon. I en ørken blir derfor plantene *sukkulente* for å kunne lagre vann i tørre perioder, og mange av dem er også beskyttet mot beiting med pigger og giftig melkesaft. Kaktusen er et typisk eksempel på en godt tilpasset ørkenplante.

I et åpent beite landskap med sesongmessig tørke og nedbørrike perioder vil løkplanter være en optimal tilpasning. Middelhavslandene og Midtøsten har derfor en ytterst rik flora av nettopp slike planter. I tillegg er svært mange av dem giftige for å beskytte seg mot beiting.

I en løvskog vil lys være minimumsfaktoren, og typisk vil vi der finne mange vårplanter som benytter lyset i den korte perioden før bladene på trærne folder seg ut. Et godt eksempel fra vår egen flora er hvitveis. I fjellet vil flerårige arter med evnen til oppsamling av næring i rota være dem som overlever i det lange løp. Bortsett fra dvergsyre finner vi derfor ingen ettårige planter i fjellet hos oss.

På lignende måte vil det i alle typer økosystemer være én eller flere faktorer som vil avgjøre hvilke tilpasninger og arter som blir etablert og gir optimal produksjon for de andre organismene høyere opp i næringskjeden.

Rov – spise eller bli spist

Alle rov- eller konsumentorganismer lever av andre organismer. Disse er vanligvis lite begeistret for å bli spist og prøver å unngå dette på mange forskjellige vis. På sett og vis blir det et våpenkappløp mellom angriper og bytte, hvor det er en utvikling i form av livsstrategier eller andre egenskaper som gir bedre overlevelsesevne. Det er innlysende at det på dette feltet er en sterk seleksjon. Bare den best tilpassede vil overleve.

Mår



Rovdyrene og byttedyrene står i et livslangt konkurranseforhold, hvor evner som god hørsel, godt syn, god kamuflasje og utholdenhet er verdifulle egenskaper for begge parter. Rov kan skje ved vanlig jakt hvor byttedyret enten blir overrasket eller innhentet av den mer utholdende jegeren. Eksempler er sei som jager sild, en mår som tar et ekorn, eller en fjellvåk som tar en fjellrotte. Andre jegere ligger på lur og håper at et bytte kommer, slik som gjedda i ferskvann, edderkoppen i nettet og breiflabben på bunnen av havet.

Ravn er åtseletere.
Her konsumerer de et rådyr.



Nedbrytning

– den enes død, den andres brød

På alle ledd i næringskjeden blir det dødt materiale til overs, mest selvsagt blant produsentene, og her er det en rekke organismer som har funnet et sted å leve. De viktigste er sopp og bakterier, men det er også mange insekter som lever i dødt tremateriale eller av døde planter. Blant dyr er det først og fremst forskjellige insekter som opptrer som åtseletere, men også større dyr kan være åtseletere. Krabbe, sjøstjerner, rev, jerv, ravn, ørn og bjørn er typiske arter som veksler mellom vanlig jakt og leting etter åtsler. Årsaken er klar – jakt er energikrevende, mens et dødt dyr ligger klart til å bli spist.

Denne vekslingen i livsstrategi blir gjerne forklart med begrepet «trade off». Det betyr at en organisme investerer energi eller ressurser på den måten som gir makismalt utbytte med minimalt forbruk. Dette er svært vanlig i naturen og kan gjerne kalles «kompromissets kunst». Sagt med andre ord – ethvert livsmiljø vil ha fordeler og ulemper, og organismene innretter seg etter sin genetiske utrustning for å finne den optimale balansen.

MANGE AV DE SAUENE SOM DØR EN NATURLIG DØD PÅ UTMARKSBEITE OM SOMMEREN, ENDER OPP SOM ÅTSLER, OG OFTE FÅR ROVDYRENE SKYLDEN FOR DØDSFALLET.



Over 90 % av all solenergien som til enhver tid er absorbert på landjorda, befinner seg i trærne. Vi ser her bort fra fossilt brensel som representerer tidligere tiders absorberte solenergi. Det er klart at dette enorme energilageret i trærne er sterkt etterstrebet, særlig av sopp og insekter. Trærne har da også i tidens løp utviklet sterke forsvarsverker, først og fremst mekanisk ved at alle trær har en sterk bark. Andre har et kjemisk forsvar ved at de inneholder insekt- og soppdrepende midler som kvae, melkesaft og en serie andre kjemiske forbindelser. Endelig opprettholder nesten alle trær et meget høyt vanntrykk i stamme og greiner, slik at det så å si ikke er oksygen til stede, noe som gjør det vanskelig for inntrengende organismer å leve der.

Når så treet eller planten dør, begynner nedbrytningen raskt. Dette skjer dels ved at de organismene som bare så vidt har overlevd på eller i planten, nå får sjansen ved at forsvarer gradvis forsvinner.



Furubukk på tømmerstokk.
Furubukken angriper brannskadd
eller vindfelt skog.

Andre ankommer senere, dels som sporer og dels på vinger eller til bens. Soppsporer er alltid til stede i luften, for soppene har en helt enorm sporeproduksjon. Noen millioner sporer fra en enkel sopp i døgnet er ikke uvanlig. Insekter har en fantastisk luktesans og gjenkjenner lukten av sopp og andre nedbrytere som forteller dem at her er det egnede forhold for egglegging.

Ved nedbrytningen av et tre skjer det en *suksjon* ved at sopp- og insektarter byttes ut etter hvert som veden eller substratet blir forbrukt. Den første bølgen kalles *pioneerarter*, og de tar seg gjerne av de ytre, ferskeste delene av treet. De er høyt spesialiserte ved at de greier å bryte gjennom treets kjemiske forsvar. Det kjemiske forsvaret forsvinner bare langsomt og danner lenge en barriere for de fleste andre angriperne. Neste fase er en *midtfase*, hvor artsantallet stiger, mens pioneerartene blir utkonkurrert. I denne fasen vil mesteparten av cellulosen bli omsatt. Denne avløses av en *sluttfase* hvor nye arter overtar og omsetter siste rest av treet, som da i alt vesentlig består av *lignin*. Av sopp er det særlig pore- og barksopper som inngår med sin evne til å bryte ned ved, mens det er alle typer biller som er de viktigste insektene. Dels lever de av ved, men også av den soppen de måtte komme over på sin vei i veden. Denne suksjonen i døde trær er en langsom prosess i vårt klima, og det kan ta over 200 år før et rimelig stort grantre er helt resirkulert på denne måten. Dette står i motsetning til et dødt dyr, som vanligvis forsvinner i løpet av dager eller sjeldnere, flere uker.

Alle plantedeler, ikke bare ved, blir angrepet av sopp, insekter og beitedyr. Blader, frø og frukt blir alle angrepet, og de blir ofte omsatt svært raskt på grunn av sitt høye innhold av vann og sukker, noe alle hageeiere og fruktdyrkere vet altfor godt. Ute i skogen er det fascinerende å se hvor fort for eksempel blad av hvitveis forsvinner. Bare en måned etter at arten dekket bakken med sitt hvite blomsterflor, er bladene spist opp av sopp, bakterier og insekter, og næringstoffene er frigjort for andre organismer.

Det ligger i sakens natur at nedbrytere også volder oss mennesker store problemer. Ved i form av bygningsmaterialer av ymse slag, eller som gjerde eller telefonstolper er under konstant angrep av nedbrytende organismer. Bare i Norge bruker vi 100-talls millioner i form av maling, impregnering og beis for å holde slike organismer borte. Mange opplever også problematiske og kostbare soppangrep inne i husene sine i forbindelse med fukt- og vannskader. Det samme

gjelder lagrede matvarer, og selv i kjøleskap svever det soppsporer omkring, klare til å starte sitt nedbrytende arbeid.

Det sier seg selv at ved industriell matproduksjon vil sopp- eller bakterieinfeksjoner føre til store økonomiske tap. Det føres derfor en utrettelig kamp for å holde råvarer og produksjonsutstyr rene. I Norge er det Mattilsynet som kontinuerlig foretar kontroller av alle matvarer som selges eller brukes til matproduksjon.

HUNDER HAR SOM KJENT EN FANTASTISK LUKTESANS. HUNDENE BRUKES DERFOR BLANT ANNEN TIL Å PÅVISE TELEFONSTOLPER SOM ER ANGREPET AV SOPP, OG SOM MÅ SKIFTES UT FØR DE BREKKER. NOEN HUNDER BLIR OGSÅ TRENT TIL Å FINNE KANTARELLER I SKOGEN.



Mugg på brød. Det grønne er soppsporene og det hvite er sopphyfene.

