

Het Grote Ijs

Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Polaire Meteorologie bij het departement Natuur- en Sterrenkunde aan de Faculteit Bètawetenschappen van de Universiteit Utrecht op donderdag 24 september 2009.

Mijnheer de Rector, collega's, familie, vrienden en geachte overige aanwezigen,

Het Noordpoolgebied is een oceaan omringd door continenten, het Zuidpoolgebied een continent omringd door oceanen.

Maar ondanks dit contrast vertonen de Poolgebieden ook veel overeenkomsten.

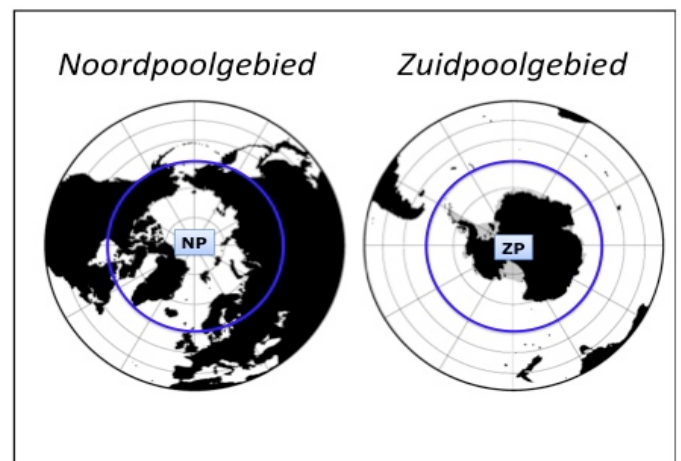
De Poolgebieden zijn mensvijandig. Bevriezing, uitdroging en sneeuwblindheid liggen altijd op de loer. Reizen over zeeijs en gletsjers is moeilijk en gevaarlijk. In de winter is het donker en zo koud dat de mens er zonder hulpmiddelen niet lang overleeft. Het wekt dan ook geen verbazing dat van de totale wereldbevolking minder dan één-tiende procent in het Noordpoolgebied woont. In het Zuidpoolgebied, waar het nog kouder is, woont niemand.

De Poolgebieden zijn klein. Als we het ruim nemen, en de Poolgebieden laten beginnen op de 60^e breedtegraad, dan nog beslaan ze minder dan 15% van het totale aardoppervlak.

Het polaire klimaat is niet bepaald spectaculair. De zon staat laag boven de horizon, dus is er weinig energie beschikbaar om spannend weer te maken: een fikse onweersbui of tornado's zult U in de Poolgebieden niet aantreffen.

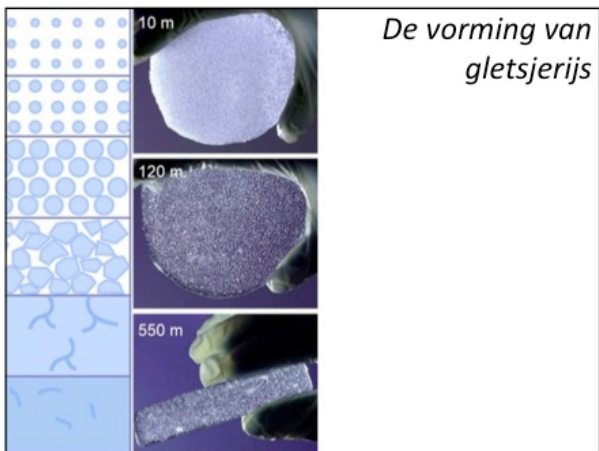
Waarom stelt de Universiteit Utrecht dan toch een hoogleraar aan met als leeropdracht de Polaire Meteorologie? Waarom worden er speciaal satellieten gelanceerd om de Poolgebieden in de gaten te houden? Het antwoord is simpel: er is ontzettend veel ijs in de Poolgebieden. Al dat ijs heeft een grote invloed op het klimaat.

We kunnen drie soorten ijs onderscheiden: zeeijs, bevroren zeewater dus, landijs, ofwel gletsjers en ijskappen, en tenslotte permafrost, bevroren bodem. Het zeeijs weerkaatst in de zomer een groot deel van het zonlicht en houdt daarmee de oceaan koel. Als permafrost ontdooit, ontsnapt er methaangas, dat als broeikasgas 20 keer sterker is dan kooldioxide.





Tateyama, Japan



De vorming van gletsjerijs



Aletschgletsjer, Zwitserland

Maar voor een laaggelegen land als Nederland is landijs het belangrijkste. Als de gletsjers en ijskappen in de Poolgebieden gaan smelten, kan de zeespiegel wereldwijd met tientallen meters stijgen.

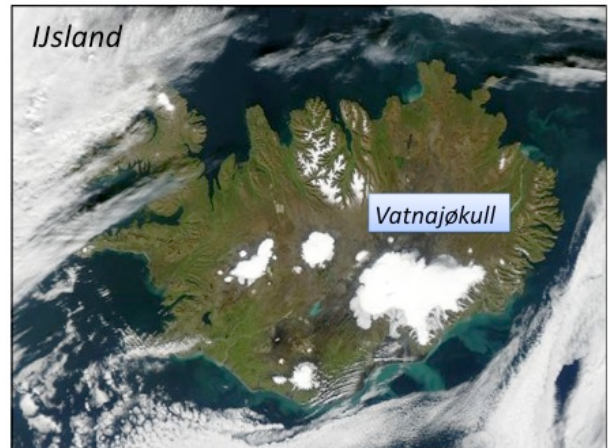
Hoe ontstaan al die gletsjers en ijskappen eigenlijk? Ten eerste is er veel sneeuw voor nodig. Al het landijs is ooit als ijskristal in de atmosfeer begonnen. Hieruit ontstaan sneeuwvlokken die, als het koud genoeg is, een sneeuwlaag vormen op het aardoppervlak. Dan gebeurt er iets bijzonders: de sneeuw is zo wit, dat de meeste zonnestraling, ongeveer 80%, wordt weerkaatst. Deze energie kan niet meer worden gebruikt om de sneeuw te smelten. De sneeuwlaag houdt zichzelf dus in stand, en kan daardoor verder groeien. Dit noemen we een positieve terugkoppeling.

In Nederland gaat sneeuwval vaak gepaard met een dooi-aanval. Warme oceaanolucht maakt dan een einde aan de sneeuwpret. Gemiddeld ligt er in Utrecht maar op 15 dagen per jaar een laagje sneeuw. Maar in koudere gebieden, zoals in de bergen, groeit de sneeuwlaag de hele winter door, en kan gemakkelijk een paar meter dik worden. Op sommige berghellingen in de Andes, Nieuw Zeeland of zoals hier in Japan ligt aan het einde van de winter meer dan 20 meter sneeuw!

