

Dystre udsigter for verdens koralrev



Foto: T. Cooper.

Samlivet mellem revbyggende koraller og en særlig gruppe alger kaldet zooxantheller er afgørende for korallernes økologiske succes. Men det symbiotiske forhold er meget følsomt over for klimaforandringer, og derfor er koralrevenes eksistens alvorligt truet.

Af Karin E. Ulstrup

■ Koralrev er havets oaser. De dannes generelt i næringsfattige og klarvandede områder. På trods af det lave næringsindhold kan man på koralrev finde større biodiversitet end noget andet sted i havet. Grunden til, at man finder en stor diversitet i et område med lavt næringsindhold skal findes i stenkorallerne,

som udgør koralrevenes strukturelle fundament. Stenkoraller har tilpasset sig livet med minimal næring ved at indgå i symbiose med millioner af encellede mikroalger som tilhører dino-flagellatslægten *Symbiodinium*, også kaldet *zooxantheller*.

Ud over de velkendte stenkoraller og revfisk, hvoraf mere

end henholdsvis 400 og 4000 arter er kendt, kan man på tropiske koralrev også finde et væld af andre farverige dyr blandt andet læderkoraller (uden skelet), havsvampe, børsteorme, krebsdyr, snegle, søgurker, skildpadder, giftige slanger og hajer.

Millioner af mennesker over

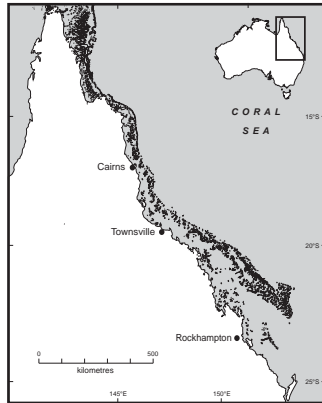
hele verden er direkte afhængige af koralrev som fødekilde eller erhverv. Men der er dystre udsigter for verdens koralrev.

En truet biotop

Koralrev er i dag alvorligt truet af mange forandringer i miljøet, for eksempel forringelse af vandkvaliteten som blandt

andet skyldes tilførsel af gødning og spildevand fra landbrug og beboelse i kystnære områder. I mange områder er træfældning skyld i jorderosion, som øger andelen af organiske partikler i vandsøjlen og ned sætter lysindstrålingen. Derudover svinder fiskebestandene på grund af overfiskning, hvilket får plantevæksten på koralrevene til at brede sig. Herved reduceres antallet og størrelsen af de områder, som nye koraller kan vokse på, hvilket i sidste ende kan betyde, at revfundamentet forvitrer.

I de seneste år har der været øget fokus på forsuring af havene, som skyldes øget tilførsel af CO₂ fra atmosfæren. Jo mere CO₂, der tilføres atmosfæren, jo mere CO₂ opløses i havet. Globalt set har man allerede registreret et lille men signifikant fald i pH. Hvis pH falder yderligere kan man i værste tilfælde opleve, at koraller får sværere ved at danne deres skelet, som består af kalkmineralet aragonit.



Det Store Barriere Rev (Great Barrier Reef), Australien, er verdens største sammenhængende revsystem ca. 2000 km lang. Det består af over 3000 individuelle rev. Det Store Barriere Rev er den største levende struktur i verden og kan ses fra rummet som på satellitbilledet th.



Foto: NASA/GSFC/LaRC/JPL, MISR Team.

Koraller

Koralblegning

Det er dog lys- og temperaturforholdene, der udgør den største trussel mod koralrevenes overlevelse. Koraller er meget temperaturfølsomme og lever inden for et snævert temperaturområde. Det betyder, at der sjældent findes koraller i vand koldere end 18 °C.

En tommelfingerregel siger, at koraller kan tåle 1-2 °C over deres normale sommermiddeltemperatur inden de begynder at blive svækkede. Det vil sige, at koraller der lever varmt kan tåle relativt højere temperaturer end koraller, der lever køligere – selv hos den samme koralart. Det viser, at koraller er i stand til at tilpasse sig det miljø, de lever i. Når temperaturen overstiger et kritisk niveau i en længere periode, opstår et fænomen kaldet koralblegning. Blegningen sker, fordi koralerne udstøder deres last af zooxantheller. Disse mikroalger findes ophobet i koralvævet med mere end 1 million celler per cm² koraloverflade. Igennem zooxanthellernes fotosyntese produceres og overføres kulstof-energi til

De bedst kendte koraller i verden er de farverige og hårde, revbyggede stenkoraller som udelukkende findes i tropiske farvande; nogle få arter findes dog så langt nordpå som Middelhavet og sydpå som i det nordlige New Zealand. De tilhører en gruppe polypdyr med det videnskabelige navn Scleractinia, som generelt danner kolonier bestående af tusindvis af individer. Det bløde polypvæv er hæftet fast på et hårdt skelet (deraf navnet stenkoraller) som dannes af kalcium karbonat mineralet aragonit. Selvom skelettet i sig selv ikke er levende udgør ophobningen af koral skeletter det strukturelle fundamentet for tropiske koralrev.