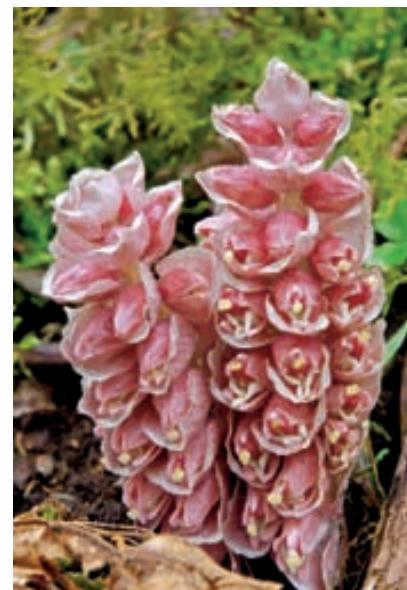


Parasittisme – økologisk risikosport

Parasittisme er en livsform hvor en organisme utnytter en annen levende organisme uten å yte noe igjen. Nå skulle en tro at i det lange løp vil evolusjonen eliminere slike forhold, men problemet er at både parasitten og verten står under et seleksjonspress. Også her blir det som i forholdet mellom rovorganismene og deres bytter, et slags «våpenkappløp» hvor parasitten hele tiden må holde tritt med verten etter hvert som dens forsvar blir bedre. Ofte blir det slik at parasitten utøver en nokså liten negativ innflytelse på verten, slik at seleksjonspresset for å kvitte seg med parasitten blir svakt eller nesten ikke til stede. Det blir altså en slags våpenhvile, og dette er tilfellet med svært mange av de parasittforhold vi ser rundt oss. Av og til kan det være vanskelig å skille mellom en parasitt og symbiont. I munnhulen vår har vi tallrike sopp og bakterier, og mange av dem er viktige for å holde fremmede organismer borte, men noen opptrer utvilsomt som svake parasitter.

Noen arter er heltidsparasitter, mens andre er det bare i en viss periode av sin livssyklus. Hos mange arter er det slik at avkommet er parasitt under oppveksten, mens de voksne individene ikke er det. Livsformen er etablert i alle økosystemer, men utøves generelt mindre av organismer som bakterier, sopp, dyr og insekter.

Leverege nr. 1 for en parasitt er å sørge for at verten får et passe langt og lykkelig liv. Det kritiske punktet i enhver parasitts liv



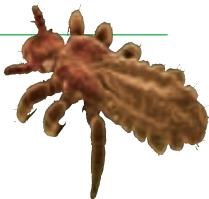
Skjellrot. Skjellrot er en av våre få blomsterplanter (den tilhører maskeblomstfamilien) som er helparasitt. Det lever på røttene av forskjellige løvtrær, særlig or og hassel.

oppstår nemlig når verten dør. Den må da sørge for, enten selv, eller via sitt avkom, å bli overført til en egnet ny vert. Avkommet i denne sammenheng kan være alt fra sporer til egg eller unger. I mange tilfeller benytter parasitten en *mellomvert* som transportmiddel til å finne et egnet eksemplar av hovedverten hvor formeringen skjer. Det er i denne sammenhengen utviklet de mest fascinerende tilpasninger, hvorav noen få er beskrevet i det etterfølgende.

Ytre parasitter

Å være en ytre parasitt er en vanskelig livsform. Det krever skikkelig festeapparat og god oppsugningsevne når vertens ytre forsvar skal gjennomtrenget. For en dyreparasitt er det dessuten alltid stor sjanse for å bli oppdaget av verten og bli fjernet. Det er derfor ikke rart at det er særlig hos pelskledte pattedyr og fjærkledte fugler, hvor de kan gjemme seg, vi finner mange slike parasitter i form av insekter og edderkoppdyr. Hos ytre parasitter er det sjeldent noen mellomvert, og overgangen til en ny vert kan skje på én av to måter. Dels foregår den ved kontakt, hvor voksne individer springer over fra én vert til en annen. Lus og lopper hos mennesker og fugler smitter ved kontakt mellom vertene.

HODELUS ER EN UFARLIG, MEN PLAGSOM MENNESKEPARASITT. DE SMITTER RASKT VED KONTAKT, OG SÆRLIG I BARNEHAGER KAN DE SPRE SEG FORT. I DAG FINNES DET EFFEKTIVE MIDLER SOM FJERNER DEM VED EN ENGANGSBEHANDLING.



Den andre spredningsmåten finner vi hos enkelte insektfamilier som legger egg i huden eller i munnhulen hos varmblodige dyr. I vår fauna er det særlig våre ville klovdyr som rein, elg og hjort som er utsatt for slike parasitter.

Et generelt problem med ytre parasitter er at selv om de i seg selv ikke bringer annet enn ubezageligheter, så kan de overføre andre organismer, særlig bakterier, som de selv er parasittert med. Det klassiske eksemplet er svartedauden, forårsaket av en bakterie (*Yersinia pestis*) som ble overført til mennesker via lopper og lus fra rotter. Et mer nærliggende eksempel hos oss er flått eller hantikk (en middtype, edderkoppdyr), en korttidsparasitt hos mennesker, som kan overføre en bakterie (*Borrelia burgdorferi*). Den kan forårsake sykdommen borreliose, som kan føre til invalidisering hvis den ikke behandles i tide.

Indre parasitter

Vi finner indre parasitter både i planter og dyr, og hos dyr er de særlig vanlige i blodet og fordøyelseskanalen. Her er næringstilgangen kontinuerlig. Indre parasitter forekommer også i andre organer. En indre parasitt har vanligvis sterkt redusert kroppsform, da kroppsdelene som ben og antenner og vanlige sanseorganer er tilbakedannet eller borte. Eksempler er syn og hørsel, som er unødvendig for den som lever i stummende mørke inne i en annen organisme.

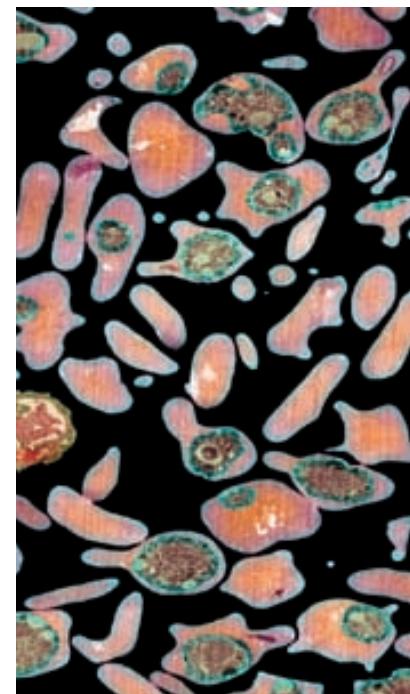
Mange indre parasitter er så tallrike at de nedsetter vertens vitalitet, noe som er ganske vanlig hos mange mennesker som lever i tropiske strøk uten tilfredsstillende medisinsk behandling. Klassiske eksempler er malariaparasitten, som overføres via mygg, og sykdommen bilharzia som skyldes en flatorm (leverikte) som overføres via en vannsnegl. Begge kan føre til døden hvis de forblir ubehandlet, og bare i Afrika dør om lag 1 million mennesker årlig av malaria fordi de ikke får behandling. Mer uskyldige eksempler er innvollsorm, som ofte opptrer hos små barn. Den overføres oftest via egg fra sand og jord som barna får i seg når de leker i sandkassa. I eldre tider brukte de et avkok av bregner for å bli kvitt infeksjonen, og det har gitt opphav til navnet ormegras på bregner. Mange av våre farligste sykdommer som tuberkulose, miltbrann og kopper er forårsaket av parasittiske bakterier.

Vertsveksling

Hos mange parasitter er det blitt utviklet et system med vertsveksling for å sikre at parasitten når fram til den riktige verten. I mange tilfeller synes dette å være et høyst risikabelt livsmønster, for det krever ikke bare én, men to ganger overføring til riktig vert.

Et eksempel er malariaparasitten som bruker mennesket som mellomvert for å få etablert store populasjoner av levedyktige individer. Når en mygg stikker et malariainfisert menneske og suger blod fra det, kommer malariaparasitten over i myggens blodsystem hvor den kan leve lenge uten tilsynelatende problemer for myggen. Formeringen er imidlertid liten på grunn av begrenset næringstilgang, og det er først når myggen på nytt stikker et menneske, at parasitten kommer i et miljø der den igjen kan formere seg kraftig.

Rustsoppene er et kjent eksempel på komplisert vertsveksling mellom to helt forskjellige planter. De hører til våre farligste skadeorganismer i landbruket og blir ofte bekjempet ved å fjerne den ene verten.



Malariaparasitten i en blodprøve. Parasitten er tydelig større og mer uregelmessig enn blodcellene



Rustsopp på rogn.

SOTRUSTSOPPEN VEKSLER MELLOM KORN OG VILL BERBERIS OG ØDELA TIDLIGERE KORN FOR 100 MILLIONER AV KRONER HVERT ÅR I EUROPA. NÅ ER DEN NESTEN BORTE VED AT DEN VILLE BERBERISEN ER FJERNET, SLIK AT SOPPEN IKKE FÅR FULLFØRT LIVSSYKLUSEN. DEN BERBERISEN SOM BRUKES I HAGENE VÅRE, ER EN JAPANSK ART SOM IKKE BLIR ANGREPET AV SOPPEN.

Det finnes tallrike eksempler på slike fascinerende og nesten uforståelige vertsvekslinger. Etter vårt skjønn ser det ut som et ytterst farlig sjansespill, men det synes å virke bra ettersom det er etablert innen de fleste plante- og dyregrupper. Det vi imidlertid ikke vet, er hvor mange som nettopp ikke greide å finne de riktige vertene, og dermed forsvant fra jordas overflate.

Symbiose – ekteskap med omkostninger

Symbiose er et samliv mellom to organismer som begge har utbytte av samlivet. På alle trofiske nivåer og innen alle organismegrupper er det utviklet forskjellige symbiotiske forhold. Vi skal her bare omtale de to viktigste, men også mellom insekter og sopp/høyere planter er det svært mange eksempler på fascinerende og kompliserte symbiotiske forhold.

Lav

Lavhei.
Ringebu, Oppland fylke.