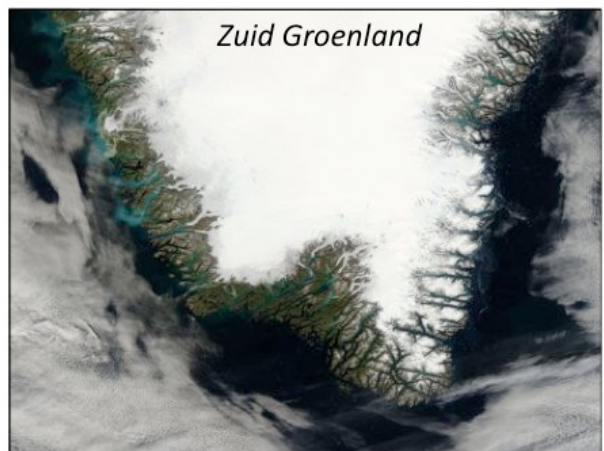
In de Poolgebieden is het op veel plaatsen zo koud, dat de sneeuwlaag zelfs in de zomer niet smelt. Jaar na jaar wordt de sneeuwlaag dikker. Op een gegeven moment is het gewicht van de sneeuwlaag zo groot, dat de luchtkanaaltjes tussen de sneeuwkorrels worden afgesloten en luchtbelletjes vormen. In koude, droge sneeuw gebeurt dat op een diepte van ongeveer 100 meter. Dit noemen we gletsjerijs. De luchtbelletjes onderscheiden gletsjerijs van het ijs waarop we schaatsen. Als U nieuwsgierig bent, blijf dan na de oratie nog even hangen: bij de borrel krijgt U namelijk een stukje gletsjerijs in uw drankje. Het komt helemaal uit Antarctica, en is geprepareerd door onze ijsmeester Carina van der Veen.

Natuurlijk kan een gletsjer niet eindeloos blijven groeien. Onder invloed van de zwaartekracht zal het ijs vervormen en naar beneden gaan stromen. Hierdoor ontstaan valleigletsjers. Hier ziet U de Aletschgletsjer in Zwitserland, met een lengte van 16 km de langste gletsjer in de Alpen. Als de gletsjer naar beneden beweegt komt hij in een warmere omgeving, waar het ijs gaat smelten. De gletsjer stopt op *dat* punt waar de afsmelting precies de aanvoer door ijsstroming compenseert. De gletsjer verandert nu niet meer van vorm en is in evenwicht met het heersende klimaat.

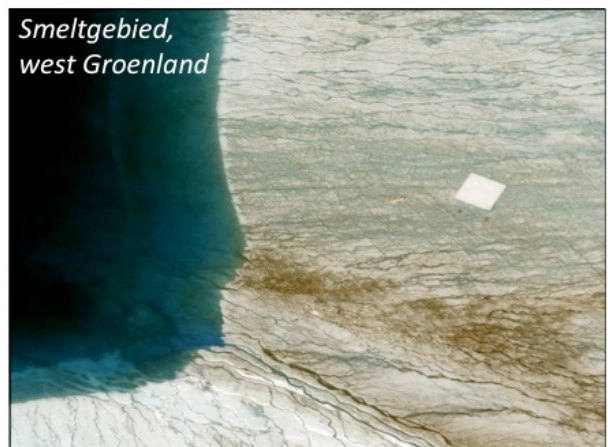
Een ijskap is een gletsjer die op een hoogvlakte ontstaat, en zich in alle richtingen kan uitbreiden. Vatnajökull in IJsland is de grootste ijskap van Europa. Het bijzondere van Vatnajökull is dat er een actieve vulkaan onder ligt: vuur en ijs komen hier letterlijk samen. Hierdoor smelt veel ijs aan de *onderkant* van de ijskap, en kan zich een groot meer onder het ijs vormen. Eens in de zoveel tijd breekt het water door de ijskap heen en zoekt een weg naar zee, onderweg bruggen en wegen met zich meesleurend. Gletsjers zijn niet alleen mooi, maar kunnen ook gevaarlijk zijn.



Er zijn meer dan honderdduizend valleigletsjers en ijskappen op Aarde. Ze variëren in grootte van een paar voetbalvelden tot tienduizenden vierkante kilometers. Als we Groenland en Antarctica niet meetellen, bevatten al deze gletsjers en ijskappen voldoende water om, als ze zouden smelten, wereldwijd de zeespiegel met ongeveer een halve meter te laten stijgen.



Ten westen van IJsland komen we Groenland tegen. De ijskap van Groenland behoort, samen met die van Antarctica, tot de *buitencategorie* gletsjers. Bij deze twee ijskappen passen alleen superlatieven. Groenland, het grootste eiland op Aarde, is voor 85% bedekt met ijs. De ijskap is gemiddeld 1700 meter dik, en als hij smelt stijgt wereldwijd de zeespiegel met 7 meter. Antarctica, het vijfde continent op Aarde, is voor 99% bedekt met ijs. Deze ijskap is gemiddeld meer dan 2 kilometer dik, en als hij smelt stijgt wereldwijd de zeespiegel met 55 meter.



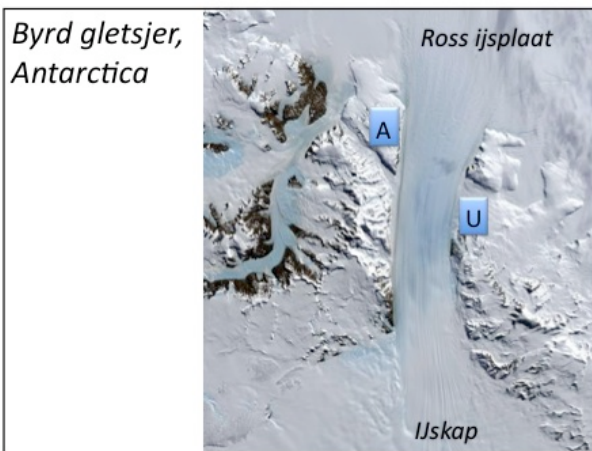
Aan hun enorme volume danken de ijskappen van Groenland en Antarctica hun geuzennaam: *Het Grote Ijs*. De Engelse taal reserveert speciaal voor deze twee ijskappen een aparte uitdrukking: *Ice Sheets*, vrij vertaald: lakens van ijs. Hoewel dat misschien raar klinkt, gaat de vergelijking met een laken wel degelijk op: de horizontale uitgestrektheid van deze ijskappen is ongeveer 1000 keer groter dan hun dikte.

Laten we eens kijken naar de massahuishouding van de Groenlandse ijskap. Sinds kort weten we dat er elk jaar gemiddeld 750 Gt sneeuw op de Groenlandse ijskap valt. 1 Gt is de massa van 1 kubieke kilometer water. Als de ijskap in evenwicht is, produceert hij ieder jaar 250 Gt smeltwater en 500 Gt ijsbergen, zodat er netto geen verandering is in de massa van de ijskap.

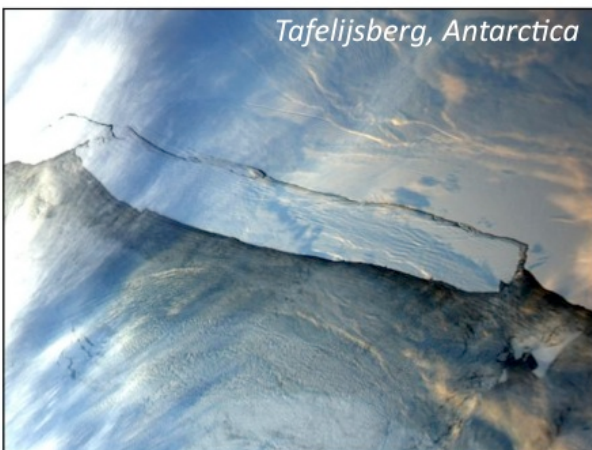
Het smeltgebied is een smalle strook ijs aan de rand van de ijskap. Hier smelt jaarlijks een paar meter ijs van het oppervlak. Op deze satellietfoto van het smeltgebied ziet U hoe talloze kleine riviertjes in een smeltwatermeer stromen. Het stof is door de wind op het ijs geblazen, maar smelt ook uit het ijs zelf. Het stoffige ijs weerkaatst minder zonlicht dan sneeuw en smelt daardoor sneller.



