

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/20260> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Becking, Leontine Elisabeth

Title: Marine lakes of Indonesia

Date: 2012-12-04

Dit proefschrift beoogt inzicht te geven in de processen die een rol spelen in biodiversiteit van tropische kustgebieden. Daarbij worden mariene meren, dat wil zeggen door land omsloten delen van de zee, als model gebruikt. Lange tijd werd aangenomen dat in zee levende soorten grote verspreidingsgebieden en grote populaties hebben, waardoor ze minder sterke barrières bij hun dispersie zouden ondervinden dan organismen op het land. Recent populatie genetisch en fylogenetisch onderzoek laat echter zien dat er ook op kleine schaal al grote genetische differentiatie kan voorkomen. Dit betekent dat er aanzienlijk meer barrières voor dispersie, en daaraan gerelateerde mogelijkheden voor allopatrische soortsvorming, zijn voor mariene organismen dan aanvankelijk vermoed werd. Onderzoek naar mariene meren, die gekenmerkt zijn door duidelijk omschreven barrières, kan nieuwe inzichten opleveren in de ecologische en evolutionaire processen die van invloed zijn op de verspreidingspatronen van tropische mariene soorten.

In dit proefschrift komen uiteenlopende aspecten van deze relatief onbekende habitats aan de orde. Het gaat om zogenaamde anchialine systemen, kleine zeewaterlichamen, die alleen door ondergrondse verbindingen via kanalen of door poreus gesteente met de open zee in verbinding staan. Daardoor bevatten ze zout of brak water, in tegenstelling tot “normale” meren die uit zoet water bestaan. De mariene meren bevinden zich vaak in glooiend landschap, waardoor ze vanaf de kust niet zichtbaar zijn. Het is dan ook onbekend hoeveel van dergelijke meren er precies op de wereld bestaan; naar schatting zijn het er ongeveer 200. In gebieden met uitgebreide karstlandschappen, zoals Kroatië, Bermuda, Vietnam, Palau en Indonesië, bevinden zich concentraties van 10 of meer meren. De weinige studies naar de biodiversiteit van mariene meren, uitgevoerd in Palau en Vietnam voordat mijn promotieonderzoek begon, laten zien dat die meren gekenmerkt worden door sterk geïsoleerde populaties en een groot aantal soorten die buiten de meren niet aanwezig zijn of zeer zeldzaam zijn. Deze bevindingen geven aan dat het om opmerkelijke ecosystemen gaat, die nog veel mogelijkheid bieden voor onderzoek aan mariene biodiversiteit en evolutie. Mariene meren kunnen als natuurlijke laboratoria worden beschouwd, waarmee veel ecologisch-evolutionaire vraagstukken bestudeerd kunnen worden.

Voor dit onderzoek zijn mariene meren onderzocht die onlangs ontdekt zijn in twee regio's in Indonesië: Berau in Oost Kalimantan (Borneo) en Raja Ampat in West Papua (Nieuw Guinea). De volgende vragen zijn daarbij aan de orde gekomen:

1. Welke verschillende soorten mariene meren zijn er te onderscheiden in Indonesië?
2. In welke mate verschillen de soortengemeenschappen die we in mariene meren aantreffen van die in de nabijgelegen habitats in zee en aan de kust?
3. In welke mate zijn de populaties in de mariene meren geïsoleerd?
4. Kunnen mariene meren beschouwd worden als natuurlijke laboratoria van evolutie?

Bij aanvang van mijn promotieonderzoek in 2007 was er zeer weinig bekend over de mariene meren in Indonesië. Daarom was beschrijvend veldonderzoek een eerste vereiste voordat verder analytisch werk

mogelijk was. Om de biodiversiteit van de meren te onderzoeken, was gekozen voor sponzen als indicator-soorten. Ze zijn dominant aanwezig in de meren en spelen een belangrijke rol in de nabijgelegen koraalriffen en mangroves door hun soortenrijkdom, biomassa, en filteractiviteiten.

Om vast te stellen in hoeverre mariene meren geïsoleerde habitats zijn, is gekeken naar drie aspecten:

- (a) De omvang van de uitwisseling van water tussen het meer en de zee. De hoeveelheid water-uitwisseling kan dienen als een benadering voor de mate van fysieke isolatie.
- (b) De patronen van soortenassemblages van sponzen. Variatie in de compositie van soortenassemblages tussen de uiteenlopende locaties kan informatie verschaffen over de mogelijkheden tot verspreiding in het mariene milieu.
- (c) De genetische patronen van populaties van twee model-soorten uit mariene meren: de spons *Suberites diversicolor* (Porifera: Demospongiae: Hadromerida: Suberitidae) en de mossel *Brachidontes* sp. (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae). Met behulp van moleculaire methoden kan de mate van diversiteit binnen populaties, alsook de mate van genetische verwantschap en samenhang ('gene flow') tussen natuurlijke populaties worden bepaald.

Als de meren in open verbinding zouden staan, met elkaar en met de zee, dan is de verwachting dat er dezelfde soortensamenstellingen gevonden zullen worden en dat er weinig genetische differentiatie zal zijn tussen de populaties.