En *lav* består av en alge (ofte sammen med en cyanobakterie) og en sopp, hvor det er soppkomponenten vi ser i skogen eller på fjellet, mens algen ligger skjult under soppbarken. Soppen beskytter algen og sørger for tilførsel av vann og mineraler, mens algen har fotosyntese med produksjon av karbohydrater til dem begge. Bortsett fra noen få alger kan ikke noen av artene leve uten den andre, så her snakker vi om livslangt ekteskap uten mulighet for skilsmisse.

Algens plassering under den tette soppbarken er et godt eksempel på en tilpasning med både fordeler og ulemper. Under barken er algecellene godt beskyttet mot uttørking, og det betyr at laven kan innta leveområder hvor planter og mose vil dø av tørke. Vi finner derfor lav på steiner, bergvegger, tørre kvister og trestammer. Barken er som sagt tett, og følgelig vil det bli lite lys som trenger inn til algecellene. Fotosyntesen blir derfor meget svak. Resultatet er svært liten vekst, og skorpelav på stein kan for eksempel ha en tilvekst på omkring 0,2 mm i året. En reinlav trenger fra 8 til 10 år før den er



helt regenerert. Tråkk og overbeitning av rein vil derfor kunne merkes i mange år. Dette er blant annet et problem i deler av Finnmark, der det rett og slett er for mange rein i forhold til vinterbeitene. For reinen er tilgangen på lav avgjørende for at de skal overleve vinteren. Rein er det eneste dyret i vårt land som har fordøyelsesenzymer som kan bryte ned lav. Vi kan derfor si at hele samekulturen hviler på en symbiose mellom en alge og en sopp.

Mykorrhiza

Mykorrhiza er en symbiose mellom en landboende plante og en soppart. Så å si alle grønne planter har en slik symbiose, og den er for de aller fleste helt livsviktig for å overleve. Satt på spissen – uten sopp, ingen grønne planter og dyr og mennesker. Nesten alle de soppene vi ser på skogbunnen en høstdag, er nettopp slike symbiotiske arter.

Samarbeidet ytrer seg ved at soppen ligger som en strømpe omkring de fine planterøttene og øker oppsugningsområdet for plantene omkring 10 ganger i forhold til en ren rot. Det er først og fremst vann og mineraler soppen tar opp, men også mindre mengder av nitrogen- og fosforholdige forbindelser. Soppen beskytter også røttene mot angrep ved å inneholde diverse giftstoffer som holder andre sopp og bakterier borte. Plantene leverer på sin side om lag 25 % av sin karbohydratproduksjon til soppen, slik at dette er ikke noe helt billig ekteskap. Det er mange forskjellige typer av mykorrhiza, men symbiosen er helt universell med noen få unntak av for eksempel einer og andre meget gamle former av bartrær.

Den soppen vi ser i skogen, er altså soppens formeringsorgan, hvor den danner sporer for spredning av genene sine. Vi ser bare omkring 1–3 % av soppen, resten befinner seg nede i jorda eller inni verten. Det å plukke sopp kan derfor sammenlignes med å plukke epler, helt uten betydning for videre vekst og utvikling hos soppen.



Rød fluesopp

SJEKKPUNKTER

- Hvordan beskytter plantene seg mot sopp og insektangrep?
- Hvilke organismer inngår i nedbrytningen av et dødt tre?
- Hva menes med vertsveksling?
- Hvilke to organismer inngår i en lav?
- Hva er mykorrhiza?



2.5 Suksesjon

Et økosystem er sjeldent i statisk ro. Økosystemet er utsatt for naturlige endringer som storm og uvær, sopp og bakterieangrep eller skogbrann. Dette medfører at mange planter dør og endrer livsvilkårene for de overlevende. Mange dyr og insekter kan miste sine leveområder, konkurransesforholdene kan endre seg, og produksjonen kan synke. For nedbryterne åpner dette opp nye store leveområder, og blant dem skjer det en rask reproduksjon for å fylle det nye livsmiljøet.

Langsamt endrer imidlertid systemet seg gjennom en suksesjon. Plantemateriale blir omsatt, og det frigjøres næring for nye planter, som igjen gir nye muligheter for insekter og dyr. Etter en viss tid er økosystemet tilbake i likevekt eller i en såkalt *klimaksfase*, med omtrent like mye produksjon som forbruk. Likevekten er imidlertid ustabil og vil svinge mellom store og små endringer.

Et meget godt eksempel på suksesjon ser vi i våre barskoger, hvor flatehogsten nettopp er en slik stor endring av systemet ved at alle større trær plutselig blir borte. Dette gjør at skogbunnen blir oppvarmet, og det blir en økende omsetning med sopp, bakterier, smådyr og insekter. Den lysåpne flaten med mye næring gir god grobunn for arter som har god frøspredning. Vi får raskt en *pionerfase* med arter som geitrams, bringebær og flere grasarter. Frø hagler imidlertid ned på hogstflaten hele tiden, og etter noen år begynner busker og små løvtrær, særlig bjørk, osp og selje, å vokse opp. De vil etter hvert ta lyset og næringen fra pionerplantene. Mange småfugler og gnagere finner gode livsvilkår i slike løvskogsområder. *Buskfasen* går langsomt over i en *blandingsfase* hvor de langsomtvoksende bartrærne begynner å gjøre seg gjeldende blant løvtrærne. Dette er ypperlige leveområder for elg og rådyr som her finner rikelig av både mat og skjul. Til slutt vil bartrærne, særlig den sterkt skyggegivende granen, overta og holde alle spirende småtrær nede. Da er vi tilbake til en hogstmoden skog. I lavlandet på Østlandet tar det ca. 60–70 år.

Hogstflate i pionerfasen.

Geitrams, bregner og løvtrær som rogn og bjørk har etablert seg på den lysåpne flaten.

SJEKKPUNKTER

- Hva betyr klimaksfase?
- Hva skjer i skogbunnen ved flatehogst?
- Hvilke faser går skogen gjennom etter for eksempel en flatehogst?

2.6 Populasjonsøkologi

Populasjonsøkologi er læren om hvordan en gruppe individer (populasjonen) innenfor et begrenset område varierer over tid, og hva som påvirker denne variasjonen.

En populasjon er en geografisk avgrenset gruppe av individer som utgjør en forplantningsmessig og genetisk enhet. Individene i en populasjon er likevel genetisk forskjellige. Eksempler på populasjoner er gjeddene i en innsjø eller storfuglene innenfor et skogsområde.

Populasjonsstørrelsen vil være avhengig av individtetheten som varierer enormt fra bakterienivå til de store pattedyrene. Det er vanligvis områdets *bæreevne* som bestemmer individtetheten over tid. Antall individer vil alltid variere, blant annet fordi det skjer en immigrasjon og emigrasjon fra eller til andre populasjoner. Videre vil dødelighet og reproduksjon variere over tid. Det er bare å tenke på fugler hvor individantallet kan øke kraftig i løpet av sommeren.

På vinteren er derimot reproduksjonen lik null, mens dødeligheten er høy. Tilsvarende endringsmønstre finner vi blant ugrasplanter som vokser fort i løpet av sommeren med høy reproduksjonshastighet, for så å sette enorme mengder frø før de dør. På vinterstid er individtetheten og reproduksjonen lik null, selv om genene er til stede i form av en frøbank i jorda.

Andre faktorer som kan endre en populasjon, kan være endringer i ressursgrunnlaget, predasjon, parasitter, sykdommer og konkurransen mellom individer av samme art eller mellom individer av ulike arter.

Bortsett fra noen få vannplanter står planter som kjent stille og har derfor få muligheter for å reagere overfor raske endringer i miljøet. Gjennom mange år har de artene som overlever og reproduuserer best, blitt vanlige. Slik fører *evolusjonen*, ved *naturlig seleksjon*, til at individer og arter med de best tilpassende egenskapene sprer seg på bekostning av individer og arter med mindre egnede egenskaper. Alle som har vandret i naturen, har lagt merke til at noen plantearter er svært vanlige, som for eksempel blåbær og bjørk, mens andre, som huldreblomst og barlind, er sjeldne.

Som et eksempel på betydningen av tilpasningsevne (se også avsnittet om livsstrategier) kan vi se på skogen. Her vil ofte konkurransen om lyset være avgjørende. Trærne tar mesteparten av solenergien, slik at det blir lite til overs for dem som vokser på skogbunnen. Den som kan overleve under slike omstendigheter, vil kunne utvikle store populasjoner. Et godt eksempel er blåbær på Østlandet, hvor populasjonen kanskje består av flerfoldige millioner individer.



BLÅBÆR ER EN FLERÅRIG MIKROBUSK SOM KASTER BLADENE OM HØSTEN SLIK SOM ET VANLIG LØVTRE, MEN DEN HAR OGSÅ EN TYNN GRØNN BARK. DET BETYR AT SÅ SNART SNØEN FORSVINNER, STARTER FOTOSYNTesen I DEN TYNNE GRØNNNE BARKEN LENGE FØR BLADENE UTVIKLER SEG. PÅ DEN MÅTEN

FÅR BLÅBÆRPLANTEN UTNYTTET VEKSTSESONGEN MÅKSIMALT, NOE SOM GIR DEN ET FORTRINN I ELLERS MARGINALE MILJØER.

For plantenes vedkommende er det ikke bare levevilkårene som avgjør størrelsen på populasjonen. For mange arter bestemmes populasjonsstørrelsen også av at plantene kan tiltrekke seg insekter til pollinering, slik at frøproduksjonen blir stor. Avkomet skal imidlertid også ut i verden, og spredningsevnen varierer sterkt. Noen, som for eksempel løvetann, har ypperlig spredningsevne og bygger snart opp store populasjoner hvis levevilkårene er til stede.