Om te zien hoe groot de invloed van het stof is op de afsmelting, hebben onderzoekers een witte kunststof doek van 30 bij 30 meter op de ijskap vastgemaakt. Het effect is groot: al na één zomer lag het doek op een ijsheuvel van een meter hoog. Sommige mensen, waaronder de Nederlandse fabrikant van het materiaal, hebben voorgesteld om het hele smeltgebied van Groenland op deze manier in te pakken. Een interessant idee, maar stelt U zich eens voor hoeveel werk het is om een oppervlakte van vijf keer Nederland, want daar praten we over, met kunststof in te pakken. Dat is niet bepaald realistisch.



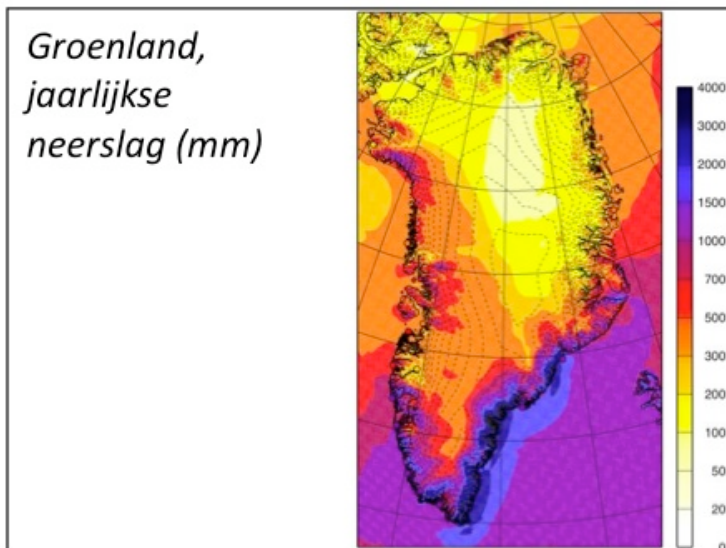
Zoals gezegd, produceert de Groenlandse ijskap elk jaar 500 Gt aan ijsbergen. De ijsbergen worden gevormd als de ijskap via smalle fjorden de zee in stroomt. Onder invloed van golven en getijden breekt elke paar dagen een deel van het ijs af. Hoe *dat* in zijn werk gaat zien in we dit filmpje van Rink gletsjer, de op één na grootste gletsjer van Groenland. Het filmpje is gemaakt door foto's, die een jaar lang één keer per dag vanaf dezelfde plek zijn genomen, versneld af te spelen. Elke seconde in het filmpje komt overeen met 10 dagen in werkelijkheid. In die tijd stroomt de gletsjer ongeveer 100 meter vooruit. Het filmpje begint en eindigt in de lente.



Als U goed oplet kunt U zien dat tijdens de winter, als het fjord is bevroren, er minder ijsbergen afbreken zodat de gletsjer naar voren komt. Dat komt omdat de golven in het fjord worden gedempt als er ijs op het water ligt. Met dank aan mijn collega Jason Box.

We laten de Groenlandse ijskap even voor wat hij is, en richten onze blik op het Zuidpoolgebied. De Antarctische ijskap is nog eens bijna tien keer zo groot als die van Groenland. Op deze satellietopname zien we de Byrd gletsjer in Antarctica, de grootste valleigletsjer ter wereld, die door het Transantarctisch gebergte stroomt. Als referentie heb ik de afstand tussen Utrecht en Amsterdam in de figuur aangegeven.

Elk jaar valt op de Antarctische ijskap meer dan 2000 Gt sneeuw. In tegenstelling tot Groenland is het in Antarctica zelfs in de zomer zo koud, dat er nauwelijks smelt plaatsvindt: de ijskap handhaaft zijn massa door via dit soort reusachtige gletsjers het ijs van het binnenland naar de kust te transporteren. Aan de rand van het continent stroomt de ijskap de zee op en vormt daar drijvende ijsplaten van honderden meters dik. Van deze ijsplaten breken regelmatig grote tafelijsbergen af. Elke vijf tot tien jaar vormt zich een reuzen-tafelijsberg, in oppervlakte vergelijkbaar met een paar Nederlandse provincies. Deze satellietfoto laat een reuzen-tafelijsberg zien, die 10 jaar geleden afbrak van de Ross ijsplaat. Hij meet 50 bij 300 km.



Als zo iets gebeurt, verschijnen er direct grote krantenkoppen als zou Antarctica aan het smelten zijn. Maar het is een volkomen natuurlijk verschijnsel. Stel dat de Antarctische ijskap géén ijsbergen zou produceren. Dan zou de ijskap steeds blijven groeien. Al het water dat daarvoor nodig is wordt aan de oceaan onttrokken, waardoor de zeespiegel elk jaar met ruim een halve centimeter zou dalen!

Omdat ze zo groot zijn, maken de ijskappen van Groenland en Antarctica hun eigen klimaat. Wat het meest opvalt, zijn de extreem lage temperaturen. Op Antarctica is de laagste temperatuur ooit gemeten: -89°C . Maar behalve kou hebben de

ijskappen ook sneeuw nodig om te overleven. Ook daar zorgen ze zelf voor. Beide ijskappen rijzen op uit zee als een kilometers hoog massief; warme en vochtige luchtmassa's worden gedwongen op te stijgen en af te koelen, waardoor ze een groot deel van het vocht dat ze bevatten als sneeuw op de ijskap laten vallen. Door hun hoogte en lage temperatuur wringen de ijskappen als het ware het vocht uit de lucht. Aan de zuidoostkust van Groenland valt hierdoor jaarlijks meer dan 10 m sneeuw, zoals U kunt zien op dit neerslagkaartje. Het is deze overvloedige sneeuwval die verklaart waarom de Groenlandse ijskap zelfs op 60°NB , dezelfde breedtegraad als het mooie Oslo, kan blijven bestaan.

De polaire meteorologie bepaalt dus in belangrijke mate de huidige en toekomstige levensvatbaarheid van de Groenlandse en Antarctische ijskappen, en daarmee de bijdrage die ze leveren aan de verandering van de zeespiegel. Het is deze interactie tussen het polaire klimaat en de grote ijskappen die ik beschouw als de belangrijkste toepassing van mijn leeropdracht.

Hoe gaan we het onderzoek aanpakken? Een combinatie van meten en computermodellen werkt het best. Wat voor computermodellen gebruiken we hiervoor? Dit prachtige neerslagkaartje van Groenland is gemaakt met behulp van een regionaal klimaatmodel, dat speciaal geschikt is gemaakt voor Groenland in nauwe samenwerking met het KNMI. Het laat zien dat het zuiden van Groenland veel neerslag krijgt, maar dat het noorden zo droog is als een woestijn.

