



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Environmental controls of coral growth: Data driven multi-scale analyses of rates and patterns of growth in massive *Porites* corals around the Thai-Malay Peninsula

Tanzil, J.T.I.

**Publication date**  
2013

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

Tanzil, J. T. I. (2013). *Environmental controls of coral growth: Data driven multi-scale analyses of rates and patterns of growth in massive *Porites* corals around the Thai-Malay Peninsula*.

#### **General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

#### **Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

## Nederlandse samenvatting

In tropische koraalriffen vormen de hermatypische scleractinia of “rif-bouwende” koralen de ruggegraat van het ecosysteem. Deze koralen leven in symbiose met algen, de zogenaamde zooxanthellae (*Symbiodinium spp.*) en produceren grote hoeveelheden calciumcarbonaat tijdens de groei ( $\sim 2\text{--}6 \text{ kg m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ ). Het vermogen van koralen om sneller te calcificeren dan de snelheid waarmee biologische, chemische en fysische erosie plaatsvindt en de mate waarin calciumcarbonaat oplost van het koraal, leidt tot het ontstaan van een driedimensionaal rif bouwwerk met een hoge productiviteit en biodiversiteit kenmerkend voor koraalriffen. De snelheid van skeletgroei van koralen is niet alleen essentieel voor het eigen voortbestaan van het koraal en ecologische succes, maar bepaalt ook de mate waarin koralen competitie kunnen voeren om licht en ruimte, het vermogen om van schade te herstellen veroorzaakt door menselijke activiteiten, stormen, begrazing en bioerosie en heeft belangrijke gevolgen voor het vermogen van koraalriffen om te herstellen van verstoringen.

Deze thesis onderzoekt de mogelijke invloed van de omgeving op koraal calcificatie door de analyse van patronen op een grote spatio-temporele schaal veroorzaakt door verstoringen die gerelateerd kunnen worden aan door de mens veroorzaakte klimaats veranderingen. Voor dit doel hebben we de tropische equatoriale riffen (met een gemiddelde jaarlijkse temperatuur van het oppervlakte zeewater groter dan  $28^\circ\text{C}$ ) rond het Thais-Maleise schiereiland in Zuid-Oost Azië onderzocht. Deze riffen bevinden zich aan de westelijke grens van de “koraal-driehoek”, de verwachting is dat verhoogde zeevatertemperaturen en oceaanzuuring hier een geprononceerd en gecombineerd effect vertonen, daarnaast is er nog maar weinig onderzoek in dit gebied gedaan. Het doel van deze thesis is een beter begrip van omgevingsinvloeden op calcificatie te verkrijgen om daarmee toekomstige patronen en gevolgen van omgevingsinvloeden op koraalriffen te kunnen voorspellen.

Door de luminescentie en dichtheid van jaarlijkse groeiringen te analyseren (sclerochronologie) zijn we in staat groeisnelheden en patronen uit het verleden in massieve *Porites* koralen te reconstrueren. De koralen zijn op verschillende locaties verzameld in de context van een veranderd klimaat en omgeving. De massieve *Porites spp* zijn niet alleen onderzocht omdat deze koralen veel worden gebruikt in sclerochronologische studies in het Indo-Pacifische gebied, maar ook omdat dit het meest dominante koraal genus in het gebied van onderzoek is. Veranderingen in groeisnelheden en patronen kunnen potentieel gevolgen voor de aangroeisnelheden van het koraalrif op regionale schaal.

**In Hoofdstuk 2** beginnen we met het vergelijken van groeisnelheden van het massieve koraal *Porites lutea* afkomstig van acht riffen bij Phuket, Zuid Thailand ( $\sim 7.5\text{--}8^\circ\text{N}$ ,  $\sim 98\text{--}99^\circ\text{E}$ ) en verzameld tussen december 1984–november 1986 en

december 2003–november 2005. In deze analyse hebben we een significante afname in koraal calcificatie (23.5%) en een gereduceerde lineaire extensie snelheid (19.4–23.4%), bij een gelijkblijvende algehele dichtheid van het skelet, gevonden in de twee bemonsterings periodes op een aantal riffen. Bij het onderzoek naar veranderingen in de groei van koralen in de context van lange termijn klimaatsveranderingen (bijvoorbeeld veranderingen in regenval, windsnelheden, zeeniveau, zonnestraling en zeewatertemperatuur) vonden we een verband tussen de afname in lineaire extensie snelheden en toenemende zeewater temperaturen in de orde van 46–56% voor iedere 1°C toename in zeewater temperatuur. De blijkbare gevoeligheid van lineaire extensie snelheden in *P. lutea* voor toenemende zeewater temperaturen suggereert dat koralen rond Phuket al worden blootgesteld aan temperaturen boven het temperatuur optimum voor skelet groei. Significante afnames in groeisnelheden werden uiteindelijk alleen in 3 van de 8 bemonsterde riffen gevonden. Meer validatie studies zijn hier noodzakelijk om de oorzaak en de ernst van veranderingen in groei en de relatie tussen opwarmende zeeën vast te stellen.

