

VU Research Portal

Dynamics of Pleistocene climate change in the South Atlantic Ocean

Scussolini, P.

2014

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Scussolini, P. (2014). *Dynamics of Pleistocene climate change in the South Atlantic Ocean*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Dynamiek van Pleistocene klimaatveranderingen in de Zuid-Atlantische Oceaan (Samenvatting in het Nederlands)

Dit proefschrift gaat over de reconstructie van klimatologische kenmerken uit het verleden. Het onderzoek richt zich in het bijzonder op de klimaatgeschiedenis van de Zuid-Atlantische Oceaan gedurende periodes van grootschalige klimatologische verschuivingen tijdens het Pleistoceen. Een goed begrip van deze verschuivingen en de dynamiek erachter is van essentieel belang om de huidige klimaatverandering en de consequenties daarvan te doorgronden.

Uit klimatologische reconstructies voor het Pleistoceen, is gebleken dat de gemiddelde temperatuur en de samenstelling van de atmosfeer en van de oceanen, varieerde op tijdschalen van duizenden tot miljoenen jaren. De belangrijkste oorzaak hiervoor ligt verborgen in twee sturende factoren, ook wel forceringen genoemd, t.w. de verschuiving van continenten en veranderingen in de ruimtelijke verdeling van ontvangen zonnestraling. Deze laatste factor hangt samen met veranderingen in de drie parameters die de aardbaan en stand van de aardas ten opzichte van de zon karakteriseren (de z.g. orbitale parameters): 1) excentriciteit, of de mate van afwijking in de ellipsvormige baan van de aarde om de zon, 2) de scheefstand of de kanteling van rotatie-as van de aarde ten opzichte van het baanvlak, en 3) de precessie van de equinoxen, ofwel de oriëntatie van de rotatie-as ten opzichte van het firmament. De combinatie van de frequenties van verandering in deze drie parameters heeft in het Pleistoceen geleid tot een periodieke verandering van de toestand van het klimaatsysteem, dat daardoor varieerde tussen ijstijden en tussenijstijden: de glaciaal-interglaciaal (G-IG) cycli.

Paleoklimaatonderzoek ontrafelt de fysische mechanismen achter deze cycli en andere variaties in het klimaat. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zogeheten proxy data, d.w.z. geologische gegevens waarin informatie over klimaatveranderingen uit het verleden ligt opgeslagen. Recente verbeteringen van deze klimaatproxies stellen ons in staat de geschiedenis van regionale en wereldwijde klimatologische veranderingen en de ouderdom daarvan te reconstrueren met een hogere precisie en nauwkeurigheid. Een achterliggend doel van paleoklimaatreconstructies, zoals gepresenteerd in dit proefschrift, is om onze kennis over het klimaat uit het verleden verbeteren. Deze kennis, op zijn beurt, is een voorwaarde voor een goede voorspelling van de respons van het systeem op de huidige en toekomstige antropogene invloed op het klimaat.

De oceanen zijn een belangrijk onderdeel van het klimaatsysteem. Oceanen beïnvloeden het klimaatsysteem op verschillende manieren. Een zeer belangrijke rol

van oceanen is het transport van warmte van de tropen richting beide polen. Dit transport vindt plaats door de oceaancirculatie. De grootschalige circulatie in de Atlantische Oceaan, de zogenaamde Atlantische meridionale omslag (*eng.* 'overturning') circulatie (AMOC), is hierbij met name van belang. Het is gebleken dat de AMOC een zeer gevoelig onderdeel is van het klimaatsysteem.

Een belangrijke eigenschap van de AMOC is dat er netto warmte vanuit de zuidelijke Atlantische Oceaan, en met name de tropen, naar het noorden van de Atlantische Oceaan wordt getransporteerd. Recentelijk is gebleken dat processen in het zuidelijk deel van de Atlantische Oceaan zeer belangrijk zijn voor het evenwicht en de variabiliteit van de AMOC, en dus van het hele klimaatsysteem. Dit ondersteunt het belang van wetenschappelijk onderzoek dat gericht is op een beter begrip van de processen in de zuidelijke Atlantische Oceaan in het geologisch verleden. Dit is het onderwerp van dit proefschrift.

