

BELGEN OP DE POLEN

Het vierde Internationaal Pooljaar

Edito

Het vierde Internationaal Pooljaar (International Polar Year - IPY 2007-2008) was één van de grootste gecoördineerde internationale onderzoeksprogramma's ooit georganiseerd. Meer dan 200 wetenschappelijke projecten waarin duizenden onderzoekers betrokken waren van meer dan 60 landen, hebben een breed gamma aan onderzoek uitgevoerd om de polaire gebieden en hun kritieke invloed op de rest van de planeet beter te begrijpen.

Zoals vele landen had België weinig of geen extra middelen ter beschikking om aan het IPY deel te nemen. Dankzij de lopende steun van Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO), het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO), het Fonds de la Recherche Scientifique (FNRS), het Fonds Inbev - Baillet Latour, ... en uitnodigingen tot samenwerking van buitenlandse partners, heeft echter ook de Belgische polaire gemeenschap actief bijgedragen aan de verwezenlijkingen van dit ambitieuze wetenschappelijke programma.

De meest zichtbare bijdrage van België aan het IPY is zonder twijfel het nieuwe Belgische onderzoeksstation op Antarctica, Prinses Elisabeth. Het station wordt sinds 2010 beheerd door het Poolsecretariaat, een overheidsdienst opgericht binnen BELSPO. Het station is zowel een toonbeeld voor het gebruik van duurzame technologieën en hernieuwbare energiebronnen, als een ideale uitvalsbasis voor onderzoek in de tot nu toe weinig onderzochte Sør Rondane regio rondom het station.

Daarnaast hebben Belgische onderzoekers en organisaties deelgenomen - en soms als coördinator - aan een dertigtal projecten, zowel op de Noord- als Zuidpool.

Deze brochure geeft een glimp van de vele inspanningen en verwezenlijkingen van België binnen het IPY. Alhoewel we hebben getracht zo volledig mogelijk te zijn, behandelen de artikels slechts een greep uit het rijk gediversifieerde Belgische poolonderzoek.

Wij hopen met deze brochure aan te tonen dat poolonderzoek belangrijk blijft en de jonge generatie wetenschappers warm te maken voor een carrière in onderzoek rond deze boeiende regio's van onze planeet.

Dr. Philippe Mettens

Voorzitter van het directiecomité
van het Federaal Wetenschapsbeleid









Inhoudstafel

- 6 4 'Internationale Pooljaren'
- 10 Het poolsecretariaat, een nieuwe dienst van het Federaal Wetenschapsbeleid
- 12 Klimaatwijzigingen in Antarctica
- 14 SCAR-MarBIN : een belangrijk Belgisch project in het licht van het Internationaal Pooljaar
- 18 De cryosfeer onder toezicht
- 26 Onze juf ging naar de Noordpool
- 28 De Koninklijke Sterrenwacht van België leidt het project GIANT-LISSA
- 31 De oorspronkelijke bewoners van Antarctica
- 36 Binnenkort een nieuw Europees observatorium op Dome C ?
- 38 12.000 jaar onder het ijs
- 42 Het Koninklijk Meteorologisch Instituut waakt over de atmosfeer boven Utsteinen
- 45 Belgische hittegolf in Groenland
- 48 BIANZO II : Studie van het benthos en zijn dynamiek om de toekomst van de mariene biodiversiteit te voorspellen
- 50 Lage wolken boven Utsteinen
- 59 GEM-BACH en de voorspelling van het 'chemische' weer
- 60 Puzzelen met de polen
- 63 ANDEEP : Verbazingwekkende visvangst in het diepst van de zeeën en oceanen rond Antarctica
- 65 Kan ijzer de wereld redden ? De Zuidelijke IJszee als CO₂-pomp.
- 72 Op de zuidpool werpt IceCube een nieuw licht op neutrino's
- 75 Microben uit de koude
- 78 POLARCAT volgt de evolutie van de vervuiling in het hoge noorden
- 80 De toekomst is aan de jeugd
- 82 Contactgegevens Belgische IPY deelnemers

4

Internationale Pooljaren

Poolonderzoek fascineert.

In de Poolstreken werden de avontuurlijke reizigers en onderzoekers aanvankelijk geconfronteerd met de meest extreme levens- en weersomstandigheden op aarde. Bij hun terugkeer hadden ze dan ook verhalen te vertellen die getuigden van moed en volharding maar ook wetenswaardigheden die de nieuwsgierigheid van de mens prikkelden. Op het einde van de 19^e eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw werden deze poolreizigers onder invloed van de nationalistische beweging geëerd als nationale helden en stond ‘poolexploratie’ niet zelden synoniem voor het planten van de nationale vlag nabij of op de geografische pool. Wetenschappelijk onderzoek was dan ook in vele gevallen ondergeschikt aan geografische exploratie.

Het eerste internationaal Pooljaar 1882-1883

De Oostenrijker Karl Weyprecht, co-leider van de Oostenrijk-Hongaarse ‘Tegetthof’ expeditie (1872-74), die Franz-Josef Land ontdekten in de Arctische Oceaan, betreurde deze nationalistische ingesteldheid in een merkwaardige toespraak tot de Royal Geographical Society in Londen (1875):

“Zolang Poolexpedities aanzien worden als een soort internationale wedren, waarbij de eer van de ene vlag uitsteekt boven de andere en hun hoofddoel eruit bestaat de breedtegraad bereikt door de voorganger met enkele mijlen voorbij te steken, zullen de mysteries van de Polen onopgelost blijven...”

Tegelijkertijd hield hij een vurig pleidooi voor een zinvol en gecoördineerd waarnemingsnetwerk: “Cruciale wetenschappelijke resultaten kunnen

enkel bereikt worden door een reeks synchrone expedities, wiens taak het is zich te verspreiden over de Arctische regio en gedurende een jaar waarnemingsreeksen te bekomen volgens een vooraf afgesproken methode”.

Weyprecht's ideeën werden overgenomen door de International Meteorological Organization (IMO) en leidden uiteindelijk tot een eerste grootschalige internationale meetcampagne, het eerste Internationaal Pooljaar (International Polar Year, IPY) van 1882-83. Elf landen richtten 12 waarnemingsstations op verspreid langs de kust van de Arctische oceaan voor systematische waarnemingen tijdens de winter en zomer van zowel het klimaat, het magnetisch veld als het poollicht. Met slechts 2 stations op relatief hoge zuidelijke breedte, één op Kaap Hoorn en één op Zuid Georgië, bleef Antarctica evenwel volledig buiten beschouwing.

Het tweede Internationaal Pooljaar 1932-1933

50 jaar na het eerste Pooljaar wenste men de succesformule van IPY-1 te hernemen door de organisatie van een tweede Internationaal Pooljaar, IPY-2, in 1932-1933. 44 landen namen er aan deel, inclusief een aantal landen van het zuidelijk halfrond, maar weer slaagde men er niet in Antarctica in het meetnet op te nemen, terwijl anderzijds het wetenschappelijk programma gevoelig uitgebreid werd op het vlak van waarnemingen in de hogere luchtlagen (aerologie), straling en lichtelektrische. De gevolgen van de economische crisis van de jaren '30 zouden echter een zware domper zetten op de vele initiatieven.

Het derde Internationaal Pooljaar, alias het Internationaal Geofysisch Jaar (IGY) 1957-1958

Wellicht gefrustreerd door de onuitgewerkte plannen van IPY-2 en gemotiveerd door de demonstratie van de macht van wetenschap en technologie tijdens de tweede wereldoorlog, lanceerden de geofysici Sydney Chapman en Lloyd Berkner het idee om reeds na 25 jaar, dit wil zeggen in 1957-1958, een nieuw Internationaal Pooljaar te organiseren en dit op het ogenblik van maximale zonneactiviteit van de 11-jarige zonnecyclus. Het idee kreeg vrijwel onmiddellijk de steun van een groot aantal geofysici en van de overkoepelende 'International Council for Science' (ICSU). Bedoeling was de aardbol in zijn geheel als fysisch voorwerp te bestuderen. Het waarnemingsveld diende daarom uitgebreid tot de gehele aarde waardoor het Internationaal Pooljaar (IPY) herdoopt werd tot Internationaal Geofysisch Jaar (IGY). Deze globale aanpak vereiste uiteraard de participatie van zoveel mogelijk landen, waaronder ook de Sovjet Unie, dat op dat ogenblik geen lid was van ICSU. De uitgestoken hand van de westerse mogendheden naar de Sovjet Unie voor deelname aan

het IGY was zeker niet evident, wanneer men bedenkt dat dit alles geschiedde op het hoogtepunt van de naoorlogse 'koude oorlog'.

De uiteindelijke beslissing van de Sovjet Unie in 1955 tot deelname heeft wel het gehele IGY gebeuren - en het Antarctisch onderzoek in het bijzonder - in een stroomversnelling gebracht. In totaal werden in Antarctica immers 65 waarnemingsstations opgericht door een twaalf-tal landen. De meeste stations waren aan de kust gelegen of nabij het Schiereiland, waar de toegang wat gemakkelijker was. In het moeilijk te bereiken binnenland hielden de Amerikanen en Russen elkaar min of meer in evenwicht: twee Amerikaanse stations (Amundsen Scott station op de geografische zuidpool en Byrd station) en 3 Russische stations (Vostok station op de geomagnetische zuidpool en de basissen Sovetskaya en Komsomolskaya) vormden belangrijke uitvalsbasissen voor (wetenschappelijke) ontsluiting van het hoge centraal gelegen ijsplateau.

Met de oprichting van de Koning Boudewijn basis aan de kust van Dronning Maud land trad België in 1958 toe tot die selecte club van 12 landen (vandaag zijn het er 28), die de gang van de geschiedenis van Antarctica van dan af zouden bepalen. Immers, na afloop van het IGY, wensten de landen die er aan deelgenomen hadden hun inspanningen te consolideren. De meeste landen behielden hun stations, terwijl de ondertekening door diezelfde partijen van het 'Antarctisch Verdrag' toeliet in alle vrijheid wetenschappelijk onderzoek te verrichten en Antarctica efficiënt te beheren los van de territoriale aanspraken die sommige landen hadden opgeëist.

De erfenis van het Internationaal Geofysisch Jaar in Antarctica was dus dubbel: enerzijds realiseerde men een netwerk van permanente waarnemingsstations wat toeliet voor de eerste keer de ware toestand van Antarctica op te maken. Dit betrof dan het klimaat zoals de



extreem lage temperaturen, de hoge windsnelheden, de toestand van de hogere atmosfeer en zijn relatie met de zonnwind, maar ook de vorm en dimensies van de ijskap (koepelvormige topografie, ijsdikten plaatselijk meer dan 4km) en zeeijs uitbreiding, het bestaan van ijsvrije gebieden zoals de droge valleien in de randgebergten en kust-oases enz... Anderzijds realiseerde het IGY een unieke beheersvorm, waarbij alleen de landen die substantiële wetenschappelijke activiteiten in Antarctica uitvoeren, op de jaarlijkse bijeenkomst van de landen van het Antarctisch Verdrag (Antarctic Treaty Consultative Meeting, ATCM) beslissingsrecht hebben. Hiermede werd Antarctica uitgeroepen tot een continent voor wetenschap en vrede.

Het vierde Internationaal Pooljaar 2007-2008

Vijftig jaar na het succesvolle IGY werd dan onder de leiding van het ICSU en de WMO (World Meteorological Organisation en opvolger van het IMO) een nieuwe golf van onderzoeksactiviteiten (zowat 230 goedgekeurde projecten!) georganiseerd tijdens het vierde IPY 2007-2008. Daar waar tijdens het IGY het accent lag op de wetenschappelijke ontsluiting van Antarctica, trof men nu het grootste aantal projecten (meer dan

50%) aan in Arctica. Wellicht had dat te maken met het einde van de koude oorlog waardoor het uitgestrekte Russische Arctische gebied open stond voor internationale samenwerking, maar ook omwille van de bijzondere impact van de opwarming van de aarde op de noordelijke ecosystemen en de menselijke samenleving. Een schematisch overzicht van de belangrijkste verschillen tussen het huidige IPY en het succesrijke IGY wordt voor Antarctica samengevat in onderstaande tabel. Het voornaamste onderscheid is ongetwijfeld de thematische aanpak in plaats van een disciplinaire, dus een steeds grotere tendens naar 'problem solving science' en 'new frontiers' (bijvoorbeeld subglaciale processen) alsmede de pluridisciplinaire benadering met een opvallende toename van een oceanografische en biologische inbreng. Het wetenschappelijk onderzoek van de ecosystemen in en rondom Antarctica hebben trouwens geleid tot wetenschappelijk verantwoorde maatregelen ter bescherming van het milieu. De CCAMLR (Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) en het Protocol van Madrid (Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty) zijn verdragen die toegevoegd werden aan het Antarctisch Verdragsstelsel, waardoor milieubescherming één van de dominante agendapunten geworden is op de jaarlijkse Verdragsvergadering en Antarctica de



facto uitgeroepen werd tot wereldnatuurpark. Een belangrijke erfenis van het recente Pooljaar is dan ook de bouw van een 4-tal nieuwe hoogtechnologische basissen, waaronder het Belgische Princess Elisabeth station, die een model

willen zijn hoe activiteiten kunnen ontplooid worden op een milieuvriendelijke manier en zonder schade toe te brengen aan de ongerepte natuur.



IGY (1957-1958)	versus	IPY (2007-2008)
Groot aantal nieuwe stations (65)	↔	Een select aantal nieuwe hoogtechnologische stations (4-tal)
Thematische aanpak	↔	Disciplinaire aanpak
Kwalitatieve scenario's en modellen	↔	Numerieke scenario's en modellen
Nadruk op geofysica en zonne-terrestrische verschijnselen.	↔	Nadruk op sociologisch, klimaat- en milieuonderzoek.
Biologisch- en oceanografisch onderzoek niet opgenomen in core-business.	↔	Onderzoek rond (micro)biodiversiteit, biogeochemische cycli en oceanografisch onderzoek
Geologisch onderzoek ter ondersteuning van potentiële mineralen-exploitatie	↔	Geologisch onderzoek ten dienste van platentektoniek en klimaatgeschiedenis
Exploratie van een nog ongerept continent	↔	Behoud van de ongerepte natuur
Onderzoek van de oppervlakte kenmerken van de ijskap en de oceaanomgeving	↔	Onderzoek van het subglaciaal milieu en de diepe oceaan
Met schepen ondersteunde operaties	↔	Netwerk voor vliegtuigoperaties en satellietwaarnemingen
Tot stand brengen van een politiek regime (ATCM)	↔	Toepassen en ondersteunen van een systeem van natuurbehoud (Committee for Environmental Protection, CEP)
Nationale expedities	↔	Internationale en multidisciplinaire onderzoekteams



Het Poolsecretariaat, een nieuwe dienst van het Federaal Wetenschapsbeleid

Een van de meest indrukwekkende technische verwezenlijkingen in het kader van het Internationaal Pooljaar is zonder twijfel de bouw van het nieuwe Antarctica onderzoeksstation Prinses Elisabeth. Deze basis - die volledig op hernieuwbare energie werkt - en alle bijgebouwen die door de Internationale Poolstichting (IPF) zijn gebouwd, werden in 2010 aan de Belgische Staat overgedragen. Om de optimale werking van het station te verzekeren werd een staatsdienst met afzonderlijk beheer opgericht: het 'Poolsecretariaat'. Net als andere, gelijkaardige structuren die gewijd zijn aan onderzoek of cultuur, valt ook deze dienst onder de bevoegdheid van het Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO). Wij hadden een ontmoeting met de voorzitter van BELSPO, Philippe Mettens.

Waarom is het Poolsecretariaat precies opgericht?

Philippe Mettens: De Belgische Staat heeft heel wat geïnvesteerd in deze basis die door de IPF is gebouwd. Het gaat om een bedrag van meer dan 13 miljoen euro. Bovendien wilden wij het syndroom van de 'Koning Boudewijn'-basis vermijden (die in de 1957 werd opgericht naar aanleiding van het Internationaal Geofysisch Jaar); wij wilden met andere woorden zeker stellen dat er ook in de toekomst voldoende zal worden geïnvesteerd om de basis en de werking ervan te garanderen. De kwestie van de openbare verankering kwam dan ook heel snel op de proppen. Daarom werd de basis aan de staat overgedragen. BELSPO staat in voor het operationele beheer door middel van een partnerschap met onder andere de IPF.

Omdat er voor dat beheer een voldoende soepele en efficiënte structuur nodig is, werd binnen BELSPO een nieuwe dienst opgericht volledig toegewijd aan deze taak: het

Poolsecretariaat, een staatsdienst met afzonderlijk beheer. De structuur is vergelijkbaar met andere diensten die in het verleden werden opgericht en die perfect werken. Ik denk bijvoorbeeld aan Belnet, het Belgische telematikanetwerk voor onderzoeksdoeleinden, of de Federale Wetenschappelijke Instellingen die een vergelijkbaar statuut hebben.

Het voordeel van dit statuut is aantrekkelijk. Openbare administraties mogen doorgaans geen inkomsten hebben en die gebruiken voor hun opdrachten of om personeel aan te werven. Hiervoor is een speciaal boekhoudkundig statuut nodig en net dat is wat een staatsdienst met afzonderlijk beheer te bieden heeft. Het gaat om een soepele structuur met flexibele beheersorganen. De dienst kan fondsen ontvangen van stichtingen zoals bijvoorbeeld het Fonds Baillet-Latour of de Cercle Gaulois, die net een aanbesteding heeft uitgeschreven voor het aanwerven van een extra onderzoeker in het kader van de werkzaamheden op de Prinses Elisabethbasis.

Het is de bedoeling dat deze fondsen samenkomen naar het Poolsecretariaat en snel kunnen worden toegewezen aan haar opdrachten. Zo kan de basis optimaal worden ingezet.

In dit verband valt vaak de term publiek-private samenwerking. Wat wordt daarmee precies bedoeld?

Het Poolsecretariaat - met andere woorden BELSPO - heeft een publiek-privaat partnerschap opgericht door een overeenkomst te sluiten met de IPF. De IPF voert logistieke opdrachten uit. Ze neemt alle logistieke taken op zich van campagnes naar de Prinses Elisabethbasis, organiseert de verplaatsingen, het vrachtvervoer, de veiligheid ter plaatse, ...

Verscheidene samenwerkingen bestaan of kunnen in deze context worden opgestart. Onder andere met Defensie, die beschikken over een belangrijke expertise in verschillende domeinen die van belang zijn voor het goede verloop van operaties in Antarctica. Ik denk hierbij aan mechanici en logistiek personeel die hun ondersteuning bieden.

Wie leidt het Poolsecretariaat?

Er is een directeur en een beheersorgaan, de beleidsraad, die een mandaat heeft voor vijf jaar. In de raad zitten vertegenwoordigers van alle federale departementen die op een of andere manier betrokken zijn bij een aspect van onderzoek op Antarctica. Dit is het geval voor het Federaal Wetenschapsbeleid, verantwoordelijk voor het onderzoek in Antarctica, Buitenlandse zaken, contactpunt voor aangelegenheden in verband met het Antarctisch Verdrag, Leefmilieu, dat instaat voor het vergunnen van activiteiten op Antarctica, Defensie en de diensten van de Eerste Minister.

De federale departementen zijn ietwat verwonderlijk vertegenwoordigd door afgevaardigden van de ministeriële kabinetten. Gewoonlijk zijn het ambtenaren uit de administratie die de continuïteit van de openbare dienstverlening in dit soort organen verzekeren.

De helft van de leden in de beleidsraad zijn dus afkomstig van federale departementen. De andere helft van de leden komt van buiten de administratie. Zelfs als ze uit privéondernemingen komen, noemen wij ze geen private partners. Zodra ze lid zijn van een beleidsorgaan van een overheidsdienst, maken ze immers deel uit van het openbaar ambt.

De publiek-private samenwerking waarvan hier sprake is, speelt zich dus niet af binnen de beleidsraad van het Poolsecretariaat, maar wel tussen de beleidsraad (met andere woorden het Poolsecretariaat) en de IPF. Het is de IPF - overigens zelf een Stichting van openbaar nut - die hier de private partner is.

Beslist het Poolsecretariaat over de wetenschappelijke programma's?

Het Poolsecretariaat verzorgt de interface met de operationele en logistieke structuren op Antarctica, maar ook met de diensten die belast zijn met het beheer van de onderzoeksprogramma's en meer specifiek de onderzoeksprogramma's op Antarctica, de programma's over klimaatverandering, over duurzame ontwikkeling enz.

Deze tussenrol kan te maken hebben met ruimtevaartonderzoek en -activiteiten of met federale musea die belangstelling kunnen hebben voor deze wetenschappelijke vragen (KMI, KBIN enz.). Het vervult dus echt de rol van een tussenschakel met de buitenwereld, met de IPF en met alle mogelijke sponsors. Het fungeert ook als interface met de andere diensten van BELSPO die waken over de coherentie van de wetenschappelijke activiteiten.

Federaal Wetenschapsbeleid kan zich niet voorstellen activiteiten op Antarctica te financieren zonder rekening te houden met wat er op de Prinses Elisabethbasis gebeurt. Het omgekeerde is echter ook waar: niet al onze poolprogramma's houden enkel en alleen verband met deze Zuidpoolbasis. Heel wat onderzoekers werken al jaren rond andere thema's. Ik denk bijvoorbeeld aan mariene biologie. Het is de taak van BELSPO om de continuïteit en de coherentie van al deze poolprogramma's te verzekeren. Daar zien wij op toe.

Meer nog, met de komst van de nieuwe basis zijn er meer middelen vrijgemaakt. Middelen die ervoor moeten zorgen dat alle activiteiten op de Zuidpoolbasis perfect verlopen, maar die ook zorgen voor de financiering van het geheel van de poolprogramma's.

BELSPO blijft dus als enige zorgen voor het beheer van het wetenschappelijk onderzoek. Dit waarborgt de continuïteit, de onafhankelijkheid en de controle van deze programma's.





Klimaatwijzigingen in Antarctica

Vijfentwintig miljoen jaar geleden had Antarctica een rijke fauna en flora. Er waren bossen. Er liepen grote buideldieren rond. Er was een overvloed aan soorten. Toen het Zuidpoolcontinent begon af te koelen en langzaam bedekt werd met een ijskap heeft het leven zich teruggetrokken naar enkele vluchtplaatsen: de schaarse plekken die niet volledig door de ijskap werden bedolven.

De grote buideldieren zijn natuurlijk al lang verdwenen. Alle hogere soorten zijn uitgestorven, maar in die refugia of vluchtplaatsen vindt men tot vandaag eenvoudige levensvormen terug: allerlei microben en geleedpotigen, zoals springstaartjes, mijten en aalwormen,...

Het zijn poelen en meertjes, bijna allemaal vlak bij de kust, die in de winter door een dikke ijslaag zijn bedolven, maar waar onder de bevroren oppervlakte vloeibaar water wordt gevonden. Waar er water is, is er leven. Ook op Antarctica. Het zijn de laatste vluchtplaatsen van het leven op Antarctica. Het is het uitgelezen werkterrein van de Gentse onderzoekers Wim Vyverman en Elie Verleyen.



1 Elie Verleyen
2 Wim Vyverman

Wim Vyverman:

Eind van de jaren 90 hebben we voor het eerst een van die 'oases' in Antarctica bezocht: de Larsemann Hills, in de Australische sector van Oost Antarctica. Zelfs in de koudste perioden, het laatste glaciële maximum, zijn er delen van dat gebied altijd ijsvrij gebleven. Door de plaatselijke geologie worden de gletsjers gedwongen om rond de heuvels te stromen en niet er overheen. Plaatsen zoals dit zijn razend interessant uit evolutief perspectief: het zijn de laatste plekje waar landleven, of leven op het water op het land, mogelijk is. De habitats liggen ver uit elkaar en ze zijn erg klein. Het zijn uitgelezen plekken om alle processen van verandering en uitsterven van organismen te bestuderen. Het is een soort natuurlijk laboratorium om de evolutie te bestuderen. Op de bodem van die kustmeertjes worden bovendien ook sedimenten opgeslagen en daarin zitten sporen waarmee we het

verleden van het gebied kunnen bestuderen.

Klimaatveranderingen hebben een impact op ecosystemen over de hele wereld, ook in de tropen, maar het zijn vooral de polen die interessant zijn voor de wetenschap omdat ze grote temperatuurverschillen kennen en ook heel snel reageren bij klimaatveranderingen.

Wat heeft het Internationale Pooljaar voor jullie onderzoeksterrein opgeleverd?

Het IPY was voor ons de gelegenheid om zelf meer naar buiten te treden en het netwerk te activeren van internationale contacten dat we hebben opgebouwd. Het kwam er op aan de nodige 'kritische massa' rond die Antarctische microbiële ecologie tot stand te brengen. Er is de jongste tijd heel veel vernieuwend onderzoek gebeurd rond microbiële ecologie omdat

3 Elie Verleyen en Wim Vyverman nemen een sedimentboorkern in een meer in West Ongul (Lützow Holm Bay, Oost-Antarctica).

4 Wim Vyverman meet de temperatuur, pH en conductiviteit van het water in een meer in Langhovde (Lützow Holm Bay, Oost-Antarctica).



nieuwe technologieën nu toelaten microbiële gemeenschappen te bestuderen in hun natuurlijke omgeving. Met ons onderzoek hebben we aangetoond dat er cruciale wetenschappelijke vragen met betrekking tot microbiële biogeografie kunnen worden aangepakt door de studie van de ecologie van Antarctische microben.

Elie Verleyen:

Ik doe paleoklimaatonderzoek aan de hand van kiezelwieren en fossiele elementen van micro-organismen die we aantreffen in die Antarctische meertjes. Door te kijken welke soorten voorkomen in welke sedimentlagen kunnen we weten welk klimaat er heerste in het verleden.

Voor het Internationaal Pooljaar wou het SCAR, (Scientific Committee on Antarctic Research) een boek publiceren met een overzicht van alles wat er gekend is over Antarctica, over Antarctische ecosystemen en over het effect van klimaatverandering op de ijskap. Als wetenschappers die werken op terrestrische milieus werden Wim en ik gevraagd om mee te schrijven aan het boek. Het is een turf geworden van

800 bladzijden die in 2009 verschenen is: het Antarctic Climate Change and the Environment (ACCE) Rapport.

Door het werk aan dat boek hebben we contacten gelegd over de hele wereld. We hebben een team gevormd van wetenschappers en die samenwerking heeft nu geresulteerd in een artikel dat verschenen is in Earth Science Reviews.

Het artikel gaat over klimaatveranderingen langs de Zuid Antarctische kustlijn tijdens het Holoceen, dat is het warme tijdvak dat begon na de laatste ijstijd en waarin we nu leven. De kennis van klimaatschommelingen is vooral gebaseerd op ijsboringen op het Antarctisch hoogplateau en op sedimentboringen in zee. Maar de kustecosystemen die wij bestuderen vormen eigenlijk de link tussen de terrestrische ijsboringen en de sedimenten uit de diepzee.