Størrelsen på en populasjon er også avhengig av evnen til å motstå predatorer og parasitter. Beiting er en alvorlig trussel for mange arter. Noen blir hardt beitet, slik at antall individer går tilbake, mens andre får stå i fred og får bedre muligheter til ekspansjon fordi konkurrentene er blitt borte. Plantenes forsvar mot beiting kan være kjemisk ved at de inneholder giftstoffer. Det kan også være mekanisk ved at plantene er seige og harde, som for eksempel graset sølvbunke, som alltid blir stående igjen på beitene. Trærne beskytter seg med en hard bark, mens andre arter har utviklet torner, som for eksempel mange av våre tistler, for ikke å snakke om kaktusene i ørkenområdene.

Mot plantespisende insekter har mange planter utviklet et giftforsvar som gjør at insektene holder seg unna. Men det er langt fra alle plantene som har et slikt forsvar. Frostmåleren herjer stadig i våre nordligste fylker. Den spiser bjørkeskogen helt snau over store områder. Kommer angrepet to år på rad, dør bjørketrærne. På bakken vil mange populasjoner øke kraftig, for nå kommer sollyset uhindret ned på bakken. På lignende måte vil populasjonene av alle soppartenene som lever på den døde bjørkeveden, få en midlertidig vekst inntil næringsinnholdet er uttømt.

Et lignende eksempel ser en med arter i soleiefamilien, som alle inneholder sterkt giftige alkaloider. De beites ikke i frisk tilstand (unntak for issoleie som beites av rein) og får dermed et overtag i forhold til naboplantene som beites. Enkelte dårlig vedlikeholdte jorder kan utover sommeren være knallgule av engsoleie på grunn av dette.

Evnen til å motstå parasitter kan også innvirke på populasjonens størrelse. Mange rustsopper (se side 66) kan spre seg som en epidemi og ta livet av store plantepopulasjoner på kort tid, slik at plantene ikke kommer gjennom sin livssyklus.

Et dramatisk eksempel på dette ser vi i form av almesyken, som skyldes en sopp som tetter til vedrørene i trærne, slik at de tørker ut. I dag er almen i ferd med å dø ut mange steder på Østlandet, og andre treslag inntar deres plass i løvskogen.

Dyr, fugler og insekter kan bevege seg, og kan derfor til en viss grad selv påvirke sin livssituasjon når levevilkårene endrer seg. Det er nok å minne om trekkfuglene flukt og insektenes vinterdval. Populasjonens størrelse for disse gruppene vil automatisk endre seg over tid. Mange fugler omkommer på trekket, og svært mange insekter dør under vinterdvalen. I de neste avsnittene vil du lese mer om flere faktorer som bestemmer populasjonens størrelse og variasjon.



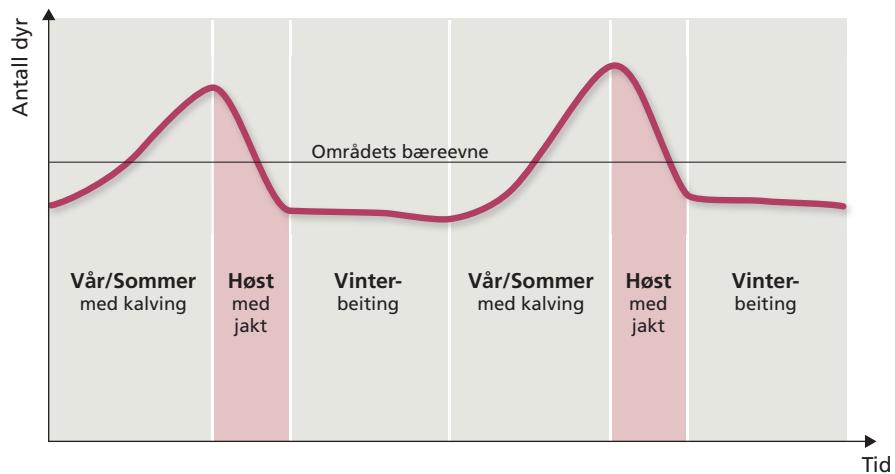
Bjørk drept av bjørkemåler.
Hvis ikke angrepet kommer to år på hverandre, overlever røttene og skyter nye skudd.



Almesyke i Oslo. På dette bildet ser vi hugging av almetrær i Oslo hvor almesyken sprer seg til stadig nye trær. Vi regner med at om 10–15 år er det ikke almetrær igjen i Oslo-området.

Populasjonens størrelse og reproduksjonsevne

Populasjonens størrelse vil kunne si noe om artens innflytelse i økosystemet, enten det er beitetrykk eller om den jakter på andre dyr. Den vil også fortelle oss hvor mange dyr som kan høstes i form av jakt.



Reproduksjonsevnen forteller oss hvor mange individer som fødes, hvor lenge de lever, og hvilken aldersfordeling de har. Selv om det er tilnærmet lik kjønnsfordeling, så betyr ikke det nødvendigvis at alle dyrene deltar i reproduksjonen. Mange arter er *polygame* ved at en dominerende hann kontrollerer og parer seg med flere hunner. Mange hanner holdes derfor utenfor reproduksjonssyklusen. Elg, rein og moskus er typiske polygame arter. Rev og ravn er eksempler på *monogame* arter som har et tilnærmet likt forhold mellom kjønnene.

mono (gr.) → en
poly (gr.) → mange

Seksuell seleksjon er en viktig faktor for hvilke gener som blir overført fra én generasjon til den neste. Hos noen arter er det den fysiske størrelsen som avgjør hvem som vil være den dominerende mannen. Dette er typisk blant annet hos rein og elg. Hos noen fugler vil det være hannens fjærdrakt som avgjør hvem som skal få pare seg. Hos mange av hønsefuglene er det utviklet rituelle fiktive slåsskamper, for eksempel orrhaneleik, hvor hannenes opptreden vil være avgjørende for hvem hønene vil la seg pare med. Hos mange insekter og smådyr kjenner vi ikke seleksjonsfaktorene, og det kan se ut som paringen skjer etter prinsippet «Førstemann til mølla får først malt».



Reinsdyr. Folerhogna
nasjonalpark, Tolga,
Hedmark fylke.



HOS SKOGLEMENET, EN NOKSÅ SJELDEN ART, FØDES DET LANGT FLERE HUNNER ENN HANNER PÅ GRUND AV EN GENETISK «FEIL». NÅR ARTEN OVERLEVER UTEN PROBLEMER, SKYLDSES DET AT EN HANN LETT PARER SEG MED MANGE HUNNER, OG AT DET BARE ER HUNNENE SOM DELTAR I YNGELPLEIEN.

Sopp, bakterier og protister kan formere seg raskt under gunstige levevilkår. Populasjonsstørrelsen kan da endre seg veldig fort. *Generasjonstiden* (det vil si hvor lang tid det tar for et individ å utvikle seg fra fødsel til det kan reproduusere seg) for en bakterie er for eksempel bare 20 minutter, mens en soppspore eller en protist har generasjonstider på omkring 1 time under gunstige forhold. Alle disse organismene er r-strateger, de har kort generasjonstid, de får mange avkom, og de investerer ingenting i avkommet. Mange av disse organismene har ukjønnet formering og kloner seg selv når mulighetene åpner seg. De er således klassiske *opportunister*. Det er først når leveforholdene blir dårligere at de går over i en hvile- eller seksuell fase. For noens vedkommende vil da generasjonstiden endre seg dramatisk. For eksempel vil mange sopparter bruke et år, eller kanskje enda lengre tid, på å produsere et fruktlegeme hvor det produseres avkom (sporer).

Nesten alle bakterier, sopp og protister kan gå inn i langvarige *hvilefaser* hvor celleåndingene reduseres til et absolutt minimum. Dette er en egenskap vi ikke finner mer utviklete organismer.

I en slik hvilefase kan generasjonstiden være et titalls år. Både soppsporer og bakterier kan overleve i kulde og tørke i veldig lang tid, for så å live opp når forholdene igjen blir gunstige. Det sier seg selv at populasjonens størrelse da vil variere enormt fra en fåtallig hvilefase til millioner av individer bare døgn senere.

Demografi

Demografi er læren om alderssammensetningen i en populasjon eller gruppe. I den sammenhengen er generasjonstiden viktig. Jo kortere generasjonstid, jo raskere kan en art innta tilgjengelige leveområder og utnytte disse til ytterligere reproduksjon.

Det er en klar sammenheng mellom kroppsstørrelse og generasjonstid. Jo mindre kroppstørrelse, jo kortere generasjonstid. En bakterie har en generasjonstid på ca. 20 minutter, en flue ca. en måned, en elefant omkring 10 år og mennesket enda mer. Enkelte trær bruker ofte både 30 og 40 år før de begynner å produsere frø.

Antall avkom endrer seg også nokså lovmessig med størrelsen. Jo større kropp jo færre avkom. Mens en flue legger hundrevis av egg, en kjøttmeis maksimalt 10 egg og en rev får fra 3 til 5 valper, så har en elefant bare én unge i hvert svangerskap. Hos mennesket er det som kjent normalt ett barn per fødsel, bare omkring hvert 80. svangerskap resulterer i en tvillingfødsel.

