

JAARGANG 31 - NR. 4 - DECEMBER 2022

METEOROLOGICA

WOLKEN EN HET WEER

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING TER BEVORDERING VAN DE METEOROLOGIE



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Werken bij het KNMI: the best place to be voor onderzoekers!

Het weer is grillig, de bodem beweegt en het klimaat verandert. Voor onze veiligheid en welvaart moeten we weten welke risico's en kansen dit oplevert. En: hoe we ons het beste kunnen voorbereiden. Die kennis heeft het **Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)** in huis als het nationale kennis- en datacentrum voor weer, klimaat, oceanografie en seismologie. Betrouwbaar, onafhankelijk en gericht op wat Nederland nodig heeft. Voor een veilig Nederland dat voorbereid is op de invloed van weer, klimaat en aardbevingen.

Voorbereiden, waarschuwen en adviseren

In ons dichtbevolkte land van water, wind en dijken leven we al eeuwenlang met de elementen. Nu de aarde opwarmt, de zeespiegel stijgt en extreem weer vaker voorkomt, groeit de kans dat het weer ons onaangenaam verrast. De weerkamer van het KNMI staat 24/7 paraat om Nederlanders te waarschuwen als er gevaarlijk of extreem weer dreigt. Tijdig, gericht en met oog voor de impact van het verwachte weer.

Evalueren, onderzoek en wetenschap

Na elke gebeurtenis maken we de balans op. We plaatsen incidenten in een bredere context. We willen ervan leren en nieuwe kennis opdoen. Zodat we risico's preciezer kunnen bepalen en onze kwaliteit als kennisinstituut kunnen waarborgen. Uniek aan het KNMI is de koppeling tussen operationeel en wetenschap. Praktijkervaringen kunnen meteen wetenschappelijk onderzocht worden. Kennis kan direct ingezet worden ten behoeve van de operationele diensten van het KNMI.

Uniek onderzoek bij het KNMI

In de R&D vakgroepen van het KNMI wordt gewerkt aan verbetering van het waarnemingsysteem en van de modellen. Unieke expertise ligt op het gebied van satellietmetingen van de atmosferische samenstelling. Het KNMI heeft de wetenschappelijke leiding over het TROPOMI satelliet-instrument dat in 2017 succesvol is gelanceerd. TROPOMI is de opvolger van OMI, en brengt de mondiale luchtkwaliteit in kaart. Ook wordt gewerkt aan innovatieve metingen met kleine sensoren op de grond. Op het gebied van modellering wordt gewerkt aan het HARMONIE hoge-resolutie model.

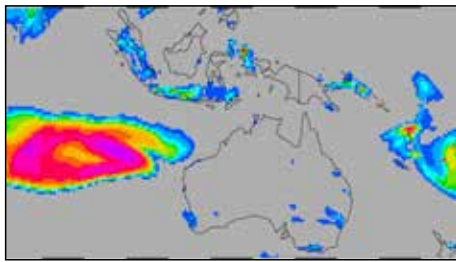
Werken bij het KNMI?

Voor onze R&D vakgroepen zoeken we regelmatig onderzoekers, zowel OIO's als post-doc's, die een bijdrage willen leveren aan ons internationaal hoog gewaardeerde onderzoek.

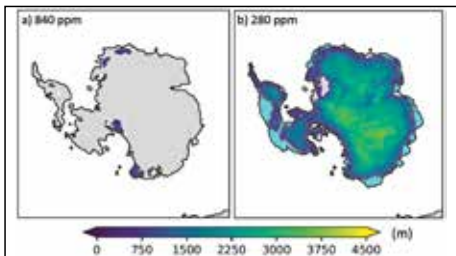
Kijk voor onze actuele vacatures op
www.werkenvoornederland.nl/knmi.



4



8



22



VAN DE HOOFDREDACTEUR

In dit herfst/winternummer berichten we over een aantal prijswinnaars en andere tekenen van eerbetoon die toevalligerwijs in het najaar van 2022 samenkwamen. De belangrijkste betreft Hans Oerlemans, emeritus-hoogleraar meteorologie en glaciologie aan de Universiteit Utrecht (IMAU), die recentelijk de Italiaans-Zwitserse Balzanprijs uit handen van de Italiaanse president heeft ontvangen (zie pagina 26). Deze prijs, toegekend voor zijn baanbrekende onderzoek naar gletsjers en ijskappen is eerder gewonnen door wetenschappers die daarna de Nobelprijs kregen. Hans is overigens nog steeds begaan met het lot van wegwijnende gletsjers, dus het prijzengeld zal bij dit streven ongetwijfeld goed van pas komen.

Een tweede heugelijke gebeurtenis betrof de nieuw ingestelde NVBM-scriptieprijs. De allereerste scriptieprijs werd tijdens het recente NVBM-najaarssymposium toegekend aan Janina Fraas (WUR) voor haar masterscriptie over de mogelijkheid om inheemse kennis van het weer te combineren met wetenschappelijke weersverwachtingen om tot een verbeterd, hybride product te komen (zie pagina 28). Janina zal in een volgend nummer van *Meteorologica* middels een artikel haar prijswinnende onderzoek verder toelichten.

Ten slotte werd dit najaar herdacht dat de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO), voorheen de Internationale Meteorologische Organisatie (IMO), in 1929 werd gehuisvest in een woning aan de Dorpsstraat 10 in De Bilt (zie pagina 22). Dit gebeurde om IMO-baas Dr. Cannegieter (tevens KNMI-directeur) bij zijn werkzaamheden te ondersteunen. Op 14 september jongstleden onthulde de huidige WMO-secretaris-generaal een plaquette voor het pand op de Dorpsstraat 10, daarmee een gedenkwaardige geschiedenis markerend.

Ik wens u veel leesplezier toe.

INHOUDSOPGAVE

- 4 Atmosferische samenstelling: relevant voor de weersverwachting, en klimaatverandering?**
Vincent Huijnen
- 8 Het Mioceen als proefbank voor Antarctische ijskapvariabiliteit in een warmer klimaat**
Lennert Stap, Roderik van de Wal
- 12 Mooie zomers**
Cor Schuurmans, Huug van den Dool
- 16 Column – Bram Oort, modellen en Gaia**
Huug van den Dool
- 18 Weermuziek – Nieuwe seizoenen**
Harry Geurts
- 22 Dorpsstraat 10**
Kees Dekker
- 24 Column – Ja maar**
Thom Zwagers
- 26 Hans Oerlemans wint prestigieuze Balzanprijs**
Richard Bintanja
- 27 Wolken, weer en meer**
Adrie Huiskamp
- 28 Janina Fraas winnaar eerste NVBM-scriptieprijs**
Bestuur NVBM
- 30 Column – Een ecologische ramp**
Gerard van der Schrier
- 31 NVBM Sponsors en Colofon**

Advertenties

- 2 KNMI**
- 15 CaTeC**
- 17 IMAU – Universiteit Utrecht**
- 21 Wittich en Visser**
- 25 CaTeC**
- 29 Wageningen Universiteit**
- 32 Infoplaza**

Voorkant

Lage stratus/zeemist en cirrus op Terschelling, 26 november 2016 (foto: Sytse Schoustra).

Atmosferische samenstelling: relevant voor de weersverwachting, en klimaatverandering?

Vincent Huijnen (KNMI)

Een vulkaanuitbarsting in februari, Saharazand in de lente, zomersmog in Nederland en Europa over de jaren heen, en de invloeden van mogelijke beleidsmaatregelen hierop. Dit zijn vier typerende voorbeelden waarbij onderzoek en ontwikkeling van analyses en verwachtingen van sporengassen en fijnstof in de atmosfeer aan de basis ligt. Directe toepassingen hiervan liggen op het gebied van luchtkwaliteit, waar veel mensen elke dag direct mee te maken hebben, tot meer grootschalige, en zeldzamere gebeurtenissen, zoals stofstormen en vulkaanuitbarstingen. Verdere ontwikkeling van dergelijke producten vindt plaats in nauwe samenwerking met collega's verspreid over heel Europa, maar ook met connecties binnen Nederland, en zeker op het KNMI. Maar wat kun je met deze informatie, en waarom is dit werk ook, of juist, interessant voor meteorologen en klimatologen? Op deze vragen probeer ik hieronder aan de hand van enkele voorbeelden een antwoord te geven.

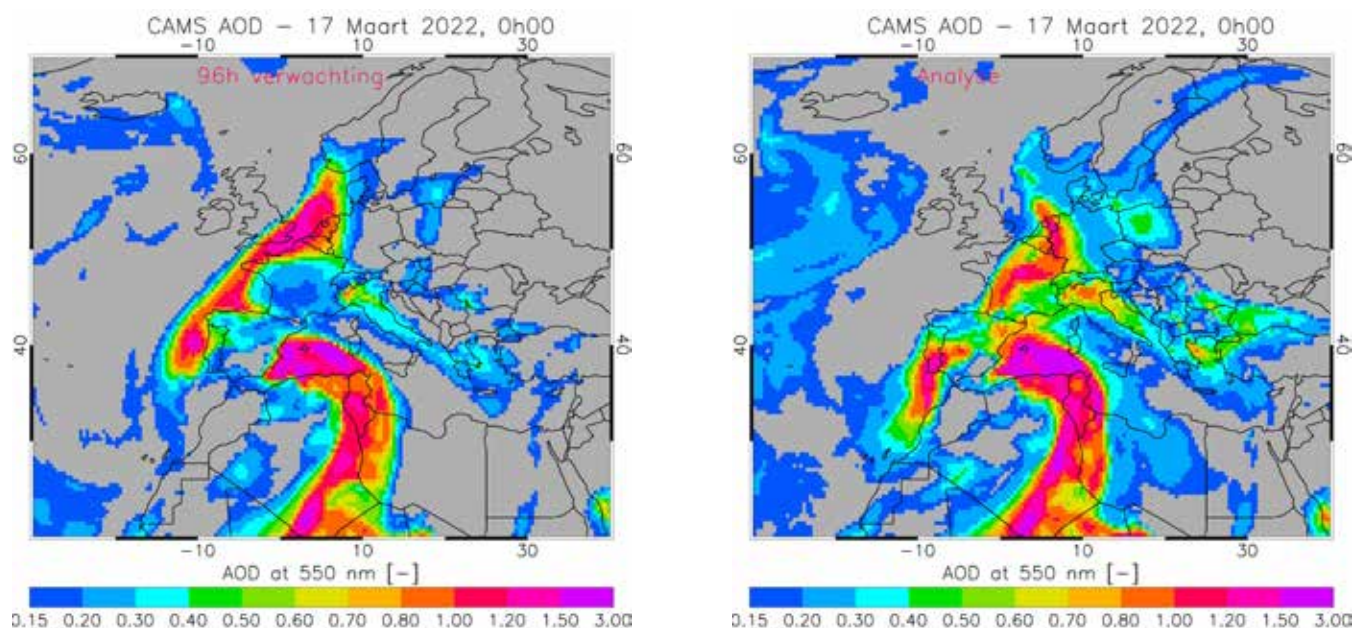
CAMS

Sinds een aantal jaren wordt een systeem onderhouden, en continu verder ontwikkeld, dat de verspreiding van sporengassen, zoals ozon, fijnstof, en stikstofoxiden, in de atmosfeer beschrijft. Dit wordt gedaan in Europees verband in het kader van de Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS, atmosphere.copernicus.eu). CAMS maakt dagelijks mondiale verwachtingen voor de atmosferische samenstelling, tot vijf dagen in de toekomst, en produceert lange consistente tijdreeksen die de ontwikkelingen over de afgelopen 20 jaar bijhouden.

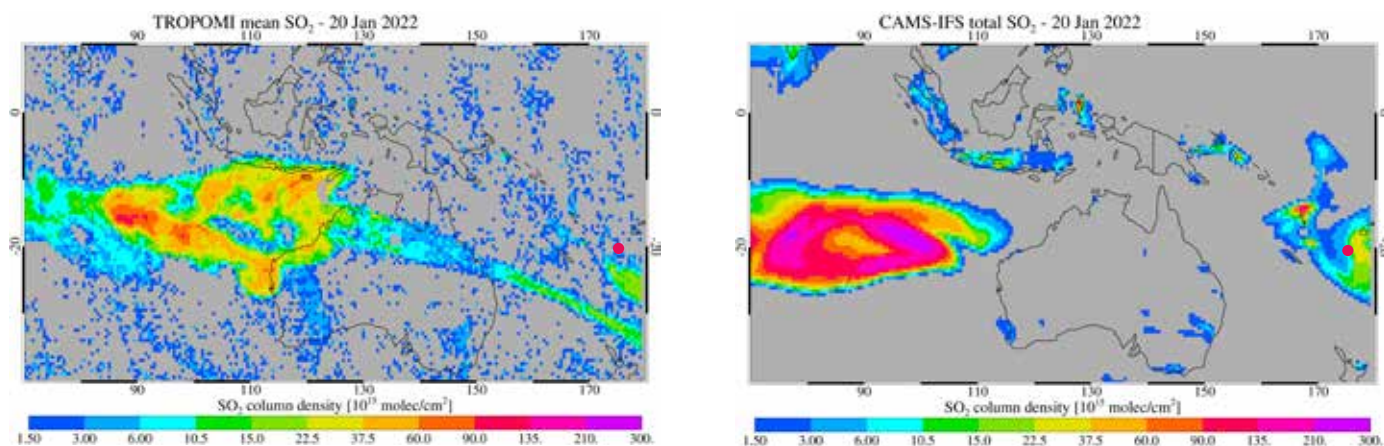
Dit werk is analoog aan dat voor de gewone meteorologie: het ECMWF gebruikt satellietmetingen van atmosferische samenstelling van een groot aantal instrumenten, en combineert dit met een geavanceerde modellering van de fysische processen in de atmosfeer en aan de grond die de emissies, chemische conversie en depositie van gassen en fijnstof beschrijven. Het ECMWF coördineert dit werk, levert operationele analyses en verwachtingen op

mondiale schaal, en draagt bij aan ontwikkeling van data-assimilatie methodieken. Hierbij werkt het samen met een groot aantal Europese partijen, waaronder het KNMI, die bijdragen op het gebied van het in kaart brengen van emissies, de beschrijving van fysische en chemische processen die plaatsvinden in de atmosfeer (Williams et al., 2022), de evaluatie en validatie van deze modellen, en van de producten die CAMS genereert. Modules ontwikkeld binnen CAMS zijn bovendien sinds kort vrij beschikbaar voor gebruik in de wetenschappelijke gemeenschap, als onderdeel van het OpenIFS model (Huijnen et al., 2022).

Een mooi voorbeeld zijn de verwachtingen van Saharazand dat geregeld over Europa getransporteerd wordt, vooral in de lente. Behalve dat dit leidt tot stoffige autoruiten in individuele stormen, kan Saharazand tot een flinke vermindering van zonnestraling zorgen, en zo bijvoorbeeld van invloed zijn op de stroomproductie van zonnepanelen. Bij de grootste stofstormen kan er ook een merkbare invloed zijn op de temperatuur. Een extreme stofstorm



Figuur 1. Verwachting van 4 dagen vooruit voor de aerosol optische dikte ten gevolge van een stofstorm op 17 maart 2022 die 's nachts over Nederland trok (links), en de analyse van hetzelfde event (rechts). De vergelijkbare structuren geven vertrouwen in de kwaliteit van de verwachtingen.



Figuur 2. TROPOMI-metingen (links) en model-waarden (rechts) van zwaveldioxide-kolommen in 10^{15} moleculen/cm², op 20 januari, 5 dagen na de uitbarsting. De rode stip op 20.5°S, 175.4°W geeft de locatie van de uitbarsting weer. De locatie en structuur van de stratosferische verspreiding boven Australië wordt kwalitatief goed weergegeven door het model.

die plaatsvond in maart 2022 (Figuur 1) resulteerde in een zodanige verduistering in delen van Frankrijk dat de verwachtingen van de temperatuur merkbaar verbeterd konden worden als de gevolgen van Saharazand worden meegenomen in een experimentele versie van ECMWF's meteorologische model. De verwachting van vier dagen vooruit was al van goede kwaliteit om bruikbaar te zijn voor dergelijke informatievoorziening.

Tonga vulkaanuitbarsting

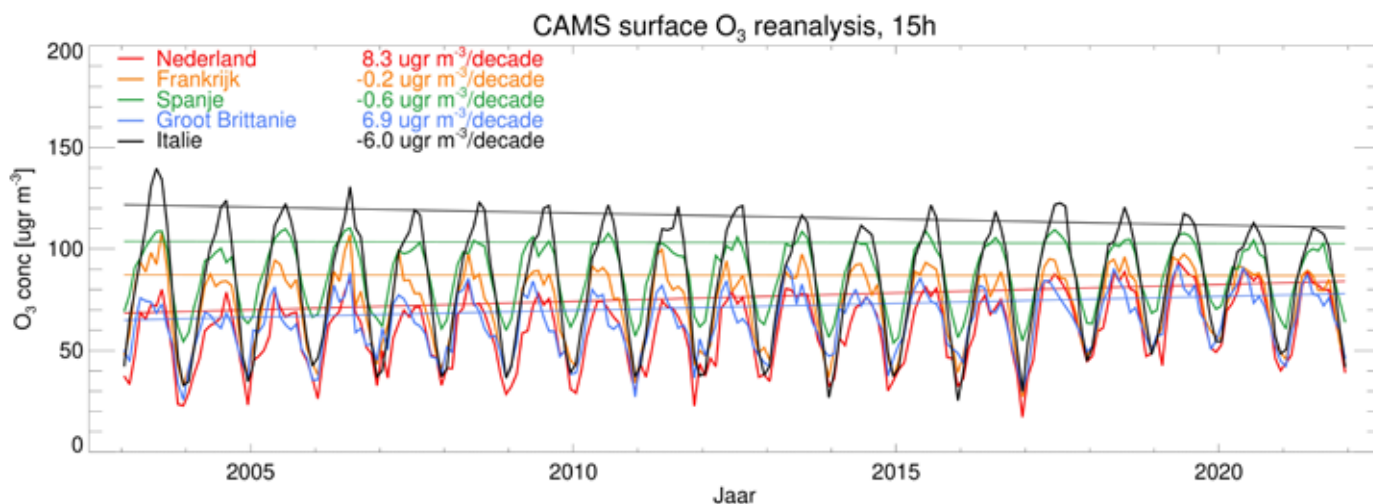
Ook kan met de meest recente versie van dit model de invloed van vulkaanuitbarstingen op meteorologie en atmosferische chemie bestudeerd worden. Een voorbeeld hiervan is de uitbarsting van de Hunga Ha'apai vulkaan, Tonga, ten oosten van Australië. Deze vulkaan, die onder het wateroppervlak ligt, kwam op 15 januari tot een explosieve uitbarsting en bracht grote hoeveelheden zwavel en as in de stratosfeer, maar ook uitzonderlijk veel waterdamp en daarmee ook bromides en chlorides. Het huidige, operationele systeem van CAMS was niet goed in staat om dit event te beschrijven, ondanks de operationele assimilatie van zwaveldioxide (SO₂) metingen van het TROPOMI satelliet-instrument.