Zo hebben we ontdekt dat er in het vroeg-Holoceen, dat is tussen 11.500 en 9.500 jaar geleden, een warmere periode was! Veel van die kustgebieden zijn toen ijsvrij geworden door warmere omstandigheden. De zeespiegel is gestegen

omdat ook de ijskappen in het noordelijk halfrond aan het afsmelten waren. Bovendien is er nog een tweede warmere periode geweest in Antarctica tussen 4000 en 2000 jaar geleden. We vinden daar ook sporen van terug op het Antarcisch schiereiland, maar we vinden géén overeenkomstige sporen in het noordelijke halfrond. In het noorden is er tussen 4000 en 2000 jaar geleden geen warme periode geweest. Het lijkt er dus op dat noord en zuid een verschillende klimaatgeschiedenis hebben gekend.

Een belangwekkende ontdekking, dankzij het IPY?

Sinds mijn doctoraat over de sedimenten van de Larsemann Hills ben ik toch al tien jaar bezig. We hebben in de loop der jaren een netwerk opgebouwd van wetenschappers die over dezelfde vragen nadenken. Maar het Internationaal Pooljaar heeft wel de aanzet gegeven om met onze conclusies naar buiten te treden.



Deze fuchsia werd dichtbij King George eiland ontdekt (C. De Broyer).

SCAR-MarBIN : een belangrijk Belgisch project in het licht van het Internationaal Pooljaar

Van alle projecten van het Internationaal Pooljaar waar Belgische onderzoekers bij betrokken waren, is er één bijzonder belangrijk, namelijk het SCAR-MarBIN-project (SCAR - Marine Biodiversity Information Network) (Informatienetwerk van SCAR over de mariene biodiversiteit; SCAR staat voor “Scientific Committee on Antarctic Research”, het wetenschappelijk comité voor Antarctisch onderzoek). Niet zonder reden wordt dit internationaal project geleid vanuit België door het Belgisch Biodiversiteitsplatform. Het initiatief voor het project werd genomen door Claude De Broyer en Bruno Danis van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Het project is een waar succesverhaal!

We zijn aan dit avontuur begonnen om een zeer eenvoudige reden, legt De Broyer uit. We constateerden dat er in de wereld een overvloed aan informatie is over de mariene biodiversiteit op Antarctica. Er bestaan al veel studies over de biodiversiteit in de Zuidelijke Oceaan, maar helaas is al deze wetenschappelijke en technische informatie grotendeels verspreid en versnipperd. Bovendien hebben we vastgesteld dat er een deel van die informatie verloren gaat. Er moest actie ondernomen worden. Al de gegevens uit wetenschappelijk onderzoek, maar ook

uit andere sectoren, zoals visvangst en natuurbescherming, moesten worden verzameld en gevalideerd.

Bovendien willen de Verenigde Naties in het kader van duurzame ontwikkeling tegen het jaar 2012 op verschillende plaatsen op aarde een netwerk van zeereservaten uitbouwen. Ook Antarctica zou onder die bescherming vallen. De zones kunnen pas afgebakend worden als we een goed beeld hebben van de spreiding van de biodiversiteit.

De kernvraag van het SCAR-MarBIN-project is dan ook: waarom maken we al die verspreide gegevens niet toegankelijk voor een zo groot mogelijk publiek? Dan kunnen ze gebruikt worden bij onderzoek, natuurbescherming en het duurzaam beheer van het leefmilieu en de rijke fauna.

In een volgende fase moesten de grote lijnen van het project uitgezet worden. Het doel was niet om één grote gegevensbank te maken met alle beschikbare gegevens van de hele wereld. We wilden liever de bestaande databanken met elkaar verbinden tot één netwerk van gecoördineerde en uitwisselbare gegevensbanken, verduidelijkt de wetenschapper.

Op die manier kan iedereen op eigen ritme en volgens eigen mogelijkheden zijn gegevens beheren en zijn verzameling verbeteren. Alle onderzoekers hebben bovendien toegang tot de gegevens.

Ter gelegenheid van het Internationaal Pooljaar en onder de hoede van SCAR, dat internationale wetenschappelijke samenwerking actief aanmoedigt, ging het project pas echt goed van start. Het project was nochtans al in 2005 opgestart met geld van BELSPO en van enkele andere partners, waaronder het CoML-project (Census of Marine Life) ondersteund door de New Yorkse Sloan Foundation.

De aanzet tot het SCAR-MarBIN-project werd in eerste instantie gegeven door de partners van het Belgische BIANZO-project. Dit onderzoeksproject bestudeerde de biodiversiteit van bepaalde benthische groepen op Antarctica. De Broyer werkte rond amfipode schaaldieren, zijn specialiteit. Dit is een zeer verscheiden groep in de Zuidelijke Oceaan.

Wetenschappers van de Gentse universiteit, ook een BIANZO-partner, concentreerden zich op nematoden. Vervolgens sloten de Université libre de Bruxelles en de Université de Bourgogne (Frankrijk) zich aan bij het project en namen zij de echinodermata (stekelhuidigen) voor hun rekening.

Tijdens de beginfase werden dus eerst de gegevensbanken van de Belgische partners met elkaar verbonden om de werkbaarheid van het idee uit te testen. Daarna kreeg het project onder leiding van SCAR een heel andere dimensie: het partnerschap en de coördinatie van de gegevensbanken werden 'geglobaliseerd'.

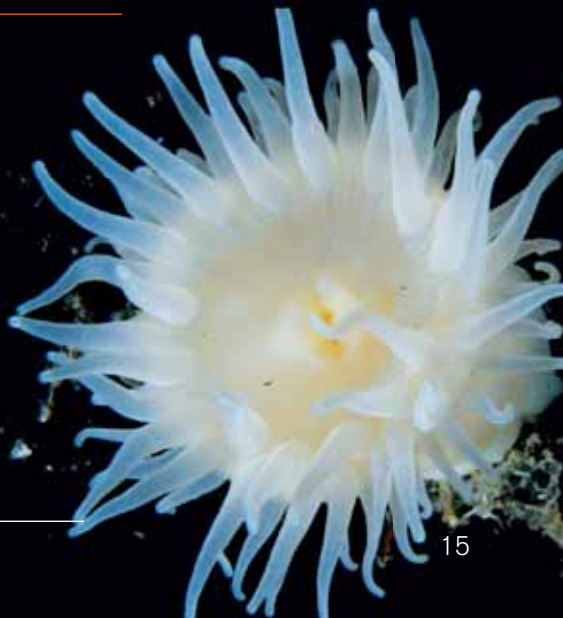
Als aanvulling op dit project hebben we ook deelgenomen aan de lancering van het CAML-project (Census of Antarctic Marine Life), verduidelijkt de onderzoeker. Deze gespecialiseerde inventarisering van de mariene biodiversiteit op Antarctica maakt deel uit van het mondiale CoML-programma. CAML stelt zichzelf drie belangrijke doelen: het bestuderen van de biodiversiteit door intensievere verkenning van de zeeën, het bestuderen van de reeds bestaande verzamelingen om zo de indeling van de soorten beter af te bakenen en ten slotte hun aantallen in te schatten. In totaal resulteerde CAML in 19 campagnes geleid door 15 landen en 300 onderzoekers. Het merendeel vond plaats in onbekende gebieden van de Zuidelijke Oceaan waar nooit eerder bereikte diepten verkend werden. De verzamelde gegevens zijn op die manier ook een verrijking voor het SCAR-MarBIN-netwerk.

De kernvraag van het SCAR-MarBIN-project is dan ook: waarom maken we al die verspreide gegevens niet toegankelijk voor een zo groot mogelijk publiek? Dan kunnen ze gebruikt worden bij onderzoek, natuurbescherming en het duurzaam beheer van het leefmilieu en de rijke fauna.

Zeeanemoon 'Actinie Bouvet'
(M. Rauschert).

Vandaag is SCAR-MarBIN bruikbaar op globaal niveau en wordt het erkend door alle partners, aldus Claude De Broyer.

De wereldwijd verspreide Antarctische instituten dragen allemaal hun steentje bij om de meest adequate informatie beschikbaar te stellen. De meest competente wetenschappers hebben die informatie gecontroleerd.





CUMA *Cyclops gigas*
St.293 M. RAUSCHERT.



Anchiromedea dorsalis-M.
RAUSCHERT (AWI) -WED



LYSIANASSOIDEA *Waldeckia obesa*
ANTXXIII-8 sta 686-1 C. d'Udekem
d'ACOUZ (IRSNB-KBIN)



ISOP *Natatolana*
St. 167 M. RAUSCHERT



EPIMERIIDAE *Epimeria*
robustoides M. RAUSCHERT (AWI)



LEPT *Nebalia*
2 St 253 M. RAUSCHERT



Epimeria grandirostris
M. RAUSCHERT (AWI) -WED



ECHI *Holothurie*
St.307 M. RAUSCHERT



Cyllopus lucasii-WED
M. RAUSCHERT (AWI)

De cijfers

SCAR-MarBIN: 50 miljoen... raadplegingen en downloads.

De cijfers bevestigen het ongelooflijk succes van het SCAR-MarBIN-project, geleid door België.

196 gegevensbanken van over de hele wereld zijn inmiddels toegankelijk via SCAR-MarBIN.

Ze weerspiegelen de deelname van alle grote instituten die actief zijn op Antarctica.

8.500 soorten die in die databanken zijn opgenomen, zijn wetenschappelijk 'gevalideerd' Wereldwijd hebben meer dan 80 specialisten in mariene fauna deze soorten 'gecertificeerd'. Elke wetenschapper heeft voor zijn groep de namen, de eigenschappen en de gegevens van elke soort geverifieerd.

1,2 miljoen spreidingsgegevens zijn toegankelijk. Een van de belangrijkste gegevens van dit netwerk zijn inderdaad de spreidingsgegevens van soorten. Er is informatie over de vindplaats van een soort, de precieze locatie en andere gegevens, verzameld sinds de expedities van Kapitein Cook in de 18e eeuw!

50 miljoen downloads. Sinds de start van het netwerk in 2005, heeft de teller de kaap van de 50 miljoen gedownloade gegevens reeds overschreden.

www.scarmarbin.be
www.antabif.be



Wat wordt er precies opgeslagen in deze gegevensdatabanken? We onderscheiden twee grote types van informatie. Enerzijds zijn er de taxonomische gegevens, met in de eerste plaats de 'RAMS'-gegevens (Register of Antarctic Marine Species). Hiermee kunnen we ons een exact idee vormen van de hoeveelheid diersoorten in de Zuidelijke Oceaan. Deze gegevens dienen ook als onmisbare basis voor de nomenclatuur en classificatie. Anderzijds staan er in de databanken ook gegevens over de vindplaats van de soorten: lengte- en breedtegraad, diepte, omgevingskenmerken. Dit lijkt misschien triviaal, maar het gaat over belangrijke informatie die reeds sinds het begin van de verkenning van Antarctica wordt bijgehouden. Voor het merendeel van de groepen hebben we dus een gedetailleerde omschrijving van de vindplaats van de specimen in de tijd, verduidelijkt de wetenschapper. Al deze gegevens dragen bij aan het mondiaal register van mariene fauna 'WORMS' (World Register of Marine Species).

De toekomst begint vaste vorm aan te nemen. De partners van het netwerk blijven het verder uitbouwen door er aanvullende informatiebronnen en nieuwe functionaliteiten voor taxonomische identificatie, visu-

SCAR-MarBIN maakt nu ook deel uit van AntaBIF. Dit is een nieuw project van BELSPO dat, net als SCAR-MarBIN, alle gegevens over de biodiversiteit - zowel marien als terrestrisch - op Antarctica met elkaar wil koppelen.

alisering, cartografie en analyse aan toe te voegen. Hierdoor kunnen onder andere de cartografische gegevens van de locatie van een soort vergeleken worden met een hele reeks omgevingsvariabelen: watertemperatuur, zoutgehalte, stroming, voedingsstoffen, enz. Deze gegevens zijn natuurlijk niet enkel van toepassing op schelpdieren maar ook op andere soorten zoals vissen, inktvissen, pijlinktvis, zeesterren, vogels, zoogdieren... Een laatste soort gegevens moet nog verder worden ontwikkeld om deze gigantische registratie van de Antarctische mariene biodiversiteit te verbeteren: de omvang van de populaties.

SCAR-MarBIN maakt nu ook deel uit van AntaBIF. Dit is een nieuw project van BELSPO dat, net als SCAR-MarBIN, alle gegevens over de biodiversiteit - zowel marien als terrestrisch - op Antarctica met elkaar wil koppelen. Het gaat ondermeer ook over gegevens van het wetenschappelijk onderzoek dat gerealiseerd wordt op de Belgische Princess Elisabeth-basis op Antarctica.

Het SCAR-MarBIN-project werd na afloop van het Internationaal Pooljaar natuurlijk gewoon voortgezet. Een van de grote ontwikkelingen op dit moment is de uitwerking van een nieuwe biogeografie van de Zuidelijke Oceaan. Deze moet de verspreiding van de waterdieren en mariene algen en hun spreidingszones in kaart brengen en gefundeerde verklaringen formuleren over die spreiding. In 1969 werden er voor de laatste keer biogeografische gegevens van de Zuidelijke Oceaan opgesteld, zegt de onderzoeker van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Nu hebben we een unieke kans om deze biogeografische gegevens met CAML en SCAR-MarBIN te actualiseren. Op dit moment zijn er 62 wetenschappers bezig met het valideren en vervolledigen van de spreidingsgegevens. Ze bestuderen ook de oorsprong van de groepen en verklaren de spreiding van de soorten. Vervolgens maken we kaarten van deze spreidingen en duiden we factoren aan die de oorzaak kunnen zijn van de verdeling van de soorten. Ten slotte kunnen we modellen vormen waarmee we in de toekomst kunnen kijken. Door enkele omgevingsvariabelen te veranderen, kunnen we voorspellen hoe de populaties in tijd en ruimte zullen evolueren.



De cryosfeer onder toezicht

De Amerikaanse ijsbreker Palmer ter hoogte van de SIMBA projectsite.

Of het nu gaat over de Antarctische ijskap of die van Groenland, het pakijs van de twee hemisferen of andere drijvende ijsmassa's, evenals het smelten van terrestrische gletsjers, de studie van de cryosfeer mobiliseert talrijke Belgische onderzoekers. Ter gelegenheid van het Internationaal Pooljaar hebben de onderzoekers extra inspanningen gedaan. Hun onderzoeksprogramma's waren zeer veelzijdig. Uiteraard draait het niet alleen om het ijs zelf. We kunnen er de geschiedenis van onze planeet uit afleiden. Bovendien vinden we er sporen in terug van de rol van het ijs in de globale werking van het klimaat en informatie over het verband tussen de atmosfeer en de oceaan. De cryosfeer werd tijdens het IPY uitvoerig bestudeerd door Belgische onderzoekers: van de beweging van de ijsmassa's over modelering (onder andere van het klimaat) naar de biogeochemie: een bloemlezing.

Ba²sics

Biogeochemistry of Antarctic & Arctic sea Ice and the Climate change

Belgische onderzoeksteams hebben dit internationale programma gesteund, voornamelijk via het consortium SIBClim (Sea Ice Biogeochemistry in a Climate Change Perspective). De verschillende onderzoeksteams van de ULB, ULg en UCL waren geïnteresseerd in interacties tussen het zeeijs, de oceaan en de atmosfeer en in de impact van deze fluxen op het klimaat.

Het SIBClim-programma heeft zich in het kader van het Internationaal Pooljaar ontwik-

keld tot Ba²sics, een programma dat zich concentreert op de studie van de Noord- en de Zuidpool. Het ging om drie terreinstudies: SIMBA (Sea Ice Mass Balance in Antarctica), uitgevoerd in het kader van het IPY-ICED-project, CFL (Circum Polar Flaw Lead) in Arctisch Canada (project IPY-CFL), Arctic Landfast Sea ice in Point Barrow in Alaska (project IPY-PACSIZ).

Al dit onderzoek heeft enkele interessante ontdekkingen opgeleverd. Zo is onder andere gebleken dat het ijzergehalte van zeeijs tot 100 keer groter is dan dat van oppervlaktewater in de poolgebieden. Zo bevordert het de efflorescentie van plankton in de lente.



ICED

Integrating climate and ecosystems dynamics

Het pakijns speelt een belangrijke rol in de werking van het klimaat en de ecosystemen ter plaatse. En niet alleen wat betreft de mate waarin het de invallende zonnestrallen weerspiegelt. De biologische activiteit in het pakijns speelt ook een grote en onbekende rol op de cyclus van broeikasgassen. Een vraag die de onderzoekers Jean-Louis Tison (ULB) en Bruno Delille (ULg) interesseert.

Leven in het pakijns? Uiteraard. Er leven algen: primaire producenten die koolstofdioxide opnemen. Deze organismen moeten resistent zijn tegen de zeer lage temperaturen in de waterlagen waarin het zoutgehalte zeer hoog is (tot 200 gram zout per liter; ter vergelijking: zeewater heeft een zoutgehalte van 34 gram per liter). Om in deze extreme omgeving te kunnen overleven, produceren algen verbindingen die zwavel bevat. Deze verbindingen worden dan op hun beurt afgebroken tot een zwavelhoudend gas dat in de atmosfeer terecht komt. Daar oxideren ze en worden het sulfaten... aerosolen die een tegenovergestelde rol hebben dan deze van het broeikas-effect. Ze beperken de inbreng van invallende energie, blokkeren de

zonnestrallen en vormen bovendien condensatiekernen voor de waterdamp in de wolken.

Kortom, deze metingen, die men uit de 28 miljoen vierkante kilometer pakijns kan halen en die niet zijn opgenomen in de talrijke gegevens die momenteel de klimaatmodellen voeden, hebben zeer waarschijnlijk een belangrijke klimatologische impact. De CO₂-gehalten in de lagen met zoutoplossing zijn bovendien zeer gering (nul ppm). Maar, en dat is een feit, door de enorme CO₂-uitstoot sinds de industriële revolutie, bedraagt de CO₂-concentratie in de atmosfeer momenteel rond de 400 ppm.

Resultaat: de atmosferische CO₂ diffundeert in het pakijns en wordt vervolgens opgenomen door de algen die worden afgebroken en eventueel naar de bodem van de oceaan zinken. In Luik en Brussel wordt dit exportsysteem van broeikasgas naar de zeebodem ook bestudeerd (natuurlijke opslag van koolstof). De rol en invloed van biologische gemeenschappen op de flux van broeikasgassen staat centraal in het werk van de Belgische onderzoekers. Het luik van de biogeochemie van het ijs en de impact ervan op het klimaat worden eveneens bestudeerd door Belgische wetenschappers.

CFL

Circumpolar flaw Lead
Studie van de circumpolaire vaargeul

CFL is het belangrijkste Canadese onderzoeksprogramma dat gefinancierd wordt in het kader van het IPY. Het was een internationaal project waaraan de Belgische glaciologen ook aan hebben deelgenomen.

CFL bestudeert 'leads'. Een 'lead' is een opening in de bovenste laag van het zeeijs, een vaargeul. De Belgen voerden hun onderzoek uit tussen Groenland en de Canadese eilanden ten oosten van de Beaufortzee, ter hoogte van Bankseiland. Het gaat om een zone van enkele honderden vierkante kilometer waar de Arctische stroom in contact komt met naburige wateren, zegt Jean-Louis Tison (ULB). De campagnes werden uitgevoerd aan boord van de ijsbreker Amundsen tussen november 2007 en juni 2008. Tijdens deze missie hebben zo'n acht à negen teams elkaar afgelost aan boord van de Amundsen.

Deze 'lead', de scheidingsgeul, ontstaat in het ijs op zee en verdwijnt na de winter. Het biedt zo de ideale gelegenheid om de seizoenale evolutie van de Noordelijke IJszee te bestuderen qua dynamiek, mariene ecosystemen, verontreinigingen, broeikasgassen, koolstof- en voedingsstofcycli.

De biologische activiteit in het pakijjs speelt ook een grote en nog onbekende rol op de cyclus van broeikasgassen



even vlot. De ijsberen en poolvossen kwamen immers maar al te graag de tenten, kabels en materiaal van de onderzoekers stukbijten. Om het met de woorden van een de onderzoekers te zeggen: "In Alaska is het moeilijker dan in Antarctica!"

Nog een belangrijk detail: de zendingen, onder leiding van Hajo Eicken van de Universiteit van Fairbanks, vonden voornamelijk plaats op het ijs dat aan de kust blijft vastzitten (landfast sea ice). Een bijzonder type ijs dat door zijn aard afzettingen, methaan, enz. opneemt.

1

2

- 1 De SIMBA projectploeg in het veldstation 'Brussels'.
- 2 Meteotoren in Barrow (PACSIZ).

PACSIZ

Integrated biophysical sea-ice observatory in the PACific Seasonal Ice Zone

Ook dit project werd georganiseerd in het kader van het IPY. Het onderzoeksdomein was de Noordelijke IJszee. Belgische onderzoekers hebben deelgenomen aan de studie van het kustpakijjs en aan de evolutie ervan door de tijd heen. Door de opwarming van de aarde wordt de oppervlakte van het pakijjs niet alleen kleiner, de ijslaag wordt ook dunner. Onder leiding van het geofysisch Instituut van de Universiteit van Alaska in Fairbanks werd een reeks boeien ingezet om deze evolutie exact te kunnen meten. De boeien dienden om de groei, de hoogte boven water, het zoutgehalte, de temperatuur, enz. van het ijs te meten. Bovendien werd er ook een 'Belgische' weertoren gebruikt om de CO₂-fluxen door 'eddy-correlatie' op de Barrow sea ice observatory site in Alaska te meten. Deze operatie verliep blijkbaar niet altijd

ASPeCt

Antarctic sea ice processes & climate

Zoals het acroniem aangeeft, is dit project onder leiding van Australië en Amerika gebaseerd op de dynamiek van het zeeijs in Antarctica in relatie met het klimaat. Zowel geofysica als biogeochemie komen aan bod. Aanvankelijk was de bedoeling van het project echter uitsluitend de fysische studie van het pakijjs, zijn bewegingen en vervormingen. De metingen worden uitgevoerd door boeien met de nodige meetapparatuur aan boord en die toelaten de vormings- en evolutiemodellen van het zeeijs - waarvoor de onderzoekers van de Université Catholique de Louvain erkend worden als mondiale experts - te valideren. België heeft, onder andere via BELSPO, deelgenomen aan dit programma dat deel uitmaakt van het IPY. BELSPO heeft een van de boeien voor de SIMBA-missie gefinancierd.



3

4

3 Staalname in het ijs.

4 Temperatuurmeting van het zeeijs (SIMBA).

GEOTRACES

Identificatie en studie van minieme hoeveelheden scheikundige elementen en isotopen in de oceaan en hun evolutie als gevolg van de veranderende omgevingen

Delphine Lannuzel, Véronique Schoemann en Jeroen de Jong, allen uit de ploeg van Jean-Louis Tison (ULB) hebben zich geïnteresseerd in ijzermetingen (sporenelement) in het zeeijs. Het was een moeilijke opdracht omdat de bestudeerde hoeveelheden zo klein waren. Nochtans konden er behoorlijk wat resultaten uit worden afgeleid. Daaruit blijkt dat ijzer waarschijnlijk hoofdzakelijk uit zones van opstijgende koud water (upwelling) komt en, in tegenstelling tot andere onzuiverheden, zich aan de kristallijne structuur van het zeeijs hecht dankzij tot nog toe weinig gekende fysicochemische en biologische processen. Het pakijns vervult op die manier de rol van natuurlijke opslag. Als het zeeijs smelt, wordt het ijzer een voedzaam

micro-element, wat de efflorescentie van algen bevordert. Zij stoten vervolgens atmosferische CO₂ uit via fotosynthese.

SALE-IPY

Subglacial Antarctic Lake Environments

Dit onderzoek, geleid door een Amerikaanse wetenschapper, wou een inventaris opstellen van alle meren die zich onder het Antarctisch ijs bevinden. Het opstellen van deze inventaris ging gepaard met seismologische en geofysische studies van de omgeving en de dynamiek van het ijs van deze meren. De onderzoekers hadden uiteraard ook belangstelling voor de biologie van het water van deze meren, die meestal al eeuwen van de rest van de wereld zijn afgesloten door de dikke Antarctische ijskap.

Eén van de Belgische partners van dit programma is niemand minder dan Frank Pattyn (ULB). Hij



1

2

- 1 Filtratie van stalen in het labo op de Palmer (SIMBA)
- 2 In de werkgeul van het NEEM project in Groenland.

was vooral geïnteresseerd in de modelering van de stroming van het continentaal ijs door deze subglaciale meren. Dit ijs, dat soms enkele kilometers dik is, lijkt op een ijsplaat, zegt hij. Het drijft op de meren. Frank Pattyn is ook gefascineerd door de hydrologische netwerken en de flux tussen deze meren. Regelmatig stromen ze in elkaar over: dat is ook duidelijk merkbaar aan de oppervlakte. Ten slotte merken we op dat er dankzij het IPY een nieuwe inventarisering van deze meren in Antarctica werd opgesteld.

Jean-Louis Tison (ULB) was betrokken bij het projectonderdeel inzake de studie van het leven in deze extreme milieus. Hij is gefascineerd door de misschien sedert miljoenen jaren geïsoleerde meren die zich op het grensvlak met het gesteente bevinden. Vooral de gassen die in dit ijs vervat zitten, vindt hij interessant. Ze kunnen ons veel leren over het huidige en voorbije leven dat er heerst (heerste).

NEEM

Het ijs van Groenland leert ons iets over het klimaat tijdens het Eemien

In het kader van het internationaal NEEM-project (North Greenland Eemian Ice Drilling) hebben wetenschappers een ijsboring uitgevoerd in het noorden van Groenland. Ook dit project werd mogelijk gemaakt dankzij het IPY. Met de analyse van de gasbellen in het ijs, de bepaling van zijn isotopische samenstelling en de studie van stofdeeltjes en zandkorrels of stuifmeel die in elke ijslaag zitten, kunnen de onderzoekers de evolutie van het klimaat op aarde reconstrueren. Ook Belgische glaciologen hebben aan dit project deelgenomen, waarvan het 'boor'gedeelte bijna is afgerond.

De wetenschappers van het NEEM-project willen in de eerste plaats een bepaalde periode uit de klimatologische geschiedenis van de aarde beter afbakenen, namelijk het Eemien. Deze periode heeft zijn aanvang ongeveer 140.000 jaar geleden. De gemiddelde temperatuur op aarde was toen enkele graden hoger dan de actuele temperatuur, waarna ze bruusk daalde. Als we de redenen hiervoor beter begrijpen, kunnen we verklaren wat er momenteel op Aarde gebeurt en eventueel zelfs de evolutie van het klimaat op onze planeet voorspellen.

Door ijsboringen in Antarctica zijn wetenschappers erin geslaagd meer dan 800.000 jaar terug in de tijd te gaan. Voor Groenland gaan de resultaten van de ijsboringen niet zo ver terug in de tijd, maar ze geven ons wel meer details.