Dødeligheten

For mange dyrs vedkommende bestemmes dødeligheten av blant annet næringstilgangen og jakt, enten sistnevnte utøves av andre dyr eller av oss. Hos villreinen på Hardangervidda bestemmes for eksempel dødeligheten i alt vesentlig av jakten, ettersom ulv og jerv er borte i dette området. I mange populasjoner er dødeligheten meget høy, og for ryper regner en med at omkring 75 % av fuglene dør i løpet av det første leveåret. For mindre fugler, som for eksempel kjøttmeis, kan over 90 % av bestanden dø i løpet av en hard vinter.

Tetthetsavhengige og tetthetsuavhengige faktorer

Det er mange faktorer som begrenser en populasjons størrelse og vekst. Særlig vil det være mange knapphetsfaktorer som griper inn og påvirker bestandene. Det er vanlig å dele dem inn i to typer; Den ene er de *tetthetsuavhengige* eller de abiotiske. Her finner vi de fysiske og kjemiske faktorene vi har nevnt tidligere, slik som lys, temperatur, nedbør og vind. Disse påvirker individene på samme måte uavhengig av bestandens størrelse.

Den andre typen er de biotiske eller de *tetthetsavhengige*. Her finner vi alle de biologiske interaksjonene, som predasjon, konkurranse, parasitter og størrelsen av bestanden. Den intraspesifikke konkuransen er uhyre viktig. De individene som sprer genene sine raskest, vil gi opphav til flere avkom i kommende generasjoner. Dette vil dere lære mer om i kapittel 9 om evolusjon.

Bæreevne

Økosystemets *bæreevne* er et mål på hvor stor populasjonen som lever i et område, kan være over tid. Bæreevnen bestemmes i hovedsak av hvor mye næring det finnes i området i den kritiske tiden, vanligvis vinteren hos oss. For villreinene på Hardangervidda er vinterbeitene av lav helt avgjørende for bestandens levedyktighet. Etter at det for mange dyr, blir beitene nedslitt, simlene får ikke nok næring, kalvene blir små og/eller for få, og antall dyr vil synke. Etter noen år, hvor beitene får tid til å regenerere, kan igjen bestanden stige ved at flere kalver overlever. Tilsvarende situasjon oppstår i svært snørike vintre, hvor reinen ikke greier å få tak i nok lav til tross for at den forekommer i rikelig monn.

Hvis to arter har samme livsstrategi og lever i samme område, kan det oppstå konkurranse om næringen. Den kan skje mellom individer av samme art eller mellom individer av forskjellige arter. Et typisk eksempel er i konkuransen mellom rødrev og fjellrev som du leste om på side 39. En slik konkurranse kan også skje mellom individer av samme art ved at hannene er territorielle, det vil si at alle andre hanner blir jagd vekk fra området.

Fjellrev i sommerdrakt



Dette er for eksempel typisk for arter som er så forskjellige som rådyr og eter.

Sykdommer og parasitter kan i løpet av kort tid endre populasjoner ved at en art blir satt sterkt tilbake, mens dens byttedyr får et kraftig oppsving. Et godt eksempel er reveskabben. Det er en liten midd (i slekt med flått) som angriper rev og legger egg under huden. Det medfører sterk kløe med betennelse, og etter hvert mister reven pelsen og fryser i hjel. Midden overføres dels under paringen og dels fra mor til valpene om våren. For noen år tilbake hadde vi store angrep av reveskabb her i landet. Rødreven ble da nesten borte i store områder. Resultatet var en sterk økning i harebestanden, og mange steder ble det i de årene skutt opptil 4 til 5 ganger mer hare enn i et vanlig år.

Disse uregelmessige svingningene som skyldes tilfeldige faktorer, står i motsetning til mer regelmessige bestandssvingninger.

Skoleeksempelet her er vekslingene i smågnagerbestandene, med lemenårene som det ekstreme utslaget. Smågnagerbestanden, særlig i fjellet, bygger seg langsomt opp i løpet av 3 år for så nokså brått å stige raskt til et toppunkt. Dernest skjer det et sammenbrudd slik at fjellet neste år er nesten tomt for smågnagere. Omkring hvert 11. til 12. år skjer det en ekstraordinær, nesten eksplosiv vekst i lemenbestanden, hvor det vrimler med lemen overalt i fjellheimen med store utvandringer langt ned i lavlandet.

TIDLIGERE HADDE FOLK DE MERKELIGSTE FORKLARINGER PÅ LEMENÅRENE. DET VAR VANLIG TIL LANGT OPP I MIDDLEALDEREN Å TRO AT LEMENET BARE REGNET NED FRA HIMMELEN.

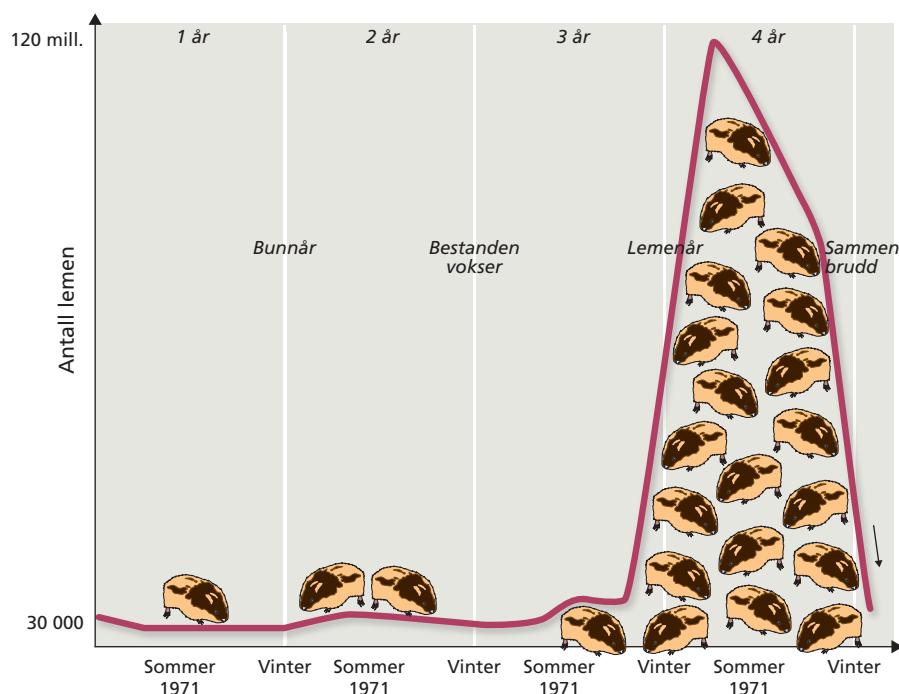


Det har lenge vært forsket på årsaken til disse svingningene, uten at resultatet er entydig. En hypotese bygger på at rovdyrene har en langsommere reproduksjonstakt enn lemen, men at når de først er kommet opp i et stort antall, vil de være i stand til hurtig å desimere smågnagerbestanden slik at den «kræsjer». Det er velkjent at i smågnagerår har røyskatten kull på opptil 10 unger, og det er rovfugl i nærmest hver eneste skrent i fjellet. Det skjer dessuten

Lemen

en forskyvning blant rovfuglene ved at de i høy grad angriper smågnagere i stedet for andre mulige byttedyr, noe som igjen øker belastningen på smågnagerbestanden. Mange rovfugler, så som snøugla, streifer vidt omkring om vinteren og slår seg ned for hekking der det er høy bestand av smågnagere.

Andre peker på indre strid mellom hannene og økende stress med påfølgende angrep av virus og bakterier. Mange planter har dessuten en indre soppsymbiont som beskytter dem ved å produsere giftstoffer når de blir angrepet. Med økende smågnagertetthet, blir etter hvert alle beiteplantene giftige, og lemenet drives ut for å finne mat og blir derfor sterkt eksponert for rovdyr og rovfugler.



Bestandsvingninger hos lemen. Bestandsvingningene følger en 4-årssyklus.

LEMENBESTANDEN KAN I TOPPÅR VÆRE VELDIG STOR. I 1974 VAR DET OMKRING 125 MILLIONER LEMEN PÅ HARDANGERVIDDA. DET TILSVARER OMKRING 10 GANGER VEKTNEN AV ALL VILLREINEN I SAMME OMRÅDE!



Jakt spiller en stor rolle for mange av våre større dyr, særlig rovdydrene. Mens det omkring 1850 ble skutt omkring 240 bjørn, ulv og jerv i året, er antallet som skytes nå, knapt 20. Flere av våre rovdyr er i praksis så å si utevurderet. Svært mange av de bjørnene som skytes i Norge, er svenske unge hannbjørnene som er blitt drevet ut av sine oppvekstområder av større og eldre hannbjørnene. Sverige fører en helt annen rovdyrpolitikk enn oss og har en økende bestand av bjørn, noe som i kommende år vil føre til større innvandring av dette dyret i våre grensetrakter.

Mangelen på fiender (bortsett fra jakt) og tilgang på gode vinterbeiter gjennom flatehogsten har medført et stort oppsving i bestandene av elg, hjort og rådyr. Mens det i 1950 ble felt omkring 4000 elg, skytes nå hvert år omkring 30 000, uten at bestanden går ned.

SJEKKPUNKTER

- Hva kjennetegner en r-strateg og en K-strateg?
- Hva menes med tetthetsavhengige og tetthetsuavhengige faktorer?
- Hva bestemmer i hovedsak et områdes bæreevne?
- Hvilke faktorer gjør at populasjoner endrer seg?
- Hvilke hypoteser er framsatt for å forklare lemenårene?
- Hvorfor er fjellreven nesten borte fra norsk fauna?