De enige manier om erachter te komen of deze berekeningen kloppen, is om naar Groenland toe te gaan, en daar metingen te doen. Zonder deze controle heeft dit kaartje wetenschappelijk weinig waarde. We moeten dus op expeditie naar de Poolgebieden. De eerste IMAU poolexpeditie vond plaats in 1990, en ging naar Groenland. Maar daarover later meer.

Eerst gaan we op poolexpeditie met drie pioniers, Willem Barents, Robert Scott en Richard Byrd, om kennis te maken met hun motieven en de moeilijke omstandigheden waaronder ze hun werk moesten doen. Want het waren vooral de avonturen van deze ontdekkingsreizigers die het belang van het polaire klimaat bij het grote publiek duidelijk maakten.





Meer dan 400 jaar geleden, in 1597, stierf Willem Barents in de buurt van Nova Zembla, op 77 graden noorderbreedte. Even daarvoor was hij door het zeeijs gezakt en in het ijskoude water terecht gekomen van wat nu de Barents Zee heet. Zijn mannen konden hem nog terug aan boord van de kleine sloep hijsen, maar onderkoeling, uitputting en ondervoeding werden hem fataal.

Wat had de Hollandse kaartenmaker zo diep in het Noordpoolgebied te zoeken? In die tijd had men slechts een vaag idee hoe de wereld er poolwaarts van de 60^e breedtegraad uitzag. Barentsz probeerde, in opdracht van de burgemeester van Amsterdam, de noordoostelijke doorvaart te vinden, een zeeweg langs de noordkust van Azië naar het Verre Oosten. Als deze route ondanks het zeeijs bevaarbaar zou blijken, zou dat de handelschepen op weg naar het Verre Oosten veel tijd besparen. Degene die kon bewijzen dat zo'n doorvaart bestond, zou een riant beloning krijgen.



Maar het schip van Barentsz raakte ingevroren in het zeeijs bij Nova Zembla. Samen met zijn vijftienkoppige bemanning moest hij daar overwinteren. Met wrakhout bouwden ze een hut, en doopten deze *Het Behouden Huys*. De zeelieden doorstonden de barre winter op een rantsoen van bier, wijn, scheepsbeschuiten, ijsbeer en poolvos. Om niet te bevriezen namen ze opgewarmde kanonskogels mee in hun slaapzak. De volgende zomer probeerden ze met kleine boten naar het zuiden te ontsnappen, maar Barentsz zakte dus door het ijs en stierf.



Twaalf mannen wisten het Russische vasteland te bereiken, en keerden niet lang daarna terug in Holland. Daar vertelden ze over de ontberingen die ze hadden doorstaan, maar ook over hun ontdekking van Spitsbergen, op deze kaart uit 1599 aangegeven als 'Het Nieuwe Land'. Te oordelen naar deze kaart, was het Barents en zijn mannen opgevallen dat het rond

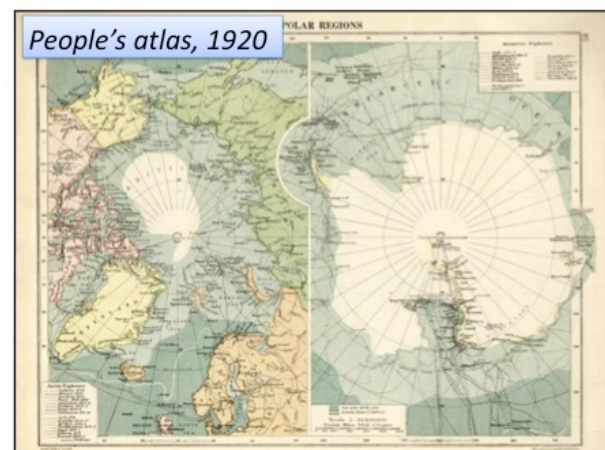
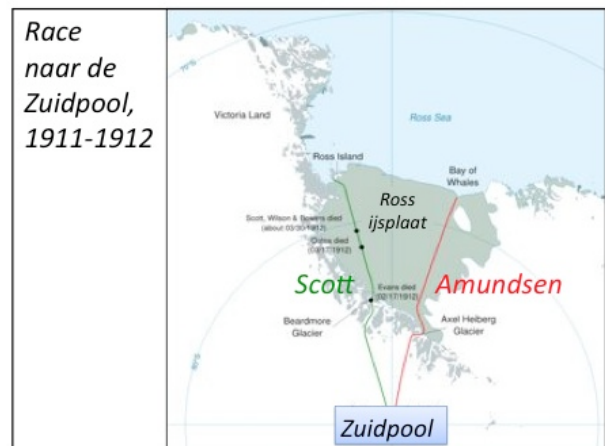
Spitsbergen wemelde van de walvissen. Toen dit nieuws de Amsterdamse kooplieden bereikte, werd de zoektocht naar de noordoostelijke doorvaart direct gestaakt. Er was werk aan de winkel! Zo snel mogelijk claimde de Republiek Holland de rechten op de walvisvangst rond Spitsbergen. Het aantal Hollandse walvisvaarders groeide explosief: in 1684 waren er 250 walvisvaarders actief, die in dat jaar ongeveer 1200 walvissen vingen. Op deze artistieke impressie van Abraham Storck zien we dat ook ijsberen niet ontsnapten aan de ijverige Hollanders met hun VOC mentaliteit. De walvisvangst rond Spitsbergen was een belangrijke drijvende kracht achter de groeiende Hollandse welvaart; het zorgde voor een vetrandje aan de toch al overvloedige Gouden Eeuw. Maar het vangen en verwerken van walvissen tot olie en vlees werd zo efficiënt aangepakt, dat de walvissen rond Spitsbergen al snel waren verdwenen. Daarna was het snel gedaan met de belangstelling voor de Poolgebieden.

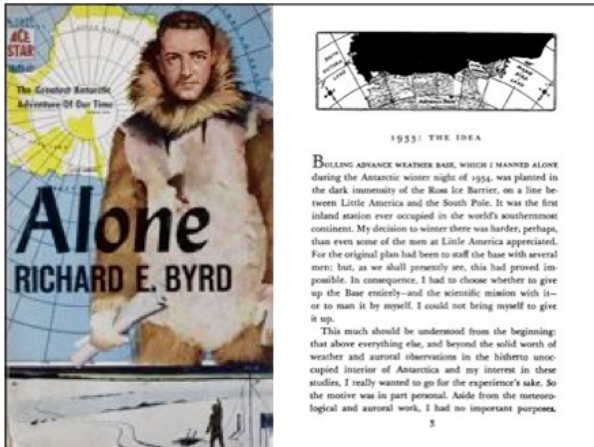
Tweehonderd jaar later breekt het tijdperk aan van de avonturiers en ontdekkingsreizigers in de Poolstreken. "Grote God, dit is een afschuwelijk oord". Toen Robert Scott dit op 17 januari 1912 in zijn dagboek schreef, bevond hij zich op de Zuidpool, bovenop de ijskap van Antarctica, op bijna 3,000 meter hoogte. Het is hartje zomer, maar de temperatuur is 30 graden onder nul en er staat een ijzige wind. Wat had de officier van de Britse Royal Navy zo diep in het Zuidpoolgebied te zoeken? Het was Scott's droom om als eerste de geografische Zuidpool te bereiken, en daar de vlag van het Britse koninkrijk te laten wapperen. Het zou anders lopen.

