



University Medical Center Groningen

University of Groningen

Atmospheric oxygen and the global carbon cycle. Observations from the new F3 North Sea platform monitoring station and 6 additional locations in Europe and Siberia

van der Laan-Luijkx, Ingrid Theodora

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2010

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

van der Laan-Luijkx, I. T. (2010). Atmospheric oxygen and the global carbon cycle. Observations from the new F3 North Sea platform monitoring station and 6 additional locations in Europe and Siberia. Groningen: s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, 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), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

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.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

De metingen van de zuurstofconcentratie in de atmosfeer kunnen waardevolle extra informatie opleveren over de wereldwijde koolstofcyclus. De wereldwijde koolstofcyclus omvat de relaties tussen de verschillende koolstofreservoirs ter wereld: de atmosfeer, de landbiosfeer en de oceanen. De uitwisseling van koolstof tussen deze reservoirs bepaalt de hoeveelheid koolstof die in de atmosfeer overblijft. Met het huidige niveau van het gebruik van fossiele brandstoffen en de daarbijbehorende uitstoot van CO₂, komt de koolstof die gedurende miljoenen jaren in de sedimenten was opgeslagen, nu (op een geologische tijdschaal) plotseling terug in de atmosfeer. Deze uitstoot van CO₂ is de grootste menselijke factor van invloed op de wereldwijde koolstofcyclus, samen met de grootschalige veranderingen in landgebruik (voornamelijk ontbossing) die zorgen voor 25% van de menselijke CO₂ uitstoot in de atmosfeer. Ongeveer de helft van de extra toegevoegde CO₂ blijft achter in de atmosfeer, de rest wordt opgenomen door de andere twee compartimenten: de landbiosfeer en de oceanen.

O₂ speelt een rol in vrijwel alle processen in de wereldwijde koolstofcyclus. In processen op het land, zoals het verbranden van fossiele brandstoffen, fotosynthese en respiratie, laten O₂ en CO₂ een omgekeerde relatie zien met specifieke bijbehorende molaire verhoudingen. Alleen in de uitwisseling tussen de oceanen en de atmosfeer zijn O₂ en CO₂ ontkoppeld. De mariene CO₂ opname veroorzaakt een chemische reactie met het oceaano-water waarbij een evenwicht ontstaat tussen koolzuur (diwaterstofcarbonaat), bicarbonaat en carbonaationen, welke er tezamen voor zorgen dat CO₂ een hoge oplosbaarheid heeft in water. Bij de mariene opname van O₂ ontbreekt dit effect omdat O₂ slechts in het water oplost, waardoor deze O₂ opname geen relatie heeft met de CO₂ opname. Hierdoor kunnen de gelijktijdige metingen van O₂ en CO₂ gebruikt worden om onderscheid te maken tussen de opname van CO₂ door de landbiosfeer en de oceanen.

Het werk dat in dit proefschrift gepresenteerd wordt, is een significante bijdrage aan het wereldwijde netwerk atmosferische O₂ metingen. Het eerste doel van dit project was het opzetten van een nieuw atmosferisch meetstation op het gas- en olieproductieplatform F3 in het Nederlandse deel van de Noordzee. Ondanks de gecompliceerde logistieke situatie draait het nieuwe meetstation sinds 2006. In het begin bestond het meetstation uit een automatisch systeem voor het vullen van flessen met lucht en later werd dit uitgebreid met een systeem voor continue O₂ en CO₂ metingen. Het meten van de atmosferische O₂ concentratie is geen gemakkelijke taak. De absolute

variaties in de O₂ concentratie zijn in dezelfde orde van grootte als de variaties in CO₂, maar de achtergrond van O₂ is veel groter. De atmosferische O₂ concentratie is ongeveer 209392 ppm tegenover 380 ppm voor CO₂.

Op het F3 platform worden de continue metingen van de atmosferische O₂ en CO₂ concentraties gedaan met behulp van respectievelijk brandstofcellen (Oxzilla) en compacte infrarood-absorptie instrumenten (Vaisala CarboCaps). De meetopstelling op het platform vereist daarnaast zorgvuldige gasconditionering in verband met de vereiste nauwkeurigheid van metingen van de atmosferische O₂ en CO₂ concentraties. Belangrijke aspecten daarbij zijn de druk- en temperatuurstabilisatie, het drogen van de lucht, differentiële metingen tegen een referentiegas en regelmatige calibratie van het systeem.

