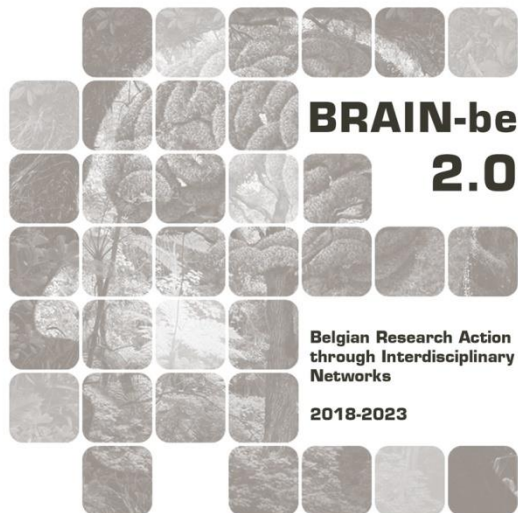


CLIMB

Hoe beïnvloeden aerosol-wolken-interacties de massabalans van de oppervlakte in Oost Antarctica ?

Alexander Mangold (RMI) – Andy Delcloo (RMI) – Nicole van Lipzig (KUL) – Florian Sauerland (KUM) – Michel Van Roozendaal (BIRA-IASB) – Alexis Merlaud (BIRA-IASB) – Martina M. Friedrich (BIRA-IASB) – Christophe Walgraeve (UGent) – Preben Van Overmeiren (UGent)

Pillar 1: Challenges and knowledge of the living and non-living world



NETWORK PROJECT

CLIMB

**Hoe beïnvloeden aerosol-wolken-interacties de
massabalans van de oppervlakte in Oost Antarctica ?**

Contract - B2/191/P1/CLIMB

EINDVERSLAG

14/07/2023

PROMOTOREN: Dr. Alexander Mangold, Royal Meteorological Institute of Belgium (RMI)
Prof. Dr. Nicole van Lipzig, Katholieke Universiteit Leuven (KUL)
Dr. Michel Van Roozendael, Royal Belgian Institute for Space Aeronomy (BIRA-IASB)
Prof. Dr. Christophe Walgraeve, Universiteit Gent (UGent)

AUTEURS: Dr. Alexander Mangold (RMI) – Dr. Andy Delcloo (RMI)
Prof. Dr. Nicole van Lipzig (KUL) – MSc Florian Sauerland (KUL)
Dr. Michel Van Roozendael (BIRA-IASB) – Dr. Alexis Merlaud (BIRA-IASB)
Dr. Martina M. Friedrich (BIRA-IASB) – Prof. Dr. Christophe Walgraeve (UGent)
MSc Preben Van Overmeiren (UGent)





Published in 2023 by the Belgian Science Policy Office
WTCIII
Simon Bolivarlaan 30 bus 7
Boulevard Simon Bolivar 30 bte 7
B-1000 Brussels
Belgium
Tel: +32 (0)2 238 34 11
<http://www.belspo.be>
<http://www.belspo.be/brain-be>

Contact person: Maaïke Vancauwenberghe
Tel: +32 (0)2 238 36 78

Neither the Belgian Science Policy Office nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy Office is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference:

MANGOLD, A., DELCLOO, A., VAN LIPZIG, N., SAUERLAND, F., VAN ROOZENDAEL, M., MERLAUD, A., FRIEDRICH, M. M., WALGRAEVE, C., VAN OVERMEIREN, P. ***How do aerosol-Cloud Interactions influence the surface Mass Balance in East Antarctica? - CLIMB***. Final Report. Brussels: Belgian Science Policy Office 2023 – 7 p. (BRAIN-be 2.0 - (Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks))

ABSTRACT

Context van het onderzoek

De watercyclus, wolkenmicrofysica en wolken-aërosol-interacties worden door verschillende internationale consortia, zoals oa het *International Panel on Climate Change (IPCC)*, erkend als belangrijke elementen van het Antarctisch klimaatsysteem. Wolken en aërosolen spelen hierbij een belangrijke rol in het stralingsenergiebudget waarbij aërosolen de wolkenmicrofysica sterk beïnvloeden, omdat ze de kern vormen bij wolkcondensatie en ijsvorming. Bovendien zijn wolken een belangrijk onderdeel van de hydrologische cyclus en vormen ze de schakel tussen het transport van waterdamp naar Antarctica en neerslag. Omdat neerslag de enige bronterm is in de massabalans aan het oppervlak (SMB) van de Antarctische ijskap, is het een van de belangrijkste factoren die het zeeniveau kunnen beïnvloeden. De huidige kennis over de interactie tussen wolken, neerslag en aerosolen op Antarctica is echter nog beperkt, zowel vanuit directe waarnemingen als vanuit regionale klimaatmodellen.

CLIMB steunde op een interdisciplinair onderzoeksteam, die wetenschappers samen bracht met een complementaire expertise in lange-termijn experimenteel werk met betrekking tot atmosferische chemie en fysica, expertise in Antarctische onderzoekscampagnes, regionale klimaatmodellering, stralingsoverdrachtsprocessen en expertise in geavanceerde chemische analyses.