Van dit type is NEEM voorlopig de laatste boring die werd uitgevoerd. De voorgaande diepe boringen in Groenland gingen tot 100.000 jaar (boringen GRIP en GISP) en 123.000 jaar (boring NorthGrip) terug in de klimatologische geschiedenis.



Modellering van de evolutie en stabiliteit van de Groenlandse ijskap

Modeling the evolution and stability of the Greenland ice sheet

De onderzoekers denken dat de Groenlandse ijskap door de huidige opwarming van de aarde aanzienlijk wordt gedestabiliseerd. Ze zou met andere woorden versneld afsmelten en een groot deel van haar massa verliezen. Dat zou dan weer invloed hebben op het gemiddelde niveau van de zee- en oceaanpiegel. Aan de Vrije Universiteit Brussel (VUB) werkt Philippe Huybrechts mee aan een IPY-project

dat deze evolutie aan de hand van een model in kaart moet brengen, in samenwerking met Thierry Fichet, Hugues Goosse en hun ploeg aan de Université Catholique de Louvain. Hij baseert zich voornamelijk op de gegevens uit het Eemian. De wetenschappers willen een antwoord op verschillende vragen formuleren. Gaat de ijskap nagenoeg verdwijnen? Zal ze zich herstellen als het klimaat opnieuw afkoelt? Op welke manier? enz

Moeilijke werkcondities in het 'Brussels' veldstation.



De walvis

Lange tijd werd gedacht dat walvissen vissen waren. Maar zij hebben geen kieuwen, wel spuitgaten, wat bewijst dat zij longen hebben. Bovendien zogen zij hun jongen en zijn het dus zoogdieren.

Er zijn tal van walvissoorten, te weten de blauwe vinvis, de bultrug, de witte walvis, de grijze walvis enz. Sommige zijn meer dan 33 meter lang en wegen meer dan 100 ton, andere zijn niet groter dan een mens.

De wetenschappers onderscheiden twee groepen walvissen, te weten tandwalvissen en baleinwalvissen (die baleinplaten hebben in plaats van tanden waarmee ze voedseldeeltjes uit het water filteren). Potvissen, die tot de familie van de tandwalvissen behoren, eten pijlinktvissen, zeekatten en octopussen. Orka's voeden zich nu eens met vis en schelpen, dan weer eens met andere walvissen en zeezoogdieren.





Onze juf ging naar de Noordpool



1

2

- 1 Mieke Eggermont (links) met Katja Guilini (Mariene Biologie Ugent).
- 2 De Duitse ijsbreker RV Polarstern in Spitsbergen.

Mieke Eggermont is een jonge lerares biologie die samen met een Noorse en een Duitse collega de kans kreeg om een reis te maken naar de Noordelijke IJszee aan boord van het Duitse onderzoeksschip Polarstern.

Mieke Eggermont:

Het was professor Jean Pierre Henriët die mij enthousiast maakte voor het poolonderzoek. Ik gaf deeltijds les op het Koninklijk Atheneum aan de Voskenslaan in Gent en ik ontdekte tot mijn eigen verbazing dat ik doodgraag voor de klas stond. Ik ben veearts van opleiding, kleine huisdieren, en om mijn kennis wat bij te spijkeren ben ik terug gaan studeren. Ik kreeg marine geologie van professor Henriët en in de eerste les vroeg hij wie er wel eens naar Antarctica zou willen gaan. Ik stak mijn vinger op. Ik was de enige in het hele auditorium. Als je dat echt wil, dan moet je er voor gaaën! zei hij. Bij de start van het Internationaal Pooljaar hebben we met de school deelgenomen aan de class@poles wedstrijd van de IPF. De opdracht was dat de leerlingen zelf een wetenschappelijke vraag zouden stellen en aangeven hoe ze het onderzoek zouden aanpakken. De examens waren al begonnen, maar met een beetje hulp is het toch nog gelukt: één van onze leerlingen,

Werner Dewaele wilde weten of de Inuït, de inheemse bevolking van het Noordpoolgebied last ondervond van de vervuiling die wij hier in het zuiden veroorzaken. Hij had een wilde expeditie verzonnen waar veel vliegtuigen en helikopters bij te pas kwamen, en ... hij was bij de laureaten. Als beloning mocht hij naar Ny Alesund op Svalbard (Spitsbergen), naar de meest noordelijke universiteit van de wereld. Een droomreis!

En toen vroeg professor Henriët of ik zelf ook nog droomde van de polen? Komaan zeg! Hij heeft zelf vele expedities meegemaakt aan boord van de ijsbreker Polarstern van het Alfred Wegener Instituut en dankzij zijn goede contacten in Duitsland wist hij van enkele vrije plaatsen aan boord. Ik mocht met een collega uit Duitsland en een Noorse lerares drie weken lang meevaren. Begin juli 2007 zijn we aan boord gegaan in Longyearbyen, de hoofdstad van Svalbard en drie weken later hebben we de



We mochten vrij rondlopen op een schip met 50 wetenschappers aan boord die niet aan onze nieuwsgierigheid konden ontsnappen.

Polarstern verlaten in Tromsø, in het noorden van Noorwegen. Het was fantastisch! We mochten vrij rondlopen op een schip met 50 wetenschappers aan boord die niet aan onze nieuwsgierigheid konden ontsnappen. We konden alle vragen stellen die we wilden. De zon scheen 24 uur op 24. We sliepen amper 3 uur per nacht. En zelfs dat vond ik zonde van de verloren tijd. Er was ook een onderzoekster uit mijn eigen stad Gent aan boord, Katja Guilini van het team van professor Ann Vanreusel die nematoden (spoolwormen) onderzocht.

De Polarstern ging eerst naar de Hausgarten, in het Nederlands, de 'achtertuin'. Dat is een gebied ten westen van Spitsbergen dat elk jaar wordt bezocht omdat wetenschappers uit verschillende landen er permanent onderzoek uitvoeren. Ze hebben er instrumenten verankerd aan zeer lange touwen, zogenaamde moorings, die gegevens opslaan op verschillende dieptes over de hele waterkom. Met een radiosignaal van op het schip werden de touwen automatisch losgemaakt van hun ankers. De Zweden gebruikten trawens stalen tramrails. Die zijn weggeroest op 100 jaar. Eens gelost duurt het een paar uren voor al die instrumenten van op 2000 meter diepte zijn opgestegen en aan de oppervlakte komen drijven. Je kon alles precies volgen aan boord. We vroegen aan de kapitein of we ook naar het pakijns zouden varen. We wilden zo graag pakijns zien, maar de Hausgarten ligt in een gebied dat in principe ijsvrij blijft. Niet dus. Tot we op een ochtend wakker werden en merkten dat het pakijns naar ons was afgedreven. De Polarstern was helemaal omringd door ijs! Magisch. Voor de bemanning was het balen. Om de instrumenten terug te vinden moesten ze het ijs kapot breken. Dat was heel wat werk. Maar wij vonden het geweldig. We hadden ook een R.O.V aan boord, (Remotely Operated Vehicle), een



afstandsbestuurde duikboot die 4000 meter diep kon gaan. De camerabeelden die hij terugstuurde kon je overal aan boord zien op grote schermen. Op een keer had hij een grote spons in beeld. Klaar en duidelijk. En opeens klimt er zomaar een garnaal op die spons. Op 4000 meter diepte! Dat is toch fantastisch!

Twee jaar eerder had de bemanning van de Polarstern een dode walvis, verzwaard met een stalen frame, op de bodem neergelaten. Ze wilden weten wat er met dat grote lichaam zou gebeuren in die woestijn op grote diepte. Het jaar voordien was het de Polarstern niet gelukt om naar die plaats terug te keren. Het was dus behoorlijk spannend om te zien wat er van de walvis zou overblijven na twee jaar op de bodem. We hadden de juiste coördinaten, maar op die plek was er niets meer te zien. Alleen het stalen frame. Het bleek dat de walvis met huid en haar was opgevreten door een soort scampi's zonder kop (deep sea amphipod). Het zijn aaseters die van heinde en verre komen toegesneld als ze de geur van rottend vlees ruiken in het water. Of zouden ze

3

3 Een garnaal op een spons op 4.000 meter diepte.

4

4 Instrumenten drijven aan de oppervlakte in het Hausgartengebied.

het proeven? Hoe dan ook, we hebben enkele van die scampi's in een fuik naar boven gehaald en (stiekem) op de barbecue geگوoid. Best lekker.

De Noordelijke IJszee is ook de plaats waar de grote pomp werkt die de wereldwijde oceaanstromingen aandrijft. De warme Golfstroom aan de oppervlakte is er een deel van. Water dat zout én koud is heeft een grote dichtheid en zinkt naar de bodem. Het duwt de watermassa op de bodem weg en brengt de beweging op gang. Maar die processen spelen zich af over honderden jaren. Pas nu worden de gevolgen van de industriële revolutie en de vervuiling die daarop volgde meegevoerd tot op de bodem van de diepzee. Eén van de meest interessante experimenten gebeurde met een camera die op één meter van de bodem met de stroming werd meegevoerd. Op geregelde tijdstippen maakte de camera een foto en wetenschappers konden achteraf turven hoeveel macrobiotisch leven er op elk van die foto's te zien was. Vier jaar later hebben ze het experiment opnieuw gedaan. Toen bleek dat het aantal dieren en planten al met de helft verminderd was! Dat is toch om bang van te worden? Men wil nu nagaan of het ging om een toevallige schommeling of dat we echt te maken hebben met een dramatische terugval in de fauna en flora van de diepzee.

Misschien zijn de wetenschappers wel te voorzichtig. Ze zijn niet geneigd om snel alarm te slaan. Maar intussen blijft het beleid wel onveranderd. Als je voor een klas met jonge mensen staat kom je daar niet mee weg. Het is hun wereld. Zij bepalen de publieke opinie van morgen. Misschien is het een goede zaak dat er af en toe een juf naar de Noordpool gaat. Elke overtuigde jongere telt. Eén individu kan het verschil maken.



De Koninklijke Sterrenwacht van België leidt het project GIANT-LISSA



1 2

1 Permanent GPS station
2 Denis Lombardi met
seismometer.

De enorme poolkap op Antarctica speelt een grote rol in de vervorming van het onderliggend continent. Deze ijsmassa verandert voortdurend (zo smelt bijvoorbeeld de poolkap steeds sneller, zijn de sneeuwophopingen nooit constant, enz.). De impact en grondbewegingen worden door onderzoekers van de Koninklijke Sterrenwacht van België in samenwerking met verschillende internationale partners bestudeerd in twee onderzoeksprojecten: Polenet en GIANT-LISSA.

Polenet (Polar earth observation Network) bestudeert de geodynamica van de poolstreek, het magnetisch veld van onze planeet en de interactie tussen de aarde, de cryosfeer, de oceanen en de atmosfeer. Het is een internationaal project gelinkt aan het Internationaal Pooljaar. Belgische (Koninklijke Sterrenwacht van België, Koninklijke Militaire School) en Luxemburgse onderzoekers (Universiteit van Luxemburg) hebben met de steun van BELSPO hun krachten gebundeld. Het project kreeg de naam GIANT-LISSA (GIANT = Geodesy for Ice in

ANTarctica en LISSA = Lithospheric and Intraplate Structure and Seismicity in Antarctica). In het Nederlands: ijsgeodesie in Antarctica (GIANT) en lithosferische en intraplaat structuur en seismiteit in Antarctica (LISSA) Dankzij het Princess Elisabeth-station hebben we niet alleen het geluk te beschikken over een onderzoeksbasis op Antarctica, maar hebben we ook rechtstreeks toegang tot de rotsachtige ondergrond, aldus Thierry Camelbeeck, seismoloog bij de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) en coördinator van GIANT-LISSA. Nu kunnen we bepaalde metingen uitvoeren



Een continent in beweging.

Het Antarctische continent vervormt onder invloed van de drukvariaties aan de oppervlakte. Enerzijds is er de trage vervorming door het smelten van het ijs aan het einde van de laatste ijstijd 10.000 jaar geleden. Anderzijds is de vervorming als gevolg van veranderingen van het oppervlakte-ijs veroorzaakt door de opwarming van de aarde nog niet merkbaar. De wetenschappers combineren de metingen van de vervorming van de aardkorst (GPS) met de metingen van de variaties in zwaartekracht. Op die manier kunnen ze de twee verschillende redenen van vervorming van elkaar scheiden en zo de verandering van de ijsmassa inschatten. Ze doen dat tot op een millimeter nauwkeurig voor de GPS-metingen en tot op een miljardste van g ($9,82 \text{ m/s}^2$) voor de zwaartekracht.

- 1 Aanbrengen seismometer in het boorgat.
- 2 Laboratoriumcontainer met gravimeter.



die anders veel moeilijker of zelfs onmogelijk zouden zijn. In samenwerking met de Universiteit van Luxemburg hebben we eerst twee GPS-stations geïnstalleerd. Zij meten hoe de rotsrichel waarop het onderzoeksstation is gebouwd, nunatak Utsteinen, beweegt. De GPS-systemen zijn uiteraard verbonden met het wereldwijde netwerk en worden verondersteld het hele jaar door te werken. Tijdens de eerste campagne zijn ze echter maar een goede maand operationeel geweest. Daarna waren er problemen met de elektriciteitstoevoer. Anderzijds hebben we ook metingen gedaan van de absolute zwaartekracht op de site tijdens een latere terreincampagne. Deze metingen moeten jaarlijks uitgevoerd worden. Het ene jaar stuurt de Koninklijke Sterrenwacht een absolute gravimeter. Het jaar daarop is het de Universiteit van Luxemburg die belast is met de metingen en het leveren van materiaal.

“Door de gegevens van deze twee metingen te combineren (die van de absolute gravimeter en die van de verticale bewegingen van het terrein gemeten door de GPS), krijgen we een goed beeld van de evolutie van de gigantische ijsmassa in een straal van 250 km rond de basis. Dat levert een kwantitatieve meting op van de invloed van de opwarming van de aarde op de ijskap. De Universiteit van Luxemburg voert dit soort metingen ook uit in Groenland, in samenwerking met de Universiteit van Colorado in Boulder (VS). De resultaten van onze metingen in Antarctica worden zo nog interessanter. We kunnen echter pas conclusies trekken uit de verschillende metingen en hun vergelijking met die van het noordelijk halfrond, als we voldoende gegevens hebben verzameld. Dat zal

nog tientallen jaren duren.

Een ander project in Antarctica is de installatie van een breedbandseismograaf die ook deel zal uitmaken van het wereldwijde netwerk. Dankzij onze ligging op de rotsachtige sokkel kunnen we een reeks interessante seismologische signalen opvangen. Tijdens de missie van 2009-2010 werd de seismometer geïnstalleerd. Spijtig genoeg heeft het toestel slechts een maand gefunctioneerd door een probleem met de elektriciteitstoevoer. We hopen dat het toestel vanaf dit zuidpoolseizoen continu operationeel zal zijn, ook tijdens de Antarctische winter, als het station onbemand is.

De seismometer werd geïnstalleerd in een boorgat. In die eerste maand heeft hij bijvoorbeeld de grote aardbeving in de provincie Concepción in Chili waargenomen (magnitude van 8,8). Ons instrument leverde ons trouwens ook metingen op over de impact van de windmolens op het terrein... Via het instrument konden we ook enkele gegevens verzamelen van het seismologische ‘lawaaï’ aan de oppervlakte, evenals tektonische seismologische informatie. Ten slotte heeft deze seismometer in die paar weken ook enkele ‘ice-quakes’ of trillingen van de ijsplaten gedetecteerd.

Op lange termijn zou het toestel ons meer informatie moeten verschaffen over de tektoniek tussen de platen in Antarctica en over de structuur van de lithosfeer onder de Belgische basis. Omdat we ons in een geïsoleerde regio van Antarctica bevinden, zullen deze gegevens gebruikt worden in het wereldwijde seismische observatienetwerk!

Antarctica Bevolking

Antarctica heeft geen permanente bevolking. De bewoners bestaan uit onderzoekers die op winter- of zomerbasissen verblijven. Het aantal personen dat onderzoek uitvoert of ondersteund varieert van ongeveer 4000 in de zomer tot 1000 in de winter.





De oorspronkelijke bewoners van Antarctica

Wetenschappers ontdekken een cryoconiet met een diameter van 5 meter in de buurt van Utsteinen. Zit hier een grote steen onder het ijs?

Nu pas realiseren we ons hoe divers de cyanobacteriën zijn in de stalen die uit Antarctica worden meegebracht

Cyanobacteriën of blauwalgen behoren tot de oudste levende organismen op aarde. Ze bestaan waarschijnlijk al 3,5 miljard jaar. Ze lijken op algen, maar het zijn eigenlijk bacteriën die, net als de planten, bladgroen aanmaken. De grote specialiste in ons land is professor Annick Wilmotte van de Universiteit de Liège. Al dertig jaar bestudeert ze cyanobacteriën en de jongste tien jaar verdiept ze zich vooral in de diversiteit van cyanobacteriën op Antarctica.

Annick Wilmotte:

Cyanobacteriën komen inderdaad vrij talrijk voor in Antarctica. Ze gedijen in extreme omstandigheden. Ik zeg niet dat ze van koude houden, maar ze verdragen het wel. Dank zij hun weerstandsvermogen slagen ze er in om vele milieus in continentaal Antarctica te koloniseren.

Tot voor kort had de wetenschap nauwelijks zicht op de verspreiding van cyanobacteriën. Vroeger kon je enkel door een microscoop kijken om soorten te onderscheiden, maar dank zij nieuwe onderzoeksmethodes, zoals het sequenceren van DNA, hebben we rechtsreeks toegang tot de genetische informatie. Nu pas realiseren we ons hoe divers de cyanobacteriën zijn in de stalen die uit Antarctica worden meegebracht.

Dank zij het Internationaal Pooljaar zijn er meer trips geweest naar Antarctica dan andere jaren. Er zijn meer onderzoekers op het terrein geweest. We hebben wel het Pooljaar niet afgewacht om internationale samenwerkingen aan te gaan. Zo was er in 2003/4, een Britse expeditie naar het Transantarctisch Gebergte.

Die expeditie heeft ons stalen bezorgd van op 82° Zuid, dat is heel dicht bij de Zuidpool, en in die stalen hebben we cyanobacteriën aangetroffen. Dat is fantastisch! Het lijkt er op dat 'mijn beestjes' bijna overal voorkomen. De enige voorwaarde blijft wel dat er een beetje vloeibaar water aanwezig is, al is het maar even, in de loop van het jaar.

Annick Wilmotte speelt een belangrijke rol in het BELDIVA project, gefinancierd door BELSPO, dat de microbiële diversiteit in de omgeving van de Prinses Elisabethbasis in kaart wil brengen. Ze was bij de eerste groep wetenschappers die naar Antarctica gingen toen het Belgische onderzoeksstation in gebruik werd genomen in 2009. (Samen met twee biologen van de Universiteit van Gent, Karolien Peeters en Jeroen Van Wichelen, Cyrille D'Haese van het Museum van Parijs en Steve Roberts van het British Antarctic Survey). In het daaropvolgende seizoen werd het onderzoek ter plaatse voortgezet door Zorigto Namsaraev, een jonge Rus die deel uitmaakt van Annick Wilmotte's team aan de Universiteit de Liège.



Zorigto Namsaraev:

Ik noem mezelf een 'extreme microbioloog'. Ik ben geïnteresseerd in extreme vormen van bacterieel leven. Ik kwam in contact met Annick dankzij een fellowship dat door BELSPO werd gesponsord, en daarna kreeg ik een fellowship van de FRS-FNRS. Ik ben eerst op expeditie geweest naar Spitsbergen, in het Noorden en ter gelegenheid van het Internationaal Pooljaar, ben ik naar Antarctica gegaan.

Annick Wilmotte:

Ik kwam op de Prinses Elisabethbasis nog voor de officiële opening. Het was erg interessant om te zien hoe de basis is opgetrokken. We konden ook met de technici praten. Het is echt een uniek project. Er is nergens ter wereld iets dat er op lijkt. Utsteinen, de omgeving van de basis, is ook buitengewoon mooi. Een machtige plek.

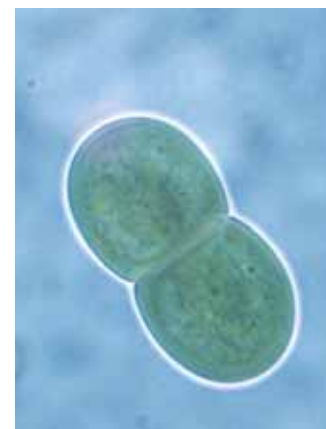
Zorigto Namsaraev:

Ik was vooral onder de indruk van de technologie. Ik kom zelf uit Zuid Siberië moet je weten. In de winter wordt het bij ons -55° Celsius. We weten wat het betekent om in zulke lage temperaturen te leven. Het station is ontworpen om aan extreme koude het hoofd te bieden met nieuwe technologieën: energiebesparend, doorgedreven isolatie, alternatieve energie...

Erg knap. Binnen in de basis was het warm en comfortabel. Ik had alleen wat last van de extreem droge lucht. Maar dat is normaal: Antarctica is immers een woestijn. Een koude woestijn. Slapen deden we in een tent. Er is binnen niet zo heel veel ruimte.

Annick Wilmotte:

Jullie konden in 2010 al douchen en kleren wassen in de basis! Toen ik er was bestond dat nog niet! Ik kwam op de Prinses Elisabethbasis in januari 2009. Het had geweldig gesneeuwd. Twee jaar voordien in januari 2007 was er een verkennende survey verricht door Damien Ertz, een bioloog van de nationale Plantentuin. In opdracht van BELSPO had hij de fauna en flora in de omgeving van de toekomstige basis in kaart gebracht. Zijn verslag maakt het mogelijk om eventuele veranderingen in het milieu te kunnen opvolgen. Maar ik herkende het landschap van zijn foto's niet! Het leek wel een andere wereld. Hij had stalen genomen van de kiezelstenen tussen de rotsen. Ik zag alleen de toppen van grote rotsblokken uitsteken boven de sneeuw. Ik kon de merktekens die Damien had aangebracht op de rotsrichel naast de basis eerst niet terugvinden. Het weer was toen zo goed dat hij vloeibaar water had horen stromen aan de voet van Utsteinen. Nu was alles stijf bevroren. Dat was pech. Pas zeven dagen later, toen de sneeuw enigszins was wegge-





1	5	6
	2	
	3	
	4	

- 1 Cyanobacteriën (blauwalgen) op de rotsen bij Utsteinen.
- 2 Een miniatuurserretje van plexiglas doet de temperatuur plaatselijk enkele graden stijgen.
- 3-4 *Cyanothece Aeruginosa*, een blauwalg die enkel op Antarctica gevonden wordt.
- 5 Zorigto Namsaraev aan de slag met de ijsboor.
- 6 Waar men vloeibaar water vindt is er leven. Ook op Antarctica.

waaid kon ik stalen nemen in een paar zones die Damien had afgebakend. We hadden intussen wel de kans gegrepen om andere interessante plaatsen in de wijde omgeving te gaan exploreren.

Zorigto Namsaraev:

Wij hadden een heel druk programma. Gelukkig waren de omstandigheden deze keer beter. Ik had ondermeer een fluorescentiemeter meegebracht, een toestel waarmee we indirect kunnen nagaan wat de efficiëntie is van de fotosynthese. Dat is erg belangrijk om weten: je kan immers naar een zwarte vlek op de rots zitten kijken, iets organisch, maar of het dood is of levend weet je niet, tenzij je kan meten of er fotosynthese gaande is. We wilden weten wanneer onze cyanobacteriën actief zijn. Om dat te weten had ik een aantal sites afgebakend met een kleine metalen ring van 4 cm diameter. Elke drie uur, dag en nacht, tekende ik de temperatuur op en de lichtintensiteit en mat ik met de fluorescentiemeter of de organismen actief waren of niet.

Annick Wilmotte:

Dat betekent dat je 's nachts je warme slaapzak uit moet om op de ijsskoude rotsrichel, de ridge, op je buik te gaan liggen!

Zorigto Namsaraev:

Het was zeker de moeite waard. We zagen dat de graad van activiteit sterk verband houdt met het zonlicht. Als de zon laag staat is er veel minder fotosynthese. Een organisme dat bijvoorbeeld in de schaduw komt te liggen van een groot rotsblok valt een tijdje helemaal stil en schiet weer aan de gang als de zon weer te voorschijn komt.

We hebben ook experimenten kunnen uitvoeren met een soort miniatuurserretje van plexiglas dat rond de tip van de fluorescentiemeter geplaatst wordt. De habitats worden er door afgeschermd van de wind, maar niet van de zon. Zo kunnen we de temperatuur een paar graden doen stijgen en vervolgens meten we met de fluorescentiemeter of de activiteit verandert. We willen weten binnen welke temperatuursmarges de cyanobacteriën gedijen. Als we de data kennen kunnen we berekenen hoeveel dagen per jaar de cyanobacteriën aan fotosynthese doen. Met de kunstmatige opwarming in het serretje willen we bovendien inschatten hoe ze zouden reageren op een klimaatopwarming.

Annick Wilmotte:

Zorigto heeft ook samen met een Tsjechische collega, Josef Elster, cryoconieten uitgegraven! Dat zijn gaten met vloeibaar water. De naam komt van kryos (ijs) en konis (stof). Het is een

Via de evolutiegeschiedenis van de genen en het dateren van fossielen kan men schatten wanneer een bepaalde soort is ontstaan: 150.000 jaar of 500.000 jaar geleden. Bij de cyanobacteriën en andere bacteriën kan dat helaas niet. Hun genetisch materiaal is meer dan 3 miljard jaar oud en fossielen zijn erg zeldzaam...

fenomeen dat je zowel in Arctica als in Antarctica (en in de Alpen) terugvindt. Als er een steentje door de wind of zo op het ijs terecht komt, gebeurt er iets bijzonders: het ijs kaatst de zonnestralen terug, maar de steen niet. Hij slurpt de zonne-energie op en wordt warm. Het ijs rond de steen gaat smelten en de steen zinkt langzaam weg in het ijs.

Zorigto Namsaraev:

Het gaat zelfs vrij snel: ik heb een grote steen op een paar dagen tijd helemaal onder het ijs zien verdwijnen. Hij zinkt met een snelheid van ongeveer 1 cm per dag. Zolang de steen door de zon kan bereikt worden gaat het proces door en zinkt hij dieper weg. Het gat vriest weer dicht aan de oppervlakte maar boven de steen vind je vloeibaar water, en in dat water leeft een microbiële gemeenschap. Cryoconieten hebben meestal een diameter van 10 tot 50 cm, maar ik heb er ooit een gevonden die 5 meter wijd was. Het water zal in de winter vaak bevroren maar in de zomer, als de steen door de zon weer opgewarmd wordt, wordt het water weer vloeibaar en komen de organismen weer in actie. Als je een staaltje van een cryoconiet onder de microscoop bekijkt zie je meteen 2 of 3 verschillende cyanobacteriële soorten. De cryoconieten bij de basis waren allemaal dichtgevroren, dus moesten we door het ijs boren, een hele karwei.