2.7 Stoffkretsløpene

Organismene i et økosystem trenger 30 til 40 ulike grunnstoffer. De viktigste er karbon, nitrogen, oksygen og fosfor. Til sammen utgjør disse elementene omkring 95 % av kroppsvekten din. Tar vi med hydrogen og kalsium i knoklene, nærmer vi oss 100 %. De andre elementene kalles *sporstoffer* og inngår særlig i enzymer, hormoner, klorofyll og andre spesielle kjemiske forbindelser. Alle elementene går gjennom et kretsløp fra den abiotiske til den biotiske sfære og tilbake. I de etterfølgende avsnittene skal vi beskrive kretsløpene til de tre viktigste, karbon, nitrogen og fosfor. Disse elementene inngår i vårt arvemateriale og alle proteiner, og er derfor av avgjørende betydning for alt liv. Vi skal også kort beskrive vannets kretsløp fordi det er livets viktigste væske, og fordi verden står overfor stadig økende vannproblemer.

Grunnstoff	Symbol	Prosent av kroppsvekten*
Oksygen	O	65,0
Karbon	C	18,5
Hydrogen	H	9,5
Nitrogen	N	3,3
Kalsium	Ca	1,5
Fosfor	P	1,0
Kalium	K	0,4
Svovel	S	0,3
Natrium	Na	0,2
Klor	Cl	0,2
Magnesium	Mg	0,1

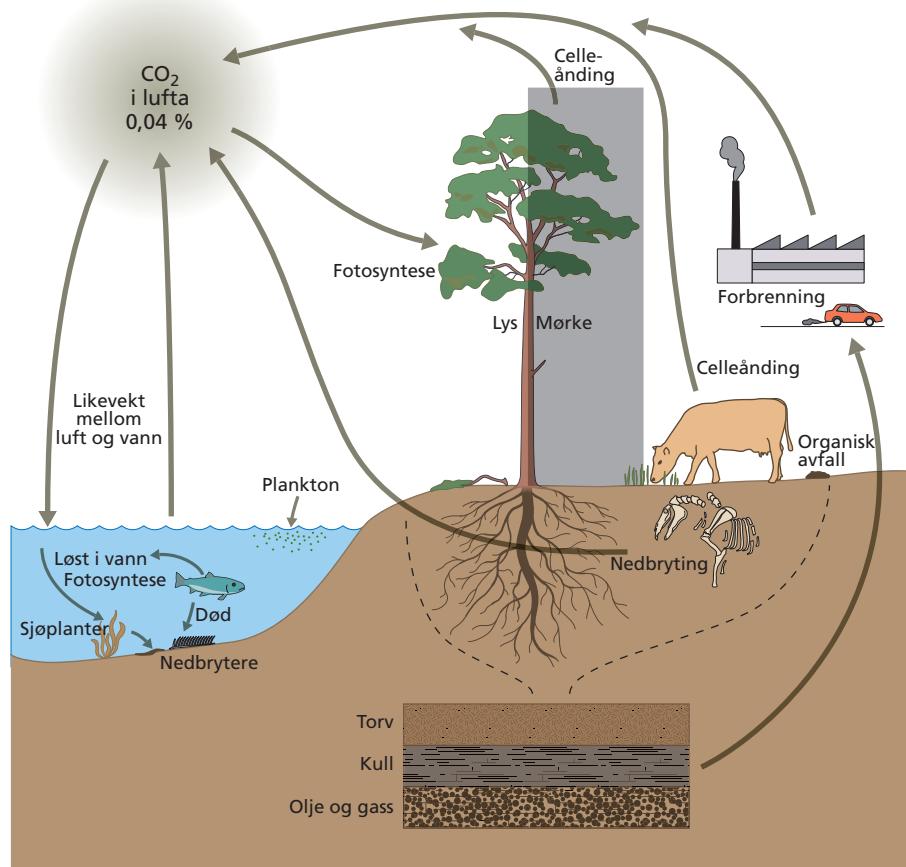
Karbonets kretslosp



Karbon inngår i alle organiske stoffer og er derfor helt viktig i alle livsformer. I uorganisk form er karbon viktig som karbodioksid (CO_2) som er råstoffet i fotosyntesen. I luft er det omkring 0,03–0,04 % CO_2 , mens det i vann er omkring 50 ganger så mye i form av oppløste bikarbonationer (HCO_3^-).

I fotosyntesen bygges karbonatomene inn i karbohydrater, først og fremst som glukose (druesukker), som siden omdannes til blant annet fett og lignin. Av jordas totale fotosyntese foregår omkring 30 % i havet, resten på landjorda.

Karbonets kretsløp er nokså enkelt ved at mye går tilbake til uorganisk form som CO_2 ved celleånding i levende organismer og senere ved hjelp av celleånding hos nedbryterne. Noe karbon blir lagret i form av torv og sedimenter på bunnen av enkelte innsjøer, fjordbunner og i havdypet hvor det så å si ikke er oksygen. En mindre del felles også ut som kalsiumkarbonat i sjødyr, spesielt fytoplankton, som dør og synker ned på havbunnen.



KARBON ER GRUNNSTOFF NR. 6 MED EN ATOMVEKT PÅ 12,01. I REN FORM FOREKOMMER DET I TO KRYSTALLINSKE FORMER, DIAMANT OG GRAFITT. MENS DEN FØRSTE ER NOE AV DET HARDESTE STOFF VI KJENNER (BRUKES TIL Å SKJÆRE GLASS), ER DEN ANDRE MYK OG FØYELIG. I FORURENSET FORM FOREKOMMER KARBON I ENORME MENGDER SOM SVART OG BRUNT KULL. NORGE HAR INGEN DIAMANTER, MEN EN STOR GRAFITTGRUVE PÅ ØYA SENJA I TROMS.

Mennesket har i stor grad endret karbonets kretsløp ved at vi frigjør tidligere «låst» karbon i form av olje, gass og kull. I tillegg foregår det mange steder rovhogst av skogen, særlig i tropene, og det sender karbonet raskere tilbake til atmosfæren enn hva som ville skje ved langsom naturlig nedbrytning. Dette har gjort at konsentrasjonen av karbondioksid i atmosfæren har økt fra 0,03 % i 1958 til 0,04 % i 2007. Når det ikke er skjedd en enda større endring i atmosfærisk karbondioksid, skyldes det at havet absorberer mye av karbondioksidet som slippes ut. Ikke desto mindre har denne relativt beskjedne økningen gitt en global oppvarming med de problemer det medfører (se kapittel 10).

Planting av skog for å fange inn karbondioksid gjennom fotosyntesen har vært foreslått for å dempe den globale oppvarmingen. Dette er bare en midlertidig løsning fordi karbondioksidet før eller senere vil komme tilbake til atmosfæren, enten ved naturlig nedbryting eller ved at trærne brukes til brensel. Det vil imidlertid gi oss 50–60 år (kortere i tropene) til å få tatt de nødvendige tiltak for å stoppe den nåværende oppvarmingen.

En overgang til biobrensel i form av etanol og fettholdige oljer har ingen effekt. Dyrkingen av plantene som er nødvendig for biobrenselproduksjon, er meget energikrevende (kunstgjødsel, innhøsting, transport, destillasjon, bearbeiding etc.), foruten at vi tar maten fra store befolkningsgrupper. Selv om all dyrkbar jord i USA

Kullkraftverk i Tyskland.





ble brukt for produksjon av biobrensel, ville det bare dekke omkring 13 % av landets nåværende drivstoffbehov.

En positiv effekt kan en imidlertid oppnå ved pelletsproduksjon fra hurtigvoksende trær. I Norge har vi stort sett brukt kvist og annet organisk avfall til slik produksjon. I Sverige drives det omfattende planting av hurtigvoksende vierarter for dette formål.

Nitrogenets kretsløp



Nitrogen er et livsviktig element i alt levende ved at det inngår i aminosyrer som bygger opp proteiner, enzymer og ikke minst arvestoffet vårt som styrer og kontrollerer de fleste livsprosesser. Nå er det 78 % nitrogen i atmosfæren, slik at mengdene av dette elementet er ufattelig store. Det forekommer imidlertid utelukkende i molekylær form, det vil si som nitrogengass (N_2). Det krever svært mye energi å spreng bindingene mellom de to atomene, og det er bare noen få bakterier og sopp som greier det. Nitrogen er derfor en minimumsfaktor i mange økosystemer.

NITROGEN HAR ATOMNUMMER 7 OG EN ATOMVEKT PÅ 14,006. I REN TILSTAND FOREKOMMER DET SOM TOATOMIGE MOLEKYLER HVOR TO OG TO NITROGENATOMER ER BUNDET SAMMEN MED EN STERK TRIPPELBINDING. VED NORMAL TEMPERATUR OG TRYKK ER DET EN GASS UTEN LUKT OG SMAK, SOM BLIR BLÅHVID OG FLYTENDE VED $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ OG UTKRYSTALLISERES VED $-252\text{ }^{\circ}\text{C}$.