In **Hoofdstuk 3** hebben we de sclerochronologische methode uit Hoofdstuk 2 toegepast in een onderzoek aan de groei met een significant grotere spatio-temporele schaal. Meer dan 30 jaar aan informatie over het groeiproces werd verkregen door koralen te bemonsteren uit 15 riffen uit 6 locaties in het biogeografische gebied rond het Thais-Maleise schiereiland. Deze studie beslaat meer dan 1600km kustlijn binnen de 0–8°N en 98–105°E zone aan de westelijke grens van de ‘‘koralen driehoek’’. In dit onderzoek werden onze eerdere resultaten uit hoofdstuk 2 bevestigd en vonden we over de hele regio afnames in de calcificatie snelheid in massieve *Porites ssp.* (~18.6%), in de lineaire extensie snelheid (~15.4%) en de algehele skelet dichtheid (~3.9%) in de periode 1980–2010. Afnames in calcificatie en lineaire extensie snelheid werden geobserveerd in vijf van de zes locaties en varieerde respectievelijk van ~17.2–21.3% en ~11.4–19.6% , terwijl de afname in algehele skelet dichtheid alleen werd waargenomen op twee locaties (~6.9% en ~10.7%). Een significant verband tussen regio- wijde groeisnelheden en gemiddelde jaarlijkse zeewater temperaturen werd gevonden. Dit is consistent met de resultaten in Hoofdstuk 2. *Porites spp* laat een hoge thermale drempelwaarde van ~29.4°C zien voordat de calcificatie snelheden afnemen. Gezien het feit dat *Porites spp* de belangrijkste rifbouwers zijn rond Zuidwest Azië, is deze regio-wijde groei afname een bron van zorg voor de toekomstige aangroei van het rif en de mate van ‘‘veerkracht’’ van het rif ten aanzien van verstoringen. Gegeven de geobserveerde snelheid waarmee de zee opwarmt en de daarmee samenhangende afname in calcificatie, wordt in een lineaire projectie gesuggereerd dat de massieve *Porites* koralen rond het Thais-Maleise schiereiland kunnen gaan ophouden met calcificeren in de volgende ~150 jaar. Onderzoek aan de groei respons op individuele locatie schaal (bijvoorbeeld op de schaal van eilanden) laat echter meer variabele verbanden zien tussen zeewater temperaturen en calcificatie snelheden. Deze variabiliteit suggereert dat

toekomstige groeisnelheden en veranderings patronen binnen de regio waarschijnlijk niet uniform zullen zijn en enkel en alleen afhankelijk zijn van veranderingen van de temperatuur in de omgeving, waarschijnlijk zullen sommige riffen in de nabije toekomst het veel slechter doen en andere riffen het juist beter doen.

Hoofdstukken 2 en 3 laten het effect zien van chronische temperatuur verstoring op de groei van koralen op de lange termijn. **In Hoofdstuk 4** laten we de resultaten zien van abnormale acute temperatuur verstoringen op koraal calcificatie in een rif systeem. In dit hoofdstuk worden de consequenties van een massale ‘‘coral bleaching’’ gebeurtenis in 2010 rond Phuket, Zuid Thailand als gevolg van een abnormale zeewater temperatuur stijging door een El-Niño fase van de El-Niño Southern Oscillation (ENSO) geanalyseerd. Acute temperatuur stress kan leiden tot het beëindigen van de relatie tussen het koraal en zijn symbiotische algen (de zooxanthellae) die verantwoordelijk zijn voor tot 90% van het koraal’s dagelijkse energie budget. Dit verschijnsel wordt meestal aangeduid als ‘‘coral bleaching’’ en wordt zichtbaar door een verlies in kleur van het koraal (zie fig. 1.5), het ‘‘bleken’’ van het koraal. In dit hoofdstuk analyseren en vergelijken we de lineaire groei snelheden van verschillende *Porites lutea* koralen die sterk gebleekt waren en in *Porites lutea* koralen die minder zichtbaar of gedeeltelijk waren gebleekt, voor en na de bleaching gebeurtenis van 2010 rond Phuket, Thailand. In de periode na de bleaching gebeurtenis (juni 2010–januari 2011) vonden we een significante afname in de waarde van de lineaire extensie snelheden in zowel de sterk gebleekte als in de gedeeltelijk gebleekte koralen, vergeleken met de waarden voor de bleaching gebeurtenis (de groei in de periode december 2008–november 2009). De lineaire extensie snelheid is op een dramatische met ~27.6% afgenomen in de ernstige gebleekte koralen vergeleken met de ~7.2% in de gedeeltelijk gebleekte kolonies. De resultaten in hoofdstuk 4 zijn consistent met eerdere observaties met betrekking tot de nadelige effecten van coral bleaching op de skeletogenese. Deze observaties suggereren dat het afremmen van de groei als gevolg van temperatuur stress voor het grootste deel toegeschreven kan worden aan het verlies van de zooxanthellae of het beëindigen van de symbiose met deze zooxanthellae.