In dit proefschrift worden de behaalde stabiliteit en nauwkeurigheid van de continue meetopstelling gedemonstreerd. De opstelling geeft acceptabele resultaten die gebruikt kunnen worden voor het bepalen van de seizoensafhankelijke variaties, maar laten nog wel ruimte voor verbetering van de opstelling om nauwkeurigere resultaten te behalen. Om de nauwkeurigheid van de opstelling te bepalen, wordt een zogenaamde target cilinder gemeten samen met de atmosferische metingen. De precisie van de metingen van de target cilinder in het voorjaar van 2009 is berekend op basis van de spreiding van 3-punts gemiddelden rond het langetermijngemiddelde en was ± 8 per meg voor O₂ en ± 0.3 ppm voor CO₂.

Daarnaast worden in dit proefschrift de eerste continue metingen vanaf het Noordzee platform F3 gepresenteerd en wordt gedemonstreerd dat dit een unieke locatie is voor atmosferische O₂ metingen. Dit is het eerste atmosferische meetstation ter wereld dat zich op een vaste locatie op zee bevindt. De Noordzee is een ideale meetlocatie omdat de processen in de koolstofcyclus in kustzeeën tot op heden slecht begrepen worden. Daarnaast is de locatie in de buurt van menselijke invloeden, maar ver genoeg daarvan om directe lokale verstoring van de metingen te vermijden. De eerste meetserie van de O₂ en CO₂ concentraties laat zien dat het signaal vrijwel niet verstoord wordt door nachtelijke inversies in de atmosfeer, waardoor het een direct achtergrondsignaal oplevert voor de kustzone van noordwest Europa. De amplitudes van de seizoenscycli worden op basis van de eerste driekwart jaar van de continue metingen geschat op 150 per meg voor O₂ en 16 ppm voor CO₂.

Ook op kortere tijdschalen laten de continue metingen interessante signalen zien. De metingen vertonen zeer grote dalingen in de O₂ concentraties op drie achtereenvolgende dagen in september 2008. Gelijksortige signalen zijn zeer onregelmatig vaker voorgekomen na deze eerste observaties. Er wordt tegelijkertijd geen signaal in de CO₂ concentratie waargenomen in deze periodes. De snelheid waarmee de O₂ concentratie verandert is zeer snel. Deze observaties kunnen nog niet volledig verklaard worden, maar lijken er sterk op te duiden dat O₂ wordt opgenomen door de zee.

Naast de continue metingen van het F3 platform bevat dit proefschrift ook de analyse van atmosferische samples uit flessen die gevuld zijn op 6 verschillende locaties in Europa en Siberië. De O₂ en CO₂ concentraties van deze flessen zijn geanalyseerd door middel van respectievelijk massaspectrometrie en gaschromatografie. De meetprecisie voor de O₂ metingen van de flessen varieerde tussen de ± 6 en ± 17 per meg afhankelijk van de meetperiode. De metingen uit de laatste meetperiode tussen 2006 en 2009 gaven de meest precieze resultaten.

In dit proefschrift worden de metingen van de flessen van Mace Head in Ierland en Lutjewad gepresenteerd samen met de gecombineerde meetserie van flessen en continue metingen van het F3 platform. Voor Lutjewad was de seizoensamplitude tussen 2000 en 2009 12.0 ± 0.6 ppm voor CO₂ en 114 ± 8 per meg voor O₂. Voor Mace Head was de seizoensamplitude 14.0 ± 0.3 ppm voor CO₂ en 142 ± 6 per meg for O₂ tussen 1998 en 2009. Voor de gecombineerde meetserie van F3 was de seizoensamplitude 15.2 ± 0.1 ppm voor CO₂ en 144 ± 2 per meg voor O₂ tussen 2006 en 2009. De lange-termijntrends voor Lutjewad zijn geschat op 1.97 ± 0.07 ppm/jaar voor CO₂ en -21.0 ± 0.9 per meg/jaar voor O₂. Voor Mace Head werd een lange-termijntrend gevonden van 1.90 ± 0.04 ppm/jaar voor CO₂ en -18.5 ± 0.7 per meg/jaar voor O₂.