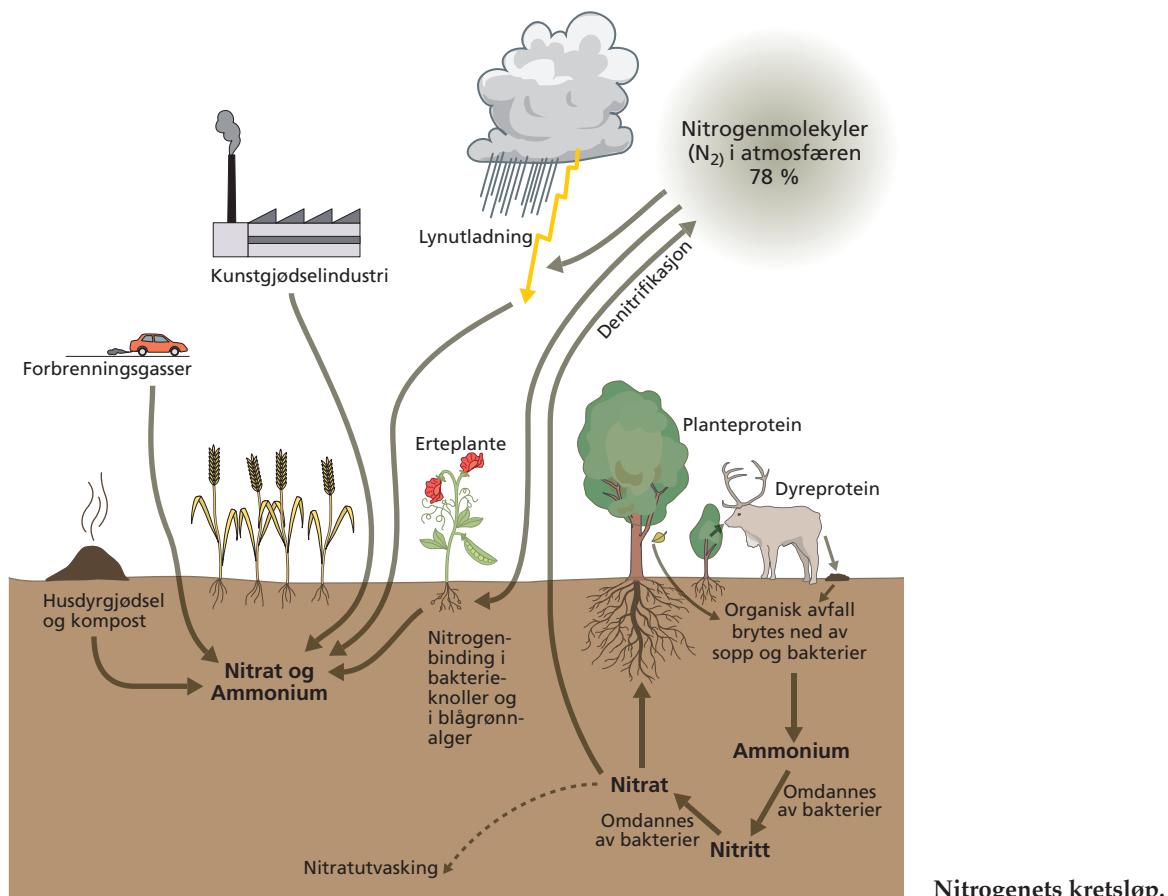
Naturlig tilføres nitrogen ved lynutladninger i atmosfæren hvor nitrogenet omdannes til nitrogenoksid som er vannløselig, og som derfor kommer ned med regnvannet. Noen planter, som or og alle erteplanter, lever i symbiose med nitrogenfikserende bakterier som har evne til å omdanne luftas nitrogen til absorberbare forbindelser. I første rekke kommer de vertsplantene til gode, senere også økosystemet.

Proteiner i dødt materiale blir frigjort av nedbrytere, mest i form av ammoniumioner som så omdannes ved hjelp av bakterier til nitritt og så til nitrat, som så kan tas opp med vannet. Via produsentene går det så over i økosystemet, og alle konsumentene får sitt nitrogen fra planteproteiner. Det finnes imidlertid også såkalte nitrifikasjonsbakterier som omdanner nitrat til molekylært nitrogen, som går tilbake til atmosfæren og dermed går tapt for økosystemet.

PÅ RØTTENE AV ORETRÆRNE ER DET KNOLLAKTIGE BAKTERIEKOLONIER SOM OMDANNER MOLEKYLÆRT NITROGEN TIL ABSORBERBARE FORBINDELSER. ORETRÆRNE HAR DERFOR ET OVERSKUDD AV DETTE ELEMENTET, OG DET HAR FØLGELIG IKKE VÆRT ET SELEKSJONSPRESS FOR Å BEVARE DET. ORETRÆRNE FELLER DERFOR BLADENE GRØNNE OM HØSTEN. DETTE I MOTSETNING TIL ALLE ANDRE NORSKE TRÆR SOM BRYTER NED KLOROFYLLET FOR Å TA VARE PÅ NITROGENET OG VERDIFULLE ELEMENTER, SLIK AT KAROTENOIDENE KOMMER FRAM OG FARGER BLADENE I RØDT OG GULT.



Mennesket har forstyrret også dette kretsløpet ved å bruke enorme mengder kunstgjødsel. Når man produserer kunstgjødsel, blir atmosfærisk nitrogen omdannet slik at det er løselig i vann. Nitrogenet kan da suges opp av plantene og brukes i deres produksjon. I tillegg skjer det minilynuttadninger i millioner av bilmotorer under brennstoff-forbrenningen. Eksosen vil derfor inneholde store mengder nitrogendioksid som er løselig i vann. Regnvannet inneholder derfor i dag langt større mengder



nitrogendioksid enn hva som er naturlig, og denne overgjødslingen som skjer særlig i de industrialiserte samfunnene, skaper problemer i mange økosystemer.

I et naturlig økosystem vil altså nitrogenet komme fra tre kilder, nedbrytning av døde organismer, nitrogenbinding via bakterier og sopp, og ved lynutladninger i atmosfæren.



Fosforets kretsløp

[fosfores (gr.) → lysbærer]

Fosfor er et meget viktig element ved at det blant annet inngår i oppbygningen av DNA, vårt arvestoff, foruten i ATP, energibæreren i alt levende. Det er vanligvis mye fosfor i jorda, men dessverre oftest i en form av sterke komplekser med leirepartikler og forskjellige silisiumforbindelser (silikater). Disse er vanskelig tilgjengelig for plantene, og det begrenser derfor ofte deres vekst. For å få optimale avlinger i landbruket må fosfor derfor tilføres i form av kunstgjødsel.

Ute i naturen er det oftest plantenes sopp-partner (mykorrhiza) som sørger for opptaket av fosfor. Planterøttene skiller dessuten ut syrer som frigjør fosforet slik at det kan suges opp. Lupiner bruker for eksempel opptil 25 % av hele fotosynteseproduksjonen til produksjon av organiske syrer for å få tak i fosfor. Dette er en meget høy pris, men viser bare hvor viktig elementet er.

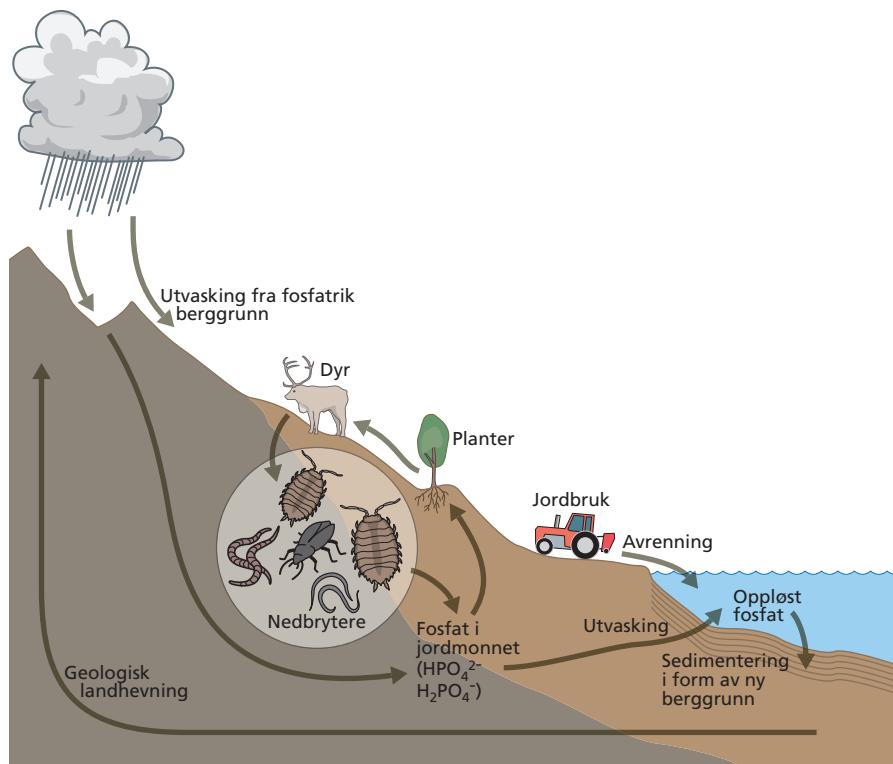


Buskskvett på lupin.

FOSFOR HAR ATOMNUMMER 15 OG ATOMVEKT PÅ 30,97. FOSFOR ER STERKT REAKTIVT OG FOREKOMMER IKKE I REN TILSTAND I NATUREN. DET KAN RENFRAMSTILLES I FORM AV HVITT FOSFOR SOM RYKER FORDI DET OKSIDERES AV LUFTENS OKSYGEN. DET VIL DA AVGI ET BLÅTT LYS (KJEMILUMINISCENS), NOE SOM HAR GITT ELEMENTET DETS NAVN. OVER TID GÅR DET OVER TIL STABILT RØDT FOSFOR SOM BLANT ANNET BRUKES I FYRSTIKKER FORDI DET I BLANDING MED KALIUMKLORAT EKSPLODERER NÅR DET GNIS.