CLIMB voerde metingen uit van meteorologische, aerosol-, wolken- en neerslagkenmerken, zowel in de buurt van het Princess Elisabeth Antarctica-station (PEA) als op een hoogte die hoog genoeg was en blootstond aan oostenwinden om vaak binnen wolkenniveau te zijn. Naast de uitgebreide bemonstering van ijskernen (INP) op PEA, waren er (i) een verticaal opgelost profiel van temperatuur, relatieve vochtigheid en druk voor drie hoogten: op PEA (1390 m boven zeeniveau), op de Utsteinen nunatak top (rond 1600 m boven zeeniveau) en in het Vikinghogda gebergte (2305 m asl); (ii) metingen van neerslagtype en -intensiteit door een disdrometer; (iii) metingen van de grotte van aerosoldeeltjes in het Vikinghogda gebergte; en (iv) een geautomatiseerd bemonsteringssysteem voor Vluchtige Organische Stoffen (VOC), ook in het afgelegen Vikinghogda gebergte. De resultaten werden gebruikt om de aerosolwolk-precipitatieparameterisatie in een regionaal klimaatmodel voor Oost-Antarctica te verbeteren.

Doelstellingen

De doelstellingen van CLIMB waren :

- het aanleveren van een unieke dataset van meteorologische, aerosol- en wolkenkarakteristieken in de wolken, gecombineerd met gelijktijdige metingen van de grenslaag en teledetectie vanop de grond;
- een dataset samenstellen met gedetailleerde kaarten van de oorsprong van luchtmassa's en transportroutes naar Oost-Antarctica;
- een verbeterd COSMO-CLM² regionaal klimaatmodel voor Antarctica genereren;
- een beter begrip te krijgen van het klimatologische effect van wolkcondensatie en ijskernen op wolken, neerslag, straling en de massabalans aan het oppervlak van Oost-Antarctica
- de rol van België in de Antarctische onderzoeksgemeenschap versterken;

- de resultaten valoriseren via wetenschappelijke publicaties en workshops, open toegang tot gegevens, lezingen voor het grote publiek en persbijdragen.

Conclusies

- De aerosol optische diepte werd bepaald door zowel CIMEL-zonnefotometer- als MAX-DOAS-metingen. Voor drie seizoenen zijn er overlappende gegevens. Typische AOD-waarden in het UV- en zichtbare bereik van 0.02 tot 0.04 werden gevonden, dicht bij de waarden die eerder in de literatuur voor ongerept Antarctica werden gevonden.
- MAX-DOAS-metingen vanaf de grond werden gebruikt om de hoeveelheden stratosferisch ozon, de verticale NO₂-kolom en de schuine OCIO-kolom af te leiden - belangrijke chemische soorten die betrokken zijn bij de processen die leiden tot het ozongat. Metingen voor 2022 toonden de opbouw van OCIO tijdens juli-augustus, de door polaire stratosferische wolken geïnduceerde denoxificatie/denitrificatie en de bijbehorende ozonafbraak, die eind oktober een minimale totale ozonwaarde van 126 DU bereikte.
- Er werd een grote variatie in het temperatuurverschil tussen de Utsteinen Nunatak en de heuvelrug (ongeveer 200 m hoogteverschil) gevonden, groter dan alleen verklaard kan worden door het hoogteverschil.
- De analyse van de wolkenfase toonde aan dat vloeistofhoudende wolken veel vaker voorkwamen tijdens de australe zomer, wanneer in ongeveer een derde van alle wolken vloeibaar water werd gedetecteerd, in vergelijking met andere seizoenen. Deze gebeurtenissen bleken samen te hangen met meer noordelijke winden in de bovenste atmosfeer.
- HET speciaal gebouwde automatische bemonsteringsinstrument voor VOC's bleek in staat te zijn om meerdere bemonsteringen uit te voeren van december 2019 tot oktober 2020. Dit leidde tot de allereerste dataset van 66 (zuurstofhoudende) VOC's het hele jaar door voor Oost-Antarctica en het was de eerste keer dat deze verbindingen met succes op een geautomatiseerde sequentiële manier werden bemonsterd op Antarctica voor latere, offline analyse. De laboratoriumanalyses leidden tot een dataset van verschillende groepen organische verbindingen (zoals aromatische en halokoolwaterstoffen), van zeer reactief tot zeer persistent, en met molecuulgewichten van 46 tot 253 g/mol. Er werden concentraties gevonden van 0.5 ng/m³ (methylbenzoaat) tot 20 µg/m³ (benzoëzuur). Bijna de helft van de gedetecteerde soorten in de monsters waren zuurstofhoudende verbindingen.
- Tijdens twee australe zomerseizoenen werden monsters verzameld voor de analyse van de concentratie-ijskerndeeltjes (INP). Vergeleken met studies in andere regio's van Antarctica liggen de gevonden INP aantallen voor PEA aan de ondergrens. Dit is een belangrijke bevinding, met name voor modelstudies naar de invloed van aerosolen op wolkvorming en neerslag. De metingen van de optische deeltjesverzamelaar gaven aan dat de concentraties van deeltjes groter dan 500 nm (maten die relevant zijn voor INP) erg laag waren. Over het geheel genomen leek het Antarctische continent zelf geen belangrijke bron te zijn voor INP.