Annick Wilmotte:

Onze trips naar Antarctica tijdens het Internationaal Pooljaar boden ons ook de kans om een belangrijk wetenschappelijk vraagstuk aan te pakken, namelijk of er op Antarctica organismen zijn die nergens anders voorkomen.

De Nederlandse microbioloog Baas-Becking zei in 1934 'Alles is overal, maar het milieu selecteert'. Als Baas-Becking gelijk had betekent dit dat organismen overal kunnen opduiken als de omstandigheden maar gunstig zijn. In het BELSPO AMBIO-project hebben we samen met onze collega's Anne Willems, Wim Vyverman en Elie Verleyen uit Gent deze hypothese uitgetest door de diversiteit en de verspreiding van microben, microalgen en cyanobacteriën in onze stalen te analyseren. We weten dat Antarctische cyanobacteriën kunnen leven bij hogere temperaturen. Als we ze in het laboratorium kweken, groeien ze zelfs beter bij 15 of 20°. Ze houden niet van de kou, maar ze verdragen het.

Zorigto Namsaraev:

Cyanobacteriën komen voor in elk klimaat. Er zijn veel soorten die in Antarctica voorkomen en ook bij ons. Er zijn ook soorten die enkel in warme streken leven en dus niet in Antarctica. Maar toch zijn er cyanobacteriën die enkel in Antarctica gevonden worden, zoals *Cyanothece aeruginosa*. Hij is voor het eerst gevonden door een Noor in Dronning Maud Land, niet zo heel ver van de Belgische basis. Er zijn later ook DNA sequenties van die soort gevonden op andere plaatsen: ondermeer op Alexander Eiland en in de Ellsworth Bergen, maar nooit buiten Antarctica. Dat betekent niet noodzakelijk dat hij nergens anders voorkomt. Misschien is hij nog niet gevonden. Maar het lijkt erop dat deze soort endemisch is voor Antarctica.

Annick Wilmotte:

Als Antarctica eigen inheemse soorten heeft, stelt zich de vraag hoe die overleefd hebben. Het Zuidpoolcontinent heeft immers periodes gekend van totale

1 Zorigto Namsaraev plaatst een luchtfilter op het dak van de laboratoriumcontainer nabij de basis.

1

2 Josef Elster en Zorigto Namsaraev onderzoeken een cryoconiet.

2



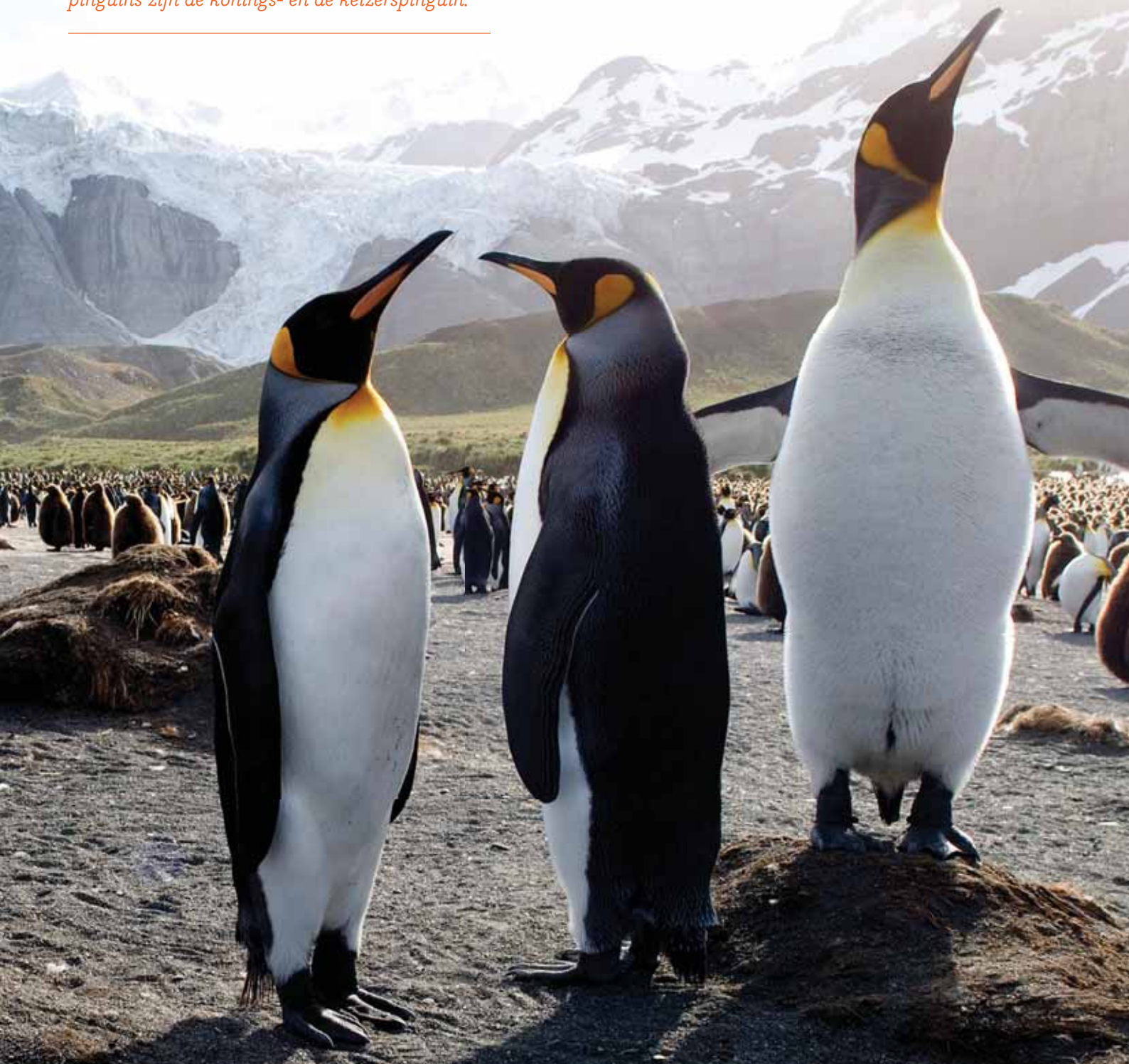
glaciatie: het ijs was toen gemiddeld een kilometer dikker dan vandaag. Misschien waren de organismen vele duizenden jaren ingevroren? Of waren er toch ergens refugia, vluchtplaatsen, zonder ijs, met vloeibaar water? Of nunataks die boven het ijs uitstaken?

Misschien kan de biologie hier de visie van de glaciologen en wetenschappers die modellen ontwerpen een beetje corrigeren? Je kunt voor de evolutie van vele organismen de biologische klok bepalen. Via de evolutiegeschiedenis van de genen en het dateren van fossielen kan men schatten wanneer een bepaalde soort is ontstaan: 150.000 jaar of 500.000 jaar geleden. Bij de cyanobacteriën en andere bacteriën kan dat helaas niet. Hun genetisch materiaal is meer dan 3 miljard jaar oud en fossielen zijn erg zeldzaam...

De pinguïn

Pinguïns zijn vogels die rondwaggelen op het land, maar zich in het water gedragen als een vis. Hun verenpak doet denken aan een smoking. Zij leven uitsluitend in het zuidelijke halfrond, maar echter niet alleen in koude gebieden.

*Pinguïns kunnen niet vliegen, hoewel zij tot de familie van de vogels behoren. In totaal zijn er 17 soorten pinguïns, waarvan de dwergpinguïn (*Eudyptula minor*) de kleinste is. De grootste pinguïns zijn de konings- en de keizerspinguïn.*





Binnenkort een nieuw Europees observatorium op Dome C?



1

2

3

1-2-3

De astronomen overwegen de bouw van een nieuw observatorium op enkele tientallen meters van het Frans-Italiaanse station Concordia op Dome C.

Het witte continent interesseert astronomen omdat het een van de koudste en droogste plaatsen op Aarde is. Bovendien is er door de afwezigheid van menselijke activiteiten (op enkele uitzonderingen na) een extreem pure nachtelijke hemel, met een heldere atmosfeer, een goede beeldkwaliteit en weinig lichtvervuiling. Dankzij de poolnacht kan men er trouwens 3 maanden per jaar onafgebroken observaties doen.

Samen met hun Australische collega's hebben Europese astronomen en ingenieurs van het Internationaal Pooljaar gebruik gemaakt om bepaalde sites en astronomische instrumenten te evalueren die op Antarctica ontwikkeld kunnen worden. Vooral het plateau aan de Frans-Italiaanse basis Concordia bij Dome C trok de aandacht. Zuivere lucht en intense koude zijn niet de enige troeven van Dome C. Omwille van zijn hoge ligging op meer dan 3000 meter is hij beschermd tegen de katabatische wind die langs de bevroren hellingen neerwaarts richting kust blaast. Deze wind haalt soms snelheden van meer dan 300 km/u. En sinds 2005 is er op

Dome C een wetenschappelijke basis die 365 dagen per jaar dienst doet. Vanuit astronomisch oogpunt is deze site zeer aantrekkelijk, onder meer voor het onderzoek naar bepaalde delen van het elektromagnetisch spectrum zoals infrarood- en submillimetergolven.

Een honderdtal ingenieurs en astronomen, verbonden aan het Europese netwerk ARENA (Antarctic Research: a European Network for astrophysics), werkten samen om de site in kaart te brengen met het oog op de bouw van een observatorium en de verschillende instrumenten die er geïnstalleerd zouden kunnen worden.

Professor Jean Surdej, lid van het Astrofysisch Instituut van de Université de Liège, nam deel aan dit initiatief in het kader van een project over interferentiemetiing waarvan hij covoorzitter was. Hij was mee verantwoordelijk voor het project. Olivier Absil, een jonge onderzoeker, en ikzelf waren vooral betrokken bij werkgroep 3 van het project, verduidelijkt de professor. Deze werkgroep behandelde interferentiemetiing in de optica en het infrarode spectrum. Het was een voorbereidende studie om na te gaan of een dergelijk type observatorium haalbaar is. Dit soort van 'nulling' interferentiemetiing zou ons de kans geven om een specifieke straling, het zogenaamde 'exozodiakale licht', precies te detecteren en meten. Door nabije sterren te identificeren die weinig invloed ondervinden van deze straling kunnen de astronomen met grotere zekerheid andere sterren bestuderen waar bijvoorbeeld exoplaneten (planeten die draaien om andere sterren dan de Zon) ronddraaien. Door spectroscopische analyses van de atmosfeer van deze exoplaneten kunnen de astronomen eventueel bepaalde moleculen opsporen die kunnen wijzen op de aanwezigheden van een of andere vorm van leven.

Het werk dat door de partners van het project is verricht, resulteerde in 2011 in de publicatie van een lijvig rapport met als titel 'Vision pour



l'astronomie et l'astrophysique européenne en Antarctique dans la prochaine décennie'. Het rapport vermeldt in haar besluit het belang van de installatie van een astronomisch observatorium op Dome C voor 'nulling' interferentiemetiing in de optica en het infrarode spectrum.



4-5-6

Het Concordia station bevindt zich op het Antarctisch plateau, op een hoogte van meer dan 3.000 meter en op een afstand van duizend kilometer van het Franse station Dumont d'Urville aan de kust.

4

5

6

Welke astronomie op Antarctica?

Ter aanvulling van het ARENA-initiatief met zijn 22 partners en waarvan het eindrapport bestemd is voor de internationale onderzoeksinstituten en de Europese Commissie, is er een informatieve website ontwikkeld voor het grote publiek over de uitdagingen en aantrekkingskracht van astronomie op Antarctica. Weetje: de website, die de naam 'ARENA Public outreach' kreeg, wordt beheerd door Anna Pospieszalska vanuit de Université de Liège. We vinden er onder meer informatie over de laatste nieuwe ontwikkelingen in de astrofysica op Antarctica, zoals adaptieve optiek, interferentiemetiing, coronagrafie en het visualiseren van infrarood- en submillimetergolven. Een heel arsenaal aan technieken die ons de kans geven om de geboorte van sterren, hun levensloop en hun dood te observeren. We kunnen nu ook de pulsaties van sterren meten, planeten ontdekken die zich buiten ons zonnestelsel bevinden of terugkijken naar de oorsprong van het heelal.

<http://www.arena.ulg.ac.be/>



12 000 jaar onder het ijs

In de zuidelijke zomer van 2002 voltrok zich in Antarctica een ramp van ongekende omvang. Het begon op 31 januari. Satellietbeelden toonden grote scheuren in de Larsen B ijsplaat ten oosten van het Antarctisch schiereiland. Larsen B was een drijvende ijsplaat van 220 meter dik. Langs onder werd ze aangevreten door het warmer wordende water van de zuidelijke oceaan. Langs boven drong het zomerse smeltwater door oude gletsjerkloven naar het hart van de ijsmassa.

Grote gebieden die duizenden jaren bedekt waren met ijs worden plots ijsvrij. Daardoor ontstaan er nieuwe habitats en nieuwe types bodemdiergemeenschappen.

Wetenschappers keken verbijsterd toe hoe in amper 5 weken tijd de hele ijsplaat in stukken uit elkaar viel, verbrokkelde en ten slotte oploste in zee. Larsen B was niet de eerste ijsplaat die uit elkaar viel. In 1995 was de naburige Larsen A plaat verdwenen, maar die was veel kleiner en ook lang niet zo oud. Dit keer ging het over een ijsoppervlakte van 3.250 km². De Larsen B plaat was gedurende 12.000 jaar, sinds de laatste ijstijd, stabiel gebleven. Een gebeurtenis zoals dit was ongezien.

Het verdwijnen van de Larsen B ijsplaat was een onmiskenbaar teken dat er iets ernstigs aan de hand is met ons klimaat. Maar het opent ook mogelijkheden om onze kennis te vergroten.

De zeebodem onder de Larsen ijsplaat is 12.000 jaar lang verborgen geweest. Er was geen licht, geen plankton aan de oppervlakte, geen voedsel... Hoe ziet de zeebodem er uit onder het ijs? Is het een woestijn zonder enig leven, of toch niet helemaal... ?

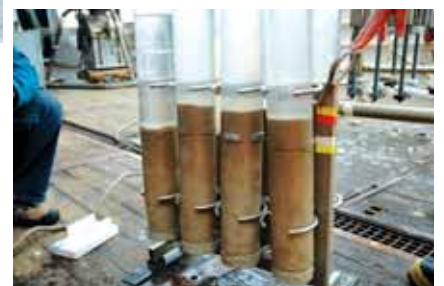
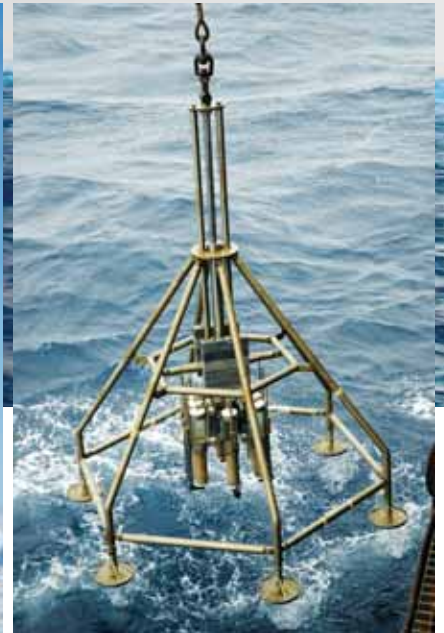
Voor de wetenschap is dit een unieke kans. Onderzoekers uit de hele wereld kijken in span-

ning uit naar wat er in de loop van de volgende jaren gaat gebeuren: hoe snel zullen dieren- en plantensoorten het open gebied veroveren? Een team mariene biologen van de Universiteit van Gent speelt in dit onderzoek een bijzondere rol. Ze zijn aan boord van de Duitse ijsbreker Polarstern naar Antarctica gevaren om stalen te nemen van de zeebodem die duizenden jaren bedekt was door de Larsen-B ijsplaat.

Ann Vanreusel:

We gingen er van uit dat er nauwelijks bodemleven kon zijn op die plek. Het leven is immers afhankelijk van de voedingsstoffen die geproduceerd worden in de bovenste lagen van de waterkolom, door fotosynthese, onder invloed van het zonlicht. We verwachtten de eerste stappen te kunnen zien van een kolonisatieproces. De Larsen-B plaat is verdwenen in 2002. In 2005, toen we voor het eerst gingen kijken, was het gebied drie jaar ijsvrij. Dat was behoorlijk spannend.

Door het verdwijnen van de ijskap kon men op de bodem ook gaan speuren naar nieuwe



habitats: gebieden die afwijken van de rest van de oceaانبodem door de aanwezigheid van andere chemische of fysische condities.

Hoe konden jullie mee met een Duitse expeditie?

Marien Antarctisch onderzoek gebeurt altijd in een internationaal kader. Wij kunnen niet naar het Prinses Elisabethstation gaan. Het ligt te ver van de zee. Er bestaat ook geen Belgische ijsbreker. We zijn dus aangewezen op internationale samenwerking. Van meet af aan hebben we samengewerkt met de mensen van het Alfred Wegener Instituut in Bremerhaven. Wij zijn één van de weinige onderzoeksgroepen in de wereld die de component van de meiofauna voor onze rekening nemen. De meiofauna zijn de kleine bodemdieren, de dieren die je enkel met een microscoop kan zien. We zeven het sediment dat we onderzoeken: alles wat door een zeef van 1 mm passeert en op een 30 micrometerzeef blijft liggen behoort tot ons onderzoeksdomein. Dat is natuurlijk een technische definitie, maar die definitie is niet toevallig, ze heeft wel ook een ecologische relevantie.

Jeroen Ingels:

We zijn welkom in zo'n internationaal team omdat we in een bepaalde niche werken. Onze bijdrage wordt belangrijk geacht. Ze is complementair aan het werk van Duitse onderzoekers. Vandaar dat we bijna steeds gevraagd worden om mee te doen aan die campagnes.

Waarom is die meiofauna die jullie bestuderen belangrijk?

Jeroen Ingels:

Wel, de diversiteit in deze groep is erg hoog. Ze vormt een belangrijke component van het benthos, dat is de groep van dieren die in de bodem leven. Niet alleen door de hoeveelheid van soorten maar ook door de densiteit: er zijn er heel veel van. Een van de vragen die we ons stellen gaat over de rol van die meiofauna binnen de voedselketen. Voorlopig gaan we er van uit dat het een intermediaire rol is: de link tussen de primaire productie en de afbraak ervan.

Ann Vanreusel:

De primaire productie, dat is het fytoplankton. Een voedselweb begint bijna steeds bij de

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 1 Het Duitse onderzoeksschip RV Polarstern van het Alfred Wegener Instituut, een ijsbreker die zowel in Arctische als in Antarctische wateren wordt ingezet. | |
| | 3 | | 2 Een multicorer, een apparaat om stalen te nemen van de zeebodem op grote diepte. |
| | | | 3 De plasticen staalnamebuizen zijn gevuld met bodemsedimenten van de diepzee en oceaanwater. |



Stalen van de zeebodem worden meegenomen voor verwerking in het lab op het schip.



Men stelde vast dat op een bepaalde plek die vroeger bedekt was door de Larsen-ijsplaat de bodem begroeid was met typische bacteriën. Het zijn organismen die niet afhankelijk zijn van plantengroei en zonne-energie: ze kunnen de chemische energie aanwenden om koolstofverbindingen te maken. Ze hebben geen zonlicht nodig. Ze konden dus ook ontwikkelen onder de ijskap.

plantengroei. Door middel van de fotosynthese vangen ze lichtenergie om koolstof te produceren. Dat is wat onze planten doen. En in de zee zijn dat microscopische kleine algen die een belangrijke producent van voedsel zijn. Een volgende stap in de voedselketen is dan bijvoorbeeld het krill, kleine kreeftjes die grazen op het fytoplankton. Dat zijn dan de eerste consumenten. Het krill wordt dan op zijn beurt begraaft door de zeezoogdieren, de vissen enzovoort...

Het benthos zit dan weer een beetje ingewikkelder in mekaar: het gaat over de bodemdieren. Ze zijn afhankelijk van wat er aan de oppervlakte gebeurt. Een deel van het voedsel dat aan de oppervlakte wordt geproduceerd zinkt naar de bodem en wordt daar geremineriseerd. Dat wordt afgebroken en de voedingsstoffen worden opnieuw vrijgemaakt, voedingsstoffen die nodig zijn opdat de algen opnieuw zouden gaan bloeien.

De algen bovenaan in de waterkolom hebben niet alleen zonne-energie nodig. Om te groeien hebben ze ook voedingsstoffen nodig zoals mineralen, fosfaten en nitraten. De afbraak gebeurt door de activiteit van het benthos. In die zin is het een belangrijke component van het voedselweb.

Hebben jullie al leven aangetroffen op de bodem die zo lang in het donker onder de Larsen B ijsplaat lag?

Ann Vanreusel:

De eerste expeditie die het gebied had bezocht kwam terug met foto's die erop wezen dat er in de bodem methaanbronnen zouden voorkomen. De aanwezigheid van methaangas geeft aanleiding tot het ontstaan van heel specifieke gemeenschappen: er zijn namelijk bacteriën die de chemische energie kunnen gebruiken. Het zijn organismen die niet afhankelijk zijn van plantengroei en zonne-energie: ze kunnen de chemische energie aanwenden om koolstofverbindingen te maken. Ze hebben geen zonlicht nodig. Ze konden dus ook ontwikkelen onder de ijskap.

Men stelde vast dat op een bepaalde plek die vroeger bedekt was door de Larsen-ijsplaat de bodem begroeid was met die typische bacteriën. Men noemt dat een chemo-synthetisch systeem: een gemeenschap die geen gebruik maakt van fotosynthese om voedsel te produceren maar koolstof fixeert met chemische energie.

We hadden alleen de foto's gezien gemaakt door onderwater-robots: er waren hele matten van die organismen te zien, maar de robots waren helaas niet uitgerust om stalen te nemen. Daarom is de Polarstern in 2005 teruggekeerd met de nodige apparatuur en met iemand van ons aan boord



om monsters te nemen in heel dat gebied en zeer specifiek op die bijzondere plaatsen.

Al dat materiaal is nu verwerkt. We hebben echt wel unieke gemeenschappen ontdekt met een heel hoge dichtheid aan meiofauna. De hoogste aantallen zitten niet aan het oppervlak maar dieper in het sediment. De diversiteit is echter heel laag. Het is eigenlijk één soort die met hele hoge aantallen het sediment heeft gekoloniseerd. Maar we stootten wel op een vreemde vaststelling: die beesten voeden zich niet met het chemosynthetische voedsel! Het was een soort die typisch voorkomt bij een methaanbron. We kunnen gebruik maken van bio-merkers om te zien met wat die beesten zich voeden, met chemosynthetisch of met fotosynthetisch afgeleid voedsel. Wel het blijkt dat die diertjes zich nu niet voeden met chemische energie, maar met voedsel afgeleid van fotosynthetische energie.

Het lijkt of ze van dieet zijn veranderd?

Ann Vanreusel:

Dat is moeilijk te zeggen. Het zijn unieke waarnemingen. We hebben een systeem gevonden waarvan geen parallel bekend is in andere mariene habitats. We vinden een verarmde gemeenschap met zeer hoge densiteit. Dat is typisch voor een situatie waarin ineens veel voedsel wordt aangeboden. Een snelle toename van

één dominante soort. Maar we weten eigenlijk niet goed waar het voedsel vandaan komt. De fotosynthetische energie die daar wordt aangeboden is nog altijd erg beperkt, omdat het gebied maar recent ijsvrij werd. Er is nog niet veel voedsel in omloop. We vermoeden eigenlijk dat het soort overgangssysteem is: dat die chemosynthetische energie er vroeger wel was, maar recent niet meer beschikbaar is. We zijn er nog niet helemaal uit, maar de belangrijkste boodschap is dat er zich ingrijpende nieuwe processen afspelen.

Grote gebieden die duizenden jaren bedekt waren met ijs worden plots ijsvrij. Daardoor ontstaan er nieuwe habitats en nieuwe types bodemdiergemeenschappen. Het is brandend actueel. We staan voor grote veranderingen, maar we kunnen die veranderingen niet continu waarnemen.

De laatste gegevens dateren van 2007. In februari 2011 zijn er echter nieuwe stalen verzameld die nu worden verwerkt en die ons meer informatie moeten geven over hoe het mariene ecosysteem verder evolueert na het afbreken van de ijsplaat. Op die manier beschikken we over uniek vergelijkingsmateriaal die de temporele veranderingen onder invloed van klimaatveranderingen reconstrueren.

1

2

1 Jeroen Ingels (links) verwerkt de verse stalen. De klimaatkamer wordt op een lage temperatuur gehouden (0-4° Celcius) om verstoring te minimaliseren.

2 *Halomonhystera* sp., een nematodensoort (rondworm) die in hoge aantallen voorkomt in sedimenten van het Larsengebied ten oosten van het Antarctisch Schiereiland.



Het Koninklijk Meteorologisch Instituut waakt over de atmosfeer boven Utsteinen

In het kader van de expeditie BELARE 2008-2009 trok Alexander Mangold van het departement 'Observaties' van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) naar Antarctica. Het onderzoeksstation Princess Elisabeth was toen nog niet voltooid. Hij wilde twee meettoestellen installeren in het kader van het BELATMOS-project, gefinancierd door BELSPO. Het doel van het project is het opzetten van een lange termijn detectienetwerk voor het in kaart brengen van de chemische samenstelling en fijne deeltjes van de Antarctische atmosfeer door het meten van het ultraviolette licht aan het aardoppervlak.

Tijdens deze eerste campagne plaatsten we twee toestellen voor het bestuderen van de atmosfeer en de aerosoldeeltjes, legt Alexander Mangold uit. Het ging om een zonnefotometer en een aethalometer. Een aethalometer geeft informatie over de concentratie roetdeeltjes, de 'zwarte koolstofdeeltjes', in de atmosfeer. Het toestel pompt buitenlucht door een filter waardoor deze steeds zwarter wordt. Een optisch systeem analyseert deze zwarte afzetting. Vervolgens interpreteert de computer van het toestel de gegevens. Dat geeft ons een idee van de plaatselijke roetconcentratie. Dit type instrument meet de concentratie koolstofdeeltjes die vrijkomen bij de verbranding van hout, aardolieproducten, enz. Uit de eerste metingen blijkt dat de Arctische lucht in Usteinen waar het Belgisch onderzoeksstation gevestigd is, uitzonderlijk 'schoon' is.



Het andere toestel, de fotometer, meet de extinctie van het zonlicht in de volledige atmosferische kolom bij zeven verschillende golflengten, aldus de onderzoeker. Dit geeft ons informatie over de hoeveelheid aerosoldeeltjes in de atmosfeer. Zo informeert de fotometer ons over de mate waarin onze atmosfeer vervuild is en over de aard van de belangrijkste aerosoldeeltjes.