Scott en zijn metgezellen waren drie maanden daarvoor vertrokken vanaf hun basis op Ross eiland. De afstand tot de pool was 1300 km, af te leggen op houten ski's. Het eerste deel van de route ging over de Ross ijsplaat, een drijvende gletsjer, honderden meters dik en in oppervlak even groot als Frankrijk. Na 700 kilometer over de Ross ijsplaat te hebben afgelegd, stonden Scott en zijn mannen aan de voet van het Transantarctisch Gebergte. Ze bevonden zich nog altijd op zeeniveau, en sommige bergtoppen torenden meer dan vier kilometer boven hen uit. Omhoog ging het over de Beardmore Gletsjer, die over een afstand van 160 km door het Transantarctisch Gebergte stroomt en de Antarctische ijskap verbindt met de Ross ijsplaat. Laverend tussen onpeilbaar diepe gletsjerspleten overbruggen ze het hoogteverschil van 3000 meter. Deze beklimming bracht ze op het Antarctisch Plateau. Vergeleken met de ijsplaat was de temperatuur 30 graden lager en zat er 30% minder zuurstof in de lucht.

Eindelijk, 80 dagen na hun vertrek, bereikten ze de Zuidpool, waar ze tot hun afschuw ontdekten dat de Noor Amundsen hen voor was geweest. Op deze foto staat Scott met drie van zijn mannen bij de tent die Amundsen op de Zuidpool had achtergelaten. Al van kilometers afstand was de wapperende Noorse vlag zichtbaar geweest. Gedemotiveerd door de nederlaag, gedorienteerd door sneeuwblindheid en verzwakt door bevriezing, ondervoeding en uitdroging begonnen de vijf mannen aan de terugtocht. De afloop is bekend: allen kwamen om, Scott op slechts 18 km afstand van het volgende voedseldepot.

Dit is een kaart van de Poolgebieden uit 1920, vlak na de expeditie van Scott. Weliswaar waren in 1920 beide polen bereikt, maar bijna niets was bekend over het klimaat van de Poolgebieden. Sterker nog, negentig jaar geleden was van Antarctica nog vrijwel niets in kaart gebracht. Om deze witte vlekken op de wereldkaart in te vullen, brak een tijdperk aan van wetenschappelijke expeditie naar de Poolgebieden.





In mei 1934 schreef Richard Byrd in zijn dagboek "Ik weet zeker dat ik dit niet ga overleven". Het is hartje winter op de Ross ijsplaat, buiten is het aardedonker en de temperatuur is gedaald tot 65 graden onder nul. Koolmonoxidevergiftiging heeft de admiraal van de US Navy aan het randje van de dood gebracht. Maar wat deed hij op deze plek, midden in de winter, moederziel alleen in een slecht geventileerde hut die was ingegraven in de Antarctische sneeuw? Byrd wilde als eerste tijdens de winter meteorologische waarnemingen doen in het binnenland van Antarctica. Het kostte hem bijna zijn leven.



Pas vier jaar later liet hij zich overhalen om zijn ervaringen op te schrijven, in een boek met de titel *Alone*. Het is het eerste boek waarin de Polaire Meteorologie centraal staat.

Richard Byrd organiseerde in totaal vijf wetenschappelijke expedities naar Antarctica, de eerste in 1928, de laatste in 1956. Wat opvalt aan zijn werkwijze is het grote aantal schepen, vliegtuigen, tractoren, honden en manschappen dat werd ingezet. Op zijn eerste expeditie bouwde Byrd een complete basis op de Ross ijsplaat met de naam *Little America*. Van hieruit vertrokken tientallen manschappen in alle richtingen om Antarctica in kaart te brengen.



Richard Byrd was een onverbetterlijke avonturier. Per vliegtuig bereikte hij, naar eigen zeggen, Zuidpool én Noordpool, iets wat in die tijd als roekeloos te boek stond. Als piloot was Byrd zeer geïnteresseerd in polaire meteorologie. Tijdens zijn expedities werden uitgebreide meteorologische metingen gedaan. Maar dat was voor de avonturier Byrd natuurlijk niet genoeg. Tijdens zijn tweede Antarctische expeditie in 1934 stond hij erop om in zijn eentje de negen maanden durende winter door te brengen in een vooruitgeschoven observatiepost. Deze observatiepost, met de naam *Advance Base*, bestond uit een kleine hut die was ingegraven in de sneeuw van de Ross ijsplaat, honderden kilometers zuidelijk van de hoofdbasis.

Als Byrd eenmaal alleen is in zijn hut, en de buitentemperatuur zakt tot 65 graden onder nul, gaat zijn lichamelijke conditie snel achteruit. Wat hij dan nog niet weet, is dat door een slechte rookafvoer, koolmonoxidevergiftiging langzaam zijn lichaam aantast. Als hij het probleem ontdekt, ziet hij zich geconfronteerd met het ultieme dilemma: of de kachel aanlaten, en sterven door koolmonoxidevergiftiging, of de kachel uitdoen, en sterven door bevriezing. Bovendien wil de koppige Byrd de mannen in *Little America* over de radio niet laten merken hoe ziek hij is. Hij wil daarmee voorkomen dat ze midden in de winter een gevaarlijke reddingsoperatie voor hem op touw moeten zetten. Als U wilt weten hoe het afloopt, lees dan het boek! Het is kortgeleden opnieuw uitgegeven. Ik verklap wel alvast dat Byrd het avontuur overleefde, maar dat het maanden zou duren voordat hij was hersteld. Hier zien we hem, ernstig verzwakt, op weg terug naar huis.

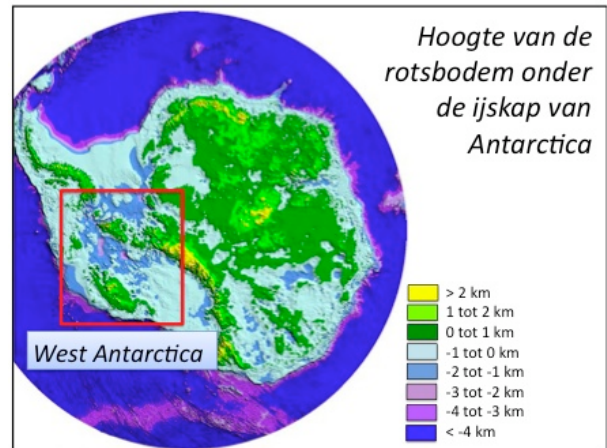
De wetenschappelijke expedities van Byrd brachten grote delen van Antarctica in kaart en leerden ons veel over het klimaat van de ijskap. Zijn werk werd in 1957 voortgezet tijdens het *Internationale Geofysische Jaar*. In dat jaar werden tientallen wetenschappelijke stations op Groenland en in Antarctica opgericht, waarvan een deel tot de dag van vandaag operationeel is.