Vanuit de Indische Oceaan stroomt regelmatig relatief warm en zout water naar de Zuid Atlantische Oceaan (de z.g. Agulhas "leakage", oftewel lek, hierna AL genoemd). Dit gebeurt in ringstructuren, de zogeheten Agulhas wervels. Deze Agulhas wervels, ook wel Agulhas ringen genoemd, vormen een belangrijke component van de bovenste tak van de AMOC. Aangezien AL een gevoelige en invloedrijke schakel is in het klimaatsysteem, is het cruciaal om de relaties met de andere onderdelen van het klimaat op aarde goed te begrijpen. Voor de sterkte van de AL is de ligging van de polaire en subpolaire fronten in de zuidelijke Atlantische Oceaan van belang. Tijdens de Pleistocene ijstijden hadden deze fronten een meer noordelijke ligging, wat een verzwakking van de AL zou kunnen hebben betekend. Anderzijds zou tijdens de overgang van glacialen naar interglacialen (de z.g. glaciaire terminaties), een zuidwaartse verschuiving van fronten, en de daarmee gepaard gaande windsystemen, een doorgang naar de Zuid-Atlantische Oceaan kunnen hebben geopend die groter is dan tegenwoordig, waardoor de AL sterker kon zijn.

De verschillende delen van het paleo Agulhasstelsel zijn recentelijk onderzocht, dat wil zeggen, de noordelijke en zuidelijke Agulhas stroom, de AL, de retroreflectie en de Agulhas terug stroming. Tot nu toe heeft weinig onderzoek zich gericht op het effect van de AL in de Atlantische Oceaan. Het onderzoek in dit proefschrift richt zich op de paleoceanografie van het zuidoosten van de Atlantische Oceaan en het westen van de tropische Atlantische Oceaan. Beide locaties bevinden zich 'stroomafwaarts' van AL. Mijn onderzoek richt zich met name op de vraagstelling of de AL een meetbaar effect op de AMOC heeft gehad tijdens periodes van klimaatverandering. Hiervoor werden twee mariene sedimentkernen bestudeerd, één proximaal gelegen ten opzichte van het AL-gebied op de Walvis Rug in de Zuid Atlantische Oceaan, en één distaal gelegen, in de tropische Westelijke Atlantische Oceaan.

Teneinde de paleoceanografie te reconstrueren, heb ik gebruik gemaakt van proxies. Door de geochemie te meten van fossiele planktonische foraminiferen, dat zijn microscopisch kleine schelpjes uit mariene sedimenten, heb ik de eigenschappen van de top van de waterkolom van deze twee locaties gereconstrueerd. De **proximale kern 64PE-174P13** is afkomstig van de centrale Walvis Rug, op de oostelijke flank

van de grote Zuid Atlantische subtropische wervel; een locatie die op dit moment onder de route van de Agulhas ringen ligt. Dit maakt deze locatie geschikt voor onderzoek naar de gevolgen van de Agulhas water in deze regio. De **distale kern MD09 – 3246** is afkomstig van de westelijke tropische Atlantische Oceaan, verder stroomafwaarts van de AL. Deze kern werd genomen in de buurt van het continentaal plat van noordoost Brazilië, op een waterdiepte van 900 m.

In hoofdstuk 2 richt ik mij op de volgende onderzoeksvragen: 1) Hoe is de stratificatie van de Zuid-Atlantische Oceaan veranderd tijdens Pleistocene klimaatveranderingen? En 2) wat is de relatie in tijd en ruimte van deze veranderingen met de aanvoer van de Indische Oceaan water? Voor dit doel genereerde ik twee zuurstofisotopen proxy tijdseries, voor de hele kern, voor twee soorten planktonische foraminiferen met verschillende calcificatiedieptes. De resultaten tonen aan dat **het verschil tussen de diep en ondiep levende soorten als maat gebruikt kan worden voor de oceaanstratificatie. De resulterende curve laat een zaagtand patroon zien, die strikt samenhangt met de G-IG cycli.** Stratificatie was minimaal tijdens interglacialen, nam toe tot de volgende glaciële terminatie en daalde daarna relatief snel. Eerder waargenomen variaties in de AL zijn de waarschijnlijke oorzaak van **dit** waargenomen patroon in het zuidoosten van de Atlantische Oceaan.

In hoofdstuk 3 ligt de focus op een interval van prominente klimaatverandering, gedurende de voorlaatste glaciële terminatie (T-II), ongeveer 130.000 jaar geleden. In dit hoofdstuk richt ik mij voornamelijk op de vraag of de eerder waargenomen toename in AL doorgedrongen is tot de subtropische wervel circulatie. De uitkomst van het onderzoek bevestigt deze onderzoeksvraag. Gebruikmakend van oceanografische tijdreeksen met een hoog oplossend vermogen die gemaakt zijn met een oceaancirculatiemodel, wordt onthuld dat variabiliteit in hoge dichtheid op thermocliene diepte over de Walvis Rug verband houdt met de passage van Agulhas wervels. Op basis van deze waarneming werd een nieuwe proxy ontwikkeld met behulp van de geochemische variabiliteit van planktonische foraminiferen welke leven in de thermocliene. Dit toont aan dat er meer paleo-Agulhas ringen waren op deze **locatie** tijdens T-II. Dit bevestigt de hypothese dat de AL een prominente rol heeft gespeeld in de AMOC tijdens deze glaciële terminatie.