Het wetenschappelijke avontuur op Antarctica verloopt echter niet altijd even vlot. Tijdens de expeditie van 2009 hebben we de twee toestellen geïnstalleerd. De eerste resultaten waren veelbelovend. Maar in tegenstelling tot wat we gehoopt hadden, waren de toestellen niet permanent operationeel. Dat kwam omdat het station ons niet het hele jaar door van stroom kon voorzien voor het opnemen van de gegevens tijdens de wintermaanden. Voor de fotometer was dit geen probleem, de zon schijnt in deze streken immers een aantal maanden niet. Dan is het natuurlijk moeilijk om aerosoldeeltjes te meten met behulp van lichtdemping! Voor de aethalometer had dit wel interessant kunnen zijn.

Vorige (Antarctica)zomer is de onderzoeker opnieuw naar het Belgische station op Antarctica gegaan voor een vervolg van deze eerste campagne. Ik wilde opnieuw een aantal metingen uitvoeren en dan de aethalometer gedurende een jaar continu laten 'draaien', zegt de onderzoeker. We hebben meteen van deze

nieuwe zending geprofiteerd om twee aanvullende instrumenten te installeren, namelijk een spectrofotometer en een TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance). De spectrofotometer kan de evolutie van de totale hoeveelheid ozon in de atmosfeer en de intensiteit van de ultraviolette straling op grondniveau bepalen. De TEOM meet de massaconcentratie van aerosol en andere deeltjes in de atmosfeer. Het instrument lijkt erg op de toestellen die wij hier, met name in België, gebruiken om de concentratie fijnstof in de lucht te meten. Zoals de aethalometer zou de TEOM het hele jaar door moeten werken, besluit hij.

- | | |
|---|---|
| 1 | 1 Alexander Mangold met zonnefotometer. |
| 2 | 2 Spectrofotometer |
| 3 | 3 TEOM instrument |

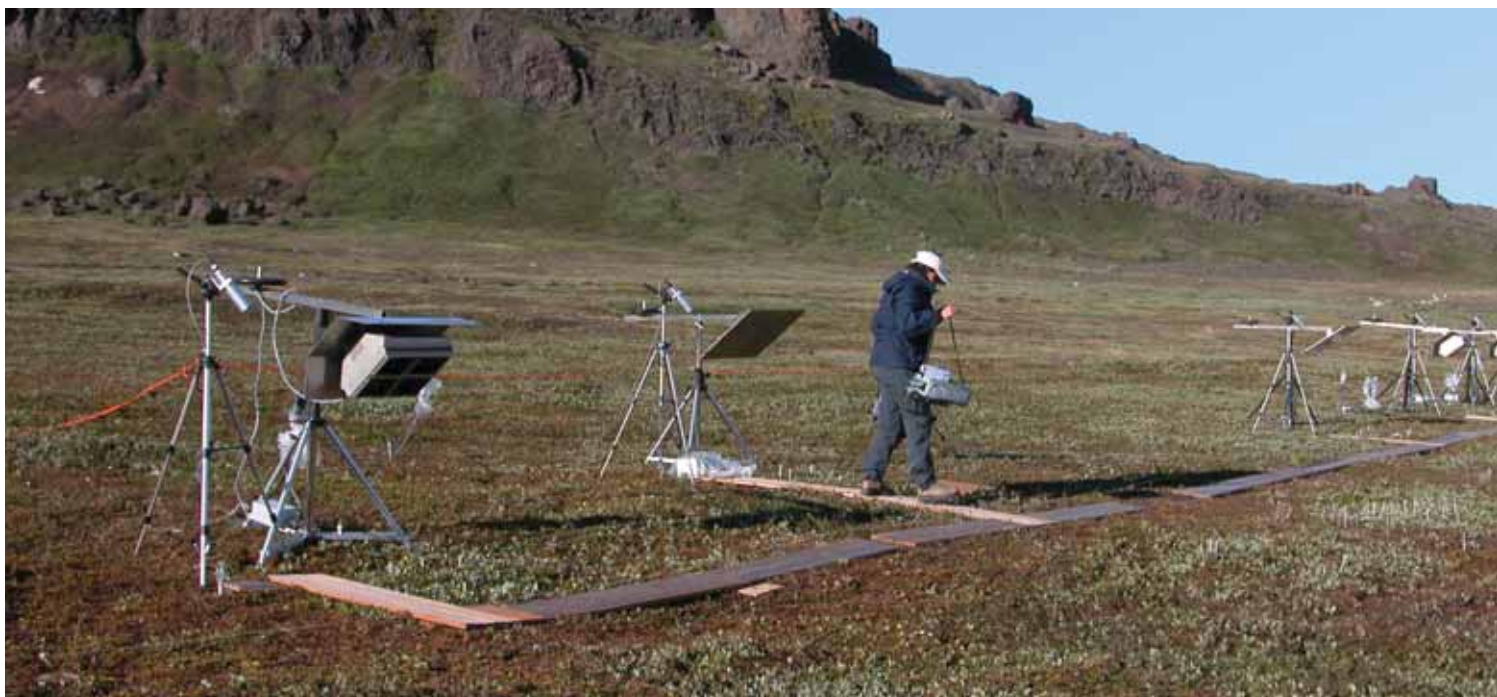


De ijsbeer

*De ijsbeer of poolbeer leeft enkel in het noordpoolgebied, waar zijn witte vacht als een perfecte camouflage dient. Hij kan tot 3 meter lang en 800 kilogram zwaar worden en is de grootste der beren (Ursidae). De ijsbeer heeft behalve de mens geen natuurlijke vijanden. De ijsbeer is een bijzonder goede zwemmer die vele kilometers van de kust aangetroffen kan worden. De naam *Ursus maritimus* betekent dan ook 'zeebeer'. Toch jaagt hij ook te land en is daar bijzonder snel. Ze kunnen tot twintig kilometer per dag afleggen, en trekken mee met de grens van het pakijns, die zomers noordelijker ligt dan 's winters. De ijsbeer leeft van zeehonden, maar ook andere dieren zoals sneeuw hazen, beloega's, ... worden soms gegrepen*



Belgische hittegolf in Groenland



Wat gebeurt er met het leven als het klimaat verandert? Hoe reageren ecosystemen op stijgende temperaturen? Bij de aanvang van het Internationaal Pooljaar stelden wetenschappers zich tot doel om die vragen te beantwoorden met gerichte experimenten op het terrein, zowel in het noorden als in het zuiden. Eén van de pioniers van deze opwarmingsexperimenten is professor Louis Beyens van de Universiteit Antwerpen. Hij werkt vooral in het noordpoolgebied.

Louis Beyens:

Dankzij samenwerking met buitenlandse collega's hebben we eind jaren '90 de eerste opwarmingsexperimenten kunnen opzetten bij het Zackenberg Research Station aan de noordoostkust van Groenland. Dit samen met Prof. Ivan Nijs, eveneens van de Universiteit Antwerpen. Het was bijzonder interessant om de effecten van eenzelfde fenomeen - een opwarming bijvoorbeeld van een afgebakend stuk van de bodem - te kunnen bestuderen op verschillende organismen. Later hebben we

gelijkaardige proeven verricht aan de westkust van Groenland, Qeqertarsuaq (Disko Island).

Ik ga altijd uit van een zeer simpele vraag: wat leeft er waar, en waarom?

In 1978 was ik voor het eerst in het poolgebied. Ik nam deel aan een expeditie van bergbeklimmers. Zo kwam ik in Groenland en daar zie je aan de rand van de ijskap rotspunten die boven het ijs uitsteken. Ik stelde mij de vraag wat er op die bergtoppen zou leven?

1

2

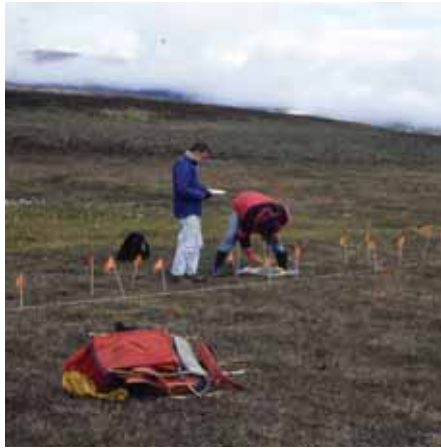
- 1 Opwarmingsexperiment van de Universiteit Antwerpen in Qeqertarsuaq, Groenland.
2 Met infraroodlampen worden afgebakende percelen opgewarmd.

Men ging er lang van uit dat alles tijdens de ijstijden bedekt was met een dikke laag ijs, die alle leven had weggeveegd, een tabula rasa. Maar dat denkbeeld heeft men achteraf toch enigszins moeten bijstellen. Als er ijs langs een berg stroomt dan vindt men daar later sporen van terug: krasen. De gletsjers nemen stenen en keien mee en ze slijten groeven uit in de rotsen. Zo kan je zien hoe hoog het ijs kwam in de ijstijden. En zo bleek dat er sommige bergtoppen nooit door het ijs bedekt zijn geweest: ook niet in het Noorden tijdens de ijstijd. Onmiddellijk rijst de vraag of er misschien toch iets op die toppen te vinden zou zijn dat de ijstijd heeft overleefd. Natuurlijk wou ik dat zelf gaan bekijken.

Ik kwam al snel tot de vaststelling dat we ontzettend weinig weten over de taxonomie, de indeling en de evolutiegeschiedenis van de eencellige organismen die ik bestudeer. In die periode, eind jaren '70, begin '80 was de wetenschap in de ban van de moleculaire biologie. Die vraag van mij wat groeit er waar? klonk bijna oubolig in die tijd. Vandaag heet dit biodiversiteit.

De opwarmingsexperimenten die u heeft verricht zijn zeer actueel in het kader van de huidige klimaatproblematiek...

Natuurlijk speelt de klimaatopwarming een rol, maar ze hebben ook een bredere betekenis. Ik denk terug aan de ijstijden: aan het einde van de ijstijd hebben we ook een dergelijke periode gehad. Het einde van de ijstijd is eigenlijk verlopen in schokken. Er was geen geleidelijke stijging van de temperatuur. Zowat 15.000 jaar tot 11.500 jaar geleden, dat heet



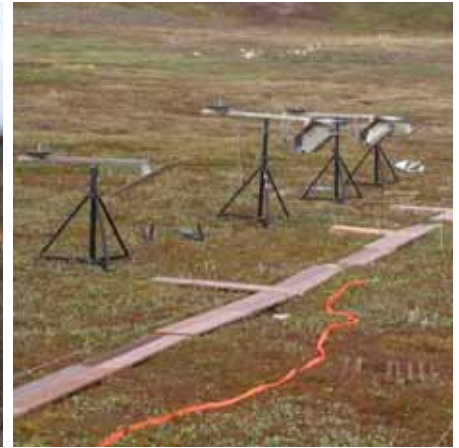
het laat-glaciaal, krijgen we een periode van opwarming, opnieuw een afkoeling, een opwarming... en dan een behoorlijk sterke afkoeling. Daarna krijgen we definitief de opwarming die het begin inluidt van de periode waarin we nu zitten. Dat is erg interessant: hoe snel zijn die veranderingen verlopen? Nu blijkt uit de analyse van ijskernen van Groenland aan de hand van isotopen, dat die afkoeling op sommige momenten ontzettend snel is gegaan! Er waren hevige klimaat-schommelingen.

Gaat het dan over eeuwen?

Neen, het gaat over tientallen jaren. Klimaat-schommelingen van zeker 5 graden Celsius... dat is enorm. Wij willen weten hoe organismen die in dat koude ecosysteem leven, op een opwarming reageren. Natuurlijk kan je dat meteen plaatsen in de problematiek van de huidige opwarming die we kennen.

Kunnen die soorten overleven in een warmer klimaat?

Wat betreft de typische toendraplant, zoals korstmossen en grassen, weten we dat het gebied waarin ze kunnen voorkomen zal krimpen bij een warmer klimaat. We nemen nu al waar dat de boomgrens opschuift naar het noorden, waardoor het poolgebied kleiner wordt.



En hoe gaat het met de eencelligen in het poolgebied?

We bestuderen natuurlijk niet alle eencelligen, dat gaat onze competentie te boven. We concentreren ons op twee groepen in het bijzonder. In het laboratorium zijn we vooral bezig met geschaalde amoeben, de thecamoeben. Er zijn ook naakte amoeben, maar de amoeben met een schaalte zijn een interessante groep omdat je dat schaalte kan terugvinden ook als het organisme gestorven is. Ze laten fossielen na.

Wij gaan na wat er bij temperatuurveranderingen gebeurt met die gemeenschappen. We spreken van een gemeenschap omdat er verschillende soorten voorkomen met verschillende aantallen of populaties. Blijven dezelfde soorten belangrijk als je opwarmt? Verdwijnen er bepaalde soorten? Welke kenmerken maken dat bepaalde soorten op een of andere manier reageren op een opwarming?

We hebben bijvoorbeeld op het terrein een hittegolf teweeggebracht! Om dat te kunnen doen moet je wel eerst weten wat een hittegolf is op Groenland. Dat is niet eenvoudig omdat je door gebrek aan metingen niet weet welke temperaturen daar ooit zijn voorgekomen. Je moet dus extrapoleren. We konden gelukkig beschikken over de gegevens van het Arctische weerstation in West-Groenland waar de Denen al sinds het begin van de 20ste eeuw metingen verrichten.

Hoe warm het wordt verschilt erg van streek tot streek, in het zuiden van Groenland zijn wel eens maxima gemeten van 22°C. Maar dat zijn uitschieters. Op andere plaatsen in Groenland is de maximumtemperatuur lager. Voor de site van de experimenten op Disko Island is er een periode gekend van 12 dagen waarbij de gemiddelde temperatuur de 9°C overschreed. Dat is te beschouwen als een hittegolf.

Voor ons experiment doen we daar nog een paar graden bovenop, om zeker te zijn van het effect. We verwarmen een afgebakend stuk van het bodemoppervlak met infrarood stralingslampen. Die bodem zit natuurlijk vol met sensoren en thermometers die continu gegevens doorspelen aan de computer. Je kan het experiment ook sturen door in te geven dat er bijvoorbeeld steeds een verschil van + 5 ° moet aangehouden worden met de buitentemperatuur.

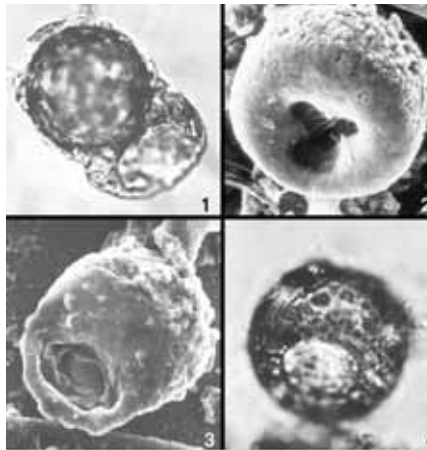
En dan kijk je wat er gebeurt. Het is zo dat eencellige organismen een korte generatietijd hebben: om de tien dagen ongeveer delen ze zich in twee en heb je een nieuwe generatie al naargelang de soort en de omstandigheden.

Wanneer is een experiment geslaagd?

Als er iets gebeurt! Als er verschuivingen optreden in die gemeenschappen. Dat is echt spannend. Als er niets gebeurt is dat misschien ook een belangrijke vaststelling, maar uiteraard is dat niet zo opwindend.

Zijn er al conclusies te trekken?

We zijn nog steeds bezig om de gegevens te verwerken van 8 verschillende campagnes in Groenland. Dat is niet altijd eenvoudig te interpreteren. We hebben gezien dat er inderdaad verschuivingen



Thecamoebien, amoeben met een schaalteje.

optreden bij opwarming: soorten worden belangrijker, andere minder belangrijk, maar we hebben ook vastgesteld dat dit in vele gevallen maar een tijdelijk fenomeen is. Met andere woorden: het systeem kan zich herstellen als je terugkeert naar de oorspronkelijke situatie. Dat is erg belangrijk. Dat betekent dat het systeem een zekere veerkracht in zich heeft. We noemen dat resiliëntie.

De resultaten van onze experimenten zijn niet altijd eenduidig: naast opwarming zijn er ook andere factoren, zoals de vochtigheid van de bodem, die een grote rol spelen. Als onderzoeker kan je dan beslissen om water toe te voegen aan het experiment ofwel niet. Gaat de bodem uitdrogen bij een opwarming van het klimaat of krijg je ook meer neerslag? Op wereldschaal kan dat ingrijpende gevolgen hebben voor de voedselvoorziening

Geeft dit onderzoek een beter inzicht in de gevolgen van een klimaatverandering?

Dat gaat ons kader te buiten, maar onrechtstreeks leveren we wel belangrijke puzzelstukken, denk ik.

De eencelligen leveren een groot aandeel van de biomassa in de bodem. Als er daar iets mis gaat zijn de gevolgen groot voor hogere organismen, voor planten, en voor

alles wat planten eet... Daarom heb ik het ook een beetje moeilijk als de media het hebben over een icoon als de ijsbeer! Je moet natuurlijk een symbool hebben als je over de gevolgen van klimaatopwarming wil spreken en dan kies je natuurlijk niet voor een eencellig organisme. Je ziet ze niet zonder microscoop en ze zijn niet erg aaibaar. Een ijsbeer spreekt de mensen meer aan. Maar het is niet echt een goed voorbeeld. Eencelligen vormen de basis van de voedselketen, neem ze weg en het systeem stort in elkaar. Het verdwijnen van de ijsbeer is voor zulk een systeem veel minder dramatisch. Men heeft onlangs nog in Spitsbergen een kaak gevonden van een ijsbeer en die werd gedateerd op ongeveer 130.000 jaar. Dat betekent dat de ijsbeer als soort de laatste warme periode tussen de ijstijden, van 125.000 tot 100.000 jaar geleden, overleefd heeft.

Wat er nu natuurlijk bij komt is de invloed van de mens. Al die giftige stoffen die de mens in het zuiden produceert worden door de lucht en het water meegevoerd en belanden uiteindelijk in het Noordpoolgebied. Daar worden ze gecumuleerd in de voedselketen en belanden uiteindelijk in de hoogste concentraties bij de topredator, de ijsbeer.



Antarctica
Mariene biodiversiteit

BIANZO II : Studie van het benthos en zijn dynamiek om de toekomst van de mariene biodiversiteit te voorspellen

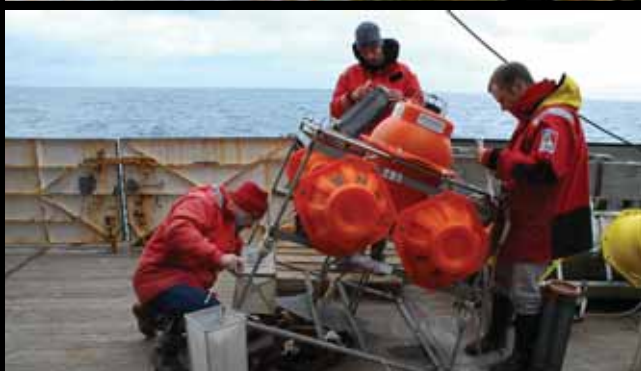
Het Belgische BIANZO II project (Biodiversiteit van drie groepen representatief voor het Antarctisch Zoobenthos – Respons op verandering) dat officieel werd beëindigd in 2010 was een belangrijke bijdrage aan het Internationaal Pooljaar.

Door bepaalde levensvormen op de oceaانبodem (het benthos) te bestuderen, wilden de partners van dit project (universiteiten van Gent, Liège, Bruxelles, Bourgogne (Frankrijk) en het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen), ondersteund door BELSPO via zijn SSD programma (Science for a Sustainable Development) een antwoord geven op verschillende vragen met betrekking tot de huidige situatie, de veranderingen en de toekomst van de biodiversiteit op de Zuidpool. Deze studie is vooral gericht op drie groepen oceaانبewoners: de nematoda, de amphipoda en de echinoidea.

Dit programma was niet enkel een Belgische bijdrage aan de verkenning van de diversiteit via een eerste luik met de naam NOWBIO, zegt De

Broyer, maar ook een studie naar de dynamiek van de benthische populatie via een tweede luik DYNABIO. In dit tweede deel van het project hielden de onderzoekers zich bezig met zeer diverse vragen zoals: Waarom bevindt zich de ene soort op een bepaalde plek en niet op een andere, wat zijn hun voedingsbronnen, wat zijn hun ecologische behoeften? Enzovoort.

Het derde deel van het project richtte zich op de toekomst. Met FOREBIO probeerden de onderzoeksteams verschillende modellen te simuleren zodat onderzocht kon worden hoe bepaalde groepen kunnen evolueren als gevolg van de klimaatsveranderingen. De vragen die als leidraad dienden voor dit derde luik van het BIANZO II project gingen over de mogelijke



invloed van een veranderende omgeving op de drie bestudeerde groepen. Zo kan men voorspellingen doen voor andere soorten en zelfs voor de biodiversiteit in zijn geheel. Samengevat ging het over een experimentele conceptuele benadering.

Opmerking: Het BIANZO II eindrapport is online beschikbaar op het volgende adres: www.belspo.be/belspo/ssd/science/Reports/BIANZO_FinRep_phase1.pdf



- 1 *Epimeria rubriques*.
- 2 Opstellen van de akoestische vallen.
- 3 Echinoidea
- 4 Nematoda



Lage wolken boven Utsteinen

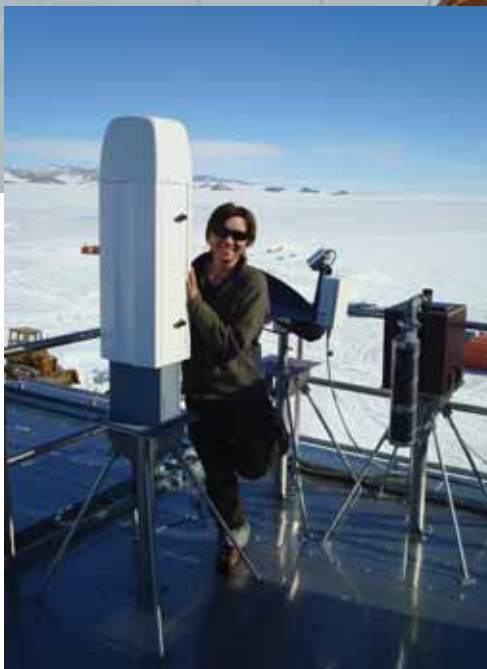


Antarctica is bedekt met een ijslaag met een gemiddelde dikte van 2200 meter, met een maximum tot 4800 meter. Het ijs is gevormd door de samengepakte sneeuw van miljoenen jaren. Die ijskap bevat zo veel water dat het peil van de oceanen met 62 meter zou stijgen als al het ijs in Antarctica zou smelten (de ijskap van Groenland bevat ook nog eens genoeg water om nog eens zes meter aan het niveau van de zeespiegel toe te voegen). Als dat zou gebeuren zouden vele dicht bevolkte gebieden op Aarde onbewoonbaar worden: grote delen van België en Nederland bijvoorbeeld, om nog niet te spreken over landen als Bangladesh en de eilanden van de Stille Oceaan. Het lijkt wel het scenario voor een rampenfilm.

Maar het IPCC, het International Panel on Climate Change, stelt ons enigszins gerust: zelfs als de Aarde ongeremd blijft opwarmen zou het nog tot het jaar 4.000 duren eer al het ijs van de Zuidpool verdwenen zou zijn. Het is nog lang niet zo ver. Antarctica smelt nauwelijks: de gemiddelde temperatuur aan de kust (behalve op het Antarctisch schiereiland) is zelfs in de zomer nog altijd 10 graden onder nul. De ijskap van Antarctica vermindert doordat het ijs aan de randen van het continent afkalft en wegdrijft in de vorm van ijsbergen. En... er zijn aanwijzingen dat de gletsjers van Antarctica in de laatste decen-

nia sneller zijn gaan stromen en meer ijs naar zee afvoeren. Glaciologen (ook uit België) proberen te berekenen hoeveel ijs er zo verloren gaat en hoe snel het peil van de zeespiegel gaat stijgen.

Maar... er gaat niet alleen ijs verloren. Er komt ook ijs bij! Door de opwarming van de zuidelijke oceanen komt er namelijk meer vocht in de lucht. En die vochtige lucht brengt meer sneeuw dan vroeger naar het Zuidpoolcontinent. Maar hoeveel sneeuw valt er in Antarctica, en is die verhoogde aanvoer voldoende om het afkalven van het ijs te compenseren?



Stijgt de zeespiegel en zo ja, hoe snel? Met die vragen zijn de wetenschappers nog lang niet klaar.

De KU-Leuven (professor Nicole Van Lipzig) stuurde een jonge onderzoekster naar Antarctica om gegevens te verzamelen over de wolken die de vochtige, sneeuwbeladen lucht naar het Zuidpoolcontinent voeren.

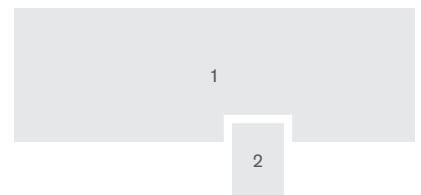
Irina Gorodetskaya:

Ik werkte aan het Laboratoire de Glaciologie van Grenoble, in Frankrijk, toen ik via een Nederlandse gastdocent hoorde van het project

van Nicole Van Lipzig. Het was precies waar ik ook mee worstelde. Ik werkte op de wiskundige modellen van atmosferische interactie die ook gebruikt werden in de rapporten van het IPCC. Er waren dringend metingen nodig om die modellen te valideren. Er was veel discussie ontstaan over de wisselwerking tussen zeeijs en wolkenvorming in het Noordpoolgebied. Uit recente observaties op het terrein bleek dat helemaal niet te kloppen met wat de modellen voorspelden. Om het wiskundige model te checken voor Antarctica beschikte ik slechts over de data van twee observatiestations: het Frans-Italiaanse Dome-C op het hoogplateau en de Amerikaanse basis Amundsen-Scott op de Zuidpool zelf. Het voorstel van de KU-Leuven om wolken te gaan meten nabij het Prinses Elisabethstation was een buitenkans!

Wat vond je van de Prinses Elisabethbasis?

Indrukwekkend! We kwamen er aan in februari 2009. Het is een uniek concept. De aerodynamische vorm van het ontwerp is erg markant. Ook de inplanting op het terrein is goed doordacht. Het is ook een speciale plek, erg mooi. Het was een plezier om daar te werken. Voor



- 1 Tentenkamp te Utsteinen.
- 2 Irina Gorodetskaya bij de ceilometer en andere instrumenten op het dak van het station.



ons onderzoek ligt de Belgische basis op een ideale plek: niet aan de kust en ook niet op het hoogplateau. Utsteinen ligt aan de voet van het Sør Rondane-gebergte.