- Het regionale klimaatmodel COSMO-CLM2 werd aangepast en verbeterd om het effect van INP op wolken en het klimaat van Oost-Antarctica te onderzoeken. Het model bleek de wolkenhoogte en de aanwezigheid van wolken nauwkeurig weer te geven. Er werd een sterke anticorrelatie gevonden tussen INP-concentratie enerzijds en vloeibaar watergehalte anderzijds, inclusief INP-concentraties die representatief zijn voor de regio rond PEA. In het algemeen geven de resultaten van CLIMB aan dat de exacte INP-concentratie, zolang deze binnen een realistisch bereik voor de regio ligt, niet strikt vereist is voor een goede modelprestatie. Een lage INP-concentratie veroorzaakte een toename van het stralingseffect van wolken voor zowel korte- als langgolvlige straling. Deze tegengestelde effecten vielen meestal weg in de australe zomer, terwijl in de winter het gebrek aan inkomende kortgolvlige straling een sterker opwarmingseffect veroorzaakte door de toename van gereflecteerde langgolvlige straling.
- Voor de regio Oost-Antarctica en rond PEA is er een klimatologie van de oorsprong van luchtmassa's aangemaakt, voor een periode van 11 jaar (2010-2020). Hierbij werd een *k-means* clusteranalyse uitgevoerd en zijn er hierbij vier clusters van luchtmassa's weerhouden. De resultaten laten zien dat luchtmassa's van Antarctische continentale oorsprong de potentiële brongebieden domineren, gevolgd door luchtmassa's, afkomstig van de Zuidelijke Oceaan. Bijdragen van andere continenten bleken minimaal te zijn. In alle seizoenen was het Antarctische continent met luchtmassa's tussen 1400 m en 8000 m het meest dominante brongebied, met voornamelijk luchtmassa's uit het 1400 – 4000 m hoogteniveau. De Antarctische continentale bron was het meest prominent aanwezig tijdens de australe zomer met een aandeel van meer dan 80%. Luchtmassa's van maritieme oorsprong hadden het grootste aandeel tijdens de poolwinter. Dit illustreert het belang van de bronnen van het Antarctische continent zelf, die ook verband houden met de verzakking van koude luchtmassa's tijdens de poolzomer, en het belang van synoptische weerpatronen zoals cyclonen tijdens de poolwinter.

Deze bevindingen tonen duidelijk de meerwaarde aan van deze interdisciplinaire aanpak van het CLIMB-project, waarbij expertise in experimenteel langetermijnwerk met betrekking tot atmosferische chemie en fysica, expertise in Antarctische onderzoekscampagnes, regionale klimaatmodellering, stralingsoverdrachtsprocessen en expertise in geavanceerde chemische analyses worden gecombineerd. Hoewel er veel vooruitgang is geboekt, zijn er enkele hiaten geïdentificeerd die in toekomstig onderzoek moeten worden aangepakt. Om potentiële brongebieden nog beter te kunnen onderscheiden, zouden meer monsters nodig zijn die meerdere jaren bestrijken en een hogere temporele resolutie hebben, met name tijdens de winter. Meetlocaties aan de kust hebben het voordeel dat deze locaties vaker beïnvloed worden door het transport vanuit de Zuidelijke Oceaan en mogelijk lagere breedtegraden dan vanuit locaties in het binnenland van Antarctica. Simulaties van de huidige atmosferische transportmodellen vertonen grote onzekerheden bij het simuleren van vele weken atmosferisch transport, wat echter noodzakelijk lijkt. Daarom zijn er meer specifieke modellen en meer input van metingen nodig om dit beter te kunnen begrijpen hoe atmosferische verbindingen van lagere breedtegraden Oost-Antarctica kunnen bereiken. Het regionale klimaatmodel COSMO-

CLM2 werd aangepast en verbeterd en bleek de wolkenhoogte en het voorkomen van wolken nauwkeurig weer te geven. Met betrekking tot wolkenijsvorming is secundaire ijsvorming een onderwerp dat grotendeels nog onontgonnen is en die niet volledig werd geïmplementeerd in het aangepaste model, maar waarvan bekend is dat het ook belangrijke effecten heeft op de wolkenstructuur en -fase. Verder onderzoek is hierbij ook nodig om de effecten van de verandering in wolkenfase op de stralingseffecten te onderscheiden van de effecten van de verandering in het totale watergehalte.

Trefwoorden

Aerosol-wolken-precipitatie interactie / Ijskernvormende deeltjes / Regionale klimaatmodellering / Oost-Antarctisch klimaat / Vluchtige Organische Stoffen