Tropiske koralrev som vi kender dem i dag er udviklet over mange millioner år. De første stenkoraller udvikledes i midten af Trias for ca. 240 millioner år siden. Siden da har stenkoraller, når de dør, efterladt deres aragonit-holdige skelet som er et ideelt substrat for nye stenkoraller at kolonisere. Det er sket så mange gange, at der i dag er tale om egentlige koralrev, som understøtter en kolossal høj biodiversitet. Indtil i dag har koraller koloniseret 1/3 af tropiske kystområder. Det svarer til mere end 200.000 km² af havbunden, hvoraf ca.



Foto: K. Ujstrup

Pocillopora damicornis (dansk navn: blomkålskoral) er en udbredt stenkoral og kendes fra alle koralrev i verden. Korallen tilhører de forgrenede typer. Derudover findes der blandt andre også sfæriske, fingerformede og flade vækstformer.

75 % findes i havet omkring Indonesien og i Stillehavet. Det største koralrev finder man ud for Australiens østkyst, almindeligvis kendt som det Store Barriere Rev (Great Barrier Reef). Andre store revsystemer finder man omkring Indonesien samt i Rødehavet og i Caribien.

Visse steder i Danmark og specielt langs Norges atlantehavskyst findes der også koralrev som dog er anderledes end de rent tropiske koraller idet de ikke har fotosyntetiserende zooxantheller men ernærer sig udelukkende ved at æde planktoniske organismer.

Korallernes mikroskopiske kraftværker

Zooxantheller er encellede alger, der tilhører en slægt af dinoflagellater kaldet *Symbiodinium*. I korallen er zooxanthellers ydre træk kraftigt reduceret. Den første zooxanthel-art, *Symbiodinium microadriaticum*, blev beskrevet i 1962.

I starten kunne man ikke se forskel på forskellige typer af zooxantheller. Men ved hjælp af nye molekylærbioologiske teknikker blev det i løbet af 1990'erne klart, at der genetisk set var tale om en meget kompleks gruppe af dinoflagellater, som blev tildelt deres egen slægt, *Symbiodinium*. I dag kender man 8 større grupper (klader) af zooxantheller inden for slægten *Symbiodinium*, hvoraf 6 er fundet i stenkoraler. Hver klade (A-H) dækker i sig selv over mange, helt op til 100, genetisk forskellige typer. Af disse er nogle formentlig langt mere temperatur- og lysfølsomme end andre. Man har blandt andet opdaget, at de zooxantheller, som tilhører kladen C, i nogle koraller øger vækstraten, mens en anden type (D) forårsager langsommere vækst hos værten.

Zooxantheller kan sammenlignes med en masse små energikraftværker i stenkoralernes væv. De er kun 1/100 af en millimeter i diameter, men deres fotosynteseaktivitet i det klare tropiske havvand er så effektiv, at det næsten dækker energibehovet hos både dem selv og deres vært. Således bliver op til 95 % af kulstofproduktionen omsat direkte i korallværten. Symbiosen er gensidig gavnlig, da zooxanthellerne udnytter

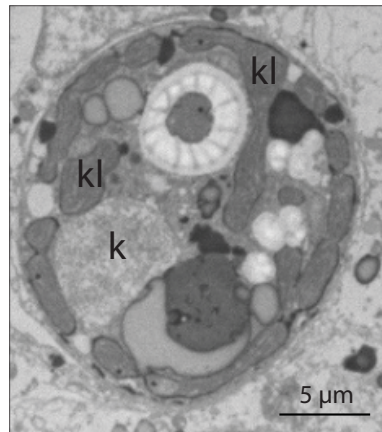
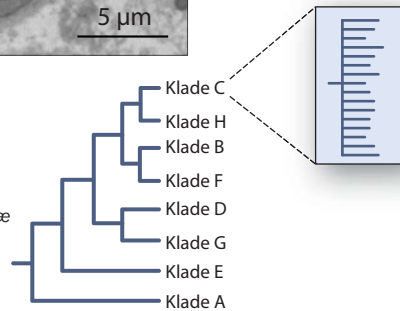


Foto: C. Kvennefors.