We willen inzicht krijgen in de mechanismen die de neerslag bepalen. Hoeveel sneeuw valt er in de streek? Hoeveel accumulatie of ophoping kunnen we meten, met hoeveel centimeter neemt de dikte van de sneeuwlaag toe? In Antarctica valt er sneeuw als het stormt. Die stormen worden veroorzaakt door cyclonen die rond het Zuidpoolcontinent cirkelen en die het binnenland binnendringen. De Prinses Elisabethbasis ligt vlak bij een zone met erg veel cyclonale activiteit. De cyclonen trekken niet over het continent, maar hun invloed laat zich wel een eind in het binnenland voelen. De basis ligt precies in de zone waar de warme vochtige lucht van de kust binnendringt. Bovendien zitten we aan de rand van het gebergte. Door het reliëf wordt de lucht gedwongen om sterk te stijgen. Als je vanaf de kust naar het Prinses Elisabethstation gaat, gaat het bergop in de eerste 110 km, daarna is het bijna vlak en bij het station gaat het plots steil omhoog. Hier krijg je neerslag omdat de lucht wordt gedwongen om te stijgen, hij koelt af, en kan het vocht dat hij van boven de oceaan heeft meegebracht niet meer vasthouden: het



sneeuwt. Deze streek, vanaf ongeveer 100 km van de kust is de zone met de hoogste neerslag in heel Antarctica (buiten het Antarctisch schiereiland).

Aan de andere zijde zijn we door de bergen afgeschermd van de katabatische winden, de koude valwinden die vanaf het hoogplateau naar beneden razen. Het zijn erg krachtige winden: gemiddeld 20 meter per seconde op jaarbasis. Dat is enorm. Het zijn die katabatische winden die leven en werken op Antarctica vaak zo moeilijk maken. Maar op de Prinses Elisabethbasis hadden we daar dus geen last van. Als de wind van het hoogplateau komt is hij koud en zwaar en blijft hij dicht bij de oppervlakte. De bergen stoppen hem af. De luchtcirculatie vanaf de kust vult de hele troposfeer, blijft niet bij de oppervlakte en wordt dus niet gestopt door de bergen. Op de Prinses Elisabethbasis is de invloed van



de katabatische winden relatief klein en daarom kunnen we ons concentreren op de invloed van de cyclonale winden die toestromen vanaf de kust. Een uitstekende plek om inzicht te krijgen in de neerslagpatronen.

Je hebt een automatisch weerstation geïnstalleerd bij de basis.

Ja, we installeerden het weerstation in februari 2009. Het geeft ons uurgemiddelden van basische weerparameters (temperatuur, vochtigheid, wind) maar ook stralingsfluxen (zonne-straling die de oppervlakte bereikt en wordt teruggekaatst, evenals straling uitgezonden door het sneeuwoppervlak en de atmosfeer), veranderingen in sneeuwhoogte en het sneeuwtemperatuurprofiel. We hebben al deze metingen nodig om de processen te begrijpen die

gerelateerd zijn aan de oppervlakte massa- en energiebalans.

We hadden ook twee instrumenten om wolken te meten. Het eerste noemen we de ceilometer. Het is een soort laser waarmee we de hoogte van het wolkendek meten. Een lasersignaal wordt teruggekaatst door kleine deeltjes in de wolken, druppeltjes, ijskristallen, of sneeuwvlokken ... We kunnen dus zien hoe de wolk is samengesteld. Een ander instrument is de infrarood pyrometer. Het instrument is passief. Het zendt niets uit, maar het meet de warmtestraling die door de atmosfeer wordt uitgezonden. Daarmee kennen we de temperatuur van de wolkenbasis.

Zo zagen we in de observatieperiode januari-februari 2010 vooral wolken op middelgrote hoogte: 3 tot 4 km. En we weten dat de tempe-

1

2

3

- 1 Het automatische weerstation bij Utsteinen.
- 2 Van links naar rechts: de ceilometer, de wolkenradar en de infrarood-pyrometer.
- 3 Het automatisch weerstation registreert naast temperatuur, luchtdruk, windsnelheid en -richting ook de sneeuwaccumulatie. Een sensor (rechts) meet de afstand tot de oppervlakte.

ratuur van die wolken gemiddeld $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ was. Dat is het soort informatie dat je met deze instrumenten kan verkrijgen.

Bij een storm werd het wolkendek lager. We kregen meer lage wolken van 500 meter tot 1 kilometer hoog. Die wolken kwamen enkel voor bij stormen. We konden exact voorspellen dat er een storm in aantocht was als we lage wolken zagen. We weten ook van waarnemingen op andere stations dat er een direct verband is. De lage wolken zijn ook veel warmer: de gemiddelde temperatuur ging flink omhoog van -35 tot -5°C . Dat is de hoogste wolkentemperatuur die we gemeten hebben. De laaghangende warme wolken vertonen ook een broeikas-effect: ze absorberen de warmtestraling uitgezonden door de aarde en zenden die op hun beurt weer terug naar de bodem. We konden het effect meteen aflezen van het automatisch weerstation dat de stralingsflux meet: tijdens de storm was er een toename van de warmtestraling die naar beneden toe wordt uitgezonden door de atmosfeer.

Zulk een storm laat zich voelen in de hele luchtkolom in de troposfeer. In een koude periode koelt de bodem sterk af. Aan de grond is de temperatuur lager dan in de hogere luchtlagen. Dat noemen we inversie. Er is geen uitwisseling van energie tussen de verschillende luchtlagen. Het oppervlak is geïsoleerd van de atmosfeer. Dat is typisch voor koude perioden op Antarctica. Maar een storm gooit alles door elkaar. De temperatuur gaat omhoog. De turbulentie wordt niet meer onderdrukt. De luchtlagen raken gemengd en de inversie verdwijnt. De temperatuur nabij het oppervlak stijgt snel met 20 of 30 graden en er valt sneeuw.

We hadden ook wel sneeuw in de koude perioden op de Prinses Elisabethbasis, maar dan ging het om redistributie of



hervreiding. Het is een typisch fenomeen van sneeuwdrift: er valt geen verse sneeuw, maar sneeuw die door de wind werd verplaatst. Enkel bij storm valt er verse sneeuw.

Hebben jullie onverwachte dingen vastgesteld?

Toch wel. We hadden helemaal geen gegevens voor dit gebied. Het is een strook van meer dan 1.000 km in Antarctica waar tot voor kort helemaal geen metingen werden verricht. Tussen het Japanse station Syowa en het Russische Novolazarevskaya hadden we niets. We hebben voor dit gebied geen goed inzicht in de processen van sneeuwaccumulatie. We weten dat hier de meeste sneeuw wordt aangevoerd door de cyclonen van over zee en toch is er geen grote sneeuwaccumulatie te zien. Waarom is dat zo? Het blijft voorlopig een raadsel. In deze regio is er een grote spreiding tussen de sneeuwaccumulatie die de verschillende modellen berekenen. We weten gewoon niet welk model correct is omdat we over onvoldoende waarnemingen beschikken.

We beschikken nu over meteorologische

gegevens van twee jaar op de Prinses Elisabethbasis en we zien dat de sneeuwaccumulatie drastisch verschilt tussen het eerste en het tweede jaar! Tijdens het eerste jaar van observaties kwam er 70 cm sneeuw bij. Het tweede jaar bijna niets. Wat kunnen we leren uit de metingen van temperatuur, windsnelheid, vochtigheid, wolkenhoogte en dergelijke? Het blijkt dat er gedurende het eerste jaar veel meer stormen voorkwamen, met hogere windsnelheden en meer sneeuwtoename tijdens de storm. Tijdens het tweede jaar waren er minder stormen met gemiddeld lagere windsnelheden. We zagen ook dat de sneeuw die viel tijdens de storm achteraf door de wind werd weggeblazen. Waarschijnlijk verdween er ook een deel door sublimatie: de sneeuw kan verdampen zonder te smelten.

We kijken nu in spanning uit naar wat er gaat gebeuren in het derde jaar van observaties. Ik ben nu bezig met de analyses van de stormen van 2009: wat waren de kenmerken van die stormen die de ongewone toename van sneeuw teweeg gebracht hebben? We weten dat in de rest van dit gebied in Oost-Antarctica, in heel Dronning Maudland, de sneeuwval dat jaar normaal was. Ik zou graag begrijpen wat er nu specifiek was in de streek rond Utstei-

nen en hoe dat past in het wiskundig model. Het wordt heel interessant om te zien of we in het jaar 2011 meer dan gemiddelde sneeuwaccumulatie krijgen en of we meer cyclonale activiteit krijgen door de wereldwijde opwarming van het klimaat.

Wat is het effect van klimaatopwarming op dit systeem?

Sinds het laatste rapport van het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zijn er publicaties verschenen waaruit blijkt dat de toename van neerslag op Antarctica sterk verband houdt met de toestand van het zeeijs. Minder zeeijs betekent meer open water en meer vocht in de lucht. Met de toename van de gemiddelde temperaturen zou er meer waterdamp beschikbaar zijn die kan zorgen voor meer neerslag op Antarctica, op voorwaarde dat er cyclonen zijn die de vochtige lucht naar het continent voeren. Of er ook meer cyclonen zijn kunnen we niet met zekerheid zeggen.

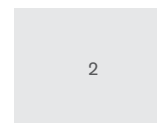
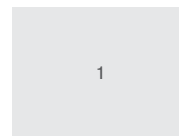
Heeft het Internationaal Pooljaar iets opgeleverd voor de klimatologie in de poolgebieden?

Er is een grote inspanning geleverd om de bestaande kennis te verzamelen en te delen met anderen. En dat is een goede zaak. Ook de data van vroegere expedities. In het verleden gebeurde het al te vaak dat elk land op eigen houtje aan onderzoek deed. Er zijn tal van Russische expedities geweest met fantastische resultaten, maar ja... Er zijn niet veel nieuwe onderzoeksprojecten opgestart. Er zijn ook enkele projecten afgeblazen en dat had vermoedelijk met de financiële crisis te maken. Maar een belangrijke doelstelling van het IPY, de internationale samenwerking en de uitwisseling van data is wel een succes geworden.



Krijgen jullie het hele jaar door meetgegevens van het Station of enkel in het Antarctische zomerseizoen?

Het is de bedoeling dat we winter en zomer gegevens kunnen monitoren van het Station, ook als het station niet bemand is. De meteorologische gegevens van het automatische weerstation worden sinds de installatie in 2009 onafgebroken doorgestuurd naar België via een ARGOS-satellietbaken. Bijna in real time, amper zes uur na de meting krijgen we de cijfers binnen op ons computerscherm. We kunnen deze dus analyseren en monitoren van op afstand. Als we in het Antarctische zomerseizoen op de basis aankomen dan kunnen we ook de data ophalen die in het geheugen van het automatische weerstation zijn opgeslagen ter controle.



1 GPS metingen in het veld.
2 Ijskristallen

We hadden helemaal geen gegevens voor dit gebied. Het is een strook van meer dan 1.000 km in Antarctica waar tot voor kort helemaal geen metingen werden verricht. We weten dat hier de meeste sneeuw wordt aangevoerd door de cyclonen van over zee en toch is er geen grote sneeuwaccumulatie te zien. Waarom is dat zo? Het blijft voorlopig een raadsel.



De wolkeninstrumenten zouden ook continu gegevens moeten doorstralen, maar die hebben geen eigen batterij. Ze zijn afhankelijk van de stroomtoevoer van de Prinses Elisabethbasis. Misschien zijn we daar wat te snel willen gaan: we wilden er bij zijn vanaf het eerste jaar dat het station operationeel was. Maar een experimentele poolbasis als deze, die op hernieuwbare energie moet draaien staat natuurlijk niet dadelijk op punt. Het stroomnet was nog niet gebruiksklaar. In de Antarctische zomer van 2010 hebben we volop waarnemingen kunnen doen met de wolkeninstrumenten en met de neerslagradar die we hadden meegebracht.

Ik had alles klaargezet om alle gegevens tijdens de winter, als de basis onbemand is, via een laptop door te sturen. Ik kon van op mijn bureau in Leuven, via de server, alle instrumenten controleren, data downloaden en metingen doen. Alles werkte prima... tot ergens in maart de stroom uitviel.

Een panne?

Neen. Een windstilte. De Prinses Elisabethbasis is een zero-emissie station. We zijn afhankelijk van de natuur om aan energie te komen. In de winter is er geen zon, dus geen fotovoltaï-

sche stroom, en als er dan een week of zo geen wind waait, dus geen energie van de windgeneratoren, kunnen de batterijen uitgeput raken. Normaal moeten de generatoren het dan overnemen, maar dat is niet gebeurd, door een technisch defect. Het stroomnet is in veiligheidsmodus gegaan en dat betekent dat de eerste ploeg die voor het nieuwe seizoen op Antarctica zal landen het stroomnet met de hand zal moeten opstarten.

Was je erg teleurgesteld?

We wilden natuurlijk zo veel mogelijk gegevens van zo veel mogelijk stormen. De voorbije winter hebben we er maar twee kunnen meten. Maar als je in extreme omstandigheden werkt, in een onherbergzaam gebied als Antarctica, dan mag je niet verwachten dat alles van meet af aan perfect loopt. Wij, wetenschappers, hebben ook moeten zoeken en proberen om onze instrumenten af te stellen en ons programma te realiseren, net zoals de stationsbeheerder en zijn staf duizend en één problemen moesten oplossen. We zitten samen in hetzelfde avontuur. Daarom is het zo belangrijk dat we werken als een team en open met elkaar communiceren, zo dat iedereen voor zijn project de juiste beslissingen kan nemen.



De ijskap van Antarctica bevat 90 % van de zoetwater voorraad van de planeet.



Conclusie door Nicole Van Lipzig

Het IPY heeft een belangrijke impuls gegeven aan het klimaatonderzoek in Antarctica. Het 'klassieke' verhaal is dat de lucht meer waterdamp kan bevatten als het warmer wordt en dat er daardoor meer sneeuw zal vallen in Antarctica in een warmere wereld. Recente studies laten echter zien dat de verwachte toename van sneeuwval tot op heden uitblijft ondanks een opwarming van de atmosfeer. Ook zien we een zeer grote variatie van maand-tot-maand in de totale sneeuwval in Antarctica (verschillen kunnen oplopen tot maar liefst 25%). Dit alles duidt erop dat niet alleen de temperatuur, maar meer nog de luchtstromingen uitermate belangrijk zijn voor de hoeveelheid sneeuw die op Antarctica valt. Dit is geen goed nieuws: omdat de toename in sneeuwval uitblijft ziet het er naar uit dat de Antarctische ijskappen massa beginnen te verliezen door een toename van ijsafkalving aan de rand. Hier is echter nog een discussie gaande tussen de groepen die met satellietwaarnemingen werken, dus helemaal duidelijk is het nog niet. Het is belangrijk dat we de processen onderzoeken die de relatie tussen luchtstroming, wolkvorming en sneeuwval leggen om op die manier beter inzicht te krijgen in de werking van het systeem. Enkel op die manier kunnen we modellen verbeteren en onze klimaatprojecties voor de toekomst verfijnen. Met ons observatorium willen we hieraan bijdragen.

Omdat de toename in sneeuwval uitblijft ziet het er naar uit dat de Antarctische ijskap massa begint te verliezen door een toename van ijsafkalving aan de rand.



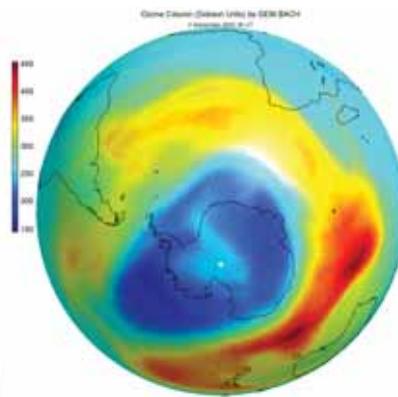
Noord- en Zuidpool

Er zijn twee polen: de Noordpool of Arctica en de Zuidpool of Antarctica. De woorden 'arctica' en 'antarctica' zijn afkomstig van het Grieks: arctisch betekend 'beer' en antarctisch betekend 'tegenover de beer'. De Grieken benoemden het sterrenbeeld boven de Noordpool 'beer'.

Beide polen hebben gelijkenissen, maar ook heel erge verschillen. Het zijn beiden uitgestrekte witte vlaktes. De Zuidpool is echter een continent bedolven onder ijs, terwijl de Noordpool een stuk bevroren oceaen is. Van al het ijs op de wereld ligt 90% op Antarctica. De gemiddelde dikte van de ijskap bedraagt er ongeveer 2,5 km, terwijl de ijsdikte op de Noordpool 'slechts' 1 tot 4 meter bedraagt. Op de Noordpool komen geen pinguins voor; op de Zuidpool geen ijsberen.



GEM-BACH en de voorspelling van het 'chemische' weer

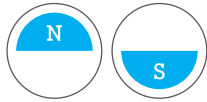


Ozon kolom (Dobson eenheden)
door GEM-BACH
2 september 2003, 6h UT

Het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA), in samenwerking met het ministerie van Leemilieu in Canada ('Environnement Canada'), heeft dankzij het Internationaal Pooljaar een weervoorspellingssysteem ontwikkeld met daarin de chemische samenstelling van de atmosfeer. De onderzoekers waren vooral geïnteresseerd in de volgende twee chemische verbindingen: stratosferisch ozon en stikstofoxide.

Ons aandeel in het project bestond uit de integratie van het chemische onderzoeksmodel BASCOE in het Canadese weersvoorspellingssysteem GEM, zegt Simon Chabrilat van het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie. Op die manier ontstond het geïntegreerde project GEM-BACH, dat in het kader van het Internationaal Pooljaar tussen 2007 en 2009 voorspellingen heeft gegenereerd van de dynamische en chemische toestand van de stratosfeer (in het bijzonder de polaire). Die resultaten werden met succes vergeleken met terreinwaarnemingen van de zomer 2007 aan het Eureka station te Nunavut (Canada).

Sinds het Internationaal Pooljaar is dit globaal model operationeel. Het werd geïnstalleerd in het BIRA en draait er dankzij de supercomputer van de Pool Ruimte in Ukkel. Belgische onderzoekers kunnen dankzij dit onderzoeksmiddel de chemische samenstelling van de stratosfeer op mondiale schaal in de gaten houden, met een zeer hoge resolutie en bijna in real time (project BACCHUS).



Puzzelen met de polen

De IPF (International Polar Foundation) heeft in opdracht van de Federale Overheid het Prinses Elisabethstation ontworpen en gebouwd op Antarctica. De constructie begon in november 2007 en op 14 februari 2009 werd de basis plechtig ingehuldigd.



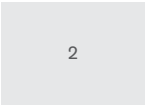
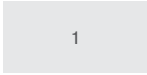
De bouw van het Prinses Elisabethstation was een enorme prestatie. En hoewel dit nieuwe onderzoeksstation strikt genomen geen wetenschappelijk project mag genoemd worden, is het Prinses Elisabethstation de meest tastbare bijdrage van ons land aan het Internationaal Pooljaar. Vooral de radicale keuze voor hernieuwbare energie, voor een basis die zou functioneren zonder CO₂-uitstoot, heeft internationaal veel belangstelling gewekt. De Belgische basis wordt algemeen gezien als een voorbeeld voor de toekomst.

Voor de IPF is het Prinses Elisabethstation een uitstalraam. Een demonstratie van duurzame technologie. Als men met wind- en zonne-energie kan overleven in het meest barre klimaat op

aarde, dan kan het immers overal. De IPF is een stichting van openbaar nut die zich tot doel stelt om de complexiteit van de klimaatverandering op een bevattelijke manier over te brengen naar het brede publiek. De rol van de poolgebieden en het polair wetenschappelijk onderzoek krijgt hierin een bijzondere plaats. De IPF is ervan overtuigd dat individuen, organisaties en bedrijven door bewustmaking geholpen worden in hun keuze voor een verantwoorde duurzame leefwijze.

Sandra Vanhove is hoofdverantwoordelijke van het educatieve team van de IPF:

Sinds de inhuldiging van het voorgemonteerde Prinses Elisabethstation in Tour S Taxis in de zomer van 2007 worden we overstelp met



1 Het Noordpoolgebied in puzzelstukjes.
2 Sandra Vanhove (IPF) met puzzelende jongeren.

concrete vragen van scholen, beleidskringen en de pers. De belangstelling voor de polen en het onderzoek dat er plaatsvindt is enorm. Om aan de vraag te voldoen zijn we gaan rondtrekken met driedimensionale poolpuzzels. Het gaat om 2 modellen van ongeveer 1 meter diameter, eentje van de Noordpool en eentje van de Zuidpool die je helemaal uit elkaar kan halen. De bedoeling is om het onderscheid duidelijk te maken tussen het Noord- en Zuidpoolgebied, het zeeijs en de ijskap; je ziet het onderliggende continent van Antarctica, de bergen die boven de ijskap uitsteken en de oceaan onder het pakijns van de Noordpool. Je kan ook de toekomstvoorspellende modellen op de poolpuzzels toepassen om de gevolgen van de klimaatopwarming te zien. (http://www.educapoles.org/nl/project_detail_poolpuzzel).



In aansluiting met de poolpuzzels hebben we hier in Anderlecht, in de lokalen van de IPF de Class Zero Emission gestart, met steun van Vlaamse en Franstalige ministers van onderwijs. Het is een interactieve animatie voor jongeren tussen 10 en 18 jaar waarbij voelen, spelen, onderzoeken en discussie centraal staan. Door zelfstandig te experimenteren, leren de studen-

ten over het interdisciplinaire karakter van het pool- en klimaatonderzoek en worden ze aangeemoedigd om na te denken over de brede context van een koolstofarme samenleving. Ook studenten van de leerkrachtenopleidingen krijgen een animatie op maat. En leerkrachten kunnen zich bijvormen tijdens gerichte workshops. (http://www.educapoles.org/nl/projects/project_detail_klas_zero_emissie/)

De IPF was ook officiële partner van het DAMOCLES-project (Developing Arctic Modelling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies). Het is een 4-jarig Europees onderzoeksproject dat de interactie onderzoekt tussen het pakijns, de zee en de atmosfeer in het Noordpoolgebied. Er zijn meer dan 200 wetenschappers uit 11 verschillende landen bij betrokken.

De IPF zorgde voor de outreach, de communicatie naar het grote publiek. Daartoe werd er een reizende tentoonstelling opgezet die gelanceerd werd in België en daarna te zien was in verschillende Europese landen, in Bulgarije, Luxemburg, Italië en Frankrijk.

De IPF was ook betrokken bij tal van andere projecten tijdens het Internationale Pooljaar.



- 1 Een workshop voor leerkrachten tijdens het IPY-congres in Oslo.
- 2 Hoe verklaar je de werking van het albedo-effect?

1

2



www.educapoles.org

Ze produceerde de enige officiële IPY documentaire 'Beyond the Poles' voor de World Meteorological Organization (WMO) en de International Council for Science (ICSU).

Hierin worden enkele polaire onderzoeksprojecten toegelicht.

Een IPF-medewerker, Jean de Pomereu, nam deel aan een Poolexpeditie (Chinare) aan boord van de Chinese ijsbreker Xue-Long, en deed daar verslag over op de IPF website Science-Poles.

De IPF droeg bij tot een online interactie voor scholen van over de hele wereld, Polar Weeks, in de aanloop van de IPY slotconferentie in Oslo in 2010 en de publicatie van het Polar Resource Book, een bundeling van klasactiviteiten en educatieve initiatieven over de polen, bestemd voor belangstellenden binnen en buiten het onderwijs.

Het Internationaal Pooljaar werd afgesloten met een grote wetenschappelijke conferentie in de Noorse hoofdstad Oslo van 6 tot 12 juni 2010 waaraan meer dan 1000 wetenschappers deelnamen uit 60 verschillende landen. Naast de multidisciplinaire sessies waarin verslag werd gedaan van de resultaten van het Pooljaar en de impact van de veranderingen die aan de gang zijn in de poolgebieden werden er ook parallelle educatieve sessies georganiseerd. Sandra Vanhove zetelde namens de IPF in het stuurcomité dat verantwoordelijk was voor het outreach- en educatieprogramma.

We organiseerden zes sessies telkens met een eigen thema gericht op de klas, het grote publiek, musea, de media...enzovoort. Daarnaast waren er ook 4 thematische workshops met experimenten en lezingen speciaal voor leerkrachten. We hadden 120 leraren uitgenodigd in Oslo. Er waren veel meer kandidaten, maar we konden slechts 120 mensen reis- en verblijf aanbieden. We hebben streng moeten selecteren. Er waren 3 Belgen bij. In ruil voor de gratis deelname aan de conferentie hebben de leerkrachten op hun beurt verteld hoe zij in hun klas de polen en de klimaatproblematiek aanpakken.

Nu de Prinses Elisabethbasis er staat wil de Poolstichting ook werk maken van een nieuw groot project, het Polaris Climate Change Observatory. Het wordt een grote permanente tentoonstelling op verschillende plaatsen in de wereld die het grote publiek moet bewust maken van de rol van de polen, evenals de oorzaken en gevolgen van klimaatverandering.



ANDEEP : Verbazingwekkende visvangst in het diepst van de zeeën en oceanen rond Antarctica

Het ANDEEP-project (ANtarctic benthic DEEP-sea biodiversity: colonisation history and recent community patterns) is een onderdeel van CAML (een internationaal project dat het Antarctische mariene leven in kaart brengt) en van het Internationaal Pooljaar, ook al loopt het project sinds 2002. Aan dit project, met als doel de verkenning van de grote diepten van de oceanen rond Antarctica, hebben tal van Belgische onderzoekers meegewerkt. (C. De Broyer, B. Danis, P. Dauby, P. Martin, F. Nyssen, H. Robert van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en A. Vanreusel, I. De Mesel, K. Guilini, J. Ingels van de Universiteit Gent)

Diepzeedonderzoek is boeiend, maar ook erg duur, aldus Claude De Broyer. Daarom kwam het project traag op gang. Dankzij het Alfred Wegener Instituut in Duitsland werden uiteindelijk toch vier diepzeecampagnes uitgevoerd met de Polarstern, hun oceanografisch onderzoeksschip. De laatste campagne – ANDEEP-SYSTCO – gebeurde in de Antarctische zomer van 2007-2008. Elke zending duurde tien weken, waarbij de uitgestrekte oceaanbodems gesondeerd werden tot op een diepte van 5.600 meter. Er werd gewerkt in het Atlantische deel van de Zuidelijke Oceaan, de vertrouwde werkomgeving van de Polarstern.

Op het vlak van de biodiversiteit zijn de resultaten fantastisch, zegt de Belgische onderzoeker enthousiast. 90% van de soorten die we verzameld hebben zijn nooit

eerder ontdekt: er zijn enkele honderden nieuwe soorten boven water gekomen, vooral schelpdieren. Een Duits team van de Universiteit Hamburg, dat gespecialiseerd is in isopoden (pissebedden behoren bijvoorbeeld tot de isopoden), heeft 600 nieuwe soorten verzameld. Onze ploeg heeft 200 nieuwe soorten amphipoden ontdekt. Sommige daarvan hebben we al beschreven, andere moeten we nog verwerken. En het blijft niet bij deze diergroepen. We hebben ook sponzen, zeesterren en vissen ontdekt die nog een naam moeten krijgen. We wisten dat we nieuwe soorten gingen ontdekken, maar niet dat het er zo veel zouden zijn. Het is ongelooflijk!

De stalen zijn intussen verdeeld over de verschillende betrokken laboratoria. Het grootste deel van het onderzoek wordt

echter in Hamburg, Duitsland, uitgevoerd. De labs hebben nog jaren werk om elk specimen van deze verbazingwekkende visvangst te identificeren. Per type wordt eerst nagegaan of het reeds in de literatuur beschreven is. Vervolgens moet de nieuwe soort bestudeerd, vergeleken, beschreven, getekend, gefotografeerd... worden.