Een experimentele versie van het model, ontwikkeld in samenwerking met collega's van een zusterinstituut

in België (BIRA-IASB), bevat een betere beschrijving van stratosferische chemie. Deze kon snel worden opgezet om modelexperimenten uit te voeren met realistische beschrijving van timing en grootte van de vulkaanemissies in de stratosfeer. Hiermee konden we snel het gedrag van aerosolen en reactieve gassen in deze bijzondere situatie bestuderen. Figuur 2 toont het gemodelleerde transport van SO₂ over Australië, vijf dagen na de uitbarsting, in vergelijking met de metingen van TROPOMI. De pluim met verhoogd SO₂ ging gepaard met een lokale afbraak van ozon, die ook kwalitatief beschreven kon worden in het model. Hoewel het kwantitatief nog niet perfect is, bijvoorbeeld omdat het exacte transport sterk afhankelijk is van een precieze beschrijving van de begincondities, geeft dit vertrouwen dat ook in de toekomst, bij nog grotere uitbarstingen, snel een analyse gedaan kan worden om de gevolgen hiervan op weer en klimaat te bestuderen. Ook een betere configuratie van de data-assimilatie zal helpen om de verwachtingen nog beter te krijgen.

Heranalyse van atmosferische samenstelling

Een ander voorbeeld is de CAMS-heranalyse waarbij een zo consistent mogelijke dataset van atmosferische samenstelling, vanaf 2003 tot nu, wordt gemaakt (Inness et al., 2019). Figuur 3 laat bijvoorbeeld de heranalyse van



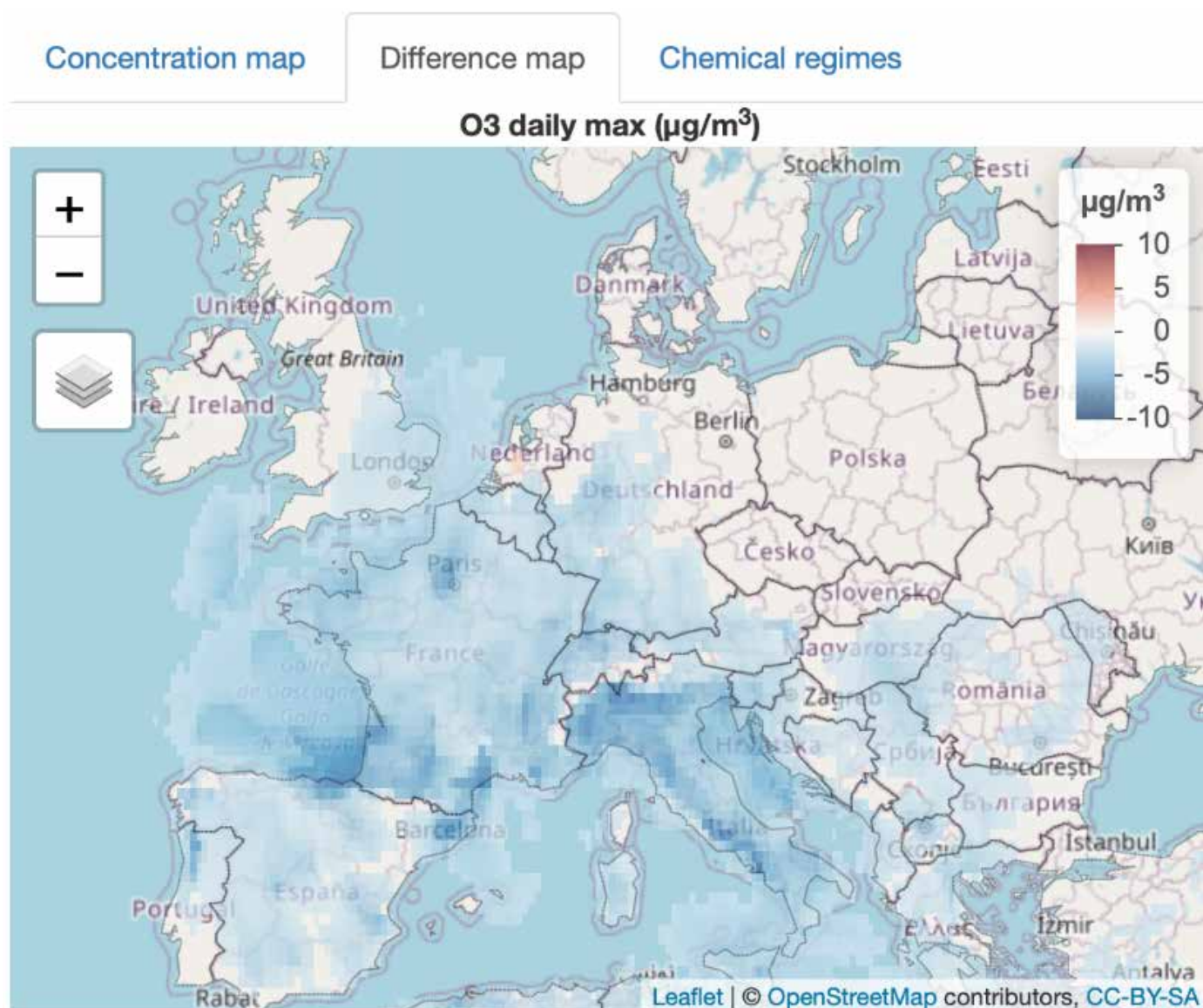
Figuur 3. Maandgemiddelde ozonconcentraties aan de grond om 15 UTC voor Nederland en een aantal omliggende landen, gebaseerd op de CAMS-heranalyse (2003 – 2021). De lijnen geven de trends van deze waarden voor de periode juni – juli – augustus weer.

ozon aan de grond boven Nederland en andere landen in Europa zien. Deze mondiale heranalyse is gemaakt op basis van geassimileerde satellietmetingen van meteorologie, en atmosferische samenstelling (onder andere ozon, koolmonoxide, stikstofdioxide, aerosol), in combinatie met atmosferische chemie modellering. Overdag nemen de ozonconcentraties toe, ten gevolge van zonlicht in samenspel met emissies, met een maximum in de middag. Ook pieken de ozonconcentraties daarom altijd in de zomer, en dragen zo bij aan zomersmog. Deze waarde is dus relevant om in de gaten te houden.

Een interessante bevinding is dat in ons land de ozonconcentraties in de zomer rond 15.00 uur lijken te zijn toegenomen over de afgelopen twintig jaar, met een waarde van gemiddeld $8.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per decade, dus zo'n $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger in 2021 ten opzichte van wat ze waren in 2003. Terwijl de relatieve toename het hoogste is van alle landen

in Europa waren de absolute waarden tot nu toe nog laag ten opzichte van de ons omringende landen, maar dat lijkt sinds 2021 niet langer het geval te zijn. Alleen voor landen rond de Middellandse Zee zijn de ozonconcentraties nog weer een stuk hoger dan bij ons. Dit alles kan samenhangen met de veranderingen in emissies: een langzame afname van NO_x-emissies specifiek boven Nederland resulteert bijvoorbeeld in minder ozonafbraak, terwijl voor de meeste andere landen zo'n afname de ozonproductie juist onderdrukt. Een andere bijdrage die de ozonconcentraties beïnvloedt is de verandering in het klimaat van de afgelopen decennia, met name de toegenomen zonnestraling en temperatuur.

Een belangrijke vraag hierbij is wat de kwaliteit is van deze heranalyse wat betreft absolute waarden en trends van ozon aan de grond. Zoals hierboven beschreven worden de veranderingen van deze ozonwaarden voor een



Absolute difference between the user scenario (Europe-wide uniform reduction of: Agriculture: 0 % ; Traffic: 25 % ; Residential: 0 % ; Industry: 0 %) and the reference O3-max map including only the main anthropogenic sources.

Figuur 4. Illustratie van de mogelijkheden die de beleidstoolbox voor luchtkwaliteitsimpact aanbiedt, in dit geval de impact van een 25% reductie van uitstoot van verkeer op maximale ozonconcentraties aan de grond.

belangrijk deel beïnvloed door schattingen van veranderingen in NO_x-emissies en -concentraties. De absolute waarde van ozon wordt bepaald door aannames voor de chemie en depositie aan de grond. De bijdrage van directe satellietwaarnemingen van ozonkolommen zijn van indirect belang: deze bepalen met name de ozonconcentraties in de stratosfeer (de ozonlaag). Andere bijdrages aan (veranderingen van) ozon zijn de langetermijnveranderingen in methaan en koolmonoxide in de atmosfeer, omdat dit de precursorgassen zijn die ozonvorming bepalen.

De evaluatie van de heranalyse (Huijnen et al., 2020) laat zien dat voor Europa de absolute waardes goed overeenkomen met onafhankelijke grondmetingen, hoewel in genoemde studie een kortere periode (2005 – 2014) is geëvalueerd. Dat suggereert dat de trends zoals hier gevonden waarschijnlijk realistisch zijn. Een verklaring van deze trends is wel ingewikkelder, want veel effecten spelen een rol. Dit toont weer het belang aan van een betrouwbare modellering van atmosferische chemie, in nauwe samenhang met assimilatie van satellietmetingen van atmosferische samenstelling, en met goede schattingen van de emissies, om tot een goede heranalyse te kunnen komen.

Een toolbox voor beleidsmaatregelen

CAMS levert ook op hoge resolutie verwachtingen van luchtkwaliteit specifiek voor Europa op basis van een ensemble van Europese luchtkwaliteitsmodellen, en aanvullende kennis en diensten op dit vlak. Een recent voorbeeld hiervan is een beleidsinstrument dat kan aangeven wat de relatieve bijdrage is van verschillende sectoren voor de huidige mate van luchtvervuiling (https://policy.atmosphere.copernicus.eu/CAMS_ACT.php). In deze toolbox, ontwikkeld door het Franse instituut INERIS, kan eenvoudig bekeken worden wat de invloed zou zijn van een verandering van een bepaalde emissiecategorie op de huidige luchtkwaliteit. Dit geeft zo ook inzicht in de bijdrage van veranderende emissies op langjarige trends. Figuur 4 geeft een voorbeeld van de invloed van een afname van 25% van emissies van verkeer op ozon: over het algemeen levert dit een vermindering op, maar niet voor het Nederlandse geval, waar juist een (kleine) toename te verwachten valt. Dit is dus mogelijk ook een deel van de verklaring van de relatief grote langjarige toename in ozon boven Nederland, in vergelijking met andere landen.

Conclusie

Het CAMS-systeem levert operationele analyses en betrouwbare verwachtingen van atmosferische samenstelling, zoals bijvoorbeeld terugkerende stofstormen. Het kan ook gebruikt worden om een beter begrip te krijgen van bijzondere gebeurtenissen, zoals vulkaanuitbarstingen, inclusief de impact daarvan op meteorologie. Het levert gegevens voor de analyse van langjarige trends in atmosferische samenstelling, en daarmee samenhangend de luchtvervuiling. Als prominent voorbeeld suggereert de CAMS-heranalyse een sterke trend in ozonconcentraties aan de grond boven Nederland. Onafhankelijke validatie is nodig om te verifiëren of dit daadwerkelijk het geval is. CAMS ondersteunt verder gebruik voor beleidsmaatregelen met betrekking tot een verbetering van luchtkwaliteit; dit geeft handvaten tot aanpassing.

Het CAMS-systeem wordt onderhouden en continu verder ontwikkeld, in intensieve samenwerking tussen partners verspreid in Europa; de modelcode is vrij beschikbaar voor de wetenschappelijke gemeenschap. Een belangrijke ontwikkeling betreft het gebruik van dit systeem om op mondiale schaal ook betrouwbare schattingen te krijgen van de emissies die luchtvervuiling veroorzaken. In samenhang met deze emissies kan dan ook beter gemonitord gaan worden wat precies de bijdrage hiervan is door de mens, en zo mogelijk grip te houden op de bronnen en gevolgen van klimaatverandering. Eerste stappen in het kader van CAMS zijn gemaakt voor methaanemissies (McNorton et al., 2022).

Afgezien van zulke directe toepassingen zou informatie van CAMS dus ook gebruikt kunnen worden door meteorologen om de weersverwachting te verbeteren, met name bij grote stofstormen. Klimaatprojecties kunnen baat hebben bij CAMS-gegevens, bijvoorbeeld om de grootte, verdeling en langjarige trends van ozon en fijnstof beter te schatten. Dit is van belang voor veranderingen in de stralingsbalans in de atmosfeer. Al met al biedt dit voldoende aanknopingspunten voor de verdere ontwikkeling van kennis over processen die atmosferische samenstelling beïnvloeden, en het delen hiervan voor toepassingen op het vlak van weer en klimaat!

Referenties

- Huijnen, V., Miyazaki, K., Flemming, J., Inness, A., Sekiya, T., and Schultz, M. G.: An inter-comparison of tropospheric ozone reanalysis products from CAMS, CAMS interim, TCR-1, and TCR-2, *Geosci. Model Dev.*, 13, 1513–1544, <https://doi.org/10.5194/gmd-13-1513-2020>, 2020.
- Huijnen, V., Le Sager, P., Köhler, M. O., Carver, G., Rémy, S., Flemming, J., Chabrilat, S., Errera, Q., and van Noije, T.: OpenIFS/AC: atmospheric chemistry and aerosol in OpenIFS 43r3, *Geosci. Model Dev. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/gmd-2022-80>, accepted, 2022.
- Inness, A., Ades, M., Agustí-Panareda, A., Barré, J., Benedictow, A., Blechschmidt, A.-M., Dominguez, J. J., Engelen, R., Eskes, H., Flemming, J., Huijnen, V., Jones, L., Kipling, Z., Massart, S., Parrington, M., Peuch, V.-H., Razinger, M., Remy, S., Schulz, M., and Suttie, M.: The CAMS reanalysis of atmospheric composition, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 3515–3556, <https://doi.org/10.5194/acp-19-3515-2019>, 2019.
- McNorton, J., Bousseres, N., Agustí-Panareda, A., Balsamo, G., Cantarello, L., Engelen, R., Huijnen, V., Inness, A., Kipling, Z., Parrington, M., and Ribas, R.: Quantification of methane emissions from hotspots and during COVID-19 using a global atmospheric inversion, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 5961–5981, <https://doi.org/10.5194/acp-22-5961-2022>, 2022.
- Williams, J. E., Huijnen, V., Bouarar, I., Meziane, M., Schreurs, T., Pelletier, S., Maréchal, V., Josse, B., and Flemming, J.: Regional evaluation of the performance of the global CAMS chemical modeling system over the United States (IFS cycle 47r1), *Geosci. Model Dev.*, 15, 4657–4687, <https://doi.org/10.5194/gmd-15-4657-2022>, 2022.

Contact: Vincent.Huijnen@knmi.nl

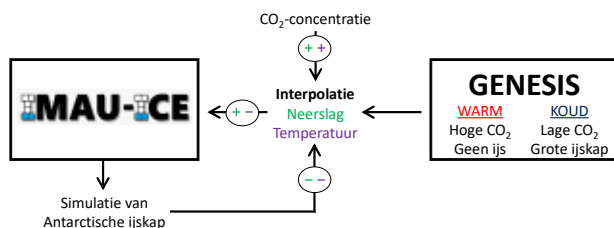
Het Mioceen als proefbank voor Antarctische ijskapvariabiliteit in een warmer klimaat

Lennert Stap (IMAU), Roderik van de Wal (Fysische Geografie, Universiteit Utrecht)

De zeespiegel gaat de komende eeuwen stijgen. Maar hoe snel dit zal gaan is nog heel onzeker, zelfs al zou de toekomstige CO₂-uitstoot bekend zijn. De grootste oorzaak van deze onzekerheid ligt op het Zuidelijk Halfrond: de Antarctische ijskap. Hierin ligt genoeg ijs opgeslagen om de mondiaal gemiddelde zeespiegel in totaal zo'n 58 meter te laten stijgen. Relatief kleine veranderingen in ijsvolume kunnen daarom al een groot effect op de zeespiegel teweegbrengen. Om te begrijpen hoe deze enorme ijskap zal reageren op klimaatveranderingen, gebruiken we numerieke modellen. Het modelleren van de Antarctische ijskap heeft een enorme vlucht genomen de afgelopen twee decennia, maar nog altijd geven verschillende modellen zeer verschillende resultaten. Dit is onder meer afhankelijk van hoe bepaalde processen, zoals hoe het ijs over de onderliggende grond schuift, worden beschreven. Ook maakt het uit hoe de wisselwerking tussen het ijs, de atmosfeer en de oceaan wordt meegenomen in de modellen. Een belangrijke toets voor deze ijsdynamische modellen is om te kijken of we ijskapveranderingen uit het (verre) verleden kunnen simuleren. Geologische data zijn daarvoor de leidraad. Deze data laten bijvoorbeeld zien dat de Antarctische ijskap tijdens het vroege en midden-Mioceen (23 tot 14 miljoen jaar geleden) mogelijk enorm in grootte fluctueerde (Steinthorsdottir et al., 2021). Deze warme periode werd gekenmerkt door CO₂-concentraties variërend tussen de pre-industriële waarde van 280 ppm en 840 ppm. Informatie uit zeosedimentkernen wijst erop dat de ijskap op sommige momenten bijna volledig verdwenen was, terwijl hij op andere momenten ongeveer zo groot was als vandaag de dag. Deze ijsvolumeveranderingen speelden zich af op zeer lange, maar ook op relatief kortere tijdschalen van tienduizenden jaren. Het vroege en midden-Mioceen is daarom een uitermate geschikt tijdvak om een ijskapmodel te testen, met als doel te kijken of deze veranderingen vanuit fysisch perspectief te begrijpen zijn.