In **hoofdstuk 4**, richt ik mij wederom op T - II, maar nu ben ik geïnteresseerd in het verbinden van veranderingen in de temperatuur en het zoutgehalte aan variabiliteit in AL. Mijn interesse gaat hier in het bijzonder uit naar het begrijpen van de rol van temperatuur en het zoutgehalte in de context van oceanografische veranderingen in de Atlantische Oceaan. Om hier meer inzicht in te krijgen zijn proxies voor temperatuur en zoutgehalte ontwikkeld voor verschillende diepten in de waterkolom. De resultaten tonen een hoge correlatie van zoutgehalte met de proxy voor Agulhas ringen uit hoofdstuk 3. Deze correlatie suggereert dat **de zuidoostelijke Atlantische Oceaan sterk onder de invloed lag van oceaانwater dat zijn oorsprong had in de Indische Oceaan.** Bovendien wijzen de resultaten op een negatief drijfvermogen van de AL verder stroomafwaarts, mogelijk als gevolg van de afname van de water temperatuur in het Kaap Bekken (waar het Indische Oceaanwater de Atlantische Oceaan instroomt). Een ander belangrijk resultaat van deze studie is dat de

gereconstrueerde zeeoppervlaktetemperaturen en zoutgehaltes een omslag tonen van hoge naar lage waarden tijdens T-II (~133-134 duizend jaar geleden). Dit omslagpunt blijkt exact samen te vallen met veranderingen in het Kaap Bekken, die eerder werden gedetecteerd in een andere onafhankelijke studie.

Tevens blijkt dat deze Zuid-Atlantische omkeringen synchroon plaatsvinden met klimaatsveranderingen in het noordelijk halfrond.

Daarom wordt de volgende hypothese naar voren gebracht: **de Zuid-Atlantische oceaan reageert op de tegengestelde temperatuurresponse op beide halfronden (opwarming in het noorden, afkoeling in het zuiden, het z.g. “see-saw” effect) dat een gevolg is van de tussentijdse hervatting van de AMOC tijdens T-II**, in navolging van de gebeurtenissen van T-I .

Verder presenteert dit proefschrift het werk dat ik heb gedaan aan een mariene sediment kern uit de westelijke tropische Atlantische Oceaan. Het onderzoek aan kern MD09–3246 richt zich voornamelijk op de sedimentologie van deze kern, en de relatie met veranderingen in atmosferische circulatie. Er is reeds aangetoond dat neerslag in het noordoostelijke deel van het Braziliaanse continent toenam tijdens perioden van abrupte afkoeling in het Noord-Atlantisch gebied gedurende de laatste ijstijd.

Een recente onderzoeksvraag is of verplaatsingen van de inter-tropische neerslag gordel, ook wel inter-tropische convergentie zone (ITCZ) genoemd, synchroon waren met andere tropische klimaatveranderingen tijdens het Pleistoceen. Met andere woorden, ik heb me de vraag gesteld of er sprake zou kunnen zijn van een zogenaamd wereldwijd moesson systeem. Om dit te beantwoorden heb ik in **hoofdstuk 5** een reconstructie gemaakt van de neerslagvariaties over de laatste 420 duizend jaar.

Ik vergeleek deze gegevens met paleohydrologische reconstructies uit Brazilië en andere delen van de wereld, waaronder Azië en Groenland. Ik concludeer dat gedurende de laatste 420 duizend jaar zowel de Zuid-Amerikaanse Moesson als het effect van regionale instraling, maar ook forcering op hoge breedtegraden van invloed zijn geweest op de verplaatsing van de ITCZ. Een belangrijke implicatie van deze resultaten is dat de Zuid-Amerikaanse moesson lijkt te zijn gekoppeld (in anti fase), met de Oost-Aziatische moesson tijdens het laat Pleistoceen. Ingaand op het recente debat over het mogelijke bestaan van een wereldwijd paleomoessonsysteem, laat ik zien dat de paleomoessonsystemen uit Zuid-Amerika en Oost-Azië reagerden op koude fasen op gematigde en hogere breedtegraden van het noordelijk halfrond gedurende de laatste vier glaciale-interglaciale cycli. Dit alles wijst op Pleistocene persistentie van een wereldwijd paleomoessonsysteem dat voornamelijk wordt aangestuurd door klimatologische veranderingen op hogere breedtegraden.