Rond deze tijd werd voor het eerst de dikte van de ijskappen gemeten. Dat gebeurde door dynamiet in de sneeuw tot ontploffing te brengen, en te meten hoe lang de schokgolf door het ijs reisde. Uit deze gegevens werd al snel duidelijk dat de rotsbodem onder de ijskap allesbehalve vlak is: als je de ijskap weghaalt, komt er een ruig, bergachtig landschap tevoorschijn. Nog belangrijker: een groot deel van de rotsbodem onder de Antarctische ijskap ligt beneden zeeniveau. Op deze kaart is dat met blauwe kleuren aangegeven. Als je de West Antarctische ijskap weghaalt, krijg je er dus een verzameling eilanden voor terug, met daartussen diepe zeestraten. De ijskap drijft eigenlijk een beetje, en wordt op zijn plaats gehouden door de ijsplaten die zich aan weerszijden bevinden.

Wat betekent dit voor de stabiliteit van de West Antarctische ijskap? In een warmer wordend klimaat zal een valleigletsjer zich terugtrekken naar hoger gelegen gebied. De Groenlandse ijskap zal zich terugtrekken op het land. Maar de ijskap van West Antarctica kan dat niet, simpelweg omdat er bijna geen land is. Dat betekent, dat als de ijskap massa begint te verliezen, dit proces door kan gaan totdat de hele ijskap in zee is verdwenen.

Dit nieuwe inzicht zette aan het eind van de jaren 70 de Amerikaanse glacioloog John Mercer aan het denken. Vlak daarvoor had hij ontdekt dat als het Zuidpoolgebied meer dan 10 graden opwarmt, alle Antarctische ijsplaten zullen verdwijnen. Als gevolg daarvan, zo redeneerde hij verder, zal de hele West Antarctische ijskap in zee schuiven, met een zeespiegelstijging van 5 m tot gevolg. Maar voordat dit zou gebeuren, zouden volgens Mercer eerst de noordelijk gelegen ijsplaten van het Antarctisch Schiereiland gaan opbreken. Hij publiceerde zijn theorie in 1979 in het toonaangevende wetenschappelijke tijdschrift *Nature*. In de daaropvolgende tien jaar zou zijn theorie een heftig twistpunt blijven onder glaciologen.

Toen John Mercer in 1979 zijn artikel in *Nature* publiceerde was ik 10 jaar oud. In plaats van *Nature* las ik de *Donald Duck*. Daarin werd met geen woord gerept over de ontwikkelingen in de glaciologie. Maar de natuur hielp een handje: de winter van 1979 was ongekend streng. Het *Journal* liet ingesneeuwde automobilisten zien en dorpen en boerderijen in noord Nederland die waren afgesloten van de buitenwereld. Schepen moesten in konvooi het IJsselmeer oversteken, in het spoor van een ijsbreker. Het moet in *die* winter zijn geweest dat mijn interesse voor koude streken is gewekt.



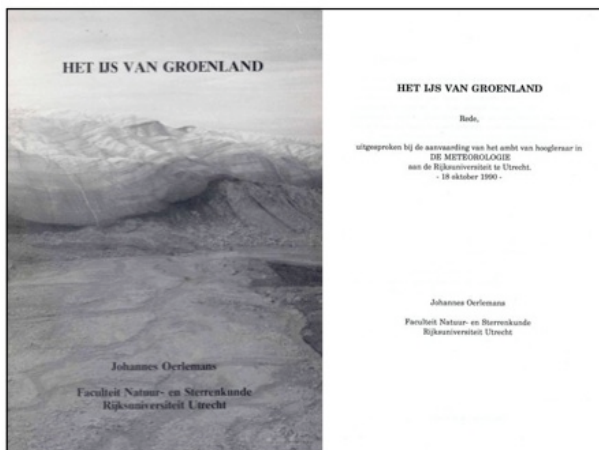
West Antarctic ice sheet and CO₂ greenhouse effect: a threat of disaster
 J. H. Mercer
 Institute of Polar Studies, The Ohio State University, Columbus, Ohio 43210

Nature, januari 1979

Als de temperatuur met 10 graden stijgt, verdwijnen eerst de ijsplaten en daarna de ijskap van West Antarctica.

Hierdoor stijgt de zeespiegel met ± 5 m.





Rand van de Groenlandse ijskap

gletsjerspleten, waardoor het heel lastig is om met het blote oog een kleine mast te vinden. Het was duidelijk dat zonder nauwkeurige positiebepaling, we onze masten nooit meer zouden terugvinden.

Daarom hadden onze technici één van de eerste commercieel verkrijgbare GPS ontvangers aangeschaft. Het nadeel van dit apparaat, afgezien van de astronomische prijs van 15,000 gulden, was dat het slechts één keer per minuut een nieuwe positie bepaalde. Een beetje TomTom doet dat tegenwoordig elke seconde. In een helikopter leg je per minuut twee of drie kilometer af, zodat we regelmatig over de meetmasten heen vlogen zonder ze te zien. Keer op keer moest ik tegen de piloot zeggen: *probeer om te draaien*, iets wat sommigen van U wellicht bekend in de oren klinkt.

Na de middelbare school was een studiekeuze dan ook snel gemaakt: in Utrecht kon je bij de faculteit Natuur- en Sterrenkunde afstuderen in de richting Meteorologie. Bovendien had ik geluk: vlak voordat ik begon met mijn afstudeeronderzoek werd een kersverse hoogleraar benoemd, die ook een levendige interesse had in sneeuw en ijs.

In 1990, nu bijna 20 jaar geleden, hield Hans Oerlemans op deze plek zijn oratie met de titel: *Het Ijs van Groenland*. Blijkbaar had hij voor zichzelf besloten dat het met de West Antarctische ijskap zo'n vaart niet zou lopen, want in de zomer van dat jaar organiseerde hij een wetenschappelijke expeditie naar de Groenlandse ijskap. Het doel van de expeditie was om het klimaat en de afsmelting van de ijskap te bestuderen. Ik zat in het laatste jaar van mijn studie, en kon mee.

De expeditie had in eerste instantie meer met logistiek dan met wetenschap te maken. Voor het transport over land gebruikten we twee Daf trucks uit het leger, 35 jaar oud en door collega Louk Conrads voor een zacht prijsje van de Domeinen overgenomen.

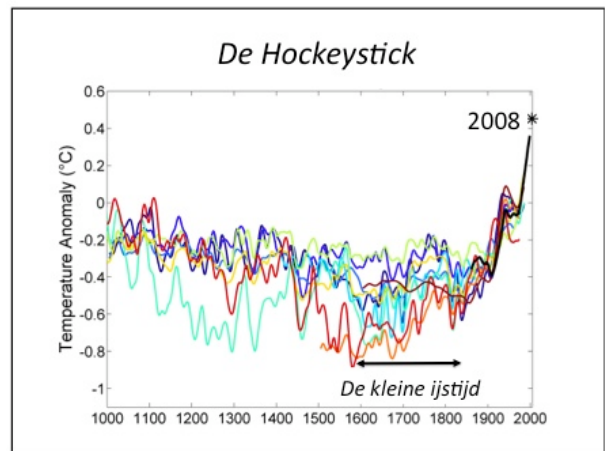
Hiermee brachten we al het materiaal naar de rand van de ijskap, een route van 25 km over toendra en zandvlakte. Regelmatig kwamen de stokoude vrachtwagens vast te zitten in zand of modder. Let op de zomerse kleding: in dit deel van Groenland wordt het 's zomers makkelijk 20 graden. We vroegen ons af hoe zo'n grote ijskap zich kon handhaven in een dergelijk warm klimaat.