Het ijskapmodel IMAU-ICE en Miocene klimaatveranderingen

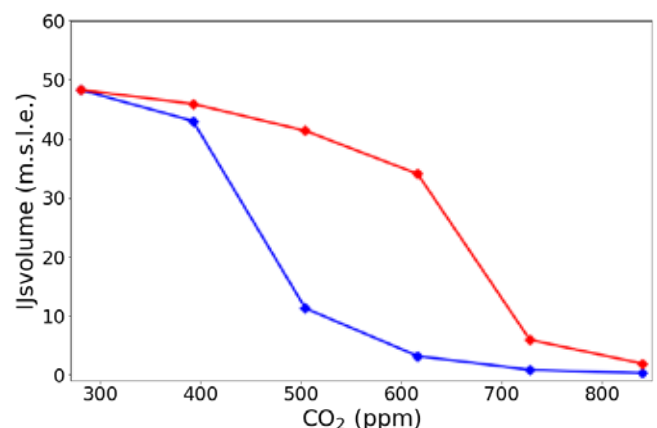
Wat is er nodig om ijsvolumeveranderingen van de Antarctische ijskap op continentale schaal (equivalent aan tientallen meters zeeniveau) te simuleren voor het Mioceen? En hoe snel kunnen die veranderingen gaan? Met ons ijskapmodel IMAU-ICE, dat is ontwikkeld in Utrecht (Berends et al., 2018), gaan we dit onderzoeken (Stap et al., 2022). IMAU-ICE is een van de modellen die worden gebruikt voor zeespiegelprojecties in het IPCC-rapport (Fox-Kemper et al., 2021). Het model simuleert ijsdynamica aan de hand van de Navier-Stokes-vergelijkingen op een 40x40-km rooster. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat het landijs vooral wordt voortgedreven door de zwaartekracht die het ijs vervormt en laat glijden over de ondergrond, terwijl drijvende ijsplaten voortgeduwd worden door het ijs dat van de ijskap komt en geremd worden door de wrijving langs



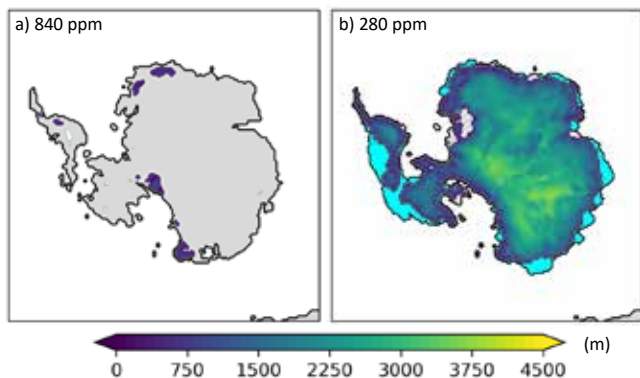
Figuur 1. Schematische weergave van de modelopzet. Plus- en min-symbolen geven respectievelijk positieve en negatieve verbanden aan. Een warme en een koude klimaat simulatie van GENESIS leveren de neerslag- en temperatuur velden voor de input van het ijsdynamisch model IMAU-ICE. De interpolatie tussen deze warme en koude velden wordt gedaan op basis van de extern opgelegde CO₂-concentratie en de intern door IMAU-ICE berekende ijskap. Hoe hoger de CO₂-concentratie, en hoe kleiner de ijskap, hoe warmer, maar ook hoe natter de klimaatforcering (details in Berends et al., 2018).

de randen in de baaien waar ze gelegen zijn.

Om de Miocene ijskap te kunnen simuleren hebben we twee dingen nodig: reconstructies van de Antarctische bodemtopografie (onder het eventuele ijs) ten tijde van het Mioceen, en klimaatforcering, namelijk neerslag- en atmosferische temperatuur velden. Voor de bodemtopografie, die in de loop van miljoenen jaren behoorlijk is veranderd door erosie en tektoniek, kunnen we gebruik maken van een recente geologische reconstructie van het vroege Mioceen (23 miljoen jaar geleden; Hochmuth et al., 2020). Figuur 1 geeft weer hoe we de klimaatforcering verkrijgen uit een combinatie van twee simulaties van het



Figuur 2. Evenwichtsijsvolume na 150-duizendjarige simulaties met constant CO₂-niveau. De blauwe symbolen geven de simulaties weer die zijn gestart zonder ijs. De rode symbolen geven de simulaties weer waarbij we beginnen met de ijskap aan het einde van de 280-ppm-simulatie en het CO₂-niveau abrupt verhogen. Het verschil in ijsvolume tussen de simulaties met hetzelfde CO₂-niveau (hysteresis) wordt veroorzaakt door positieve terugkoppelingen tussen de ijskap en het klimaat.



Figuur 3. Evenwichtsdikte van het geaarde ijs na de simulaties met constante CO_2 -niveaus van (a) 840 ppm en (b) 280 ppm, gestart zonder ijs. De reikwijdte van de drijvende ijsplaten wordt aangegeven met een lichtblauwe kleur, land zonder ijsbedekking is grijsgekleurd. Hoe lager het CO_2 -niveau, hoe groter de ijskap. Het verschil in ijsvolume tussen deze simulaties is equivalent aan een zeespiegelstijging van 48 meter zeeniveau.

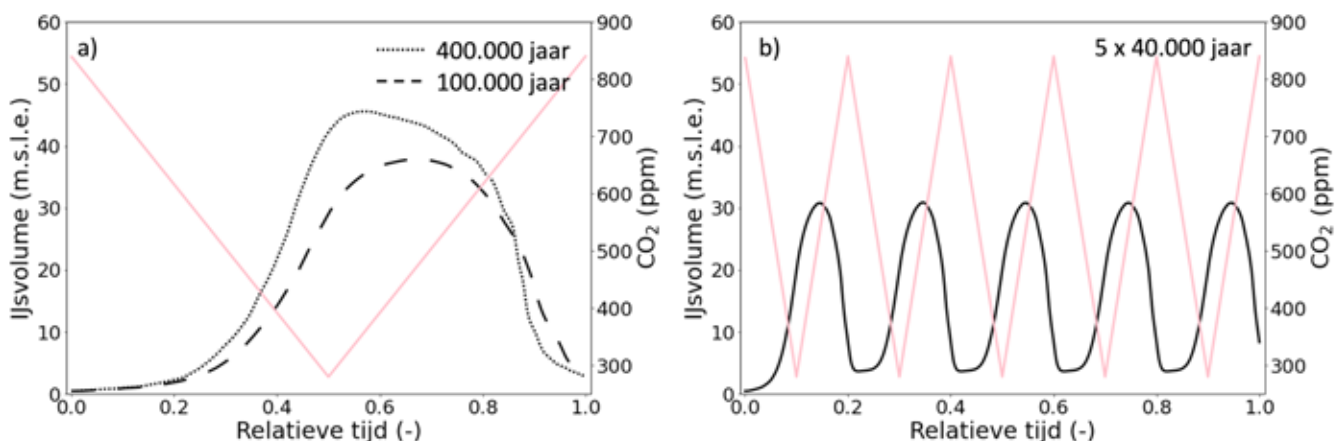
Global Climate Model (GCM) GENESIS die al eerder zijn gedraaid (Burls et al., 2021), waarbij de CO_2 -concentratie en ijsdikteverdeling constant in de tijd zijn verondersteld. Een warme simulatie is gemaakt met een hoge CO_2 -concentratie (840 ppm) en zonder ijs op het Antarctische continent. Een koude simulatie is gedaan met een lage CO_2 -concentratie (280 ppm) en met een grote ijskap op het Antarctische continent. Deze twee fictieve evenwichtstoestanden worden vervolgens gebruikt om tot de uiteindelijke in-de-tijd-veranderende (*transiënte*) klimaatforceringsvelden voor ons ijsmodel te komen. Hiertoe moeten we interpoleren tussen resultaten van de warme en koude GENESIS-simulaties. Dit doen we met behulp van een zogenaamde matrixmethode. De interpolatie is daarbij afhankelijk van twee factoren. Ten eerste van de opgelegde CO_2 -concentratie, die kan worden gevarieerd tussen 280 en 840 ppm. Hoe hoger de CO_2 -concentratie, hoe warmer de klimaatforcering. Ten tweede hangt de interpolatie af van de intern door het model gesimuleerde ijskap. Hoe uitgestrekter de ijskap, hoe kouder het lokale klimaat. Als de ijskap begint te groeien, wordt het klimaat in de omgeving van de ijskap kouder, wat de groei verder zal versterken zodat er dus sprake is van een positieve

terugkoppeling. Dit representeert de *albedo-temperatuur-terugkoppeling* waarbij een uitdijende ijskap meer zonlicht reflecteert, wat extra afkoeling veroorzaakt. Echter, het koudere klimaat is ook droger. Een grotere ijskap zal daarom minder neerslag ontvangen, wat de groei weer afremt; een negatieve terugkoppeling. Samen vormen deze terugkoppelingen de ijs-atmosfeer-wisselwerking in ons model, die, zoals we hieronder zullen zien, een belangrijk effect op de ijsvolumeveranderingen heeft.

De Antarctische ijskap in en uit evenwicht

Om te beginnen beschouwen we simulaties waarin we de CO_2 -concentratie vastzetten gedurende 150 duizend modeljaren, lang genoeg om de ijskap in evenwicht te laten komen met de klimaatforcering. We beginnen deze evenwichtssimulaties zonder ijs en kijken hoeveel ijs wordt opgebouwd op het continent, afhankelijk van de CO_2 -concentratie. Zoals te verwachten, is het uiteindelijke ijsvolume groter bij lagere CO_2 -concentraties, waarbij vooral tussen 504 en 392 ppm een groot verschil te zien is (Figuur 2; blauwe symbolen). Bij de hoogste CO_2 concentratie ontstaan er alleen kleine ijsvlaktes in de hoogstgelegen gebieden van Antarctica (Figuur 3a), terwijl er bij 280 ppm een grote ijskap aan de oostkant van het continent is gevormd en ook een behoorlijke ijskap aan de westkant (Figuur 3b). Het verschil in ijsvolume aan het einde van deze simulaties is equivalent aan een zeespiegelstijging van 48 meter zeeniveau (*meter sea level equivalent*, m.s.l.e.). Daarbij telt alleen ijs mee dat geen water verplaatst, want ijs dat al onder zeeniveau gelegen is draagt niet mee aan zeespiegelstijging volgens het principe van Archimedes.

Hierna doen we evenwichtssimulaties waarbij we beginnen met de ijskap aan het einde van de 280-ppm-simulatie, en het CO_2 -niveau verhogen, weer 150 duizend modeljaren in de tijd tot een nieuw evenwicht ontstaat. Het ijsvolume neemt nu weer af bij hogere CO_2 -niveaus, maar niet zo snel als bij de eerdere simulaties (Figuur 2; rode symbolen). Deze afhankelijkheid van de begincondities wordt veroorzaakt door positieve terugkoppelingen in het model. We zeggen dat de relatie tussen CO_2 en het evenwichtsijsvolume *hysteresis* vertoont. Eenmaal opgebouwd ijs door een CO_2 -daling verdwijnt pas weer bij een veel

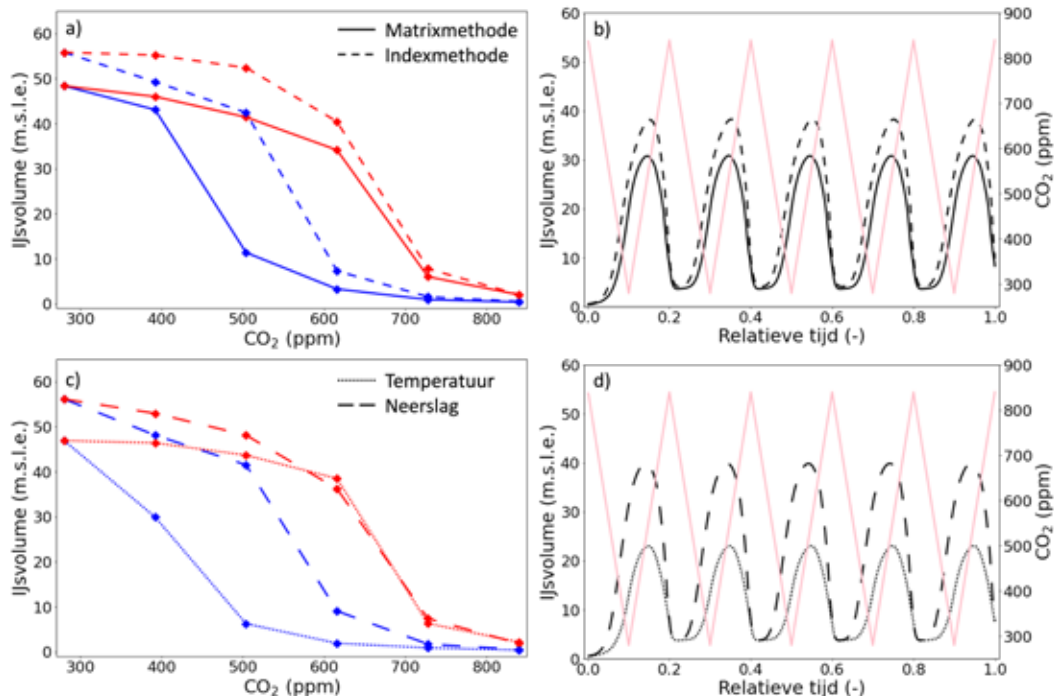


Figuur 4. Ontwikkeling van het opgelegde CO_2 -niveau (roze) en het gemodelleerde transiënte ijsvolume (zwart) over de tijd (t.o.v. de totale simulatieduur), (a) voor de 400-duizendjarige (stippellijn) en 100-duizendjarige (gestreepte lijn) simulaties, en (b) voor de simulatie van 5 keer 40 duizendjaar. Hoe sneller de opgelegde klimaatcyclus, hoe meer de ijskap uit evenwicht is en hoe kleiner de amplitude van de ijsvolumevariatie.

grotere CO₂-toename. Omgekeerd groeit eenmaal verdwenen ijs pas bij veel lagere CO₂-concentraties weer aan.

In werkelijkheid zal de CO₂-concentratie nooit 150 duizend jaar lang stabiel blijven, maar variëren op verschillende tijdschalen. Om te zien wat het effect van die continue veranderingen op het ijsvolume kan zijn, doen we simulaties waarbij we de CO₂-forcing langzaam lineair van 840 ppm naar 280 ppm laten zakken, en daarna weer laten stijgen naar 840 ppm. Deze geïdealiseerde CO₂-cyclus duurt in zijn geheel 100 of 400 duizend jaar. Dit zijn zogenaamde *orbitale* tijdschalen van het klimaatstelsel, die gerelateerd kunnen worden aan de variaties in de baan van de aarde (Milankovitch-theorie). Daarnaast

doen we een simulatie waarin we deze cyclus over 40 duizend jaar vijf keer herhalen (de totale simulatietijd is dan 200 duizend jaar). Afhankelijk van de duur van de CO₂-forceringscyclus neemt het piekvolume af, van 45 m.s.l.e. bij de 400-duizendjarige cyclus tot 38 m.s.l.e. bij de 100-duizendjarige cyclus (Figuur 4a). Het verschil tussen het hoogste en laagste ijsvolume bedraagt nog maar 27 m.s.l.e. in de laatste 40-duizendjarige cyclus (Figuur 4b). De reden is eenvoudig: hoe meer tijd de ijskap heeft om te groeien, hoe dichter de ijskap het evenwichtsvolume benadert. Dus hoe sneller de klimaatcyclus, hoe meer de ijskap uit evenwicht is en hoe kleiner de amplitude van de ijsvolumevariatie. Ook is te zien dat het ijsvolume niet piekt wanneer het CO₂-niveau op zijn laagst is, maar pas later. Dit komt omdat de ijskap traag reageert en nog niet helemaal is evenwicht is wanneer de CO₂ alweer gaat stijgen. De ijskap zal daarom nog enige tijd blijven groeien tot het evenwicht bereikt is, waarna de afname (deglaciatie) zal beginnen. Hoe sneller de klimaatcyclus, hoe langer deze fases van gelijktijdige CO₂-stijging en ijsvolume-stijging (en omgekeerd van gelijktijdige CO₂-daling en ijsvolume-afname) duren. Over het algemeen duurt de deglaciatie relatief kort, maar wordt de snelheid van de glaciatie (opbouw) gelimiteerd door de lage neerslag op Antarctica die samenhangt met het koude klimaat. Daarom blijft de ijskap gedurende de deglaciatie dicht bij de evenwichtstoestand dan gedurende de glaciatie, en zal de ijskap de voorkeur hebben klein te blijven tijdens de kortere CO₂-klimaatcyclus.



Figuur 5. Vergelijking van (a) het evenwichtsijsvolume als functie van de CO₂-concentratie en (b) het transiënte opgelegde CO₂-niveau (roze) en gesimuleerde ijsvolume (zwart) over de tijd, tussen de resultaten van de simulaties met de matrixmethode (alle doorgetrokken lijnen) en met de indexmethode (alle gestreepte lijnen). De matrixmethode neemt de ijs-atmosfeer-wisselwerking wel mee, de indexmethode niet. (c-d) als (a-b), maar voor de resultaten van de simulaties met alleen de albedo-temperatuur-terugkoppeling (stippellijnen), en alleen de ijs-neerslag-terugkoppeling (langgestreepte lijnen). De albedo-temperatuur-terugkoppeling vergroot de hysteresis in de relatie tussen CO₂ en het evenwichtsijsvolume, en reduceert de transiënte ijsvolumevariabiliteit. De terugkoppeling tussen ijs en neerslag heeft het tegenovergestelde effect. De albedo-temperatuur-terugkoppeling domineert het totale effect van ijs-atmosfeer-wisselwerking.

De invloed van ijs-atmosfeer-wisselwerking

Zoals gezegd houden we bij onze klimaatforcering rekening met ijs-atmosfeer-wisselwerking, door middel van een matrixmethode. Wat is het effect hiervan? Om dat te kwantificeren, doen we ter vergelijking een extra set simulaties, waarbij we de interpolatie uitvoeren met een simpelere indexmethode. Hierbij wordt de klimaatforcering uitsluitend bepaald door de extern opgelegde CO₂-concentratie en niet langer door de terugkoppelingsprocessen. Hoe hoger de CO₂, hoe warmer het klimaat. Als gevolg hiervan, neemt de hysteresis in de relatie tussen evenwichtsijsvolume en CO₂ af (Figuur 5a). De resterende hysteresis wordt grotendeels veroorzaakt door een positieve terugkoppeling tussen ijs en klimaat die nog wel wordt meegenomen: door ijsgroei komt het aardoppervlak namelijk hoger in de atmosfeer te liggen, waar het kouder is, wat leidt tot meer ijsgroei, enzovoorts. Dit wordt ook wel de massabalans-hoogte-terugkoppeling genoemd. De toevoeging van de terugkoppelingen die veroorzaakt worden door de ijs-atmosfeer-wisselwerking door middel van de matrixmethode maakt het systeem dus als het ware meer *niet-lineair*. Het vertraagt ook de ijsaangroei, en hiermee de ijsvolumevariabiliteit in de simulaties met continu veranderende CO₂-concentraties. Vergelijken met de indexmethode, is met de matrixmethode het piekvolume namelijk lager in de 400-duizendjarige cyclus (45 om 54 m.s.l.e.) en de 100-duizendjarige cyclus (38 om 47 m.s.l.e.). Het verschil in de amplitude van ijsvolumevariabiliteit in de laatste 40-duizendjarige cyclus is 21% (27 om 34 m.s.l.e.; Figuur 5b).