De morfologische beschrijving en het taxonomisch werk van deze nieuwe soorten, vormen de basis voor elk volgend wetenschappelijk werk, verduidelijkt De Broyer. Laten we ook niet vergeten dat dit fundamenteel werk tegenwoordig aangevuld wordt met andere soorten informatie, in het bijzonder met genetische gegevens.



Een overvloed aan cryptische soorten

Cryptische soorten lijken morfologisch identiek, maar zijn duidelijk te onderscheiden op genetisch vlak. Onderzoekers ontdekken de verschillen meestal na moleculaire testen (DNA-analyses). Ze moeten in zo'n situatie uitgebreider morfologisch onderzoek verrichten en ontdekken dan meestal minieme morfologische verschillen.

Cryptische soorten zijn geen uitzondering op Antarctica. Ze komen er zelfs buitengewoon vaak voor. Eén van de redenen, of beter één van de hypothesen hiervoor, moet worden gezocht in het cyclische verloop van de ijstijden. Door het steeds uitdijen en terugtrekken van de ijsmassa's boven het continentaal plat werden bepaalde populaties, die aanvankelijk overal rond Antarctica voorkwamen, van elkaar geïsoleerd. Hierdoor zijn deze populaties anders geëvolueerd (in de darwinistische betekenis van het woord) en hebben ze zich ontwikkeld tot nieuwe soorten.

Onderzoekers komen dit fenomeen almaar vaker tegen, vertelt Claude De Broyer. De soorten in de Rosszee zijn niet meer dezelfde als die van de Weddellzee. De moleculaire benadering heeft een revolutie teweeggebracht in onze kennis over de soortenrijkdom in dit deel van de wereld. Er zijn op dit ogenblik waarschijnlijk veel meer soorten dan we denken. Dankzij het Internationaal Pooljaar en de CAML zijn we ons bewust geworden van dit fenomeen, besluit hij.



Kan ijzer de wereld redden? De Zuidelijke IJszee als CO₂-pomp.

Tijdens het Internationale Pooljaar vertrok het Duitse onderzoeksschip Polarstern naar de Zuidelijke IJszee met vijftien ton ijzersulfaat aan boord voor een merkwaardig experiment. De wetenschappers aan boord wilden de oceaan 'bemesten' met ijzer om de algenbloei te bevorderen. Ze waren niet aan hun proefstuk toe: in de Antarctische zomer van 2003/2004 was er al een soortgelijk experiment geweest. Het idee is simpel: ijzer stimuleert algengroei. De algen aan de oppervlakte van de oceaan nemen CO₂ (koolstof) op uit de atmosfeer en voeren het af naar de diepzee. Hoe meer algenbloei, hoe meer broeikasgas wordt opgeborgen in zee. IJzer om de klimaatopwarming te bestrijden.

Het bemestingsexperiment was omstreden. Milieuorganisaties protesteerden zelfs bij de Duitse regering: was dat niet gevaarlijk om op grote schaal in te grijpen in de natuur? Maar de wetenschappers aan boord van de Polarstern kregen ten slotte toch groen licht om door te gaan met hun poging om de koolstofopname van de zuidelijke oceaan te verhogen.

Ook in ons land zijn wetenschappers erg vertrouwd met die bemestingsexperimenten. Professor Frank Dehairs van de Vrije Universiteit Brussel was al in 2004 betrokken bij fertilisatieproeven aan boord van de Polarstern.

Frank Dehairs:

Onze groep heeft een bescheiden rol gespeeld in dat experiment. We hebben een techniek ontwikkeld om de afvoer van koolstof naar de diepzee te meten en onze expertise was dus zeer welkom aan boord.

De Zuidelijke Oceaan is een belangrijke speler in de regeling van het klimaat door de biologische koolstofpomp. De oceaan bevat ongeveer 65 keer meer CO₂ dan de atmosfeer. Dat is enorm. Je kan dat nog een beetje doen toenemen, maar er is wel een limiet.

Hoe werkt het systeem? Het plantaardige leven aan de oppervlakte, het fytoplankton, fixeert koolstof uit de lucht tijdens het fotosyntheseproces. In één liter water is dat een minieme hoeveelheid, maar als je dat omrekent naar al die miljoenen kubieke kilometers water is dat gigantisch veel natuurlijk. Wij houden ons bezig met de vraag wát er gebeurt met die koolstof die door de biomassa wordt opgenomen. Het wordt gedeeltelijk opgenomen in de voedselketen, een ander deel zinkt weg naar de diepzee.

Je moet je de oceaan voorstellen als een grote watermassa waarin voortdurend een regen van organische deeltjes naar beneden dwar-



Wetenschappers aan boord van het Franse onderzoeksschip Marion Dufresne II.

relt. Slechts een kleine fractie daarvan komt uiteindelijk in het sediment terecht, terwijl het merendeel door bacteriën verademd wordt en opnieuw vrijkomt als CO_2 . Wij onderzoeken wat de sturende factoren zijn, hoeveel koolstof wordt opgeslagen in de diepzee en hoe dat varieert tussen verschillende oceanische gebieden.

Voor zijn groei heeft het fytoplankton niet enkel licht, koolstof, stikstof en fosfor nodig...maar ook een aantal sporenelementen waaronder vooral ijzer. En daar zit de knoop: aan land komt ijzer veelvuldig voor. Het is een van de meest voorkomende elementen op aarde. Maar in zee is er erg weinig van.

Daar probeert men wat aan te doen door die zogenaamde fertilisatie of aanrijkingsexperimenten.

Hoe komt er op natuurlijke wijze ijzer in de oceaan?

Stof! Via erosie van de continenten. Via de lucht. Maar het kan ook in de andere richting gaan: resuspensie en diffusie van ijzerrijke deeltjes vanaf de zeebodem.

Het probleem is dat ijzer bijna niet oplosbaar is. Het komt voor in uiterst minieme concentraties. Opgelost ijzer oxideert gemakkelijk en slaat neer onder de vorm van ijzerhydroxides die niet beschikbaar zijn voor de algen.

Fertiliseren lijkt dus een goed idee?

Opgepast. Nu komen we op glad ijs. Als je ijzer toevoegt dan hoop je op een toename van de biomassa door een verhoogde activiteit in het plankton. Maar de belangrijke vraag is uiteindelijk: wat gebeurt er met die biomassa? Als die niet wegzinkt naar de bodem van de oceaan, dan heb je niets gewonnen. Wat aan de oppervlakte blijft wordt immers opnieuw afgebroken door bacteriën en wordt verademd: de CO_2 ontsnapt terug naar de atmosfeer en alle inspanningen zijn nutteloos geweest. De CO_2 die je hebt opgenomen is een paar weken later terug vrijgegeven. Maar als je de CO_2 kan opslaan in biomassa die je vervolgens heel diep in de oceaan krijgt, dan ben je goed bezig. Dan zijn die broeikasgassen voor een paar eeuwen veilig opgeborgen. Dat is de bedoeling van die fertilisatie-experimenten.

De Zuidelijke Oceaan is een belangrijke speler in de regeling van het klimaat door de biologische koolstofpomp. De oceaan bevat ongeveer 65 keer meer CO_2 dan de atmosfeer. Dat is enorm. Je kan dat nog een beetje doen toenemen, maar er is wel een limiet.



Veiligheidssoefening: Frank Dehairs helpt een collega in haar zwemvest.



Als je de CO₂ kan opslaan in biomassa die je vervolgens heel diep in de oceaan krijgt, dan ben je goed bezig. Dan zijn die broeikasgassen voor een paar eeuwen veilig opgeborgen. Dat is de bedoeling van die fertilisatie-experimenten

Is het ook gelukt?

Als je ijzer uitstrooit over de oceaan gaat het plankton harder groeien. Dat zie je duidelijk. Je moet wel beseffen dat het grootste deel van dat ijzer gewoon neerslaat en niet beschikbaar is voor de plantengroei. Maar de kleine fractie die oplost in het water heeft wel degelijk een stimulerend effect. In de Zuidelijke Oceaan vertegenwoordigen Diatomeeën of kiezelwieren een belangrijke component van het fytoplankton. Deze algen hebben een silicium oxide skelet en fixeren natuurlijk koolstof tijdens het fotosynthese proces. Door simultaan de evolutie van de concentratie aan opgelost silicium en de isotopische samenstelling van het silicium na te gaan heeft een van onze onderzoekers duidelijk aangetoond dat diatomeeën verantwoordelijk waren voor het waargenomen silicium verbruik en de daaraan gekoppelde koolstofopname, en dit als direct gevolg van de fertilisatie met ijzer. De biomassa neemt dus toe dankzij het toegevoegde ijzer, maar wat gebeurt er daarna? Hoeveel koolstof zal er naar de bodem zinken?

Dat bestuderen wij via een methode berustend op het meten van de thorium 234 activiteit. Thorium is een natuurlijk radioactief element dat zich zeer gemakkelijk vasthecht aan kleine deeltjes die in het water rondzweven, ook deeltjes van biologische oorsprong. Als die deeltjes naar

de diepzee zinken, nemen ze het thorium mee. Bijgevolg is er in de oppervlaktewateren minder thorium dan voorheen. In normale toestand is het thorium netjes in evenwicht met zijn ouderisotoop uranium 238, in dit in een verhouding 1 op 1. Als de thorium/uranium verhouding kleiner dan 1 wordt dan weet je dat er materiaal afgevoerd werd naar de diepzee. We meten dat, en daar we de ook de verhouding kennen tussen koolstof en thorium in de zinkende deeltjes, kunnen we ook deze koolstofflux naar de diepzee berekenen.

Bij het fertilisatie-experiment aan boord van de Polarstern hebben we vastgesteld dat gedurende een 30 tal dagen na uitstrooiing van het ijzer de biomassa aanzienlijk toenam. Dit werd gevolgd door een sterke toename van de koolstofflux naar de diepzee. De biomassa bouwde zich geleidelijk op en daarna zinkt ze snel naar de bodem. Op 5 of 6 dagen was alles weg.

Een succes dus?

Ja...! (lacht), wat niet betekent dat ik een voorstander ben van grootschalige fertilisatie. Als je een kostenbatenanalyse maakt zal je gauw merken dat het onzin is. Je zou nog kunnen uitrekenen hoeveel ton ijzer je nodig hebt om een ton koolstof naar de bodem te krijgen. Maar



je zou dat continu moeten volhouden met honderden schepen tegelijk die onafgebroken ijzer over zee rondstrooien, want het effect verdwijnt heel snel. Schepen die op hun beurt CO₂ uitstoten!

Dit is echt niet de manier om de klimaatopwarming te bestrijden, al zijn er groepen die dat promoten, omdat daar veel geld mee te verdienen valt natuurlijk. Maar men dient na te gaan wat de ecologische kost is. Je gaat een massa organisch materiaal naar de diepzee sturen, maar de oceaan heeft maar een beperkte hoeveelheid zuurstof in zich. Het is gewoon chemisch vastgelegd hoeveel zuurstof in water kan oplossen. Die zuurstof wordt weggehaald door de aanvoer en oxidatie van organisch koolstof naar de diepzee. Die diepe watermassa's hebben zowat duizend jaar nodig eer ze weer naar de oppervlakte komen om opnieuw zuurstof op te doen.

U bent echt wel sceptisch...

Ik vind dat gevaarlijk omdat je met enorm grootschalige ingrepen bezig bent zonder te weten wat de effecten zijn op langere termijn. Het experiment waar wij aan deelgenomen hebben was nog altijd zeer

beperkt. We hebben enkele tientallen tonnen uitgestrooid in een enorme draaikolk van zowat 100 km doormeter. Het schip is er een maand gebleven. Het effect verdwijnt snel. Dat is heel wat anders dan het fertiliseren van de hele Zuidelijke Oceaan. Het blijft natuurlijk wetenschappelijk interessant om te zien wat er gebeurt bij zo een ingreep, maar het is gevaarlijk om dat te extrapoleren naar industriële toepassingen.

En nu?

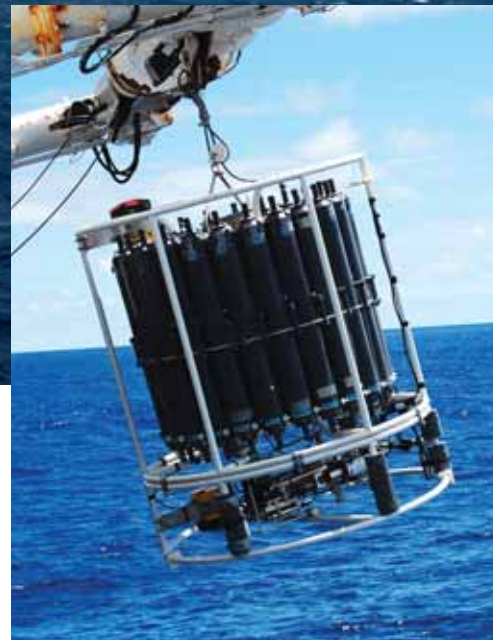
De fertilisatie-experimenten gaan nog altijd door, maar andere onderzoeksgroepen hebben hun aandacht gericht naar de plaatsen waar op natuurlijke wijze ijzer wordt ingebracht in het systeem. Dat zijn vooral de zones langs de subantarktische eilanden, omdat je daar ondiepe plaatsen hebt, plateaus die enkele honderden meters onder de oppervlakte liggen. Daar heb je natuurlijke fertilisatie door erosie van de eilanden of door resuspensie van sedimentdeeltjes door stromingen.

Er bestaan prachtige satellietbeelden van de Kerguelen archipel en Crozet eiland waar elke lente opnieuw de algen in bloei komen. Ze worden meegevoerd naar de

open oceaan. In de winter dooft de bloei uit en de volgende lente is hij er weer. Dat zijn de meest vruchtbare gebieden in de Zuidelijke Oceaan. De pinguïns weten dat ook. De aanwezigheid van plankton leidt tot een visbestand en daar komen de pinguïns op af. Satellietbeelden zijn erg interessant om een globaal overzicht te geven, maar om de eigenlijke processen te begrijpen moeten we de zee op. Als je iets te weten wil komen over de waterkolom op 1000 of 3000 meter diepte moet je met bemonsteringsapparatuur ter plaatse gaan. Maar de satelliet leert ons waar het schip naartoe moet.

Voor uw onderzoek bent u dus aangevozen op een plaats aan boord van een schip zoals de Polarstern?

Ja, maar we werken niet alleen samen met Duitsland. We hebben ook goede contacten met collega's uit Australië, Frankrijk, en de VS. Zonder internationale samenwerking is wetenschappelijk onderzoek onmogelijk. Maar het is geen eenrichtingsverkeer: andere landen zijn geïnteresseerd in onze specifieke expertise die noodzakelijk is voor de opbouw van het globaal beeld. Het is geven en krijgen.



1

2

3

4

- 1 Wetenschappers van de ULB in de Belgica-laboratoriumcontainer aan boord van het Australische onderzoeksschip Aurora Australis in 2007. Ze dragen speciale pakken om contaminatie van stalen te vermijden.
- 2 Zwaar weer in de Zuidelijke IJzee.
- 3 De Benthic lander wordt neergelaten: de plexiglasen buizen worden voorzichtig in de bodem geduwd om sedimentstalen op te halen.
- 4 CTD rosette sampler. Met dit systeem kunnen waterstalen worden genomen op geselecteerde dieptes.

In 2008, tijdens het Internationaal Pooljaar heb ik deelgenomen aan de BONUS- GoodHope expeditie aan boord van de Marion Dufresne II, van kaap Goede Hoop tot aan de Wedell Gyre, de grote wervelstroom ten zuiden van 58° Zuid. De bedoeling was om met een sterk team van fysici van de Université de Bretagne Occidentale en het Institut Européen de la Mer (Brest) te gaan kijken naar de return flow van de conveyor belt, de wereldwijde circulatie van warm oppervlaktewater en koud diepzeewater waarvan de Golfstroom een onderdeel is. Het diepzeewater dat van de Atlantische Oceaan naar de Indische en Stille Oceaan stroomt, komt terug als oppervlaktewater. Bij Kaap Goede Hoop heb je de befaamde Agulhasstroom waar het water opwelt met enorme wervelingen en kolken. Wat is de impact daarvan op de biogeochemie en in het bijzonder de fluxen van koolstof in de regio?

Zijn er al conclusies?

Toch wel. De zee ziet er overal hetzelfde uit, maar ze is helemaal niet homogeen. Er zijn grote zonale verschillen in de productiviteit en in de afvoer van koolstof. We beginnen nu een duidelijk plaatje te

zien: de plaats waar de meeste koolstof wordt opgenomen ligt tussen het sub-Antarctisch en het Polair Front, waar je een grote temperatuursprong hebt in het water.

Daar heb je over het algemeen een hoge productiviteit.

Daar draait de CO₂-pomp op volle toeren?

Ja, maar je mag niet denken dat de Zuidelijke Oceaan een bijzonder vruchtbaar gebied is. Dat is een fabeltje. Wij spreken van een HNLC-systeem: high nutrient, low chlorophyll. Een systeem met veel voedselaanbod, maar weinig bladgroen. Alle macro-elementen die het plantaardige plankton nodig heeft om te groeien zijn aanwezig: koolstof, fosfor, stikstof. Maar we treffen in verhouding veel te weinig bladgroen aan. Dat betekent dat het voedselaanbod niet gebruikt wordt. De reden is bekend: er ontbreekt ijzer, dat echter noodzakelijk is voor een hele reeks cellulaire processen.



Dus toch maar bemesten met ijzer?

Toch niet. Misschien zijn de arme, woestijnachtige gebieden proportioneel zelfs efficiënter in het afvoeren van koolstof naar de diepzee dan de voedselrijke gebieden! Bij Kerguelen hebben we gemerkt dat een overvloed aan nutriënten zorgt voor sloppy feeding: veel prooi zorgt voor veel afval. Cellen worden maar half vermalen tijdens het grazen door zoöplankton. Bacteriën maken gebruik van die opportuniteit en ontwikkelen zich sterk.

Fertilisatie-experimenten zijn een perturbatie of verstoring van het systeem. Je wijzigt één factor in het raderwerk. Je gooit een pak ijzer in zee maar het systeem heeft niet de tijd om zich aan te passen. Het fytoplankton zelf reageert fel: de cellen voelen de aanwezigheid van ijzer en er ontstaat een bloei. Maar de ontwikkeling van het zoöplankton en de bacteriën volgt niet met dezelfde snelheid. Vandaar dat die enorme afvoer van CO_2 vastgesteld kan worden tijdens artificiële fertilisaties. Ik ben er echter van overtuigd dat bij langdurige artificiële fertilisatie die lacunes in de voedselketen wel zouden worden ingevuld, en deze plasticiteit van de planktongemeenschap maakt dat op termijn de aanvankelijk hoge efficiëntie van de koolstofpomp zal afnemen. Deze aanpassingscapaciteit van het plankton dient te worden ingepast in de biogeochemische modellen. Maar uiteindelijk dienen we voor ogen te houden dat het CO_2 niet voor altijd opgeslagen blijft. Het systeem zal zich aanpassen.



VUB-wetenschappers interpreteren de eerste onderzoeksresultaten aan boord van de Aurora Australis: (van links naar rechts) Anne-Julie Cavagna, Stephanie Jacquet en Frank Dehairs.





Op de zuidpool werpt IceCube een nieuw licht op neutrino's



Het is een gigantisch instrument. De 86 kettingen en hun 5.160 fotomultipliers nemen een volume in van een kubieke kilometer, vandaar de naam: IceCube.

De bouw van de grote neutrinotelescoop op de Zuidpool is net afgerond (januari 2011). Het heeft zeven jaar geduurd om de zowat 5160 fotodetectoren in het ijs naast het Amerikaanse onderzoeksstation Amundsen-Scott te installeren. Het is de bedoeling dat dit buitengewone onderzoeksmiddel het... onzichtbare waarneemt. Zoals talrijke andere grote internationale projecten in de poolstreek kreeg ook deze telescoop het 'IPY'-kenmerk.

Het is een internationaal project geleid door de Universiteit van Wisconsin in Madison, in de Verenigde Staten, aldus Daniel Bertrand van het Interuniversitair Instituut voor Hoge Energie (ULB-VUB). Natuurkundigen van de universiteiten van Mons, Gent, de ULB en de VUB zijn al van in het begin betrokken bij het project. Door het project aan het Internationale Pooljaar te koppelen kwam de bouw in een stroomver-

snelling en kon het verzamelen van gegevens beginnen.

Nog een detail met betrekking tot dit project met een budget van 279 miljoen dollar en dat 260 onderzoekers uit 36 verschillende instellingen verenigt: de verantwoordelijke wetenschapper voor dit avontuur in de Verenigde Staten is een natuurkundige van... Belgische afkomst:



De laatste ketting van fotomultiplifiers van de neutrino-telescoop IceCube werd begin 2011 in het ijs van de Zuidpool gezonken, tot op een diepte van 2.450 meter.

prof. Francis Halzen! Hij behaalde zijn diploma natuurkunde aan de VUB en maakte, voordat hij ging werken aan de universiteit van Madison, carrière bij CERN in Genève.

Voor het IceCube-project werden in een ijskubus fotodetectoren geplaatst die het zwakke licht kunnen detecteren dat vrijkomt bij de botsing van een neutrino met een atoom. De fotomultiplifiers hebben de grootte van een voetbal en zijn in een reeks van zestig met elkaar verbonden. Ze bevinden zich op een diepte van 1.450 tot 2.450 meter onder het poolijs. De 86 kettingen en hun 5160 fotomultiplifiers nemen een volume in van een kubieke kilometer, vandaar de naam: IceCube.

Het is een gigantisch instrument, bevestigd Georges Kohlen, die gedurende twee zomerexpedities deelnam aan de bouw van de telescoop en als natuurkundige verbonden is aan de Université de Mons. Het is een menselijk, maar ook een technologisch avontuur. Om de kettingen van fotodetectoren in het ijs te kunnen laten zakken moesten we creatief zijn. Het werk werd gerealiseerd met behulp van water verwarmd tot 80 graden. Het eerste jaar is er maar één enkele ketting in het ijs neergelaten. In de daaropvolgende seizoenen ging het sneller.

Neutrino's zijn elementaire deeltjes die bijna niet interageren met materie. Ze ontstaan door nucleaire reacties en worden onder andere in sterren en supernova's gevormd. Sommige zijn zelfs ontstaan tijdens de Big Bang. Elke

seconde gaan er duizenden neutrino's door ons lichaam zonder dat we daar iets van merken. Nochtans kan er af en toe een reactie zijn met materie. Om die reacties te bestuderen, moeten de onderzoekers proberen de sporen te detecteren die het gevolg zijn van zo'n interactie. Daarom plaatsen ze hun fotodetectoren in een grote, vaste massa zoals het ijs van de Zuidpool. Dit heeft als bijkomend voordeel dat het ijs transparant is en op die diepte volledig in duisternis gehuld. Dit laatste is noodzakelijk om neutrino's te detecteren. Wanneer een neutrino in een interactie gaat, komt er een muon vrij. Dit is een geladen deeltje dat zich voortbeweegt door het ijs en daarbij een zwak licht produceert, de Cherenkov-straling. Het is dit lichtspoor die de doortocht van een neutrino verradert. Het traject van dit lichtspoor wordt dan gedetecteerd door de verschillende fotodetectoren, waardoor de onderzoekers het precieze traject en dus de herkomst van het deeltje kunnen reconstrueren.

De onderzoekers zijn enkel geïnteresseerd in neutrino's van kosmische oorsprong. Om te vermijden dat de gegevens geparasiteerd worden door andere neutrino-types, zoals deze van atmosferische oorsprong, kijken ze naar het centrum van de Aarde. Dit vormt een scherm dat de meeste andere deeltjes tegenhoudt. Enkel de lichtsporen die 'opstijgen' in de telescoop zijn dus voor de wetenschappers interessant, ook al zijn ze misschien niet allemaal afkomstig van 'kosmische' neutrino's.

Deze nieuwe telescoop heeft ondertussen al aangetoond wat hij kan. Zo zijn er al enkele interessante waarnemingen gebeurd. Ook hebben de onderzoekers ontdekt dat de maan een invloed uitoefent op hun gegevensflux. Wanneer de maan voorbij de telescoop komt, vormt ze een extra scherm voor de deeltjes en vangt IceCube nog minder signalen op, verduidelijkt Georges Kohlen.

IceCube zal minstens tien jaar actief blijven.

Glaciologen van de ULB waken over IceCube

De gigantische ijsmassa waarin de IceCube-telescoop ligt verzonken, is zeer stabiel. Toch hebben de glaciologen van de ULB van de gelegenheid gebruik gemaakt om tijdens de bouw van de telescoop samen met enkele reeksen fotodetectoren ook hellingmeters in de ijskap te laten zinken. Het doel: de vervormingen van het ijs in de loop der jaren meten, de druk in het ijs analyseren en de snelheid waarmee het ijs beweegt, beter begrijpen.





Microben uit de koude



1

2

1 Wetenschappers op verkenning in de wijde omgeving van de Belgische poolbasis: (van links naar rechts) Karolien Peeters, Cyrille d'Haese (CNRS, Parijs), Annick Wilmotte (ULg), René Robert (fotograaf/berggids), Steve Roberts (BAS, Cambridge).

2 Karolien Peeters op zoek naar nog onbekende soorten.

Karolien Peeters heeft haar doctoraatsthesis geschreven over bacteriën uit Antarctica. Ze onderzoekt ondermeer stalen die afkomstig zijn uit de omgeving van de Prinses Elisabethbasis. De stalen zijn in januari 2007 genomen door Damien Ertz, een bioloog van de Nationale Plantentuin in Meise, die in opdracht van BELSPO een verkennend onderzoek heeft verricht op de plek waar de nieuwe Belgische onderzoeksbasis zou worden gebouwd. Karolien is in 2009 ook zelf naar Antarctica geweest, toen de Prinses Elisabethbasis officieel in gebruik werd genomen.

Karolien Peeters:

Ik heb een presentatie mogen geven voor de genodigden bij de plechtige opening van de basis! Daags voordien waren we nog in de weer met de stofzuiger om alles tijdig klaar te krijgen. Het was voor mij een erg nuttige ervaring om zelf op het terrein te staan en aan den lijve te ondervinden hoe moeilijk de levensomstandigheden zijn van de 'beestjes' die ik bestudeer. Ik sta echter niet te popelen om weer terug te keren. Het is er berekend en daar kan ik niet zo goed tegen.

Karoliens promotor is Anne Willems, professor aan het Laboratorium voor Microbiologie van

de universiteit van Gent. Tijdens het Internationaal Pooljaar was haar team betrokken bij verschillende internationale onderzoeksprojecten over de diversiteit van het microbiële leven op Antarctica (AMBIO en BELDIVA) en over de ecologische gevolgen van de inplanting van de Belgische basis (Antar-IMPACT). Het Gentse Laboratorium voor Microbiologie draagt ook bij tot het ANTABIF project (Antarctic Biodiversity Information Facility), een webportaal dat toegang geeft tot Antarctische biodiversiteitsdata in een netwerk van internationale databanken. Het Gentse Laboratorium huisvest namelijk de Belgische nationale collectie van bacteriën (BCCM/LMG Bacteria Collection).