Fosforets kretsløp er nokså enkelt sammenlignet med de foregående, fordi det aldri går over i gassformete komponenter, slik at kretsløpet derfor stort sett blir lokalt. Plantene tar altså opp fosfor fra jorda, og enten direkte eller indirekte blir dette så spist av konsumentene. Når disse gruppene dør, vil sopp og bakterier etter hvert frigjøre fosforet som da vender tilbake til jorda og kan brukes om igjen av plantene.

Avrenning av fosfor på grunn av overgjødsling fra landbruket og husholdningsvann er en av de viktige årsakene til *eutrofiering* av innsjøer og elver på grunn av sterk algevekst. Tidligere var dette et problem i mange norske innsjøer på Østlandet som ligger nær dyrket mark og befolkningssentra. Mjøsa var i sin tid så forurensset av algevekst at den nesten ikke kunne brukes som drikkevannskilde. Etter at det ble bygget mange renseanlegg og fosforholdige vaskemidler ble fjernet, er sjøen nå kommet tilbake til sin naturlige tilstand.



Fosforets kretsløp.

Vannets kretsløp

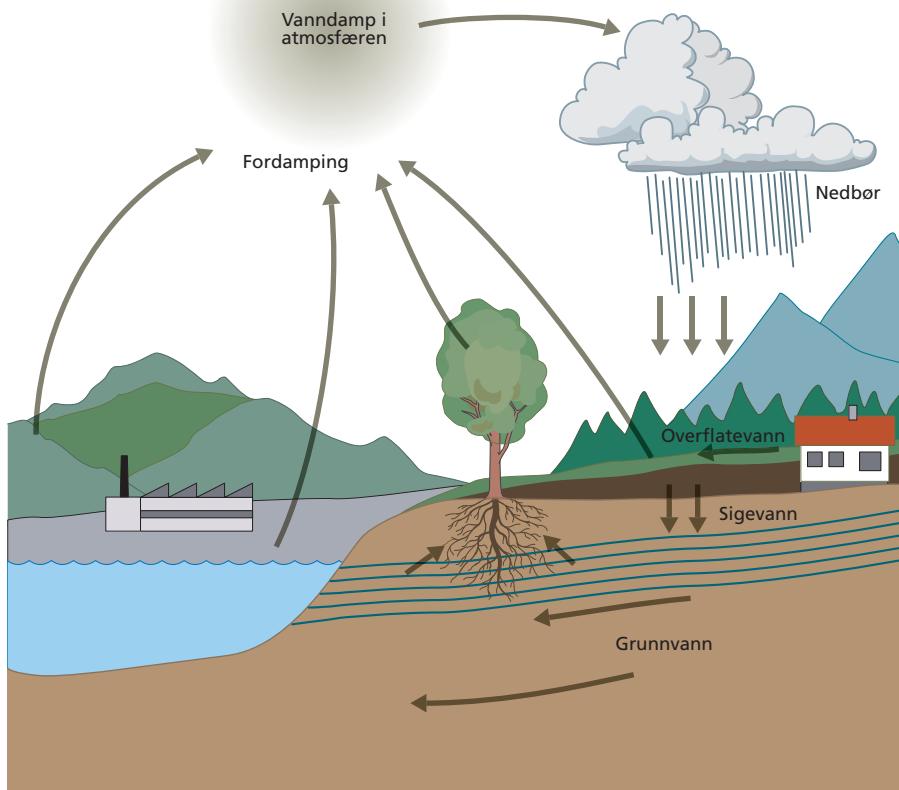
Vann er absolutt nødvendig for alle levende organismer og en minimumsfaktor i mange økosystemer. Vi bruker også vann for produksjon av energi, i tallrike produksjonssystemer og i vårt daglige liv.

Egenskap	Fordi	Eksempel
Kohesjon	Hydrogenbindinger holder vannmolekylene samlet i en vannsøyle	Brukes ved transport av vann i planter (vedvevet)
Høy varmespesifisitet	Hydrogenbindinger absorberer varme når de brytes og frigjør varme når de dannes	Vann er en varmestabilisator i mange organismer
Høyt kokepunkt	Mange hydrogenbindinger må brytes før vann går over til damp	Svette kjøler ned huden hos mange organismer
Is har mindre tetthet enn vann	I en iskrystall er vannmolekylene i et åpent nettverk med mellomrom mellom molekylene	Store innsjøer bunnfryser ikke, og organismene overlever
Løselighet	På grunn av den polare strukturen (svakt + og svakt -) vil vannmolekylet tiltrekke seg ione og polare stoffer og løse dem opp i vannet	Opplosning av stoffer i cellen

VI TRENGER MELLOM ÉN OG TO LITER DAGLIG FOR AT KROPPEN SKAL FUNGERE OPTIMALT. DE FLESTE LEVENDE ORGANISMER INNEHOLDER MELLOM 60 OG 80 % VANN.

Tilgangen på nok rent vann er helt avgjørende for samfunnsutviklingen og er allerede i dag et stort problem som vil kunne føre til store internasjonale konflikter i framtiden. Vi i Norge er ytterst heldige og privilegerte ved at vi har rikelig tilgang på rent vann i store mengder og tar det som en selvfølge.

BARE 3 % AV JORDAS VANN ER FERSKVANN, OG OVER 75 % AV DET ER BUNDET I FORM AV IS PÅ GRØNLAND OG SYDPOLKONTINENTET. AV DET GJENVÆRENDE BEFINNER OMKRING 20 % SEG I BAJKALSJØEN I SIBIR, VERDENS DYPESTE INNSJØ, NESTEN 2000 METER DYP.



Vannets kretsløp

Vannets kretsløp starter ved at solvarmen fordamper det fra havet, hvoretter vanndampen fortettes til skyer i høyere luftlag. Skyene driver inn over land og avgir vannet i form av regn eller snø. Av nedbøren forsvinner omkring 65 % ut i atmosfæren igjen i form av fordamping og plantenes transpirasjon.

Av det gjenværende overflatevannet vil noe renne vekk i bekker og elver til vann og innsjøer, og deretter tilbake til havet. Resten er sigevann som synker ned i jordsmonnet, hvor det som ikke suges opp av plantene, går ned i grunnvannet. Hvor dypt grunnvannet står, er avhengig av nedbør, jordsmonnstype, hellingsvinkelen og avstanden til havet. I Norge regner vi med en omløpstid for grunnvannet på omkring 300 år. Grunnvannet er meget rent, og flere kommuner bruker det nå som drikkevannskilde.

I skogsområder blir omkring 50 % av nedbøren fanget opp av plantene og jordbunnen. Nedhogging av skogen får derfor store konsekvenser for avrenningen med økende flomfare. Dette er i dag for eksempel meget tydelig i Bangladesh ved utløpet av Gangeselven, hvor det nå årlig er enorme oversvømmelser på grunn av uvettig hogst i Himalaya, hvor skogen tidligere dempet avrenningen. Fjerningen av skogen gir dessuten økende jorderosjon. I Etiopia er omkring 98 % av den opprinnelige skogen borte, og erosjonsproblemene er enorme med store tap av dyrkningsjord. Den tidligere Blå Nilen er i dag helt brun på grunn av jordinnholdet.



Den blå Nilen like nedenfor utløpet fra Tanasjøen. Kraftig jorderosjon har gjort at elven ikke lenger fortjener sitt navn.

SJEKKPUNKTER

- Hvorfor finnes ikke fosfor i ren tilstand i naturen?
- Hvor mange krystallinske former av karbon forekommer i naturen?
- Hvordan kommer nitrogenet fra atmosfæren og over i plantene?
- Noen få organismer greier å absorbere molekylært nitrogen fra atmosfæren, hvilke?

SAMMENDRAG

- Alle levende organismer blir klassifisert i et økologisk system: art – individ – populasjon – samfunn – økosystem – biosfæren.
- Et økosystem består av abiotiske og biotiske faktorer. De viktigste abiotiske er klima (temperatur, nedbør og vind), topografi og berggrunnens sammensetning.
- Jordsmonnet i Norge kan inndeles i forvitringsjord, morenejord, elveavsetninger, podsjord, torv, brunjord og frostjord.
- De biotiske faktorene er de levende organismene i økosystemet som konkurrerer seg imellom med følgende strategier: jakt og rov, konkurranse om de samme ressursene, parasittisme og symbiose.
- En næringskjede beskriver hvordan ressursene fordeler seg og er sammensatt av produsenter, konsumenter og nedbrytere. Fotosyntesen danner grunnlaget for alle næringskjeder med planter og alger som viktigste komponenter. Konsumentene inndeles i et primært, sekundært eller tertiar et nivå etter hvor høyt de står i næringskjeden.
- Nedbrytere frigjør næringsstoffene til ny bruk.
- Omkring 90 % av energien går tapt ved overgangen fra ett nivå til et høyere nivå i næringskjeden. Det er celleånding, vekst og forplantingen som står for det meste forbruket.
- Alle organismer har en spesialisert livsstrategi: Produsent, rov, nedbrytning, parasittisme og symbiose.
- De viktigste symbiosene er bakterier/ protister i våre drøvtyggere, alger og sopp i alle lav, sopp og høyere planter (sopprot).
- Alle individer i et økosystem inngår i en populasjon som utgjør en forplantningmessig og genetisk avgrenset gruppe. Lelevilkårene, konkurransen fra egen og andre arter, predasjon, dødelighet og immigrasjon/ emigrasjon er viktige faktorer som påvirker populasjonens størrelse.