De ijs-atmosfeer-wisselwerking in ons model bestaat uit terugkoppelingen tussen het ijs en de temperatuur, en tussen het ijs en de neerslag. Het losse effect van deze twee terugkoppelingen kunnen we apart bekijken door middel van een hybride interpolatie. Gebruiken we de matrixmethode voor het bepalen van de temperatuur en de indexmethode voor de neerslag, dan nemen we alleen de positieve albedo-temperatuur-terugkoppeling mee. Als we andersom de indexmethode gebruiken voor de temperatuur en de matrixmethode voor neerslag, dan kunnen we het effect van de negatieve terugkoppeling tussen ijs en neerslag isoleren. Deze terugkoppelingen hebben een tegenovergesteld effect: de albedo-temperatuur-terugkoppeling vergroot de hysteresis in de relatie tussen CO₂ en het evenwichtsijsvolume, terwijl de terugkoppeling tussen ijs en neerslag deze juist verkleint (Figuur 5c). De albedo-temperatuur-terugkoppeling reduceert ijsvolumevariabiliteit in simulaties met continu veranderende CO₂-concentraties, de terugkoppeling tussen ijs en neerslag versterkt deze (Figuur 5d). Het is echter ook duidelijk dat het effect van de albedo-temperatuur-terugkoppeling uiteindelijk sterker is en het totale effect van ijs-atmosfeer-wisselwerking domineert.

Conclusies, geplande modelverbeteringen, en verder onderzoek

Ons onderzoek laat zien dat het vanuit ijsfysisch perspectief nog lastig is om grote schommelingen in ijsvolume tijdens het vroege en midden-Mioceen te verklaren. Ons model IMAU-ICE heeft heftige CO₂-variaties nodig, tussen de 280 en 840 ppm, om ijsvolumevariabiliteit op continentale schaal te veroorzaken. Dat is een verschil van 560 ppm, terwijl koolstofcyclusmodellen al moeite hebben om de 100-ppm-variaties (tussen 180 en 280 ppm) tijdens de afgelopen ijstijden te verkrijgen. En dan is de ijsaangroei ook nog eens supertraag. Dit komt omdat de lucht in het Zuidpoolgebied zo droog is en er daardoor ook weinig neerslag valt. Pas als de CO₂ op een tijdschaal van 400 duizend jaar varieert, komen de transiënte ijsvolumes in de buurt van de evenwichtscondities. Op kortere tijdschalen die in de natuur veel voorkomen (orbitale tijdschalen), is de ijsvolumevariabiliteit veel kleiner. Ten slotte helpt ook de ijs-atmosfeer-wisselwerking ons niet. Het netto-effect van deze wisselwerking maakt het ijs-klimaat-systeem meer niet-lineair. Ijs groeit veel trager aan. Eenmaal gevormd verdwijnt het moeilijker. Ofwel, de hysteresis in de relatie tussen CO₂ en ijsvolume is groter. Wat wel tot grotere ijsvolumevariabiliteit leidt, is de Antarctische bodemtopografie van het vroege Mioceen. Het westelijke deel van het continent lag toen voor een groter gedeelte dan later boven zeeniveau, wat glaciatie vergemakkelijkt. In overeenstemming met eerder werk (Paxman et al., 2020), krijgen we daarom enigszins grotere ijsvolumevariabiliteit in onze vroeg-Miocene referentie-experimenten, dan wanneer we bodemtopografieën behorend tot latere tijdvakken gebruiken.

Wat betekent dit nu? Een mogelijke verklaring is dat de Antarctische ijskap toch stabiel is dan de geologische data lijken te suggereren. Voor een juiste interpretatie van de data is het van groot belang dat geologen en ijsfysici nauw blijven samenwerken. Anderzijds is het ook nog niet uit te sluiten dat het fysische model dat we gebruiken

tekortkomingen heeft. In de huidige opzet worden de ijskapveranderingen gedreven door atmosferische veranderingen die vooral effect hebben op Oost-Antarctica. Andere model- en datastudies laten echter zien dat de uitwisseling tussen oceaan en ijskap die met name in West-Antarctica optreedt ook wel eens heel belangrijk zou kunnen zijn, zowel in het geologische verleden als in de toekomst (Gasson et al., 2016; Marschalek et al., 2021). De westkant ligt lager, waardoor er meer contact is met oceaanwater. Veranderingen in oceaanwatertemperatuur en de gevolgen hiervan voor de afsmelting aan de onderkant van de drijvende ijsplaten moeten daarom nog beter in het model meegenomen worden. Dit is een onderzoeksgebied dat volop in ontwikkeling is, en ook met IMAU-ICE doen we daaraan mee. Een andere ontwikkeling op gebied van ijskapmodelleren betreft het schuiven van de ijskap over de onderliggende grond. Dit notoir lastig te verifiëren proces (we kunnen moeilijk onder die enorme ijslaag meten) is op verschillende manieren te modelleren. Momenteel zijn we ermee bezig een aantal van deze fysische schuifwetten in te bouwen in IMAU-ICE, zodat we de keuze hebben, en ze ook kunnen vergelijken. Afhankelijk van welke schuifwet gebruik gemaakt wordt, zal de ijskap anders reageren op klimaatveranderingen (Sun et al., 2020). Het Mioceen leent zich er dan wederom goed voor om te testen welke schuifwet tot resultaten leidt die het beste in overeenstemming met (geologische) data zijn. Immers, hoe beter ijskapmodellen in staat zijn het verleden te simuleren, hoe meer we op de toekomstprojecties van deze modellen kunnen vertrouwen. Kortom, er blijft voorlopig genoeg te doen om tot betere zeespiegelprojecties te komen.

Dankwoord

Voor dit onderzoek wordt Lennert Stap gefinancierd door VENI-beurs VI.Veni.202.031, toegekend door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Referenties

- Berends, C. J., de Boer, B., and van de Wal, R. S. W., 2018: Application of HadCM3@Bristol v1.0 simulations of paleoclimate as forcing for an ice-sheet model, ANICE2.1: set-up and benchmark experiments, *Geosci. Model Dev.*, 11, 4657–4675.
- Burls, N. J., et al., 2021: Simulating Miocene warmth: insights from an opportunistic multi-model ensemble (MioMIP), *Paleoceanogr. Paleoclim.*, 36, e2020PA004054.
- Fox-Kemper, B., et al., 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362.
- Gasson, E., DeConto, R. M., Pollard, D., and Levy, R. H., 2016: Dynamic Antarctic ice sheet during the early to mid-Miocene, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(13), 3459–3464.
- Hochmuth, K., et al., 2020: Combined palaeotopography and palaeobathymetry of the Antarctic continent and the Southern Ocean since 34 Ma, *PANGAEA* [data set], <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.923109>
- Marschalek, J. V., et al., 2021: A large West Antarctic Ice Sheet explains early Neogene sea-level amplitude, *Nature*, 600, 450–455.
- Paxman, G. J., Gasson, E. G., Jamieson, S. S., Bentley, M. J., and Ferraccioli, F., 2020. Long-term increase in Antarctic Ice Sheet vulnerability driven by bed topography evolution. *Geophysical Research Letters*, 47(20), e2020GL090003.
- Stap, L. B., Berends, C. J., Scherrenberg, M. D. W., van de Wal, R. S. W., and Gasson, E. G. W., 2022: Net effect of ice-sheet-atmosphere interactions reduces simulated transient Miocene Antarctic ice-sheet variability, *The Cryosphere*, 16, 1315–1332.
- Steinhilber, M., et al., 2021: The Miocene: The future of the past, *Paleoceanogr. Paleoclim.*, 36, e2020PA004037.
- Sun, S., et al., 2020: Antarctic ice sheet response to sudden and sustained ice-shelf collapse (ABUMIP), *J. Glaciol.*, 66, 891–904.

Contact: L.B.Stap@uu.nl

Mooie zomers

Cor Schuurmans, Huug van den Dool

In het juninummer van 2009 schreef de eerste auteur een artikel onder dezelfde titel met de vraag: de zomers van 2003 en 2006 waren in ons land erkend mooie zomers. Wanneer komt de volgende? Pas na 2013? Het ging over een waargenomen verband tussen mooie zomers en de bekende 11-jarige zonnevlekkencyclus. In het juninummer van 2018 schreven beide auteurs samen een artikel over de Regel van Braak, een soortgelijk verband, maar nu tussen de jaarlijkse neerslag en die zonnecyclus. Tijd voor een verificatie en update.

Mooie zomers

We hanteren van oudsher als definitie van mooie zomers: tenminste 25 ADS-dagen in de zomermaanden (JJA) te De Bilt. ADS staat voor: A = het hoogste terciel van de etmaaltemperatuur, D = droog, minder dan 0.3 mm neerslag en S = zonnig, tenminste 50% zon. Gemiddeld komt dat iets minder dan eens in de vijf jaar voor, maar door de temperatuurstijging (en mogelijk ook door de toename van de zonneshijn, beiden zonder aanpassing van de terciel/mediaan-grenzen), neemt die frequentie wel iets toe. Uit de reeks van het aantal ADS-dagen in de zomers van 1881 – 2007 was gebleken dat bij toename van het aantal zonnevlekken in de 11-jarige activiteitscyclus van de zon (de stijgende tak van minimum tot en met maximum) het aantal mooie zomers relatief geringer was dan in de dalende tak (van het zonnemaximum tot en met het zonneminimum). Bij tweedeling van de reeks, op zich al een verificatie op onafhankelijke gegevens, bleken beide delen hetzelfde effect te vertonen, zie Tabel 1. Deze tabel lag aan de basis van de prognose in 2009.

Verificatie

In 2009 bevonden we ons in het minimum van de 11-jarige cyclus en 2010 bleek het eerste jaar van de nieuwe cyclus (nummer 24). De precieze duur van de activiteitscyclus is niet te voorspellen, maar het aantal jaren van de stijgende tak is meestal kleiner dan dat van de dalende tak (zie ook Tabel 1). Inmiddels weten we dat die cyclus duurde van 2010 tot en met 2019 (en deels nog in 2020). De stijgende tak duurde duidelijk 5 jaar (2010 – 2014) en de dalende 5 à 6 jaar 2015 – 2019/2020, dus nu duurden de stijging en daling vrijwel even lang. (Inmiddels wordt het einde van cyclus 24 gesteld op december 2019. Dat gebeurt met een gecentreerd low-frequency filter, waardoor je bijna een jaar in real time moet wachten voor het antwoord binnen is.)

We bekijken nu de aantallen ADS-dagen in de jaren 2008 – 2021, aansluitend dus op de bovengenoemde lange reeks 1881 – 2007, en inmiddels ook 2022, zie Tabel 2.

De basis van de prognose in 2009 was dat het aantal mooie zomers tijdens de stijgende fase (2010 – 2014) van de cyclus relatief lager zou zijn dan tijdens de dalende fase (2015 – 2019/20). Daaraan is in de afgelopen

cyclus ruimschoots voldaan, misschien zelfs beter dan op grond van Tabel 1 te verwachten is. In de stijgende fase had slechts 1 van de 5 jaren een mooie zomer en in de dalende fase maar liefst 4 van de 5 ofschoon twee ervan marginaal. In het stadium van verificatie van een eerder vastgestelde verband op onafhankelijke waarnemingen hebben we afgezien van optimaliseren van onze definitie van mooie zomer. Na deze positieve verificatie moet blijken of een gewijzigde definitie met inbegrip van de bovengenoemde trends het verband met de 11-jarig zonnecyclus nog verandert.

Regel van Braak

De Regel van Braak (1933), gebaseerd op de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland in de periode 1854 – 1932, luidt in diens eigen bewoordingen: In den regel valt de meeste neerslag in het tijdvak dat loopt van het zonnevlekkenminimum tot het zonnevlekkenmaximum, waarna een droger tijdvak intreedt. Hij voegde eraan toe dat het tweede jaar voor het minimum vaak het droogste jaar is. In ons artikel (Schuurmans en Van den Dool, Meteorologica, juninummer, 2018) lieten we zien dat het, gemiddeld genomen, voor de periode van (1932 – 2014) nog steeds geldt. Een klinkende verificatie op uitgebreid onafhankelijke gegevens van een vrijwel vergeten regel.

Het jaar 2014 was het maximum van de juist voorbij zonnecyclus. Daarna trad, in de woorden van Braak, een drogere periode in. De jaren van de dalende tak (2015 t/m 2020) waren relatief droog (klimatologisch jaargemiddeld 832.2 mm in De Bilt), met als hoogtepunt het gortdroge jaar 2018 (De Bilt, 582.0 mm). Aan de regel van Braak was, ook in de meest recente zonnecyclus, redelijk duidelijk voldaan. Aan Braaks conclusie dat het tweede jaar voor het minimum van de cyclus vaak extra droog kon uitvallen was nu eveneens voldaan. Het droogste jaar 2018 viel namelijk vlak voor het zonneminimum van 2019/20.

Deze positieve verificatie van de regel van Braak is misschien minder verbazingwekkend als je weet dat onze regel met betrekking tot de mooie zomers ook goed is uitgekomen. Bij beide regels speelt de simultane correlatie tussen droog en warm/nat en koel een rol, althans in de zomer.

Op basis van dit succes zouden we nu voor de cyclus die in 2020 begon de volgende prognose kunnen opstel-

Tijdvak	1881 – 2007	1881 – 1934	1935 – 2007
Zonnecycli	12 t/m 23	12 t/m 16	17 t/m 23
Stijgende tak (n/N)	6/56 (11%)	2/25 (8%)	4/31 (13%)
Dalende tak (n/N)	18/71 (25%)	9/29 (31%)	9/42 (21%)

Tabel 1. Aantal mooie zomers n per N jaar in de stijgende en dalende tak van de 11-jarige zonnecyclus.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200									15	25
201	21	8	13	27	21	26	15	25	41	30
202	25	22	37							

Tabel 2. ADS-dagen in de periode 2008 – 2021. Verticaal de decades, horizontaal de individuele jaren.

len: (1) de jaren tot circa 2025 zullen relatief weinig mooie zomers opleveren, (2) Voor diezelfde periode zal de gemiddelde jaarsom van de neerslag hoger zijn dan van de periode 2015 – 2020. In de jaren van dalende tak (2025 – 2030) zal de jaarlijkse hoeveelheid neerslag gemiddeld weer afnemen.

Processen

Maar hoe valt de samenhang van onze zomerregel en de regel van Braak, met de 11-jarige zonnecyclus, te verklaren? In onze bovengenoemde artikelen zochten we een verklaring in de zonneconstante die in de 11-jarige cyclus circa 1.5 W/m^2 varieert. In de stijgende tak neemt de zonneconstante min of meer gelijkmatig toe en na het maximum op dezelfde manier weer af. Om de door ons gevonden verbanden te verklaren zou dit een verschil in de luchtdrukverdeling op aarde tussen de stijgende en dalende tak van de 11-jarige zonnecyclus moeten veroorzaken. De vraag is of numerieke klimaatmodellen zo'n effect zouden kunnen aantonen. Afgezien van het artikel van Meehl et al. (Meehl, G. A., Arblaster, J. M., Branstator, G., & van Loon, H., 2008, A Coupled Air–Sea Response Mechanism to Solar Forcing in the Pacific Region, *Journal of Climate*, 21, 2883 – 2897), zijn er erg weinig modelstudies, deels omdat fysische en chemische processen die een rol kunnen spelen nog niet standaard aanwezig zijn in weer- en klimaatmodellen.

Ook al nemen we geen grote verandering waar in de elektromagnetische straling tussen de stijgende en dalende tak van zonnecyclus, het polaire magnetisch veld van de zon verandert juist heel sterk. Rond of vlak na het zonnemaximum slaat het van teken om. En daarmee ook het interplanetaire magneetveld in de buurt van de aarde. Uit waarnemingen blijkt dat geladen deeltjes van de actieve zon dan de hogere luchtlagen kan bereiken en bijvoorbeeld poollicht kunnen veroorzaken. Een en ander schijnt echter alleen plaats te vinden als de polariteiten van het magneetveld van de zon en dat van de aarde tegengesteld zijn. In feite hebben we hier te maken met de Hale-cyclus van de magnetische polariteit van zonnevlekken. Die staat ook wel bekend als 22-jarige zonnecyclus, in 1919 ontdekt door de Amerikaanse astronoom Georg Hale. Hij ontdekte dat na iedere 11-jarige cyclus, in de nieuwe cyclus de polariteit van de leidende en de volgende zonnevlek (zonnevlekken verschijnen in paren) van teken verander-

de. Zonnevlekkencycli treden dus ook in paren op, 2 keer 11 jaar = 22 jaar. In de telling van de reeks opeenvolgende 11-jarige zonnevlekkencycli is dus sprake van even en oneven genummerde cycli. De literatuur over de invloed van de 22-jarige zonnecyclus op het aardse klimaat is vrij uitgebreid. Bekend is onder andere de Twenty-Two-Year Drought Cycle in het westen van de VS. In ons klimaat zijn de winters van de oneven zonnecycli gemiddeld kouder dan die van de even cycli zoals de eerste auteur in 1978 al aantoonde (Schuurmans, C.J.E., Influence of solar activity on winter temperatures. *New climatological evidence. Climatic Change*, 1, 231-239, 1978), een regel die sindsdien nog steeds opgaat. Het verband tussen koude winters en zonneactiviteit is door ons besproken in *Meteorologica* (19 (1), 15-19, 2010 en 21(2), 16-19, 2012). Voor een verklaring werd daarbij onder andere verwezen naar Ineson et al., 2011 (Solar forcing of winter climate variability in the Northern Hemisphere, *Nature Geoscience*, 4, 753-757, doi:10.1038/ngeo 1282). Bij die forcering speelt de interactie tussen stratosfeer en troposfeer in de wintermaanden een belangrijke rol.

Het Hale-effect?

Een voor de hand liggende vraag is dus: is het boven beschreven klimaateffect op onze zomers en de regel van Braak hetzelfde in de even en oneven cycli, of verschillend? Zoals Tabellen 3 en 4 laten zien, treden de klimaateffecten zowel in de even als in de oneven cycli op, maar wel met duidelijke verschillen.