Met behulp van een helikopter werden de meetstations op de ijskap neergezet. In die tijd waren helikopters niet uitgerust met GPS ontvangers; met een kladblok op schoot bepaalde de piloot onze positie zo ongeveer met behulp van een kompas en de gemiddelde gevlogen snelheid. Maar het ijsoppervlak aan de rand van de ijskap is bezaaid met

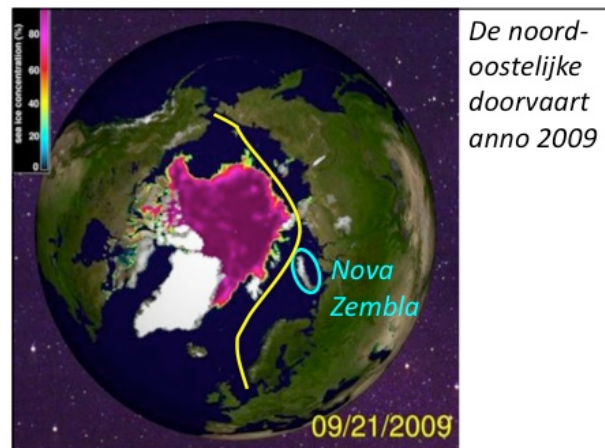
Wetenschappelijk gezien was de expeditie een succes: met onze simpele GPS ontvangers toonden we aan dat het ijs bewoog met een snelheid van 100 m per jaar. Onze metingen lieten verder zien dat er aan de rand van de ijskap tijdens de zomer zo'n 4 m ijs afsmelt, en met de gegevens van onze weerstations konden we berekenen welke invloed de zonnestraling, temperatuur en wind hadden op de afsmelting. Sindsdien zijn medewerkers van het IMAU elk jaar naar dezelfde plek terug gegaan om de metingen te herhalen. Met bijna 20 jaar is dit inmiddels de langste meetreeks van afsmelting in Groenland.



En dat brengt ons in het heden. In de ruim 400 jaar die zijn verstreken sinds de expeditie van Willem Barents is er veel veranderd. U kent waarschijnlijk deze grafiek: het is een reconstructie van de wereldgemiddelde temperatuur in de afgelopen 1000 jaar, en wordt ook wel *De Hockeystick* genoemd. Enige tijd geleden bestond er twijfel over de betrouwbaarheid van deze reconstructie, maar inmiddels zijn er meerdere onafhankelijke studies geweest die de vorm van *De Hockeystick* hebben bevestigd. De grafiek laat zien dat de poging van Willem Barents rond 1600 om de noordoostelijke doorvaart te vinden, samenviel met het begin van de *Kleine IJstijd*, een periode van relatief koud weer die ongeveer tweehonderd jaar zou aanhouden. Sinds het einde van de *Kleine IJstijd* is de temperatuur op Aarde met ongeveer een graad gestegen. Dat lijkt misschien niet veel, maar toch heeft het geleid tot dramatische veranderingen in de Poolgebieden.



Het Noordpoolgebied is inmiddels zover opgewarmd, dat het zeeijs zich in de zomer ver van de continenten terugtrekt. Deze kaart laat de zeeijsbedekking van afgelopen maandag zien. Het zou Willem Barents deze week geen enkele moeite hebben gekost om de noordoostelijke doorvaart te vinden. Ook bij Nova Zembla, waar Barents in het ijs vast kwam te zitten, is in de wijde omtrek geen zeeijs te bespeuren. Vorige week kwam het nieuws dat de eerste containerschepen, geen ijsbrekers dus, via de noordoostelijke doorvaart van Europa naar Vladivostok zijn gevaren.



Met het terugtrekken van het zeeijs komt ook de winning van de olie- en gasvoorraden in de bodem van de Arctische Oceaan binnen handbereik. De eerste geopolitieke schermutselingen hebben reeds plaatsgevonden. In *dat* opzicht is er sinds de tijd van Barents helaas *weinig* veranderd.

In het Zuidpoolgebied zou de avonturier Robert Scott anno 2009 heel wat makkelijker de Zuidpool bereiken dan 100 jaar geleden. Tegenwoordig vliegt een Hercules van de Amerikaanse luchtmacht de onderzoekers in een paar uur van Ross eiland naar het splinternieuwe station op de Zuidpool, dat daar in 2008 is gebouwd.

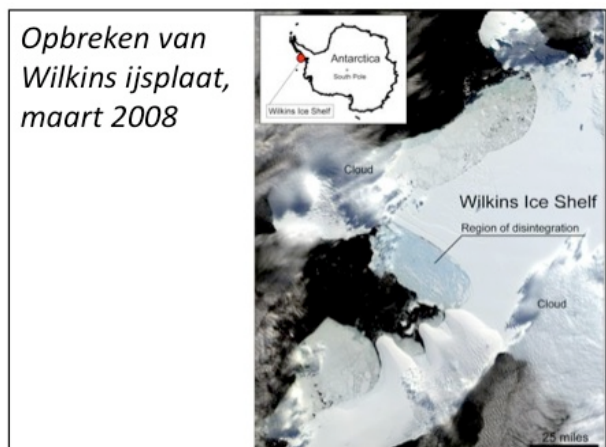
En dan Richard Byrd. Hij zou vandaag de dag zijn leven niet meer hoeven te wagen om midden in de Antarctische winter waarnemingen te doen. Daar gebruiken we nu automatische weerstations voor, die al 20 jaar met succes door de technici van het IMAU worden gebouwd. Onze weerstations in Groenland en Antarctica sturen hun gegevens via een satelliet naar Utrecht.

Dat betekent niet dat we het veld helemaal niet meer in hoeven: de weerstations moeten regelmatig worden onderhouden. Maar dat doen we in de zomer, als het zelfs op Antarctica goed is uit te houden. Overigens kunt U, via de website van het IMAU, de gegevens van de weerstations *online* bekijken.

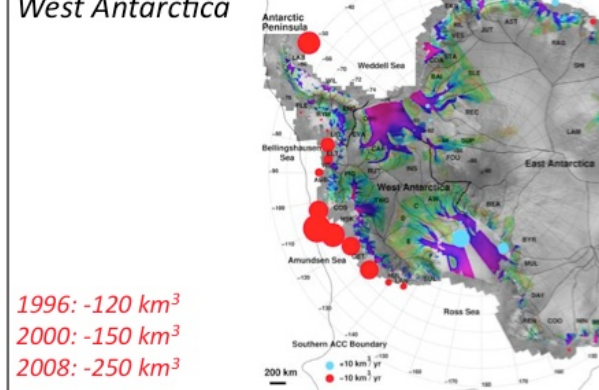
Hoe is het nu gesteld met de West Antarctische ijskap, dertig jaar na de waarschuwing van John Mercer in Nature? Het eerste deel van zijn voorspelling, dat bij een beperkte temperatuurstijging eerst de ijsplaten van het Antarctisch Schiereiland zouden opbreken, is feilloos uitgekomen. Sinds zijn artikel verscheen, zijn vrijwel alle ijsplaten in het Schiereiland kleiner geworden, met als voorlopig hoogtepunt het opbreken van een groot deel van de Wilkins ijsplaat in 2008. De teller staat momenteel op een verlies van bijna 30,000 vierkante kilometer, een oppervlak dat vergelijkbaar is met dat van België.