Ultrastruktur af en enkelt zooxanthelcelle. Kernen (k) og de fotosyntetiserende kloroplastorganer (kl) ses tydeligt.

Skematisk slægtskabstræ af zooxanthel-slægten *Symbiodinium* baseret på ribosomalt DNA.



det kæmpereservoir af overskydende næring såsom nitrogen og fosfor de har adgang til i korallvævet til vækst som ellers ville være begrænset i vandsøjlen. Zooxantheller er således i høj grad selvernærende (autotrofe) ligesom stenkoralen under gunstige forhold kan leve (næsten) udelukkende af zooxanthellernes fotosynteseprodukter. Denne kobling er så vigtig, at korallernes dybdemæssige udbredelse er begrænset til den zone i havet, hvor den lysafhængige fotosyntese kan finde sted (den fotiske zone). Korallerne kan dog delvis erstatte energitilførslen

fra zooxantheller ved at spise mikroskopiske planktoniske organismer, som indfanges med tentakler, der sidder på polyp-erne.

Koraller er ikke de eneste dyr som har tilegnet sig zooxantheller i deres væv. Det gælder for eksempel også for visse fladorme, ciliater, havsvampe og kæmpemuslinger. Men den økologisk langt vigtigste symbiose er mellem stenkoraler og zooxantheller som resulterer i korallrevs-dannelse. Selve korallstrukturen udgør leveområde og fødekilde til de mange andre dyr og planter der lever her.

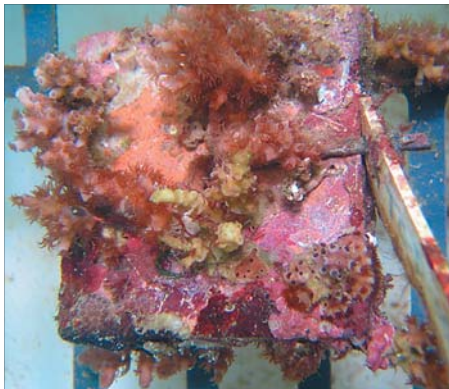
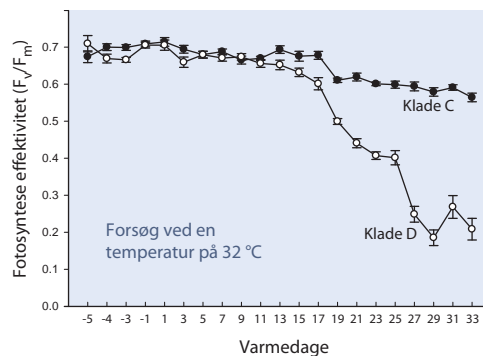


Foto: D. Abrego

Juvenile *Acropora tenuis* koraller eksperimentelt inficeret med zooxantheller som gror på en terracottaplade. På billedet ses korallpolyp-erne fuldt udspilede på mange af kolonierne. På pladen ses endvidere belægninger af kalkrødalger.



Fotosynteseeffektiviteten (F_v/F_m) blandt koraller inficeret med klade C (mørke cirkler) kan bedre klare en eksperimentel temperaturforøgelse til 32 °C end koraller inficeret med klade D (lyse cirkler).

korallerne.

Hvor meget koraller bleges og om de overlever, afhænger af hvor meget temperaturen er forhøjet i forhold til normalt, og hvor lang tid der går inden temperaturen igen falder. Der er set flere masseepisoder af korallblegning på global skala, blandt andet i 1997-98 hvor 16 % af verdens koraller døde. Og i 2002 viste mere end 54 % af de over 3000 rev, som det Store Barriere Rev i Australien samlet består af, tegn på blegning.

Bekymringen er nu, at de stigende temperaturer i verden vil kunne betyde, at blegningsepisoder vil ske hyppigere og kraftigere. Om koraller kan vænne sig til disse hurtige ændringer i miljøet er uvist, men det er helt usandsynligt, at de er i stand til at overleve som de korallrev, vi kender i dag.

Koraller blander zooxantheller

Det er nu kendt, at der i visse tilfælde er en sammenhæng mellem temperatur- og lysmiljøet og hvilke genetiske typer af zooxantheller, der forekommer i koraller. For eksempel har man i nogle koraller fundet, at visse typer zooxantheller er særdeles udbredt i varmere klima mens andre typer forekommer afhængig af dybden og derved lysforholdene. Det har sporet forskere ind på at undersøge forbindelsen mellem genetisk diversitet og miljøtilpasning i koraller. Det primære formål er at finde strategier for bevarelse af korallrev ved at øge kendskabet til, hvilke typer zooxantheller der er mest modstandsdygtige overfor klimaforandringer.