Onze regel dat mooie zomers vooral optreden in de dalende tak van de 11-jarige zonnecyclus komt voornamelijk uit de even cycli, zoals de in 2019/20 afgesloten cyclus. De regel van Braak wordt vooral gekenmerkt door droogte in de dalende tak van de zonnecyclus. Het effect even versus oneven op deze regel hebben we getest op de neerslagreeks van De Bilt van 1906 – 2021. In deze lange neerslagreeks zouden droge jaren dus het meest voor moeten komen in dalende tak. (De oplettende lezer zal zich afvragen hoe de “lange” reeks van De Bilt 1906 – 2021 zich verhoudt tot de gegevens voor 1854 – 1932 die Braak in 1933 gebruikte. Voorheen gebruikte men op het KNMI de zogenaamde Braak reeks: de landelijke gemiddelde neerslag, gebaseerd op zoveel mogelijk stations. Het nut van enige ruimtelijke gladstrijking, zeker bij neerslag, zal duidelijk zijn, en dat motiveerde de kli-

1881 – 2019	Cycli 12 t/m 24	Even	Oneven
Stijgend (n/N)	8/61 (13%)	4/34 (12%)	4/27 (15%)
Dalend (n/N)	24/78 (31%)	16/40 (40%)	8/38 (21%)
Totaal (n/N)	32/139 (25%)	20/74 (27%)	12/65 (18%)

Tabel 3. Matrix van het aantal mooie zomers te De Bilt in afhankelijkheid van de even of oneven zonnecyclus en de stijgende of dalende tak daarvan. De reeks van 1881 – 2019 valt geheel binnen de cycli 12 t/m 24.

1906 – 2021	Totaal	Even	Oneven
Stijgend (n/N)	5/50 (10%)	3/26 (12%)	2/24 (8%)
Dalend (n/N)	19/66 (29%)	12/34 (35%)	7/32 (13%)
Totaal (n/N)	24/116 (21%)	15/60 (25%)	9/56 (16%)

Tabel 4. Matrix van het aantal droge jaren (minder dan 700 mm) in afhankelijkheid van de even of oneven zonnecyclus en de stijgende of dalende tak daarvan.

matoloog Braak. Tot 1980 werd de Braak reeks (1854 – heden) door het KNMI aanbevolen en toegepast, ook door de tweede auteur, maar is nu blijkbaar geheel vergeten en niet up to date te verkrijgen. Het KNMI lijkt metingen uit de 19de eeuw sowieso weinig meer te gebruiken.) Als definitie van droog hebben we in eerste instantie gekozen voor een jaarlijkse neerslagsom van minder dan 700 mm. Voor het resultaat, zie Tabel 4.

De dalende tak levert relatief meer droge jaren op dan de stijgende tak. Het verschil is bijna een factor 3. Even en oneven cycli laten beide dit effect zien, maar evenals bij de mooie zomers is het effect in de even cycli verreweg het sterkst. De kans op een jaarsom beneden 700 mm is in (even, dalend) zelfs vier keer zo groot als in (oneven, stijgend), geheel in overeenstemming met de regel van Braak. Maar Braak maakte oorspronkelijk geen onderscheid tussen even en oneven zonnecycli.

De verdeling van de mooie zomers en/of droge jaren over de 4 mogelijkheden (even, stijgend), (even, dalend), (oneven, stijgend) en (oneven, dalend) in Tabellen 3 en 4 is statistisch significant. De χ^2 -toets levert in beide gevallen een getal op dat hoger is dan de 5%-grens. Maar dit Hale-effect op onze zomerregel en de regel van Braak moet door toekomstige Hale-cycli alsnog worden bevestigd.

Conclusies

Naast een positieve verificatie van de eerder gepubliceerde effecten van de 11-jarige zonnecyclus op ons klimaat toont ons verdere onderzoek aan dat die effecten sterk bepaald worden door de 22-cyclus van de zon, waardoor de gevolgen in opeenvolgende 11-jarige cycli enigermate

verschillen. Zelfs al zijn er vaststaande systematische effecten op ons geomagnetisch veld en onze hogere luchtlagen, hoe leidt dat tot atmosferische veranderingen aan het aardoppervlak? Aan welke processen moet je dan denken? In de wintermaanden is er een sterke interactie tussen de stratosfeer en de troposfeer, maar die ontbreekt in de zomer. Valt hier nog iets nieuws te ontdekken? Empirisch of met modellen?

Onze onkunde vormt echter geen belemmering om met de waargenomen klimaateffecten rekening te houden. (1) De boven geformuleerde verwachting voor de huidige oneven cyclus, kunnen we vanwege het Hale-effect, voor de komende jaren tot 2025 afzwakken (zie Tabel 3). Dat geldt ook voor de jaren na het maximum. Maar de jaren van de dalende tak en daarmee de gehele oneven cyclus zullen waarschijnlijk minder mooie zomers opleveren dan de voorafgaande even cyclus. (2) In de jaren tot 2025 zal de gemiddelde jaarsom van de neerslag hoger zijn dan die van de periode 2015 – 2020. Volgens Tabel 4 zal dat ook voor de dalende tak tot circa 2030 blijven gelden.

Al met al zal de huidige cyclus minder mooie zomers en minder droge jaren tellen dan de juist voorbijge even zonnecyclus. Maar het bovenstaande betekent eveneens dat in loop van de volgende even cyclus, die begint rond 2030, sterk rekening moet worden gehouden met extra zomerwarmte en extra droogte, naast die van de toenemende antropogene klimaatveranderingen, vooral in de jaren van de dalende tak. Het contrast tussen de jaren van de stijgende en dalende tak kan juist dan heel groot zijn.

Contact: coran.schuurmans@xs4all.nl



Regenboog nabij Achterveld (Utrecht) op vrijdag 25 november (foto: Ard Krikke).



Product specialist klimatologie

CaTeC b.v (Wateringen) is leverancier van een brede lijn van meetinstrumenten, analyzers en sensoren. De kern van de meetinstrumentatie is gericht op het meten van klimaat-parameters en het registreren en analyseren van deze parameters.

Voor ons producten pakket dat gericht is op het meten en analyseren van broeikasgassen en onze toplijnen van meteorologische- en bodemonderzoek gerelateerde meetinstrumenten zoeken wij een applicatie specialist die verantwoordelijk is voor de ondersteuning, advisering en verkoop van de genoemde meetinstrumenten. Onze klanten voor deze meetinstrumenten zijn; Universiteiten, onderzoeksinstituten, waterschappen en instanties zoals het KNMI, ECN etc.

Profiel van de kandidaat:

Voor deze functie zoeken wij een kandidaat met de volgende mogelijkheden en opleidingen:

Opleiding Universitair, HBO in een van de volgende studierichtingen:

- Klimatologie
- Bodem, Water, Atmosfeer
- Technische Natuurkunde
- Plant fysiologie



- Kennis van en interesse in klimatologische ontwikkelingen.
- Technisch goed onderlegd, gecombineerd met een oplossende gerichte en adviserende instelling.
- Ervaren in omgang met computers en onderlegt in digitale communicatie.
- Ervaren in het presenteren van producten en meet- en analyse-oplossingen
- Kennis van de Engelse taal
- Enthousiaste instelling en team speler.
- Bereidheid tot reizen en het onderhouden van de relaties met onze internationale toeleveranciers.

Wij bieden:

- Een afwisselende, zelfstandige baan binnen een enthousiast team met een collegiale open werksfeer.
- Een inwerkperiode met diverse trainingen (internationaal)
- Een passend salaris conform aan de functie en opleiding
- Goede secundaire arbeidsvoorwaarden en uitstekend pensioen (NN)
- Goede opleidingsmogelijkheden, wij vinden het belangrijk dat onze mensen zich blijven ontwikkelen.
- Werkweek van 38 uur, 25 vrije dagen, tantième uitkering.



Heb je interesse in deze veelzijdige baan en ben je geïnteresseerd in de meetinstrumenten die noodzakelijk zijn voor klimatologisch onderzoek.

Maak eens een afspraak!

Voor meer informatie : De heer J.M. Oosterling – 0174 272331 – hans.oosterling@catec.nl



acquisitie naar aanleiding van deze vacature wordt niet op prijs gesteld



Bram Oort, modellen en Gaia

Huug van den Dool

In de jaren 70 van de vorige eeuw kreeg ik van Sinterklaas het boek van James Lovelock over “de Gaia hypothese”. Het paste goed in het milieuactivisme waar ik toen al jaren de mond van vol had. Volgens Lovelock is Gaia het idee om de hele aarde als een groot organisme te beschouwen, een organisme dat ademt, eet, verteert, enzovoorts. Alles met behoud van massa: afval bestaat niet, alles heeft een natuurlijke cyclus. Dat ik uit as voortkom en tot as zal terugkeren wist ik trouwens al uit m'n vrome Roomse opvoeding. Er hangt een goed gevoel omheen, een supra-bedoeling, waardoor alles in orde zal komen, met name voor het leven op aarde, de biosfeer. Het ligt in de sfeer van een geloof: Gaia is niet voor niets “moeder aarde” in de Griekse mythologie.

Er gaan jaren voorbij zonder dat ik aan Gaia denk. Maar nu lees ik de memoires van Bram Oort (Abraham Oort, 2022: *Living on Earth – Memoir of a Meteorologist*, Onafhankelijke Publicatie, Planetary Health, Inc. In Becket, MA, 249p., met vele foto's) en dat zette me aan tot deze column. Bram, inmiddels 88, is niet alleen een goede vriend, maar professioneel in mijn jonge jaren ook een groot voorbeeld wat betreft studies van de algemene circulatie. Bij het lezen ervan stuit ik op Gaia. Niet erg verrassend, want Bram is als geen ander op zoek geweest naar filosofieën om een leven van eenvoud en gezondheid na te streven. Hij betreft Gaia bij klimaatverandering, een uitbreiding van het originele Gaia idee, dat wil zeggen, hij poneert dat het klimaat op aarde door de goede zorgen van Gaia tijdens onze lange geologische geschiedenis in de range ‘aangenaam’ (voor het leven) is gebleven. Maar Gaia heeft in haar gereedschapskist de uitgaande infraroodstraling, een fenomenale negatieve terugkoppeling. Mocht het door welke oorzaak dan ook ‘even’ wat warmer of kouder worden dan zelfreguleert een en ander zich via sigma T tot de vierde macht. Dit is lineair te beschrijven als een negatieve feedback, $-\alpha(T - T_{\text{evenwicht}})$, maar het doet de vraag rijzen: feedback waarheen? Hoe weet Gaia van een evenwicht? Dit zit 'm in de inkomende zonnestraling, want die bepaalt hoe groot de uitgaande infraroodstraling moet zijn voor een evenwicht.

Bram maakt zich grote zorgen over de supersnelle verbranding van fossiele brandstoffen die te veel lijkt te gaan worden voor Gaia. In een nadere uitwerking van het Gaia concept is er elders op gewezen dat de mens(heid) geen externe factor is, maar zelf onderdeel uitmaakt van de biosfeer. Als ‘wij’ door enige intelligentie en ondernemingslust in staat zijn om alle fossiele brandstoffen in no-time erdoorheen te jagen dan moet er ook een zelfregulerend proces zijn, namelijk ons gezonde verstand, dat een einde moet maken aan praktijken waar we onszelf en de hele biosfeer mee bedreigen. Ons gezonde verstand maakt dan dus deel uit van Gaia's gereedschapskist.

Constructief is het concept Gaia (voor mij althans) gebleken in de context van, dit hoort u goed, de correctie van systematische fouten. Numerieke modellen zijn natuurlijk een uitkomst, maar ze bevatten fouten, en die zijn deels systematisch. Prachtig, want het woord syste-

matisch suggereert dat je er iets aan kunt doen, want een ezel stoot zich niet tweemaal... Er is veel werkgelegenheid in ons vak ontstaan door het corrigeren van systematische fouten. Correcties achteraf, correcties gedurende de numerieke integratie door een extra term in de vergelijkingen, correcties in data-assimilatie, noem maar op: een hele industrie die al 75 jaar bestaat. Je zou ook kunnen denken dat een systematische fout een aanwijzing geeft over wat er fundamenteel fout is in het model. Ja, als de fouten groot zijn dan is dat zo. Maar al in de jaren 80 van de vorige eeuw bleek dat modellen zeer bekwaam zijn in “compenseren”, dat wil zeggen, als je een systematische fout hebt dan gaat het model de effecten van die fout verhullen door compensatie met andere termen (zelfs als die goed gecodeerd zijn). Fouten met fouten opheffen, het moest niet mogen.

Het is dit duivelse compenseren van fouten dat mij aan Gaia doet denken. Gaia bestaat uit een groot aantal (meestal negatieve) terugkoppelingen en zelfregulerende processen. Die lijken in een klimaatmodel inderdaad overvloedig aanwezig te zijn: een gemodelleerde Gaia. Op de een of andere manier weet een model wat het wil. Maar hoe kan dat? Blijkbaar vormen die ± 1 miljoen regels code een klimaat waar we hoe dan ook naartoe getrokken worden, alle perturbaties ten spijt. Met klimaat bedoelen we niet uitsluitend het gemiddelde, zoals de evenwichtstemperatuur in de boven al genoemde uitdrukking, maar de hele verdeling. Niettemin is zo'n lineaire feedback instructief en laat ons een dilemma zien. Gaia heeft een prachtig stuk gereedschap, want sigma T tot de 4de levert gelineariseerd een hele grote α op, dat wil zeggen, we trekken heel hard terug naar een aangenaam evenwicht. Maar dan komen de duivelse compensaties om de hoek kijken. De hoeveelheid water in de atmosfeer hangt af van de temperatuur (positieve terugkoppeling), daardoor komt het effectief uitstralende niveau hoger (lager) te liggen als het warmer (kouder) wordt, en dit zorgt ervoor dat de waarde van α een flink stuk kleiner is. Hierdoor is het klimaat veel minder stabiel dan alleen op grond van de wet van Stefan-Boltzmann. En daar blijft het niet bij. Meer waterdamp in de atmosfeer, als zodanig, leidt tot minder verdamping en meer neerslag, en dat is weer negatieve terugkoppeling. Iedere reactie roept een volgende feedback op.

Hoewel maar weinig wetenschappers Gaia hebben aanvaard, kunnen we vaststellen dat er een voortdurende discussie bestaat over wat Gaia wel of niet is, of kan zijn. Het idee is blijkbaar intrigerend, en hoewel er kritiek is en zelfs totale afwijzing, kan het ook een stimulans zijn tot positief nadenken. Zodoende kan de onlangs op z'n 103de verjaardag overleden Lovelock tevreden zijn.

Contact: huug.vandendool@gmail.com.



Universiteit Utrecht

Climate Physics

Master's Programme at Utrecht University, The Netherlands

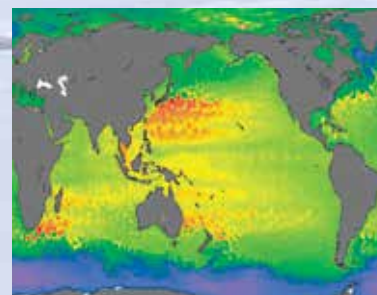
This Master's programme offers a unique combination of theoretical courses and practical training in all aspects of the climate system. Physics, dynamics and chemistry of the atmosphere, the oceans, the glaciers and ice sheets and their interaction are the core of this programme.

Our research fields:

- Ocean Circulation and Climate
- Physical Oceanography of the Coastal Zone
- Atmospheric Dynamics and the Hydrological Cycle
- Atmospheric Physics and Chemistry
- Ice and Climate

More information:

Utrecht University, The Netherlands
Institute for Marine and Atmospheric Research
www.uu.nl/masters/climate



Nieuwe seizoenen

Harry Geurts (KNMI, voormalig persvoorlichter)

Het had weinig gescheeld of De Bilt had niet alleen het KNMI maar ook de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) gehuisvest. Buys Ballot pleitte in 1873 al voor internationale samenwerking en wilde dat het KNMI op de Sonnenborgh in Utrecht het meteorologische hart van Europa zou worden. Dat is uiteindelijk niet gelukt, maar het KNMI kreeg in 1928 wél het secretariaat van de Internationale Meteorologische Organisatie, de voorloper van de WMO, als naaste buur. Om precies te zijn op de Dorpsstraat 10 in De Bilt, momenteel een vervallen pand dat nodig gerenoveerd moet worden. De secretaris-generaal van de WMO, Petteri Taalas, onthulde daar onlangs een plaquette om te benadrukken dat Nederland indertijd aan de wieg stond van de internationale samenwerking in de meteorologie (zie de bijdrage van Kees Dekker, pagina 22). Een uniek stukje meteorologische geschiedenis, zeker omdat de leden van het comité dat voor De Bilt koos niet de minste waren: Marie Curie, Hendrik Lorentz en Albert Einstein.