Ook het tweede deel van Mercer's voorspelling, het kleiner worden en mogelijk verdwijnen van de West Antarctische ijskap, lijkt in gang te zijn gezet. Deze kaart geeft aan dat de ijskap van West Antarctica op dit moment jaarlijks 250 Gt ijs verliest, twee keer zoveel als in 1996. Dit betekent dat de ijskap zeer significant uit balans is. Het lijkt er op dat ook dit deel van de voorspelling van John Mercer zal uitkomen, en dat we op termijn moeten vrezen voor het verdwijnen van de West Antarctische ijskap.

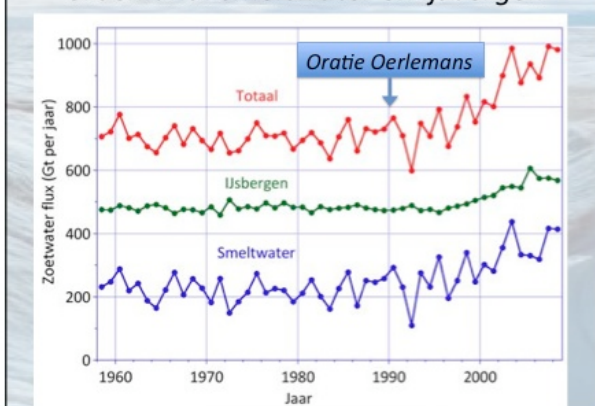
En hoe staat de Groenlandse ijskap ervoor, 20 jaar de oratie van Hans Oerlemans? Helaas ook niet goed. Deze grafiek laat zien hoeveel smeltwater en ijsbergen er de afgelopen 50 jaar door de ijskap werden geproduceerd. Sinds 1990 is de temperatuur op Groenland met bijna een graad gestegen, en is de afsmelting met meer dan 30% toegenomen. Daar komt nog bij dat de Groenlandse gletsjers een kwart meer ijsbergen zijn gaan produceren.



Massaverlies West Antarctica



Groenland: smeltwater en ijsbergen



Zomer op Groenland, anno 2009



Groenlandse en Antarctische ijskappen, met hun snelstromende gletsjers, en als we precies wisten hoe de atmosfeer en de oceaan zouden gaan veranderen, dan konden we met enig vertrouwen voorspellen wat de grote ijskappen in de toekomst gaan doen en wat dat betekent voor de zeespiegel. Maar de wisselwerking tussen oceaan, atmosfeer, zeeijs en ijskappen is erg ingewikkeld, en een dergelijk model hebben we vooralsnog niet. Ik zal mij er de komende jaren voor inzetten dat het IMAU en zijn partners bij deze ontwikkelingen voorop blijven lopen.

Samen met de toegenomen afsmelting betekent dit dat ook de Groenlandse ijskap op dit moment per jaar 250 Gt ijs verliest, en net als de ijskap van West Antarctica significant uit balans is. Het totale massaverlies van deze twee ijskappen verklaart minstens 40% van de huidige zeespiegelstijging.

Voordat ik een blik in de toekomst werp, een kort dankwoord. Allereerst wil ik mijn collega's van het IMAU bedanken: ons instituut is een fantastische plek om te werken.

De goede sfeer is terug te voeren op liefde voor het vakgebied, een prima administratieve ondersteuning en een unieke technische afdeling, die ervoor zorgt dat we onze ideeën met waarnemingen kunnen toetsen. Een speciale vermelding verdienen onze promovendi en Postdocs: mede door hun vaardigheden en inzet zijn we in staat vooruitgang te boeken in het complexe klimaatonderzoek.

Zo te kunnen opereren is alleen mogelijk door het vertrouwen dat ons wordt geschonken door de Universiteit Utrecht, de Betafaculteit en het Departement Natuur- en Sterrenkunde. Ook het KNMI en de Technische Universiteit Delft mogen hier niet onvermeld blijven, als belangrijke partners in theorievorming, modelontwikkeling en satellietwaarnemingen.

Graag wil ik ook mijn waardering uitspreken voor de afdeling Aard- en Levenswetenschappen van NWO, als vormgever van het Nederlands Poolprogramma. Met hun steun en die van de KNAW heb ik er het volste vertrouwen in dat het Nieuwe Nederlandse Poolprogramma snel van de grond zal komen, ondanks het economisch lastige tijdsgewricht.

En op een meer persoonlijke noot dank ik mijn vrienden en familie, en dan vooral Britt, Lars en Bente, voor hun liefde en nooit aflatende interesse in mijn werk.

En dan tenslotte: de toekomst. Als we een perfect computermodel zouden hebben van de



Moeten we ons zorgen maken over de recente veranderingen in het Grote IJs? Nee en ja.

Nee, omdat we weten dat het massaverlies van de ijskappen vergeleken met de duur van een mensenleven een langzaam proces is: in het huidige tempo duurt het nog 10,000 jaar voordat de Groenlandse en West Antarctische ijskappen in hun geheel zijn verdwenen. Op die tijdschaal kan de volgende ijstijd zich weer aandienen. Dus in dat opzicht lijkt het niet nodig om ons voor de korte termijn grote zorgen te maken.

Ja, omdat we moeten constateren, en ook gewoon toegeven, dat de wetenschap de laatste jaren keer op keer is verrast door de snelheid

waarmee de veranderingen in de Poolgebieden plaatsvonden: de afname van de zeeijsbedekking in het Noordpoolgebied, het opbreken van ijsplaten in het Antarctisch Schiereiland, het versnellen van gletsjers in zowel Groenland als Antarctica: geen enkel theoretisch model had het voorspeld.

En dat is nog tot daar aan toe, als we dan *tenminste* de juiste onzekerheidsmarge hadden aangegeven. Maar ook dat is niet gebeurd: de veranderingen vielen buiten de onzekerheidsmarge die we aan onze voorspellingen hadden toegekend. Dat betekent dat we de onzekerheid te klein hadden ingeschat, met andere woorden: we weten niet wat we nog niet weten. Alleen al hierom *moet* het fundamenteel wetenschappelijke onderzoek de voornaamste pijler blijven van *al* het onderzoek naar klimaatverandering. Zolang we niet goed begrijpen wat de huidige veranderingen in het Grote IJs veroorzaakt, ontbreekt elke basis voor voorspellingen en maatregelen die daarop zijn gebaseerd. De druk die wordt uitgeoefend door beleidsmakers en media om *nu* al met gedetailleerde voorspellingen te komen, moeten we weerstaan. Tegelijkertijd moeten we uitleggen waar de problemen zitten en hard doorwerken aan een beter begrip van dat lastige, maar razend interessante polaire klimaatsysteem.

Ik dank U allen hartelijk voor Uw aanwezigheid en belangstelling.

Ik heb gezegd.