In dit proefschrift zijn ook de gradiënten in de CO₂ concentraties tussen Mace Head en Lutjewad bestudeerd. Tussen 2001 en 2008 is de CO₂ gradiënt tussen beide stations met 0.5 ppm toegenomen. Voor O₂ is de gradiënt ook toegenomen (wat inhoudt dat de negatieve trend voor Lutjewad steiler was dan voor Mace Head) met 20 per meg. Het toevoegen van een O₂ gradiënt is een belangrijke toevoeging uit het werk gepresenteerd in dit proefschrift. De combinatie van de twee gradiënten sluit een toegenomen mariene CO₂ opname uit als verklaring van de toegenomen gradiënt. Twee andere

mogelijke verklaringen uit eerder onderzoek, namelijk een lagere grenslaaghoogte en regionale veranderingen in de emissies, hebben beide een toegenomen O₂ gradiënt tot gevolg, waardoor het op basis van de O₂ metingen niet mogelijk is een onderscheid te maken tussen deze twee verklaringen. Het grote verschil tussen de geobserveerde toegenomen O₂ gradiënt en de verwachte gradiënt op basis van de toegenomen CO₂ gradiënt (in het geval dat de toename wordt veroorzaakt door een toename in gebruik van fossiele brandstoffen) betekent dat er nog een andere bron bijdraagt aan de stijgende O₂ gradiënt. In dit proefschrift wordt een toegenomen aandeel van aardgas in de fossiele brandstofmix aangedragen als een mogelijke bijdragende factor.

Met behulp van de lange termijn trends in de atmosferische O₂ en CO₂ concentraties, gecombineerd tot de trend in de atmosferische potentiële zuurstof oftewel de “Atmospheric Potential Oxygen” (APO), kan een globale schatting gemaakt worden van de wereldwijde mariene CO₂ opname. Gebruikmakend van de APO meetserie tussen 1998 - 2009 van de flessen gevuld in Mace Head (onder achtergrondomstandigheden) en de informatie over de netto mariene O₂ uitwisseling, wordt de wereldwijde CO₂ opname door de oceanen geschat op 1.8 ± 0.8 PgC/jaar. Op basis van de APO trend van Lutjewad (2000 - 2009), zou deze schatting van de opname door de oceanen hoger zijn: 2.7 ± 0.8 PgC/jaar. Het verschil tussen deze beide schatting ligt in een restbijdrage van de fossiele brandstofterm in de definitie van APO. Om een betere schatting te krijgen van de mariene CO₂ opname, wordt een aangepaste versie van APO voorgesteld om te corrigeren voor de regionale verschillen in de verhouding tussen O₂ en CO₂ bij de verbranding van fossiele brandstoffen.

Ook op vier locaties in Rusland zijn flessen met lucht gevuld. Deze flessen zijn gevuld vanuit vliegtuigen op twee verschillende hoogtes, 3000 m en 100 m, waarmee de luchtsamples respectievelijk de vrije troposfeer en de lokale situatie vertegenwoordigen. De flessen zijn tussen 1998 en 2008 op onregelmatige tijden gevuld boven Fyodorovskoye (56°27'N, 32°55'O), Syktyvkar (61°23'N, 52°17'O), Zotino (60°44'N, 89°09'O) en Ubs Nur (51°29'N, 95°13'O), waarmee ze een groot deel van Rusland, inclusief Siberië, vertegenwoordigen. De verkregen seizoensamplitudes zijn groter op 100 m dan op 3000 m voor zowel O₂ als CO₂. De langste meetserie uit Rusland (zoals gepresenteerd in dit proefschrift) is van Fyodorovskoye in West-Rusland. De lange termijn trend in Fyodorovskoye tussen 1998 en 2008 op 100 m is 1.86 ± 0.12 ppm/jaar voor CO₂ en de O₂ trend is -17.5 ± 1.9 per meg/jaar. De O₂

gradiënten tussen de Russische locaties konden helaas niet worden bepaald, doordat er van bepaalde locaties onvoldoende metingen zijn en doordat de verschillen in de luchtinlaten van de flessensamplers aan boord van de verschillende vliegtuigen een systematische invloed hebben de O_2 concentratie van de verzamelde lucht, die groter is dan de verwachte gradiënten tussen de locaties.

Vervolgonderzoek zal zich richten op het voorzetten en daarmee uitbreiden van de meetseries die in dit proefschrift zijn gepresenteerd. Deze langere meetseries kunnen samen met een verbeterde versie van APO de kwaliteit van de schatting van de CO_2 opname door de Atlantische Oceaan en de Noordzee verbeteren. Continue metingen van O_2 zullen ook op Lutjewad gestart worden, welke samen met de continue metingen van het F3 platform extra inzichten zullen geven in de variaties van de CO_2 opname door de Noordzee.