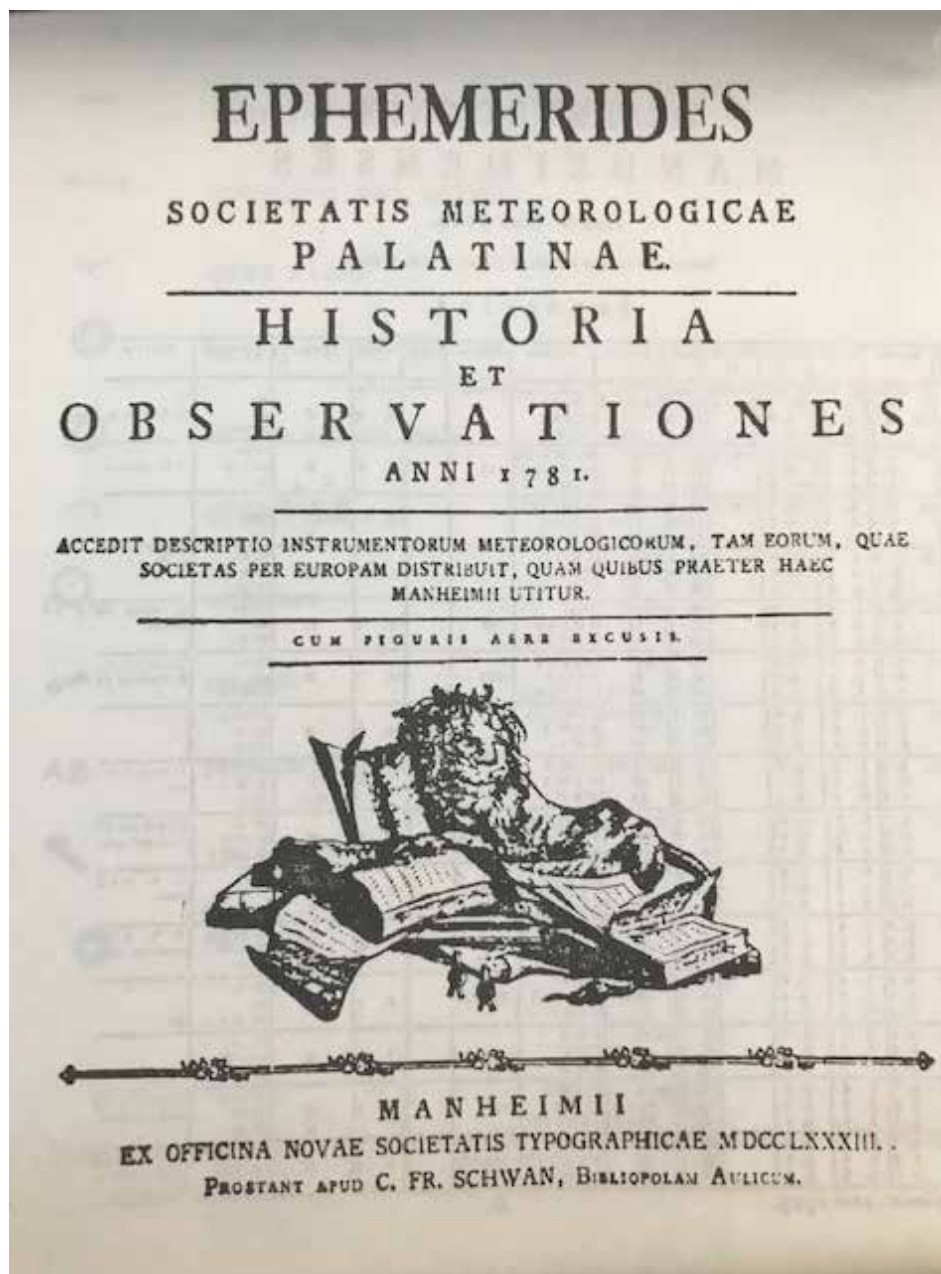
Muzikale keurvorst

De wortels van de internationale meteorologische samenwerking gaan nog veel verder terug in de geschiedenis en hebben zelfs een bijzondere muzikale achtergrond. Karl Theodoor (1724 – 1799), de keurvorst van de Palts en van Beieren, richtte in september 1780 in Mannheim de *Societas Meteorologica Palatinae* op voor internationale uitwisseling van meteorologische waarnemingen. De keurvorst was niet alleen een gerespecteerd wetenschapper en weerman, maar ook een groot muzikkliefhebber. In zijn muziekkapel in Mannheim speelde het beroemdste en grootste hoforkest van die tijd in Europa, waarin hij zelf de fluit bespeelde.

Tal van componisten kwamen er over de vloer en in juli 1763 bezocht niemand minder dan de jonge Wolfgang Amadeus Mozart (1756 – 1791) slot Schwetzingen waar de zomers werden doorgebracht. Mozart was nog maar zeven jaar jong, maar ging al op muziekreis met zijn zusje Nannerl en zijn vader Leopold. De keurvorst was meteen onder de indruk van Mozarts

enorme talent: “wie had gedacht dat zulke grote dingen zich in zo’n klein hoofd konden nestelen?”.

De veelzijdige Karl Theodoor had niet alleen een groot muzikaal inzicht, maar ook vooruitstrevende ideeën op het gebied van de meteorologie, met name over weerkundige waarnemingen en internationale samenwerking. In zijn oprichtingsbrief van de *Societas Meteorologica Palatinae* deed hij een oproep om op meerdere plaatsen in de wereld gelijktijdig weerkundige waarnemingen te doen. Op de Academie van Wetenschappen in Mannheim werd zelfs een aparte meteorologische afdeling ingericht voor het aantrekken van weerwaarnemers, de ontwikkeling



Figuur 1. Omslag van de *Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae*.

van nieuwe instrumenten, het verzamelen van de waarnemingen en het publiceren daarvan voor klimatologische doeleinden. Ook vooraanstaande waarnemers uit ons land waren aangesloten, zoals Jacob van Breda uit Delft, Jan Hendrik van Swinden uit Franeker en Jan van de Perre uit Middelburg. De weergegevens werden gepubliceerd in een twaalfdelige *Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae* uitgegeven tussen 1783 en 1795 (Figuur 1).

Seizoenswisseling op de eerste van de maand

Karl Theodoor merkte bij de samenstelling van zijn klimatologische overzichten dat het door de enigszins wisselende data waarop de seizoenen beginnen niet handig was om uit te gaan van de astronomische kalender. Als alternatief bedacht hij de vier meteorologische seizoenen die beginnen op de eerste van de maanden maart, juni, september en december. Dit concept, dat in de media tegenwoordig elk jaar weer de nodige vraagtekens oproept, stamt dus al uit de 18^e eeuw. De astronomische seizoensindeling, gebaseerd op de baan van de aarde om de zon en de schuine stand van de aardas, bestaat al veel langer en de aanzet daartoe dateert zelfs van voor onze jaartelling. De Griekse astronoom Hipparchus ontdekte al twee eeuwen voor de jaartelling dat de aardas van richting verandert.

Sinds die tijd zijn de jaargetijden een bron van inspiratie van schilders, dichters en componisten. In deze rubriek zijn al vele composities gebaseerd op de vier jaargetijden en de twaalf maanden van het jaar de revue gepasseerd, maar steeds ontdek ik weer nieuwe werken over de seizoenen. Zo wijdde de Amerikaanse avant-gardecomponist John Cage (1912 – 1992) naast een strijkkwartet ook een ballet aan de vier seizoenen. Hij schreef het werk in 1947, eerst voor piano en daarna een bewerking voor orkest. Het ballet telt negen delen, waarvan vier over de seizoenen gebaseerd op het Indiase concept van de jaargetijden: de lente met de schepping, de zomer met behoud daarvan, de herfst met vernietiging en de winter met rust. Het laatste deel symboliseert het cyclische karakter van de seizoenen. Voor de liefhebbers: op internet vind je tal van uitvoeringen, ook voor solo piano.

De klank van de sterrenhemel

John Cage componeerde ook de *Atlas Eclipticas*, waarvoor hij de sterrenhemel vertaalde in muziek. Kijkend naar de sterren was Cage gefascineerd door het grote zwarte gat waarin lukraak kleine lichtpuntjes oplichten die als je blijft kijken even snel weer uitdoven. Sommige lichten wat langer op, andere zie je nauwelijks of maar heel kort. Zo klinkt ook zijn muziek: je hoort lukraak de instrumentalisten de noten spelen, maar gedurende het grootste deel van de tijd hoor je helemaal niets, afgezien van geluid in je eigen omgeving. Typisch Cage, die ook een muziekstuk schreef genaamd 4'33" waarin vier minuten stilte te horen is. Reinbert de Leeuw (1938 – 2020) speelde dat tot grote hilariteit van het kijkerspubliek ooit volledig op tv in het voormalige *De Wereld Draait Door*. De *Atlas Eclipticas* wordt vaak uitgevoerd in combinatie met *Winter Music*, een werk voor solo piano van Cage dat daarmee vergelijkbaar is.

De jaargetijden anders

Origineel klinkt ook *The Four Seasons* voor een symfonisch blaasorkest van de hedendaagse Engelse componist



Figuur 2. CD-hoes van *Les Quatre Saisons* van Félicien David.

Richard Rodney Bennett (1936 – 2012). Bennett was een veelzijdig musicus die een paar honderd werken schreef, vooral opdrachtwerken voor film en toneel. Hij componeerde ook een saxofoonconcert voor de beroemde jazz-saxofonist Stan Getz, wereldberoemd door zijn *Girl from Ipenema* met zangeres Astrud Gilberto. Heel anders dan *The Four Seasons* waarbij Bennett koos voor saxofoons, koperblazers, klarinet en harp. De energiek klinkende lentemuziek wordt gevolgd door snel dalende tonen voor basklarinet die de hitte van de zomer inleiden. In de herfst hoor je een meditatief klinkende Engelse hoorn in een lyrische solo waarna de winter weer sprankelender klinkt.

Ook de hedendaagse Canadese componist van Chinese afkomst Chan Ka Nin (1949) schreef een suite voor blazers over de seizoenen. Zijn *Four Seasons* zijn gewijd aan de seizoenen in Hong Kong, waar een subtropisch klimaat heerst, met milde en relatief droge winters en een natte zomerperiode met tropische depressies en stormen. Een ander aan de seizoenen gewijd werk dat ik recent beluisterde is de symfonische suite *The Seasons* van de Britse componist Edward German (1862 – 1936). Hij schreef typisch Engelse muziek en wordt wel gezien als een voorloper van Edward Elgar (1857 – 1934). *The Seasons* worden ook wel aangeduid als Duits derde symfonie. De muziek is vrolijk, zelfs het slot gewijd aan de donkere dagen voor Kerst klinkt gemoedelijk.

Sfeervolle seizoenen

Heel andere muziek is *Les quatre saisons*, 24 korte strijkkwintetjes met contrabas van de Franse componist Félicien-César David (1810 – 1876), waarin de sfeervolle avonden (soirées) van de seizoenen worden verklankt. Het getjilp van de vogels in de lente wordt nagebootst met de viool. In het deel gewijd aan de zwoele zomeravonden, die deze componist uit de Vaucluse vaak meemaakte, klinkt het hardere geluid van kikkers. In de herfst krijgt de muziek een feestelijke wending: de oogst wordt gevierd met wijn en dans. Ook de winter, opgedeeld in zes soirées, kent een vrolijk deel verwijzend naar een gezellige oudejaarsavond. Het slotgedeelte van de winter kent een merkwaardig wiebelig ritme ondersteund door de contrabas,

dat verwijst naar de grond die aan het einde van de winter volgens de toelichting bij de muziek “nog niet veilig is”. Mogelijk doelt de componist op ijsresten met verraderlijke gladheid of op de drassige bodem (Figuur 2).

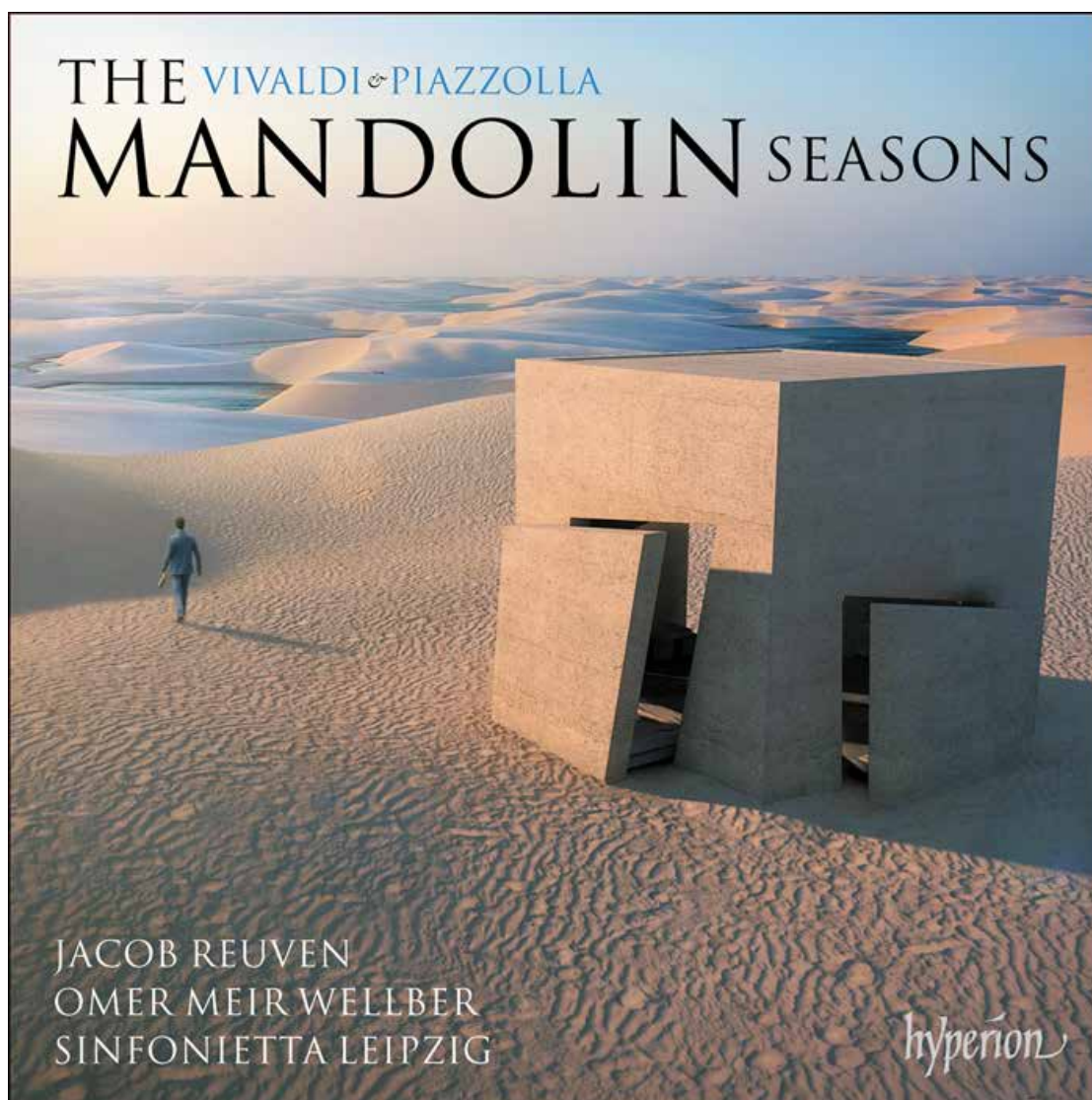
De seizoenen (Gadalaiki), een werk voor piano solo van de Letse componist Peteris Vasks (1946), biedt een rustiger stemming. Deze hedendaagse componist vindt zijn inspiratie in de schoonheid van de Baltische natuur met sneeuwvlaktes, ijspegels en verstilde bossen. Hij omschrijft zijn meditatieve muziek als “voedsel voor de ziel.” Spirituele klanken dus en dat lukt hem perfect. De intieme sfeer van het uitgestrekte witte sneeuwlandschap (*Balta ainava*) en de kou verklankt de componist met ingehouden repeterende tonen. Het tweede deel is de *Pavasare muzika (voorjaarsmuziek)* waarin hij de piano laat klinken als vallende dauwdruppels nadat het is gaan dooien. In dit deel verwijst hij ook naar de vogels die de nieuwe lente aankondigen. Daarna volgt *Zaja ainava (Groen Landschap)* van de zomer. De zomermuziek klinkt energiek en vrolijk met een volksdans en zoemende insecten waarnaar de componist verwijst. *Rudens muzika (herfstmuziek)* begint levendig als verlengstuk van de zomer, maar de componist voert de spanning gaandeweg op met het oog op de herfststormen die gaan komen. De muziek wordt somberder, passend bij de sfeer van het najaar.

Die stemming weet ook de Engelse componist John Thomas (1826 – 1913) in *The Seasons* voor harpsolo op te roepen. Het vijfdelige werk gewijd aan de vier seizoenen sluit af met een hymne met een lofzang op de seizoenen. De tekst is religieus en doet denken aan de sonnetten die Vivaldi schreef bij zijn *Quattro Stagioni*.

Een nieuwe Vivaldi

In 1725 verscheen de *Vier Jaargetijden* van Vivaldi voor het eerst in druk bij een uitgever in Amsterdam. Bijna drie eeuwen later is een nieuwe versie verschenen, waarover muziekcritici opgetogen zijn. Het gaat om een unieke bewerking van de vier vioolconcerten van Vivaldi, niet voor vioolsolo, maar voor mandoline, accordeon en strijkers. Je waant je bij het beluisteren van deze opname in een gondel in de ochtendmist, varend door de grachten van Venetië. De Italiaanse seizoenen worden afgewisseld met deeltjes uit de zwoelere jaargetijden van Buenos Aires, de *Cuarto estaciones porteñas* van de Argentijnse tangokoning Astor Piazzolla (1921 – 2012): een heel ander klimaat en een totaal andere sfeer en dankzij de mooie mix die de musici maken weer iets nieuws onder de zon (Figuur 3).

Contact: harry.geurts@xs4all.nl.



Figuur 3. CD-hoes van de *The Mandolin Seasons* van Vivaldi & Piazzolla.

WEERSTATION ONLINE

MetStream™

Gill introduceert de MetStream™. De volgende stap in het zichtbaar maken van meetgegevens. Via een browserinterface kunt u actuele – live - meetgegevens weergeven op uw pc, tablet of smartphone (via internet of draadloos) en opslaan op server of pc. Ontwikkeld voor de meteorologische instrumenten van Gill, maar geschikt voor alle sensoren met digitale en analoge uitgangen.

Vanaf het dashboard kunt u individuele instrumenten configureren en weergeven zoals u wilt. Gill sensoren zijn zelfs via de "pick and click" methode het dashboard te synchroniseren.



ingenieursbureau **wittich & visser** bv
scientific and meteorological instruments



Handelskade 76
2288 BG Rijswijk

Tel. 070 3070706
Fax 070 3070938

www.wittich.nl
info@wittich.nl

Dorpsstraat 10

Kees Dekker

Volgend jaar viert de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) zijn 150ste verjaardag. Het hoofdkantoor van de WMO is nu een prachtig groot gebouw in Genève, maar dit hoofdkantoor was ooit gevestigd in een doodgewoon huis aan de Dorpsstraat in De Bilt. Op 14 september werd daar door de Secretaris-Generaal van de WMO, prof. Petteri Taalas, een plaquette onthuld.

Een doodgewoon woonhuis in een doodgewone straat is de bakermat van de WMO. Negen jaar lang was hier het hoofdkantoor van wat nu de WMO is. Een ongelooflijk verhaal dat 150 jaar geleden begon en dat op 14 september is geëindigd met de komst van de Secretaris-Generaal van de WMO naar De Bilt.