1. *Welke verschillende soorten mariene meren zijn er te onderscheiden in Indonesië?*

We zien een grote diversiteit aan mariene meren in Indonesië (HOOFDSTUK 1). Ook moeten veel meren nog nader gedocumenteerd worden. Er is een gradiënt in de mate van verbinding tussen meer en zee. Een meer met een relatief grote zeeverbinding lijkt op een lagune, zowel in waterchemie als in biota, terwijl de meer geïsoleerde meren vooral brak water bevatten en unieke soorten die zelden of nooit in zee gevonden worden.

2. *In welke mate verschillen de soorten die we in mariene meren aantreffen van die in de nabijgelegen habitats in zee en aan de kust?*

De samenstelling van de sponzenfauna is systematisch en kwantitatief gemeten in mariene meren, kustmangroves en koraalriffen in Berau (Oost-Kalimantan, Indonesië). Deze studies laten zien dat mariene meren een significant andere sponzenfauna bevatten dan daarbuiten voorkomt, met slechts een gedeelte van de nabijgelegen zeefauna (HOOFDSTUKKEN 2, 3, 4 & 5). De sponssoorten in de meren kunnen in drie groepen worden onderverdeeld: (a) endemische soorten, die slechts in één meer voorkomen; (b) soorten die in verschillende meren voorkomen, maar niet daarbuiten ('meersoorten'); en (c) wijdverbreide soorten, die behalve in de meren ook in zee voorkomen. Mariene meren dragen significant bij aan de lokale soortendiversiteit door de aanwezigheid van endemen en meersoorten. Meer dan de helft van de sponssoorten in de meren hebben nog geen wetenschappelijke naam en moeten dus nog beschreven worden. (HOOFDSTUKKEN 1, 2, 3, 4 & 5).

3. In welke mate zijn de populaties in de mariene meren geïsoleerd?

De meren bevatten een unieke diversiteit aan soorten en bovendien endemische genetische varianten (HOOFDSTUKKEN 6 & 7). In de populaties van zowel de spons *Suberites diversicolor* als de mossel *Brachidontes* sp. werden twee genetisch sterk verschillende varianten gevonden, die mogelijk als morfologisch cryptische soorten geïnterpreteerd moeten worden. De patronen van genetische variatie die in de meren gevonden zijn, lijken sterk op wat bekend is van populaties in geïsoleerde omgevingen (HOOFDSTUKKEN 6 & 7). In zowel de spons- als de mosselsoort zien we een patroon van lokale diversificatie in het grootste en meest geïsoleerde mariene meer in Indonesië (het Kakaban-meer in Oost-Kalimantan). Isolatie van populaties en soortengroepen in mariene meren kan ontstaan als gevolg van sterk isolerende barrières en/of door verschillende selectieregimes in de meren. Het gesteente tussen de meren en de zee, hoewel poreus, kan een belangrijke barrière vormen voor dispersie van een soort. Indien een immigrant een meer wel kan bereiken, bestaat de kans dat deze het niet overleeft door de milieufactoren binnen het meer of door competitie met de daar reeds aanwezige organismen.

4. Zijn mariene meren natuurlijke laboratoria van evolutie?

De onderzochte mariene meren kunnen niet ouder zijn dan 15.000 jaar, maar toch lijkt veel van de diversiteit in soorten en genetische samenstelling beperkt te zijn tot elk meer afzonderlijk (alle HOOFDSTUKKEN). Een gebied met een hoog endemisme kan een centrum zijn waar soorten ontstaan en blijven bestaan ('kraamkamers'), maar kan juist ook het laatste gebied zijn waar een vroeger wijdverbreide soort nog overgebleven is ('refugium'). Beide scenario's kunnen van toepassing zijn op mariene meren. Het lijken inderdaad kraamkamers voor diversiteit te zijn, gezien de recent gedivergeerde en snel evoluerende populaties die er worden aangetroffen (HOOFDSTUKKEN 6 & 7). De meren zouden tevens ook als refugia kunnen dienen voor elders uitgestorven organismen, relictten uit de vroegere zee-fauna of uit oudere anchialine systemen (HOOFDSTUKKEN 3, 6 & 7). Gezien de hoge mate van endemisme die er wordt aangetroffen is het aannemelijk dat de meren habitats zijn waarin allopatrische differentiatie uiteindelijk tot soortvorming kan leiden. Dit proefschrift geeft slechts een voorzichtig beeld van de gevolgen van kortstondige isolatie op de mariene biodiversiteit. Verdere studie aan mariene meren kan een beter begrip bewerkstelligen van de snelheid en de aard van relatief snelle evolutionaire processen in tropische mariene ecosystemen.

De resultaten van dit promotieonderzoek hebben belangrijke implicaties voor natuurbescherming. Mariene meren lijken op eilandsystemen: ze zijn geografisch goed gedefinieerd (HOOFDSTUK 1), ze bevatten unieke, geïsoleerde biota (HOOFDSTUKKEN 6 & 7), waarbij een groot deel van de soorten endemisch is of in ieder geval elders zeldzaam is (HOOFDSTUKKEN 2, 3, 4 & 5). Net als eilanden zijn deze meren erg gevoelig voor veranderingen door menselijk toedoen, bijvoorbeeld de introductie van invasieve soorten. Dit proefschrift laat zien dat veel van de soortendiversiteit nog niet beschreven is. Juist om die reden en vanwege hun verschillende uitzonderlijke eigenschappen verdienen mariene meren een belangrijke rol in de natuurbescherming, zowel in Berau als Raja Ampat.