Blandt korallrevsforskere er man nu gået i gang med det omfattende arbejde at kortlægge forekomsten og udbredelsen af forskellige typer zooxantheller i mange korallarter, og at undersøge zooxanthellernes temperaturfølsomhed. Det giver os viden om genetiske og fysiologiske tilpasninger i det symbiotiske forhold mellem koral og alge i forhold til klimaforandringer og den deraf afledte korallblegning, som



Foto: R. Berkelmans

Et afbleget koralrev er et trist syn.

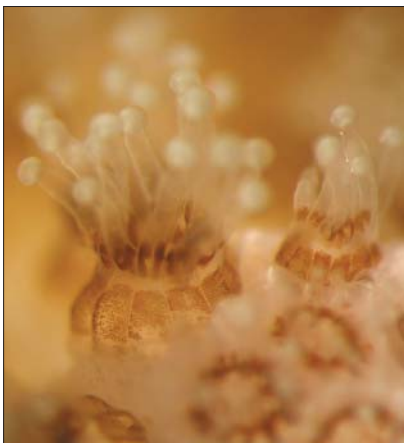
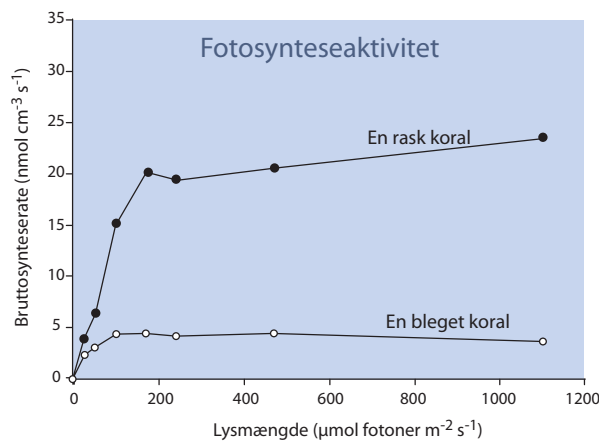


Foto: K. Ulstrup

Nærbillede af blomkålskoral hvor mikroskopiske zooxantheller anes som små brune pletter. Desuden ses tentaklerne som den bruger til at fange små dyr i vandet.



Fotosynteseaktiviteten målt som iltproduktion er markant reduceret i en bleget i forhold til en rask kålformet *Turbinaria reniformis* koral.

truer koralrevenes eksistens.

Som noget bemærkelsesværdigt har man i mange koraller fundet flere typer zooxantheller på én gang. Det har fået forskere til at spekulere på, om det er muligt for korallen opportunistisk at "blande" zooxantheltyper, således at de er bedre rustet til at klare de miljøforandringer, de til stadighed står over for. Denne form for aktiv blanding af zooxantheller er indtil videre dokumenteret i tidlige livssta-

dier hos koraller samt i koraller, som eksperimentelt har været udsat for en ændring i deres normale temperaturmiljø eller hos sygdomsplagede koraller.

Fremtidens koralrev

Hvis temperaturudviklingen fortsætter den stigende tendens, antages det, at vi i slutningen af det 21. århundrede vil have mistet op mod 90 % af verdens koralrev.

I kampen for at bevare koral-

revene er marine nationalparker anlagt flere steder i verden. Det Store Barriere Rev ud for Australiens østkyst er således verdens største marine nationalpark som dækker over 350.000 km² – et område over syv gange større end Danmark. Herhjemme findes der endnu ingen marine nationalparker. Dog er visse områder såsom de sjældne boblerev, som er levested for koldt vandskoraller, fredede i Kattegat. ■

Om forfatteren



Karin E. Ulstrup er post. doc. ved Marinbiologisk Laboratorium Københavns Universitet Strandpromenaden 5 3000 Helsingør Email: kulstrup@bi.ku.dk Tlf.: 35321987

Videre læsning:

Abrego D, Ulstrup KE, Willis BL, van Oppen MJH (2008) Species-specific host-symbiont interactions define the bleaching response of corals to heat and light stress. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 275:2273-2282

Ulstrup KE, Berkelmans R, Ralph PJ, van Oppen MJH (2006) Variation in bleaching sensitivity of two coral species across a latitudinal gradient on the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* 314:135-148

Veron JEN (2000) *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science.