Als in augustus 1872 in Leipzig 52 meteorologen bij elkaar komen om te praten over internationale meteorologische samenwerking, presenteert Buys Ballot daar zijn essay "Suggestions on a Uniform System of Meteorological Observations". Hierin beschrijft hij tot in detail hoe volgens hem de meteorologie zich zou moeten ontwikkelen tot een volwaardige wetenschap. Een jaar later werd in Wenen het eerste Internationale Meteorologisch Congres gehouden. Hier werd de Internationale Meteorologische Organisatie (IMO), de voorloper van de huidige WMO, opgericht. Buys Ballot behandelde hier vragen en opmerkingen die in Leipzig naar voren waren gekomen. Het Congres ging daarna in grote lijnen akkoord met zijn ideeën, zoals een wereldwijd netwerk van meteorologische waarnemingsstations, internationale uitwisseling van deze waarnemingen, standaardisatie van de methoden en eenheden. Deze vormen nog altijd het fundament van de meteorologie en klimatologie. Buys Ballot werd benoemd tot president van het Internationaal Meteorologisch Comité (IMC), het dagelijks bestuur. Maar niet al zijn ideeën werden uitgevoerd. Buys Ballot wilde een internationaal meteorologisch bureau, gefinancierd door de lidstaten. Dat kwam er niet.

In de jaren erna groeide de IMO gestaag, maar het had nergens een bureau of vast adres. Het adres veranderde als de samenstelling van het IMC veranderde. Een ongewenste situatie. De sterk groeiende vraag naar meteorologische voorlichting maakte de behoefte aan een permanent bureau alleen maar groter. De bijeenkomst van directeurs van de nationale weerdiensten in september 1923 in Utrecht gaf hier, 50 jaar na de oprichting van de IMO, eindelijk gehoor aan. Tijdens deze bijeenkomst, waar dr. Ewout van Everdingen, hoofd directeur van het KNMI, benoemd werd tot president van het IMC, werd ook besloten dat er een permanent meteorologisch bureau moest komen, gevestigd in een Europees land. Een commissie onder voorzitterschap van de Fransman Delcambre moest dit gaan realiseren. Naast de werkzaamheden voor de IMO moest het secretariaat goede contacten aanknopen met bestaande internationale wetenschappelijke organisaties. Ook moest de commissie Delcambre nagaan hoe de secretariaten van dergelijke organisaties waren georganiseerd.

Na lange en vaak moeilijke discussies binnen de commissie (Van Everdingen en Delcambre hadden een duidelijk andere zienswijze) werd uiteindelijk contact gezocht met de International Commission for Intellectual Coöperation (ICIC), een adviesorgaan van de Verenigde Naties,



Figuur 1. Dr. G. Swoboda in de tuin van Dorpsstraat 10 met 8 medewerkers in 1938.

nu de UNESCO. President van de ICIC was de Nederlander prof. Hendrik Lorentz. Lorentz zegde zijn medewerking toe en benaderde twee collega's om te helpen. In maart 1926 ontmoette de commissie Delcambre het excellente drietal van de ICIC: Hendrik Lorentz, Marie Curie en Albert Einstein. De uitkomst was een blauwdruk voor een meteorologisch bureau en documentatiecentrum voor de



Figuur 2. Onthulling van de plaquette door Petteri Taalas, SG van de WMO.



Figuur 3. Petteri Taalas en de onthulde plaquette.

IMO. Nu ging het snel. Lorentz bood accommodatie aan in zijn hoofdkwartier in Parijs en de Franse regering wilde 50.000 Franse Frank schenken voor de inrichting. Alleen moest het dagelijks bestuur van het IMC nog zijn goedkeuring aan het plan geven. De commissie Delcambre stelde hiervoor een resolutie op waarover gestemd kon worden.

Dit was bepaald geen formaliteit. Van Everdingen en enkele collega's hadden grote bezwaren tegen het voorgestelde secretariaat. Ze vonden het te groot, het had te veel taken en was daardoor te duur. Ze wilden liever met een eenvoudiger opzet beginnen. Ook Parijs werd als vestigingsplaats verworpen. Het secretariaat moest in een klein Midden-Europees land komen. Zwitserland had sterk de voorkeur, maar Van Everdingen stond erop dat het naar Nederland zou komen om zijn werk als president te ondersteunen.

Uiteindelijk werd een compromis bereikt. Het secretariaat zou in Nederland zijn voor de duur van het presidentschap van Van Everdingen, en daarna verhuizen naar Zwitserland.

Het takenpakket werd bescheiden gehouden, puur administratief, gericht op het verlichten van de taken van de president. Het publiceren van rapporten en procedures van het IMC of zijn commissies waren een belangrijk onderdeel van de werkzaamheden. Daarvoor werd dat op vrijwillige basis door



Figuur 4. Het pand Dorpsstraat 10 heden ten dage.

de lidstaten gedaan. Het secretariaat kreeg zelf geen bevoegdheid om besluiten te nemen of procedures voor te schrijven. In 1928 ging het secretariaat van start met Dr. H.G. Cannegieter als hoofd van het secretariaat. Een part time functie, want hij bleef ook in dienst van het KNMI. Vooruitlopend op een separate locatie ging het secretariaat van start in de werkkamer van Cannegieter. Mogelijkheid om uit te breiden was er niet. Het KNMI had een chronisch ruimtegebrek. Alle medewerkers zaten in het hoofdgebouw, de "oude villa".

In de nabijheid van het KNMI werd naar een nieuwe locatie gezocht en uiteindelijk gevonden. Deze locatie is in loop der jaren in vergetelheid geraakt. Wouter Lablans noemt in zijn artikel over Van Everdingen wel de Dorpsstraat, maar geen huisnummer (Meteorologica, juni 2000). Een brief van het secretariaat uit het persoonlijk archief van Cannegieter in het documentatiecentrum van het KNMI gaf wel duidelijkheid. Het briefhoofd vermeldde als adres Utrechtseweg 194, De Bilt. Dit adres bestaat niet meer, maar heet nu Dorpsstraat 10. In oktober 1929 verhuisde het secretariaat naar dit adres. Hier woonde mevrouw R.C.J. van Haagen-Schavier, een weduwe – haar man was kort daarvoor overleden. Het secretariaat trok bij haar in. De huurinkomsten zullen na het overlijden van haar man welkom zijn geweest, want het was crisistijd.

Nu het secretariaat ruimer behuist was, kon het geleidelijk uitbreiden. In 1938, toen Dr. G. Swoboda Cannegieter had opgevolgd, was de staf uitgebreid tot acht medewerkers (Figuur 1). Van Everdingen werd in 1935 als president van het IMC opgevolgd door de Noor Dr. Th. Hesselberg, maar het secretariaat bleef door geldgebrek tot 1939 in De Bilt. In dat jaar verhuisde het vanwege de oorlogsdreiging naar Lausanne.

Dorpsstraat 10, een historische plek voor de meteorologie. Niets herinnerde daaraan. Tot voor kort. Op 14 september kwam de Secretaris-Generaal van de WMO, prof. Petteri Taalas naar Nederland, en was bereid om voor het pand een plaquette te onthullen. In de aanwezigheid van onder andere de locoburgemeester van de Bilt, Krischan Hagedoorn, en de hoofddirecteur van het KNMI, Gerard van der Steenhoven, onthulde hij een (tijdelijke) plaquette (Figuren 2, 3). Kees Dekker had vooraf het verhaal over de komst van het secretariaat verteld. Een tijdelijke plaquette, want de voorbereidingstijd was te kort voor het maken van een definitieve. De plaquette komt niet op de gevel van de Dorpsstraat 10, maar voor iedere voorbijganger goed leesbaar voor het pand. Het pand zelf staat al jaren leeg. De huidige eigenaar is van plan om de woning in appartementen in te delen. Hiervoor was het een kleinschalig conferentieoord. De KNMI-directie heeft hier een aantal malen vergaderd, onwetend van de geschiedenis. Het naastgelegen restaurant De Witte Zwaan gebruikt het nu als opslagruimte. Het pand is verwaarloosd en haveloos aan de buitenkant (Figuur 4). Een groter contrast met het prachtige hoofdkantoor in Genève is nauwelijks denkbaar.

Bronnen

1873-1973: One hundred years of international co-operation in meteorology, WMO Genève, 1973.

Het tijdperk van Van Everdingen. Wouter Lablans. Meteorologica, juni 2000.

Het Geheim van de Dorpsstraat. Kees Dekker. Meteorologica, sept. 2014.

Contact: kees@cjdewekker.nl.

Ja maar

Thom Zwagers

Tot voor kort waren de twee meest gestelde vragen aan een meteoroloog: “wat voor weer wordt het?” en “wanneer kom je op tv?”. Met de komst van het internet is dat veranderd. De dominante diersoort op deze planeet, verondersteld intelligent, heeft inmiddels weerapps en kijkt geen tv maar naar dansjes van meisjes met gestileerde wenkbrauwen op TikTok. Dit zou niet erg geweest zijn als er maar geen andere vragen voor in de plaats gekomen waren. Wat nu volgt is een bloemlezing uit een dag in het leven van een meteoroloog anno 2022 in de wereld buiten de weerkamer.

“Die klimaatverandering, is dat nou echt waar?” Ja, het is echt waar. Het is veel warmer dan pakweg een eeuw geleden en de opwarming gaat steeds sneller.

“Ja maar jullie kunnen het weer van morgen nog niet eens voorspellen!” Soms niet. Jij zal ook eerder een weddenschap sluiten over de vraag of Ajax de komende 30 jaar minimaal 10x landskampioen wordt dan of ze morgenmiddag winnen, met hoeveel, wie er scoren, en in welke minuut.

“Ja maar het klimaat veranderde altijd al, dus nu ook!” Dat is erg deprimerend, paniekzaaijer zelfs. Hou ik niet van. Het suggereert dat we voor een voldongen feit staan waar we niks tegen kunnen doen. Het goede nieuws is: we hebben dit helemaal zelf gedaan, dus we kunnen er ook zelf wat tegen doen.

Raakt zo iemand overtuigd gedurende zo’n vraag-en-antwoordspel? Natuurlijk niet. Het is veel verleidelijker om te geloven wat Henkie1234567 op Twitter in 280 typefouten beweert. Ik ben ook geen klimaatdeskundige, maar meteoroloog. Om te weten wat dat betekent hoeven we alleen maar te kijken naar afgelopen zomer, toen het hoofd van de Hongaarse weerdienst ontslagen werd na een niet uitgekomen weersverwachting. Dat lijkt

extreem, maar dat is het niet. Een grote Amerikaanse luchtvaartmaatschappij herschreef vóór de recente oorlog jarenlang de weersverwachtingen voor enkele Russische vliegvelden. Dit deden ze omdat in de werkelijke verwachtingen vaak zulk slecht weer werd vermeld dat men er nooit zou kunnen landen. De Russische meteorologen gingen vaak uit van een scenario slechter dan het worst-casescenario zodat ze achteraf niet opgepakt zouden kunnen worden als de aarde inderdaad zou vergaan.

Toch is dat nog steeds niet het ergste. Afgelopen najaar ging ik interrailen in Zuid-Noorwegen en een van de steden die ik bezocht was uiteraard Bergen. In de regenstad, waar 300 dagen per jaar neerslag valt, huist het zogenaamde Geofysisch Instituut van de Universiteit van Bergen. Dit instituut werd ooit opgericht door Vilhelm Bjerknes en legde het fundament voor de beroemde Bergen School of Meteorology. Je zou verwachten dat daar wel een standbeeld van de grootste meteoroloog ooit te vinden zou zijn. Niets. Wel een buste van Yuri Gagarin, die in 1961 een bezoek bracht aan het instituut. In 2016 vond men het tijd om dit voorval te memoreren met een borstbeeld.

Ik wist dat er in het universiteitsmuseum wel een buste van Bjerknes stond en deze was snel gevonden. Bij aankomst bleek deze buste geplaatst in een bananenkist met stro. Noors is eigenlijk fonetisch Nederlands, dus ik kon de met de hand geschreven tekst op de kist eenvoudig ontcijferen. De buste bleek van gips te zijn en daarom moest er voorzichtig mee worden omgesprongen. Laat dat een wijze les zijn voor alle niet-meteorologen: wees voorzichtig met ons meteorologen. Alle mislukte weersverwachtingen hebben onze ziel inmiddels tot poeder vermalen.

Uitgelachen werd ik in de boekwinkels toen ik op zoek was naar een biografie over Bjerknes. Er is ooit een prachtig werk uitgekomen met de naam “The Weather’s Face”. Hierin schept filosoof Ralph Jewell een fascinerend en meeslepend portret van Bjerknes, waardoor we ook een goed beeld krijgen van de wetenschap in de late 19e en begin 20e eeuw. En dat alles nog in het Engels ook. Nu was ik zelf aan de beurt om de lachende verkoopster van repliek te dienen met een “ja maar”. Ze vond het boek belachelijk duur (zelfs voor Noorse begrippen) en de distributeur ervan was onbetrouwbaar. Ze had nog nooit gehoord van de man in kwestie, net als dus de rest van Noorwegen, laat staan van dit boek. Ik moest het boek maar gewoon bestellen op internet. Ik heb maar niet gezegd dat de verzendkosten gezien het grote formaat zo hoog zijn dat ik wel erg veel nachtdiensten zou moeten draaien om die te kunnen betalen.

“Trouwens, hoe was je vakantie in Noorwegen?” Fantastisch mooi land. Heerlijk weer. Diep polaire lucht, graadje of 15 maximaal. Kon het zo ook maar in ons land zo zijn in de zomer, dan hoefde ik bij de zoveelste hittegolf niet meer stel op sprong te vluchten naar Ameland. “Haha, lekker hè, die klimaatverandering. Zou jij ook eens moeten waarderen.” Weet je, jij bent zo eigenwijs dat je een perfecte meteoroloog zou zijn geweest.

Contact: thom.zwagers@knmi.nl.





Compacte Ultrasonische Windmeter 2D WP

Meetbereiken : WS 0... 75m/s - WR 0...360°
 Temperatuurbereik : -40 - +70°C
 Uitgangen : 0/4...20mA - 0/2...10V
 Interface : ASCII, Modbus, RTU, NMEA WV



Compacte Ultrasonische Windmeter 2D

Meetbereiken : WS 0...60m/s
 WR 0...360°
 Temperatuurbereik : -50 - +70°C
 Uitgangen : 4 - 20mA / 0-10V



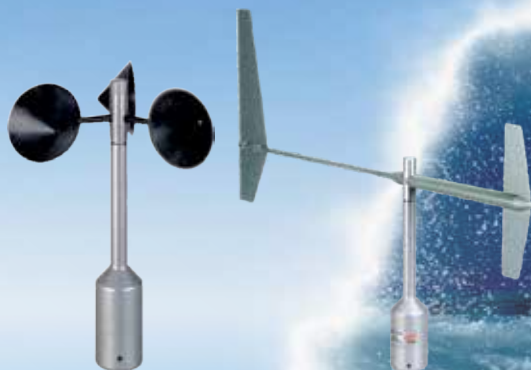
Ultrasonen compleet GBS Meteo Station - USM serie

meetbereiken : 0... 60 m/s, 0 ... 360°, -30...+70°C, 0...100%RV,
 300...1100 hPa, 0...150 kLux, 0...10mm/min neerslag
 analoge uitgangen : 0 ... 10V, 2...10V
 digitale uitgangen : RS485, RS422, ASCII, ModBus RTU



Low Cost Meteo Station Compact - WSC11

meetbereiken : 0...40 m/s, 1...360°, -30...+60°C,
 0...100%RV, 300...1100 hPa, 0...150 kLux
 uitgang : RS485
 protocol : MODBUS RTU



First Class serie - conventionele windopnemers

meetbereiken : 0,3... 75 m/s, 0 ... 360°,
 -30...+70°C, 0...100%RV
 uitgangen : 0/4-20mA, 0-2/5/10V, 0-630Hz (ws)
 2, 3, 4 bit Gray code (wr), 5 bit Gray code (wr)
 voeding : 12 ... 24V (afhankelijk van type uitgang)



Compact serie - robuuste conventionele windmeters

meetbereiken : 0,5 ... 50 m/s / 0 ... 360°
 uitgangen : 0/4-20mA, 0-2/5/10V, 0-630Hz (ws)
 2, 3, 4 bit Gray code (wr), 5 bit Gray code (wr)
 voeding : 12 ... 24V (afhankelijk van type uitgang)

Hans Oerlemans wint prestigieuze Balzanprijs

Richard Bintanja (KNMI, RUG)

Op 12 september jongstleden werd bekend dat emeritus professor Hans Oerlemans (Figuur 1) van het Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht (IMAU) van de Universiteit Utrecht de Balzanprijs 2022 heeft gewonnen. Deze prijs, ook wel de Italiaans-Zwitserse Nobelprijs genoemd, won hij samen met de Deense klimaatonderzoeker Dorthe Dahl-Jensen. Beide winnaars ontvingen in november het bijbehorende certificaat en de geldprijs van de Italiaanse president Sergio Mattarella.

De Balzanprijs wordt al sinds 1961 uitgereikt aan onderzoekers die een grote bijdrage hebben geleverd aan de kennis in hun vakgebied. De opzet van de Balzanprijs is ongeveer gelijk aan die van de Nobelprijs, met vier officiële categorieën binnen de cultuur en wetenschap, plus een voor vrede. De geldprijs bedraagt 750.000 Zwitserse Francs (ongeveer 770.000 euro, afhankelijk van de wisselkoers). Acht eerdere Balzanprijswinnaars ontvingen later de Nobelprijs. De Balzanprijs werd opgezet door de dochter van Eugenio Balzan, een vermogende Italiaanse journalist.

Hans Oerlemans (Figuur 2) en Dorthe Dahl-Jensen ontvingen hun prijs voor hun fundamentele en vooruitstrevende onderzoek naar de dynamica van gletsjers en ijskappen, alsmede de relatie tussen landijs en klimaatverandering. De jury sprak dan ook haar waardering uit voor de grote impact die hun onderzoek heeft gehad op de studie van klimaatverandering en de onderliggende mechanismen, die de weg heeft bereid voor nauwkeuriger verwachtingen van het gedrag van ijskappen (en dus het zeeniveau) in relatie tot klimaatverandering.

De reactie van de trotse winnaar sprak boekdelen: "Dit is echt een belangrijke prijs, en het is ook een geweldige erkenning voor het vakgebied glaciologie en voor het klimaatonderzoek in het algemeen." Hij voegt eraan toe dat zijn baanbrekende resultaten nooit mogelijk waren geweest zonder de inbreng van vele collega's van het IMAU (UU).

Voor Hans Oerlemans, inmiddels 72 jaar, is het niet bepaald de eerste keer dat hij voor zijn wetenschappelijke prestaties in het zonnetje wordt gezet. Hij maakt



Figuur 1. Hans Oerlemans aan het werk op een Alpengletsjer.