Anne Willems:

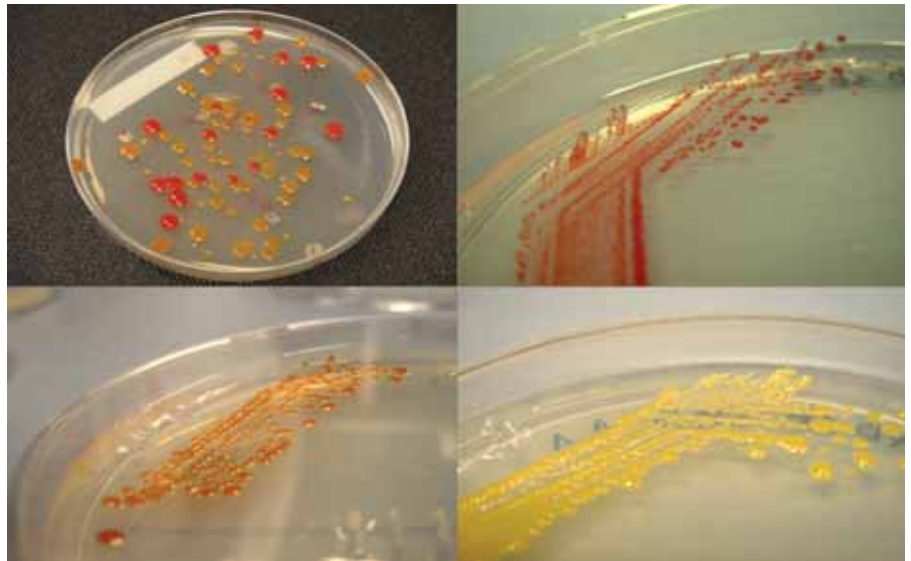
Het Internationale Pooljaar en de bouw van de Belgische basis is voor ons een belangrijke stimulans geweest. We waren altijd wel geïnteresseerd in Antarctica, maar de mobilisatie, door de Belgische overheid, van mensen en middelen heeft veel projecten mogelijk gemaakt. De oogst aan stalen die Karolien en anderen van Antarctica hebben meegebracht zullen ons nog vele jaren bezighouden.

Karolien Peeters:

Toen ik er aan kwam was de basis nog volop in constructie. Er lag veel sneeuw waardoor we de merktekens die Damien Ertz in 2007 had aangebracht niet terugvonden. Van zodra het mogelijk was, heb ik mij vooral geconcentreerd op het nemen van stalen in verschillende biotopen: kiezelsteentjes, korstmossen en algen waar bacteriën in gedijen. Die zijn allemaal meegekomen naar België. Voor het onderzoek naar microben heeft men een goed uitgerust laboratorium nodig. Het echte werk gebeurt later, hier in Gent. Daar zijn we nu mee bezig. Op de basis was er wel een veldmicroscop. Onze Luikse collega Annick Wilmotte had die meegebracht. Die was wel handig om cyanobacteriën, korstmossen en algen te onderscheiden, maar voor bacteriën is een lichtmicroscop van beperkt nut.

Anne Willems:

Bacteriën laten zich niet gemakkelijk onderzoeken. Ze zijn zo klein dat je er weinig kan van maken. Onder de microscoop zien ze er allemaal uit als bolletjes, staafjes of krulletjes. Maar wat er precies in zo een staal zit weet je daarmee nog niet. Uit eerder onderzoek, ondermeer het doctoraat van Stefanie Van Trappen uit 2004, weten we dat de diversiteit aan bacteriën in de stalen uit Antarctica enorm groot is.



Bacteriën uit Antarctica gekweekt in het laboratorium te Gent.

Karolien Peeters:

Maar de stalen waarover zij beschikte waren voornamelijk afkomstig van de kust van Antarctica, een gebied dat gemakkelijker toegankelijk is. De stalen van de Prinses Elisabethbasis zijn bijzonder interessant omdat ze uit het binnenland komen, uit een gebied dat veel kouder is, met katabatische winden en meer extreme omstandigheden. En we stellen vast dat de diversiteit aan bacteriën nog veel groter is dan verwacht! We vinden heel veel nieuwe taxa, potentieel nieuwe families, nieuwe soorten.

Anne Willems:

Om bacteriën goed te identificeren moeten we ze kunnen isoleren en kweken in het laboratorium. En dan blijkt dat van de isolaten die afkomstig zijn van de Prinses Elisabethbasis 80% mogelijk tot nieuwe soorten behoren! Dat is enorm. Ik zeg wel mogelijk, want we moeten ze nog wel in detail bestuderen om zeker te zijn.

Dat is erg belangrijk als je beseft dat van alle bacteriën die er op aarde bestaan slechts 1 à 3% gekweekt en dus goed gekend is. Daar zijn de wetenschappers

het over eens. Dat betekent dat we 97% van de bacteriën die op de planeet leven nog niet kennen. Als je weet wat we met die 3% gekende bacteriën al niet doen: de nuttige enzymen die ze ons leveren, antibiotica, kleurstoffen, geneesmiddelen, bijdragen tot waterzuivering, bioremediëring van vervuilde gronden, ... Dat gebeurt vooral met die drie procent die we kennen. Stel je voor welk een potentieel er zit in die 97% die we nog niet kennen!

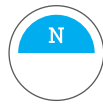
Karolien Peeters:

Werk genoeg zonder naar Antarctica te gaan, zou je misschien denken. Maar bacteriën die in Antarctica leven hebben wel bijzondere eigenschappen. Ze zijn aangepast aan extreme omstandigheden. Dat maakt ze erg interessant. Bij industriële toepassingen zie je vaak dat er hoge temperaturen nodig zijn om processen met nuttige enzymen op gang te brengen. Het zijn enzymen die geleverd worden door bacteriën die afkomstig zijn uit een gematigd of uit een warm klimaat. Als je ze kan vervangen door enzymen van bacteriën uit Antarctica kan datzelfde productieproces misschien bij koudere temperaturen verlopen. Dat zou veel energie besparen.



De poolvos

*De poolvos (Latijnse naam *Vulpes lagopus*) is een kleine vos die in het noordpoolgebied leeft en tussen beide wereldoorlogen voor zijn pels werd gekweekt. Als bewoner van dat gebied waar het in de winter erg koud kan zijn, verdraagt hij temperaturen tot -70°C .*



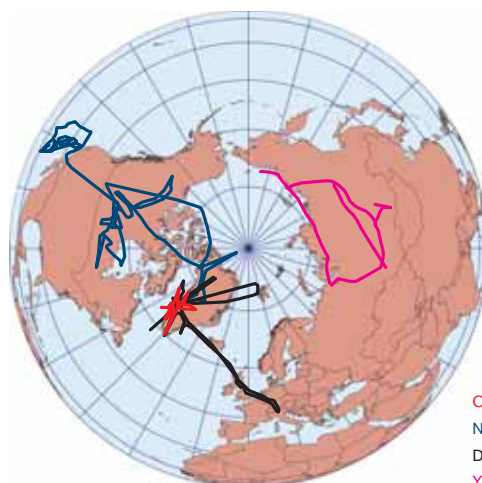
POLARCAT volgt de evolutie van de vervuiling in het hoge noorden



© POLARCAT

De Noordpool, met zijn pakijs en de ijskap die onder andere Groenland en Spitsbergen bedekt, habitat van de ijsbeer, blijkt niet de ongerepte polaire regio te zijn die we ons voorstellen. Wit is dan wel de dominante kleur...

POLARCAT zomer 2008 vliegtuigcampagnes



CNRS - ATR42
NASA - DC8
DLR - Falcon
YAK

Maar wit is hier geen synoniem voor zuiverheid, merkt Pierre Coheur van het laboratoire de Spectroscopie de l'Atmosphère, Chimie Quantique et Photo-physique (laboratorium voor atmosferische Spectroscopie, kwantumchemie en fotofysica) van de Université Libre de Bruxelles op. De Noordpool is vervuild door een hele reeks deeltjes afkomstig van menselijke of natuurlijke activiteiten uit zuidelijker gelegen streken. Deze deeltjes kunnen roet, aerosolen of verschillende chemische verbindingen zijn. Ze wijzigen de albedo (weerkaatsend vermogen) van het ijs. Deze vervuilende stoffen, die we vooral in de lente en in de zomer waarnemen, veroorzaken in de atmosfeer een soort nevel die we in het Engels 'arctic haze'

noemen. Deze nevel vermindert bijvoorbeeld de inkomende zonnestraling. Maar bovenal verstoort ze maandenlang de atmosferische chemie in deze regio.

Pierre Coheur en zijn collega's van het POLARCAT-project gebruikten tijdens het Internationaal Pooljaar verschillende toestellen om de vervuiling te bestuderen vanaf de bron ervan in de gematigde luchtstreken tot aan de Noordpool. De onderzoeker van de ULB is voornamelijk geïnteresseerd in het transport van deze vervuilende stoffen. Om ze te kunnen volgen, heeft hij zich gebaseerd op de opsporing en opvolging van koolstofmonoxide.

Hoe?

Door de gegevens te gebruiken van IASI, een instrument aan boord van de Europese meteorologische satelliet Metop, die zich in een polaire baan bevindt, zegt hij. IASI is een Infrarood Atmosferische Sondering Interferometer die ontworpen werd door het CNES (Centre National d'Etudes Spatiales français). Het instrument bevindt zich aan boord van de Metopsonde, waarvan de exploitatie gebeurt door Eumetsat. IASI is een perfect toestel om koolstofmonoxide te detecteren en de evolutie ervan vanuit de ruimte te volgen, verduidelijkt de onderzoeker. De levensduur van het gas is ongeveer 60 dagen. Zo kunnen de CO-gasniveaus gevolgd worden vanaf hun emissiezone, evenals de weg die ze afleggen in het quasi volledige halfrond.

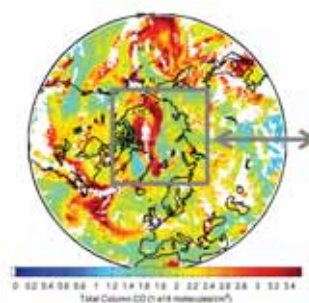
De observatie vanuit de ruimte droeg bij tot de planning van de 'vliegtuigcampagnes' van het POLARCAT-programma. Als het IASI-instrument een nieuwe gaswolk ontdekte, werd de informatie verzonden naar speciaal uitgeruste vliegtuigen om de samenstelling van deze vervuilende stoffen op verschillende hoogtes te bestuderen. We wilden meer te weten komen over de evolutie van de chemische verbinding van deze niveaus en hun verspreiding op basis van de hoogte. Ook werd de nauwkeurigheidsg-

graad van de gegevens van de satelliet nagegaan, zegt de onderzoeker nog.

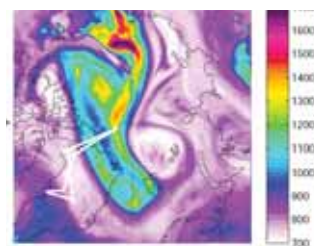
We hebben de gegevens van IASI zowel horizontaal als verticaal vergeleken met de gegevens die de vliegtuigen tijdens hun vlucht hebben gemeten. Op die manier toonden we aan dat de gegevens over de koolstofmonoxide in de volledige kolom, gemeten door de satelliet, uiterst betrouwbaar waren. De gegevens voor de verticale structuren waren daarentegen minder goed. IASI kan geen gedetailleerde gegevens aanleveren van de verticale verdeling van de koolstofmonoxide. Onze deelname aan het programma maakte het mogelijk om op sommige plaatsen een verlaging en op andere plaatsen een verhoging van de concentratie in de koolstofmonoxidewolk waar te nemen. Uit onze studie over de transportmechanismen is ook gebleken dat het transport naar de Noordpool tamelijk snel kan gaan. Sommige vervuilde luchtmassa's kunnen soms in slechts enkele dagen van de gematigde luchtstreken naar de Noordpool verschuiven.

Ten slotte heeft de studie ons iets geleerd over bosbranden. We wilden het mechanisme van pyroconvectie, het direct injecteren van gas in de hogere luchtlagen, ophelderen. Het is een beetje zoals de enorme hoeveelheid thermische energie van vulkanen, besluit Pierre Coheur.

IASI CO satelliet observatie CO kolommen (moleculen cm^{-2})
09-07-2008



Flexpart model simulatie van CO transport CO kolommen (mg cm^{-2})
09-07-2008



Mens en Natuur

Waar komt de vervuiling vandaan die het POLARCAT-programma heeft bestudeerd? Die komt voornamelijk uit Europa, Azië en de Verenigde Staten en is van antropogene en stedelijke oorsprong (verwarming, transport). Een andere belangrijke bron van vervuiling zijn bosbranden. Tijdens het Internationaal Pooljaar hebben onderzoekers verschillende wolken, die het gevolg waren van branden in Siberië, bestudeerd.



De toekomst is aan de jeugd

Een belangrijke doelstelling van het Internationaal Pooljaar was het verzekeren van de continuïteit in onderzoek en kennis in verband met poolwetenschappen door nieuwe generaties onderzoekers en lesgevers aan te moedigen. In 2005 werd het International Youth Steering Committee (YSC) opgericht om jongeren wereldwijd warm te maken en te informeren over poolwetenschappen. Bij de aanvang van het Internationaal Pooljaar heeft het YSC zijn krachten samengebundeld met de Association of Early Career Scientists (APECS), een organisatie met gelijklopende doelstellingen die zich vooral richtte tot jonge poolonderzoekers.

De Belgische YSC werd voorgezeten door Mieke Sterken, toenmalig doctoraatsstudente aan de Universiteit Gent:

In oktober 2007 bestond de Belgische YSC uit een heterogeen netwerk van jonge poolonderzoekers waaronder 9 doctoraatsstudenten, 9 postdoctorale onderzoekers, 1 bachelor student en een professionele kunstenaar. Deze groep vertegenwoordigde niet minder dan 8 verschillende onderzoeksinstituten of universiteiten. De onderzoeksonderwerpen waar onze leden mee bezig waren gingen van microbiële en meiofauna-ecologie, over paleolimnologie en glaciologie tot atmosferische en oceanische biogeochemie. We hadden ook een eigen

website die werd verzorgd door Bruno Danis, SCAR-MarBIN medewerker binnen het Belgisch Biodiversiteitsplatform.

We zijn gestart met hoge ambities, maar omdat de hele YSC draaide op vrijwilligerswerk en de meeste leden daarnaast voltijds wetenschappelijk onderzoek verrichtten, hebben we besloten om ons vooral te concentreren op outreach en educatie, de uitbouw van een netwerk van onderzoekers en het onderhouden van contacten met de Internationale YSC.

We hebben vergaderingen georganiseerd, de website uitgebouwd, en een flyer opgesteld om uit te delen op evenementen waar jongeren op



af komen. We hebben interviews gegeven voor jeugdverenigingen en voor verschillende radioprogramma's. We namen ook deel aan verschillende externe evenementen: zo getuigde Denis Samyn over zijn passie voor zijn job als onderzoeker op Dream Day, een evenement waar meer dan 10 000 jongeren op inschreven. In maart 2008 heb ik samen met enkele collega's rondleidingen gegeven in de onderzoekslabs van de Universiteit Gent, tijdens de opendeurdag 'UGent-aan-zee'. Ik demonstreerde de elektronenmicroscopie en gaf uitleg bij een outreachposter over zeespiegelveranderingen in Antarctica. Maarten Raes vertelde over zijn Antarctisch marien onderzoek aan de hand van foto's en materiaal van zijn expedities.

Er was nog meer: Elie Verleyen is bv. naar enkele scholen getrokken om voordrachten te geven voor leerlingen van de derde graad basisonderwijs, en Anton Van de Putte heeft een poster over de Belgische YSC voorgesteld op het 14de Benelux congres voor Zoölogie in Amsterdam in november 2007.

Als voorzitter was het ook mijn taak om contact te onderhouden met de Internationale YSC, en onze activiteiten te rapporteren aan de voorzitters van andere nationale YSC's. Dat ging via teleconferenties met mensen uit Nieuw-Zeeland, Canada, de Verenigde Staten, Portugal en tal van andere landen. In september 2007 was Caroline Souffreau in mijn naam aanwezig als vertegenwoordiger van de Belgische YSC, op een meeting van de Internationale YSC in Zweden, waar de grondvesten voor de nieuwe APECS werden vastgelegd. Verder was ik lid van het APECS Outreach and Education Committee, waar ik het idee heb geopperd om een Polar Resources Book te maken: een boek met educatief materiaal, ideeën en klasactiviteiten rond poolwetenschappen. Dit boek zou een blijvende nalatenschap zijn van de jongere garde binnen



1 De ijsbarrière in Bryd Bay, Antarctica.
2 Mieke Sterken (rechts) en Nicola Munro (IPY programme officer) met het Polar Resources Book in Oslo.

het Internationaal Pooljaar 2007-2009. In het begin heb ik de leiding van het project zelf in handen genomen, maar omdat ik het te druk kreeg met mijn doctoraat hebben een aantal mensen (o.a. Melanie Raymond, Rhian Salmon, Jenny Baeseman) en later Bettina Kaiser de redactie van me over genomen. Het IPF heeft ook 8 bijdragen geleverd. Het is een groot succes geworden. Het boek, getiteld Polar Science and Global Climate, an international resource for education and outreach, bevat 237 pagina's met ideeën, experimenten, tips voor in de klas en informatie over de poolgebieden en poolwetenschappen. Er is ook een CD-rom bij. Ik was er bij toen het boek voor het eerst officieel werd voorgesteld op het Internationaal IPY-congres in Oslo in juli 2010. Toch iets om trots op te zijn, vind ik.

Contactgegevens Belgische IPY deelnemers

KLIMAATWIJZIGINGEN IN ANTARCTICA - pagina 12

Wim Vyverman	Universiteit Gent - UG	wim.vyverman@ugent.be	www.PAE.UGent.be
--------------	------------------------	-----------------------	------------------

SCAR-MARBIN: EEN BELANGRIJK BELGISCH PROJECT IN HET LICHT VAN HET INTERNATIONAAL POOLJAAR - pagina 14

Hendrik Segers	Biodiversiteitsplatform	hendrik.segers@naturalsciences.be	www.scarmarbin.be www.antabif.be
----------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

DE CRYOSFEER ONDER TOEZICHT - pagina 18

Lei Chou	Université Libre de Bruxelles - ULB	Lei.Chou@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/sciences/dste/ocean
Bruno Delille	Université de Liège - ULg	Bruno.Delille@ulg.ac.be	www.co2.ulg.ac.be/
Thierry Fichet	Université Catholique de Louvain - UCL	thierry.fichet@uclouvain.be	www.uclouvain.be/teclim
Hugues Goosse	Université Catholique de Louvain - UCL	hgs@astr.ucl.ac.be	www.uclouvain.be/teclim
Philippe Hyubrechts	Vrije Universiteit Brussel - VUB	phuybrec@vub.ac.be	www.vub.ac.be/DGGF
Christiane Lancelot	Université Libre de Bruxelles - ULB	lancelot@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/assoc/esa
Frank Pattyn	Université Libre de Bruxelles - ULB	fpattyn@ulb.ac.be	http://dev.ulb.ac.be/glaciol
Jean-Louis Tison	Université Libre de Bruxelles - ULB	jtison@ulb.ac.be	http://dev.ulb.ac.be/glaciol

ONZE JUF GING NAAR DE NOORDPOOL - pagina 26

Mieke Eggermont	Universiteit Gent - UG	Mieke.Eggermont@UGent.be	www.aquaculture.ugent.be
Jean-Pierre Henriët	Universiteit Gent - UG	JeanPierre.Henriet@UGent.be	www.rcmg.ugent.be

DE KONINKLIJKE STERRENWACHT VAN BELGIE LEIDT HET PROJECT GIANT-LISSA - pagina 28

Thierry Camelbeeck	Koninklijke Sterrewacht België - KSB	thierry.camelbeeck@oma.be	www.astro.oma.be
Michel Van Camp	Koninklijke Sterrewacht België - KSB	Michel.VanCamp@oma.be	www.astro.oma.be

DE OORSPRONKELIJKE BEWONERS VAN ANTARCTICA - pagina 31

Annick Wilmotte	Université de Liège - ULg	awilmotte@ulg.ac.be	www.cip.ulg.ac.be
-----------------	---------------------------	---------------------	-------------------

BINNENKORT EEN NIEUW EUROPEES OBSERVATORIUM OP DOME C? - pagina 36

Jean Surdej	Université de Liège - ULg	jsurdej@ulg.ac.be	www.ago.ulg.ac.be
-------------	---------------------------	-------------------	-------------------

12 000 JAAR ONDER HET IJS - pagina 38

Ann Vanreusel	Universiteit Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be
---------------	------------------------	------------------------	----------------------------

HET KONINKLIJK METEOROLOGISCH INSTITUUT WAAKT OVER DE ATMOSFEER BOVEN UTSTEINEN - pagina 42

Hugo De Backer	Koninklijk Meteorologisch Instituut - KMI	Hugo.DeBacker@meteo.be	http://ozone.meteo.be
----------------	---	------------------------	-----------------------

BELGISCHE HITTEGOLF IN GROENLAND - pagina 45

Louis Beyens	Universiteit Antwerpen	louis.beyens@ua.ac.be	www.ua.ac.be
--------------	------------------------	-----------------------	--------------

Bianzo II: Studie van het benthos en zijn dynamiek om de toekomst van de mariene biodiversiteit te voorspellen - pagina 48

Patrick Martin	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen - KBIN	Patrick.Martin@sciencesnaturelles.be	www.naturalsciences.be
Ann Vanreusel	Universiteit Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be
Chantal de Ridder	Université Libre de Bruxelles - ULB	cridder@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/sciences/biomar

LAGE WOLKEN BOVEN UTSTEINEN - pagina 50

Nicole van Lipzig	Katholieke Universiteit Leuven - KUL	Nicole.VanLipzig@ees.kuleuven.be	ees.kuleuven.be/geography
-------------------	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------

GEM-BACH EN DE VOORSPELLING VAN HET 'CHEMISCHE' WEER - pagina 59

Simon Chabrilat	Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie - BIRA	Simon.Chabrilat@bira-iasb.oma.be	http://bascoe.oma.be
-----------------	---	----------------------------------	----------------------

PUZZELEN MET DE POLEN - pagina 60

Sandra Vanhove	International Polar Foundation	sandra.vanhove@polarfoundation.org	www.educapoles.org
----------------	--------------------------------	------------------------------------	--------------------

ANDEEP: VERBAZINGWEKKENDE VISVANGST IN HET DIEPST VAN DE ZEEËN EN OCEANEN ROND ANTARCTICA - pagina 63

Patrick Martin	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen - KBIN	Patrick.Martin@sciencesnaturelles.be	www.naturalsciences.be
Ann Vanreusel	Universiteit Gent - UG	Ann.vanreusel@UGent.be	www.marinebiology.ugent.be

KAN IJZER DE WERELD REDDEN? De Zuidelijke IJzsee als CO2-pomp - pagina 65

Frank Dehairs	Vrije Universiteit Brussel - VUB	fdehairs@vub.ac.be	www.vub.ac.be/ANCH
---------------	----------------------------------	--------------------	--------------------

OP DE ZUIDPOOL WERPT ICECUBE EEN NIEUW LICHT OP NEUTRINO'S - pagina 72

Daniel Bertrand	Interuniversitair Instituut voor Hoge Energie (ULB-VUB)	Daniel.Bertrand@ulb.ac.be	http://w3.ihe.ac.be
Georges Kohlen	Université de Mons - UMH	kohlen@umons.ac.be	http://icedb.umh.ac.be

MICROBEN UIT DE KOUDE - pagina 75

Anne Willems	Universiteit Gent - UG	anne.willems@ugent.be	http://lmg.ugent.be
--------------	------------------------	-----------------------	---------------------

POLARCAT VOLGT DE EVOLUTIE VAN DE VERVUILING IN HET HOGE NOORDEN - pagina 78

Pierre Coheur	Université Libre de Bruxelles - ULB	pfcoheur@ulb.ac.be	www.ulb.ac.be/cpm
---------------	-------------------------------------	--------------------	-------------------

DE TOEKOMST IS AAN DE JEUGD - pagina 80

Mieke Sterken		mksterken@gmail.com	
---------------	--	---------------------	--

Deze lijst is niet exhaustief. Vele andere (vaak ook jonge) Belgische onderzoekers en instellingen hebben hun steentje bijgedragen aan de verwezenlijkingen van het Internationaal Pooljaar. Voor verdere inlichtingen en/of contactgegevens kan u steeds contact opnemen met BELSPO - Maaike Vancauwenberghe (vcau@belspo.be).

In herinnering aan Alexandre de Lichtervelde

fervent verdediger van het Antarctica milieu
collega en vriend
die ons te snel heeft verlaten.

Dit is een uitgave van de Programmatorische Overheidsdienst 'Federaal Wetenschapsbeleid'.

Coördinatie:

Maaïke Vancauwenberghe
(Federaal Wetenschapsbeleid).

Redactie:

Jos Van Hemelrijck, Christian Du Brulle,
Hugo Declair en Maaïke Vancauwenberghe.

Dank aan:

Corinne Leblicq, John Weller en alle
Belgische polaire onderzoekers die hun
bijdrage hebben geleverd aan de brochure.

Lay-Out:

www.inextremis.be

Druk:

Impresor

Photo credit:

Cover, p 3, 8, 38, 40, 57, 65, 66, 68, 70,
74, 77 ©fotolia.com

September 2011

Wettelijk depot: D2011/1191/27



Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft als opdracht het wetenschappelijk en cultureel potentieel van België maximaal te benutten ten behoeve van de beleidsmakers, de industrie en de burgers: «een beleid voor en door de wetenschap». Het reproduceren van uittreksels uit deze publicatie is toegestaan voor zover daar geen commerciële bedoelingen mee gepaard gaan en voor zover het past in de opdrachten van het Federaal Wetenschapsbeleid. De Belgische Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van gegevens die in deze publicatie zijn opgenomen.

Het Federaal Wetenschapsbeleid noch enige andere persoon die in zijn naam optreedt, is verantwoordelijk voor het gebruik dat zou kunnen worden gemaakt van de informatie in deze publicatie of voor eventuele fouten die er, ondanks de uiterste zorg bij de voorbereiding van de teksten, nog in zouden staan.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft alle nodige moeite gedaan om te voldoen aan de wettelijke voorschriften inzake auteursrechten en om contact op te nemen met de rechthebbenden. Elke persoon die benadeeld meent te zijn en zijn rechten wil laten gelden wordt verzocht zich bekend te maken. Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

Mag niet worden verkocht.

Deze uitgave bestaat ook in het Frans en het Engels en kan in pdf-formaat van onze internetsite www.belspo.be en www.belspo.be/antar gedownload worden.