De jaarlijkse groei increment informatie beschreven in de Hoofdstukken 2–4 en ook die in de meeste andere sclerochronologische studies is verkregen door analyse van dichtheids en luminescentie banden in het koraal skelet (see Fig. 5.2). De wijze waarop jaarlijkse groei incrementen zijn gedefinieerd gaat uit van de aanname dat de tijd waarop een band gevormd wordt (het afzetten van licht/donkere luminescente of hoge/lage dichtheidsbanden) plaatvindt rond hetzelfde tijdstip in een jaar en dat deze ‘‘jaren’’ die op deze manier gedefinieerd zijn, niet veel afwijken van een periode van ~12 maanden van groei. Uiteindelijk is het begrijpen van de achterliggende oorzaak hoe deze gebandeerde patronen ontstaan, cruciaal om accurate metingen van groei en sclerochronologie te kunnen doen. In **Hoofdstuk 5** hebben we alizarine kleuringen en bemonsteringen van koralen over

een periode van ~2 jaar gedaan om de jaarlijkse oorzaak van de dichtheids- en luminescentie banden die gebruikt worden om de koraal groei parameters te meten, te valideren. We hebben ook een test uitgevoerd om de relatie tussen de banderingspatronen en de omgevings variabelen te bepalen met als doel het identificeren van potentiële veroorzakers van de banderingspatronen in de massieve *Porites* koralen rond het Thais-Maleise schiereiland. In dit onderzoek hebben we riffen aan de oostkant (bijvoorbeeld Phuket, P. Payar, Port Dickson) vergeleken met de westkust (P. Redang, P. Tioman, Singapore) van het Thais-Maleise schiereiland. Deze riffen hebben vergelijkbare omgevingsomstandigheden (bijvoorbeeld de oppervlakte zeewater temperatuur), terwijl andere parameters specifiek zijn voor de locatie (bijvoorbeeld regenval, wind) en representeren een natuurlijk experiment om variaties in banderingspatronen te onderzoeken en hun relatie met geselecteerde omgevingsparameters. In dit onderzoek vonden we locatie-specifieke banderingspatronen in luminescentie bij alle zes onderzochte locaties, terwijl dit voor de banderingspatronen in dichtheid alleen in 4 van 6 locaties gevonden werd. We hebben de aanname dat de banderingspatronen een jaarlijks groei vertegenwoordigen gevalideerd, waarmee we de betrouwbaarheid van onze resultaten in Hoofdstukken 2–4 met betrekking tot veranderingen in jaarlijkse groeisnelheden kunnen versterken. Onze resultaten bevestigen de waarneming dat de variatie in luminescentie wordt bepaald door afvoer van rivier sediment, terwijl de variatie in skelet dichtheden waarschijnlijk bepaald wordt door veranderingen in waterstroming/hydraulische energie, of een daarmee gerelateerde parameter.

In deze thesis hebben we laten zien dat stijgende zeewater temperaturen de meest waarschijnlijke omgevings factor is, die een significante afname in groeisnelheden in de massieve *Porites* koralen rond het Thais-Maleisisch schiereiland veroorzaakt. Alhoewel deze relatie op een grotere regionale schaal relatief duidelijk is, laat de respons in groei op een rif en eiland schaal een grote variabiliteit zien. Meer onderzoek is nodig om te achterhalen wat de lokale omgevingsfactoren zijn achter de variaties in groei, dit is cruciaal om te kunnen voorspellen hoe de respons van gebied-specifieke koraal riffen zal zijn op toekomstige veranderingen in klimaat en in de omgeving. Deze kennis zou het mogelijk maken om riffen te identificeren welke onder verslechterende omstandigheden in de omgeving een hogere “veerkracht” vertonen (zoals meetbaar in groeisnelheden) vergeleken met andere riffen. Dergelijke riffen kunnen daardoor een hogere beschermingswaarde hebben en misschien dienst doen als refugia voor koralen en soorten geassocieerd met koralen, in een onzekere toekomst.