Figuur 2. Hans Oerlemans (midden) krijgt de Balzanprijs uitgereikt door Gisèle Grigris-Musy (links, president van de Balzan Foundation). Rechts staat Alberto Quadrio Curzio, president van de Accademia Nazionale dei Lincei, de oudste Akademie van Italië.

bijvoorbeeld volgens persbureau Reuters deel uit van 's werelds meest invloedrijke klimaatwetenschappers. In 1989 publiceerde hij al de eerste schatting van de toekomstige stijging van het zeeniveau die, zo blijkt nu, niet heel erg afwijkt van de huidige projecties. Hij schreef een aantal keer als hoofdauteur mee aan het invloedrijke rapport van het IPCC, en hij ontving in 2001 de prestigieuze Spinoza prijs. Hans Oerlemans stond verder aan de basis van vele wetenschappelijke expedities naar gletsjers en ijskappen (onder andere Antarctica, Groenland, IJsland, Noorwegen, Zwitserland) om de relatie tussen klimaatverandering en ijsafsmelting te onderzoeken, en initieerde in 1995 de invloedrijke Karthaus-zomerschool voor jonge onderzoekers in het veld van gletsjers, ijskappen en klimaat. Voor dit laatste ontving hij in 2019 de Richardson Medal van de International Glaciological Society.

Onder de lange lijst van onderscheidingen van Hans Oerlemans prijkt ook nog de Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw (2010), en de Fysica-prijs (2004). Zijn enorme staat van dienst in het wetenschappelijk onderzoek naar gletsjers, ijskappen en klimaatveranderingen heeft nu geresulteerd in de Balzanprijs 2022.

Bronnen

Prestigious Balzan Prize for climate researcher Hans Oerlemans, UU-website, 16 september 2022 (www.uu.nl/en/news/prestigious-balzan-prize-for-climate-researcher-hans-oerlemans).
<https://www.balzan.org/en/>
<https://www.igsoc.org/about/awards/richardson-medal/johannes-oerlemans>

Contact: Richard.Bintanja@knmi.nl.

Wolken, Weer en Meer

Adrie Huiskamp

Wolken spreken tot de verbeelding van veel mensen en dat doen ze al heel lang. Dit blijkt wel uit de grote hoeveelheid schilderijen met wolkenluchten die in de afgelopen eeuwen door onder andere Hollandse meesters werd geschilderd. In de 18e en 19e eeuw maakte de wetenschap grote ontwikkelingen door en zo ook de meteorologie. In de tijdgeest van alles in de natuur te willen classificeren en te verklaren ontstonden de eerste wolkenatlassen. De classificatie die wordt toegeschreven aan de Brit Luke Howard is nog steeds de basis van de huidige wolkenclassificatie. Deze is vooral gebaseerd op visuele kenmerken en de hoogte en verticale ontwikkeling.

Het kijken naar wolken kan ons het nodige leren over de atmosferische processen en (het te verwachten) weersverloop, zelfs in deze tijd van automatische waarnemingen en numerieke weersverwachtingen. Het uitbrengen van een nieuwe wolkenatlas door de WMO, in 2017, inspireerde de Vereniging voor Weerkunde en Klimatologie tot het uitbrengen van een eigen wolkenatlas op posterformaat met foto's gemaakt door leden van de vereniging. Maar er bleek vraag naar verdieping, met uitleg op een ook voor weeramateurs begrijpelijk niveau. Daarom bleef het niet bij een wolkenatlas alleen. In het boek "Wolken, Weer en meer" wordt de verbinding gelegd tussen het aanschouwelijke van een wolkenatlas met wolkenfoto's en de fysische processen in de atmosfeer die de oorzaak van het uiterlijk van de wolken zijn. Uiteraard wordt ook een link gelegd naar moderne observatiemethoden: de weersatellieten en het uiterlijk van de verschillende wolkengeslachten op satellietbeelden.

Het boek begint met een uitleg van de relevante fysische processen op een kwalitatieve manier, zodanig dat het ook voor lezers zonder exacte achtergrond te begrijpen zou moeten zijn. De rol van het materiaal waar wolken uit bestaan – het water in de atmosfeer –, verticale beweging en de verticale opbouw van de atmosfeer worden uitgelegd. Vervolgens komen de afzonderlijke wolkengeslachten aan bod, ingeleid met een uitleg over het ontstaan van wolken van het betreffende geslacht en geïllustreerd met foto's die door leden van de vereniging gemaakt zijn. In de uitleg wordt verbinding gelegd met de synoptische weerssituatie en het weersverloop.

In het boek zijn diverse uitstapjes opgenomen die het meer maken dan een wolkenatlas. Zo is er een inleiding in de atmosferische optische verschijnselen en een hoofdstuk gewijd aan de geschiedenis van wolkenatlassen en het benoemen van wolken. Dit hoofdstuk is geïllustreerd



met de nodige originele afbeeldingen.

Om het overzicht niet te verliezen is de gehele schematische wolkenclassificatie van de WMO, inclusief alle variëteiten en bijzonderheden, in een bijlage in het boek opgenomen. Het boek is te bestellen via www.vwkweb.nl (zoek op: Wolkenboek).

Contact: adri.huiskamp@knmi.nl.

Janina Fraas winnaar eerste NVBM scriptieprijs

Bestuur NVBM

Naast de wel bekende NVBM awards, die 5-jarlijks worden uitgereikt, heeft de NVBM sinds dit jaar ook een scriptieprijs ingesteld voor afstudeeronderzoek om zo werk van jonge atmosferisch onderzoekers te waarderen. De winnaar van de NVBM-scriptieprijs 2022 is Janina Fraas (inmiddels werkzaam bij Weather Impact). Janina heeft haar afstudeeronderzoek verricht bij de vakgroepen Meteorologie en Luchtkwaliteit en de Water System and Global Change Group van de Wageningen Universiteit onder begeleiding van Arnold Moene en Spyros Paparrizos. Janina heeft een zeer compleet onderzoek uitgevoerd en een mooi leesbare scriptie geschreven. De jury oordeelt dat haar werk kan bijdragen aan de bevordering van de meteorologie in afgelegen gebieden waar de beschikbare kennis wellicht nog niet optimaal benut wordt. Janina's werk is ook zeer origineel, past bij haar persoonlijke profiel en omvat het geheel van probleemanalyse tot en met een volledig meteorologisch eindproduct.

Haar scriptie getiteld "Enhancing hydro-climate services for farmers in the Global South by combining scientific and indigenous weather forecasts" beschrijft een onderzoek naar de mogelijkheid om inheemse kennis van het weer te combineren met wetenschappelijke weersverwachtingen om tot een hybride, beter product te komen. Janina heeft zich niet laten weerhouden door gebrekkige of incomplete data en ontwikkelt in haar scriptie een beslisboom die hogere skill-scores geeft dan een voor-

spelling enkel gebaseerd op inheemse kennis of enkel op basis van wetenschappelijke modellen. Zij geeft hiermee dus een eerste indicatie van de waarde van hybride weersverwachtingen, al zal verder onderzoek op basis van meer data nodig zijn om de verbetering verder te ontwikkelen.

De scriptieprijs bestaat naast een certificaat (zie Figuur 1) uit een jaar gratis NVBM-lidmaatschap, een geldbedrag van 250 euro, en de mogelijkheid om het afstudeerwerk te publiceren middels een artikel in *Meteorologica* (in een volgend nummer).

De jury was onder de indruk van het hoge niveau van de ingediende scripties. De scripties zijn beoordeeld op criteria aangaande inhoudelijke kwaliteit, technische uitvoering, presentatie en relevantie/toepasbaarheid. De scripties beschreven een zeer breed scala aan meteorologisch onderzoek, onder andere over voorspelbaarheid, waarnemingsmethoden en klimaatverandering. Ook komend jaar zal er weer een oproep plaatsvinden om afstudeerscripties in te sturen, onder meer in *Meteorologica*.

Het NVBM-bestuur dankt de jury (Karin van der Wiel, Willemijn Hoebert, Willem Pieter van der Laan en Leo Kroon) voor haar goede werk om alle inzendingen te beoordelen.

Bron

<https://www.nvbm.nl/nieuws/janina-fraas-winnaar-1e-nvbm-scriptieprijs>



Figuur 1. Tijdens het NVBM-symposium op 11 november 2022 op het KNMI ontving Janina Fraas het certificaat van de NVBM-scriptieprijs uit handen van juryvoorzitter Karin van der Wiel.

Come and study *Meteorology and Air Quality* at
Wageningen University



Bachelor of Science
Soil, Water, Atmosphere



Master of Science
Meteorology and Air Quality

Wageningen University
Meteorology and Air Quality
<http://www.maq.wur.nl>

Contact:
Michiel van der Molen
Michiel.vanderMolen@wur.nl

Information:
BSc: <http://www.wur.nl/bbw>
MSc: <http://www.wur.nl/mee>



Een ecologische ramp

Gerard van der Schrier



column

"All hope of an adequate forage crop has now followed into oblivion the earlier hopes of wheat and maize production. The cattle stay alive thus far on weeds, but the pastures are destitute of grass. The heat is intense and the drying winds are practically continuous, with a real 'duster' occurring every few days to keep us humble." Uit de brieven van Catherine A. Henderson die zij schreef aan haar vriendin in augustus 1935 en maart 1936 vanaf haar boerderij in Oklahoma spreekt de wanhoop die de mensen meemaakten in de 'Dust Bowl'. Zo'n 90 jaar geleden werden de Amerikaanse Great Plains getroffen door een langdurige droogte. Het gebied waar eerst het groene gras van de prairie en velden met wuivend graan te zien waren, veranderde in het midden van de 30er jaren in een gebied waar de graanvelden verdwenen waren en de wind vrij spel had om de kale grond uit te drogen en te verspreiden.

Hoe had het zover kunnen komen? Aangeemoedigd door de overheid en een hoge graanprijs werd op grote schaal de oorspronkelijke vegetatie van de Great Plains ondergeploegd. In jaren met overvloedige regenval waren de oogsten groot, maar de wintertarwe bleek niet bestand tegen een langdurige droogte. De ingezaaide tarwe verdorde en het blootliggen van de grond werkte erosie in de hand; door de wind ontstonden enorme stofstormen die dit gebied haar naam hebben gegeven – de Dust Bowl. Met name in de zuidelijke Plains (noord Texas, de Oklahoma 'panhandle' en west Kansas) was de winderosie enorm.

Waarnemers van het Weather Bureau rapporteerden al 179 stofstormen in april 1933, en in de volgende jaren zou dit alleen toenemen. Die van mei 1934 was bijzonder; aarde en stof vanuit het hele Great Plains gebied werd opgepikt door een westelijke luchtstroom die, hoog in de atmosfeer, stof richting de grote steden van de VS vervoerde. In de avond van 9 mei werd Chicago bedekt onder een dikke laag stof – ongeveer 2 kilo per inwoner – en in de ochtend van 11 mei had het stof Boston, New York, Washington en Atlanta bereikt. Met de hittegolf van februari 1935 achter de rug was de vegetatie zo weinig ontwikkeld dat de toplaag van de grond droog en kwetsbaar voor winderosie was, wat tot de zwartste periode van deze droogte leidde in het vroege voorjaar van dat jaar, maar de stofstorm van 14 april – Black Sunday – was het dieptepunt. Die middag schoof een zwarte muur van stof vanuit het noorden over de zuidelijke Plains en men zag letterlijk geen hand voor ogen.

Zonder de trigger van de droogte zouden

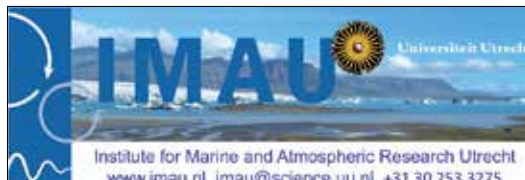
de zuidelijke Plains nooit zo'n geteisterd land zijn geworden. Maar de droogte is op zichzelf niet voldoende om de zwarte stofstormen te verklaren. Droogtes op de Great Plains hangen samen met de El Niño/La Niña cycli (de zuidelijke oscillatie) en zijn een onvermijdelijk onderdeel van het leven op die vlakten. Succesvol boeren op de Great Plains betekent een balans zoeken, opdat het boerenbedrijf de klimaatschommelingen kan overleven. Toen de federale overheid het probleem van de stofstormen grondiger bestudeerde, kwam zij tot de slotsom dat die balans volledig ontbrak. In plaats daarvan hadden de bewoners van het gebied de naïeve hoop dat de goede tijden nooit zouden ophouden en het land zich niet tegen hen ging keren. Sommige ambtenaren begonnen daarom op te roepen tot ingrijpende herzieningen van het gebrekkige landsysteem; anderen pleitten voor nieuwe landbouwtechnieken, plattelandsherstel, meer gediversifieerde landbouw of uitgebreid herstel van het grasland. Maar de rode draad in die adviezen was dat blijven *veranderen* betekende. De Dust Bowl, in deze ontwikkelende visie, werd verklaard als het ontbreken van een ecologisch evenwicht in de manier van landbouw bedrijven.

De boeren waren niet zo recalcitrant dat ze deze analyse volledig verwierpen, hoewel het begrijpelijk(er) lastig was om toe te geven dat wat ze hadden geleerd en hen altijd als juist was voorgehouden, verantwoordelijk kon zijn voor deze barre situatie. Zij voelden zich ten onrechte bekritiseerd, terwijl juist zij het stof moesten trotseren en hard vechten om de landbouwbedrijven te redden die een groot deel van het voedsel van het land produceerden. En daar hadden ze tot op zekere hoogte gelijk in: het was onredelijk om de Dust Bowl bewoners verantwoordelijk te houden – de mannen en vrouwen van de boerenbedrijven zaten gevangen in een economische cultuur waarin de opbrengst van de oogst op de vrije markt bepaald werd en waarin denkpatronen, normen en waarden uit die economische cultuur afkomstig zijn.

Wat mij trof waren de parallellen in het mechanisme hoe de ecologische (en humane) ramp van de Dust Bowl kon ontstaan en de manier hoe in het huidige tijdsgewricht met eenzelfde gedrevenheid biodiversiteit achteruitgaat en uitstoot van broeikasgassen en stikstofverbindingen onverminderd doorgaat. Wat was de uitspraak van Mark Twain ook alweer? "History doesn't repeat itself, but it often rhymes."

Contact: schrier@knmi.nl.

Sponsors van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie



Colofon

Redactie

Hoofdredacteur: Richard Bintanja (e-mail: richard.bintanja@knmi.nl).

Redactieleden: Wim van den Berg, Aarnout van Delden, Robert Mureau, Rob Sluijter, Ben Lankamp en Lone Mokkenstorm.

Artikelen en bijdragen

Deze dienen uitsluitend digitaal (bijvoorbeeld per e-mail) te worden aangeleverd, als Word document met figuren apart. Uiterste inleverdata hiervoor zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Voor meer informatie over de procedure, zie http://www.nvbm.nl/meteorologica/informatie_voor_auteurs/.

Artikelen uit Meteorologica mogen uitsluitend worden overgenomen na voorafgaande schriftelijke toestemming van de redactie.

Meteorologica (ISSN 0929-1504) verschijnt vier maal per jaar en is een uitgave van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie (NVBM).

Penningmeester en administratie: Mike Budde (penningmeester@nvbm.nl).

Vormgeving: Colorhouse, Almelo.

Vermenigvuldiging: Colorhouse, Almelo.

Abonnementen

Alle leden van de NVBM zijn automatisch geabonneerd op Meteorologica. Ook niet-leden kunnen zich abonneren door 31,- euro voor vier nummers over te maken naar IBAN: NL66INGB0000626907, BIC: INGBNL2A, ten name van:

NVBM-Meteorologica
Postbus 464
6700 AL Wageningen

onder vermelding van:
"Abonnement Meteorologica" en uw adres.

Abonnementen worden telkens aangegaan voor een heel kalenderjaar; bij tussentijdse betaling worden de reeds verschenen nummers van dat jaar toegestuurd. Voor abonnees in het buitenland zijn de kosten 38,- euro per jaar. Ook losse nummers kunnen op deze manier worden besteld (zolang de voorraad strekt) voor 10,- euro per stuk, onder vermelding van de gewenste jaargang en nummer(s). Instellingen betalen 65,- euro voor een abonnement. Een student-abonnement kost 16,- per jaar. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuur@nvbm.nl); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Lid worden van de NVBM

Het lidmaatschap van de NVBM kost 55,- euro per jaar. Meer informatie hierover is te vinden op de NVBM website: www.nvbm.nl. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuur@nvbm.nl); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Advertenties

Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten: A5, A4 of A3. Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Tarieven zijn op te vragen bij Richard Bintanja (e-mail: richard.bintanja@knmi.nl).

Sponsorschap NVBM

Men kan sponsor worden van de NVBM. Een sponsorschap wordt afgesloten voor minimaal 1 jaar. Een sponsor heeft diverse rechten, o.a.:

- Het plaatsen van advertenties in Meteorologica,
- Plaatsing van het firmalogo in het blad,
- Het bijwonen van congressen e.d. georganiseerd door de NVBM.

Voor meer informatie over het sponsorschap kunt u contact opnemen met Richard Bintanja of Mike Budde (zie boven).

Werken, stage of afstuderen bij **Infoplaza**?

Team van experts

Onze weer- en mobiliteitsexperts zoals redacteurs, technuten, designers en meteorologen, maken 24/7 de meest optimale weerberichten en leveren unieke informatie over mobiliteit.

AI, cloud computing en data sciences: pas de nieuwste kennis toe



Nieuwste technieken

API's, big data, machine learning en alle andere hippe termen: bij Infoplaza is het de dagelijkse werkelijkheid. Technische experts met ook nog liefde voor het weer; iets voor jou?

Alles in huis voor de beste informatie over weer & mobiliteit

Samen met de klant

Iedereen heeft zijn klanten op nummer 1 staan. Maar bij Infoplaza is dat net wat anders dan elders. Wij willen de klant echt kennen en samen met hen de invloed van het weer optimaliseren.

In alle media

Het weer is overal en onze weerberichten ook: radio, TV, krant, web en app, SMS, webinars, lezingen, trainingen. Menig journalist is er jaloers op!

Laat wat van je horen

Pas jij bij Infoplaza en passen wij bij jou? Neem dan gerust contact met ons op via mail of telefoon.

Sterke merken

Onze merken zijn bij iedereen bekend. Met Weeronline, Buienalarm en Weerplaza bereiken we op sommige dagen miljoenen mensen. Elk merk heeft zijn eigen publiek en zijn eigen meerwaarde. Ze maken alle drie gebruik van de kracht van Infoplaza. Diezelfde kracht die ook gebruikt wordt om duizenden bedrijven dagelijks te voorzien van noodzakelijke informatie. Zo profiteert iedereen van de kansen die het weer biedt: optimaal resultaat en alles zo veilig mogelijk.

