

Het ene been op Amerika en het andere op Europa. IJskappen, geisers en vulkanen. IJsland is een droombestemming voor iedere geo-enthousiast.

Negen 6-vwo-leerlingen wonnen een expeditie naar IJsland door hun profielwerkstuk over een aardwetenschappelijk onderwerp op te sturen naar het project Aarde.Nu. Vlak voor ze dit jaar beginnen met een studie, gaan ze met vier begeleiders op een tiendaagse expeditie naar IJsland.

Ik mocht mee als begeleider. We kamperen, koken zelf ons eten, wandelen veel en rijden rond in twee Defender jeeps.

Met leerlingen op expeditie naar IJsland 'Holiday on Iceland'

Theoretisch zou het niet moeten kunnen, met een vliegtuig landen op een midoceanische rug. Een rekensommetje met dichtheden van zeewater, oceaan-korst en mantelmateriaal levert op dat die zich op 2500 meter onder zeeniveau zou moeten bevinden. Gelukkig zit er een hotspot onder IJsland. En dus kunnen we in de late avond van 5 augustus op Keflavík Airport landen op de Mid-Atlantische Rug.

Het enige dat we in het halfdonker meekrijgen is dat Reykjavík (letterlijk: Rookbaai) een zeer uitgestrekte stad is met een imposante kerk. Er wonen 'slechts' 150.000 mensen (de helft van de IJslandse bevolking), maar we zien overal lichtjes. We komen om half twee 's nachts op onze camping aan, maar echt donker zal het niet worden. Het sterrenboekje dat ik mee had willen nemen, was inderdaad niet nodig.

Meteen buiten Reykjavík kijken we met verwondering naar buiten. Nu het echt licht is, valt het ontbreken van



FOTO'S: BERND ANDEWEG



bomen pas op. IJsland, dat twee en een halve keer zo groot is als Nederland, is een vrijwel boomloos land. De zwarte bergen, het groene mos, de blauwe lucht en de witte wolken zorgen voor schitterende contrasten. De hele reis blijven die kleuren indrukwekkend en de grootsheid van het landschap overdonderend. Ineens komen we bij een steile afdaling en kijken we uit over



Deelnemers

Aan de expeditie werd deelgenomen door:

Leerlingen:

Margot de Rooij (Mencia de Mendoza Lyceum, Breda)
Vera de Leeuw (Mencia de Mendoza Lyceum, Breda)
Sophia Luijendijk (ISW Westland, Naaldwijk)
Mike Gattas (Stedelijk Gymnasium, Utrecht)
Thomas Herngreen (Stedelijk Gymnasium, Utrecht)
Yvonne Schavemaker (Oscar Romero College, Hoorn)
Maikel Lobbezoo (Rijnlands Lyceum, Sassenheim)
Ibrahim Aziz (Rijnlands Lyceum, Sassenheim)
Lodewijk Biemond (Rijnlands Lyceum, Sassenheim)

Begeleiders:

Vera van Beek (Technische Aardwetenschappen Delft)
Esther van Assen (Aardwetenschappen Universiteit Utrecht)
Jan-Willem de Blok (Aardwetenschappen Universiteit Utrecht)
Bernd Andeweg (Aardwetenschappen, Vrije Universiteit)



Links: boerderij met grasvelden
Linksonder: Godafoss, de 'godenwaterval',
een van de vele watervallen op IJsland
Onder: 'Trollenbrood', een kapotgevroren
steen



de eerste spoelzandwaaier (*sandur*, in het IJslands). Aan de rand ligt Hveragerdi, een dorp met glazen kassen die door geothermische bronnen worden verwarmd. Sophia, die uit het Westland komt, vindt dat reuze interessant. Bij de eerste waterval zijn we al onder de indruk. Jan-Willem, die hier zes jaar geleden al was, boeit het iets minder: 'Dit is nog maar een kleine!', zegt hij. Inderdaad. Als we even later bij de veel grotere Skogafoss komen, snappen we wat hij bedoelt. De eerste dag is helemaal geslaagd als we op het zwarte strand van Vík papegaaiduikers zien! Een vreemde ervaring, zo'n zwart strand van verweerd vulkanisch gesteente, gewend als we zijn aan witte stranden.

Boeren

Op de camping van Skaftafell kom ik bij toeval een jaargenoot van vroeger tegen, Helga Davids. Ze werkt al jaren als ranger in het nationale park Skaftafell. 'Alleen in de zomer natuurlijk', zegt ze 'De drie zomermaanden zijn prachtig op IJsland! In juni kun je zelfs 's nachts buiten wandelen. 's Winters woon ik in Reykjavík, want dan is het buiten de stad geen pretje. Ik heb één winter op een afgelegen boerderij gezeten. Het enige wat je kunt doen, is twee keer per dag de schapen gras voeren. Geen wonder dus dat veel mensen wegtrekken uit de dorpjes in het noordwesten en oosten.' Gras is eigenlijk het enige gewas dat wil groeien in de barre IJslandse omstandigheden en dus het belangrijkste landbouwproduct. We zien de boeren bezig met rollen in plastic verpakt gras. Bij de verspreide boerderijen liggen hele stapels van die rollen voor de winter.

Klimaatverdrag

Bij het imposante ijsbergenmeer Jökulsárlón, gelegen aan een van de tongen van de Vatnajökull, is duidelijk te zien dat de gletsjer afsmelt, al is hij met zijn 8100 vierkante kilometer nog altijd de op twee-na-grootste ter wereld. Luchtfoto's uit voorbije jaren tonen overduidelijk hoe hard de gletsjertong zich terugtrekt, het ijsbergenmeer wordt steeds groter. De ijskap is zich duidelijk nog aan het aanpassen aan een klimaatverandering. Ironisch genoeg is IJsland het enige land ter wereld dat sinds het klimaatverdrag van Kyoto méér CO₂ mag uitstoten. Er zijn plannen om het enorme potentieel aan waterkrachtenergie te gelde te maken door energie-

Geologie

IJsland ligt op een stuk van de Mid-Atlantische Rug dat boven water wordt gehouden door een hotspot, een plek op aarde waar warm magma van diep in de mantel opstijgt. Dezelfde hotspot zorgde er lang geleden al voor dat de korst in dit gebied was verzwakt: de Atlantische Oceaan opende zich daarvoor uiteindelijk tussen Groenland en Noorwegen (54 miljoen jaar geleden). Bij dit openen zijn enorme hoeveelheden basalt uitgevloeid over het westen van Groenland, IJsland en Noord-Ierland.

Hiermee kunnen de verschillen in vulkanische gesteenten en activiteit die op IJsland voorkomen uitgelegd worden. De hotspot heeft een bron diep in de aardmantel. Het gesteente dat daar vandaan komt, is rijk aan SiO₂ (kwarts) en veldspaat en wordt zuur of felsisch genoemd.

Door het hoge gehalte SiO₂ wordt dit soort magma erg taai. Erupties met zuur magma zijn dan ook explosief en verwoestend. De uitvloeiingsvorm van dit magma wordt rhyoliet genoemd; als het in de korst stolt voor het oppervlak wordt bereikt, wordt het graniet. Dit zijn allebei lichtgekleurde gesteenten door de mineralen kwarts en veldspaat.

Materiaal van dicht onder de oceaankorst is arm aan SiO₂, en juist rijk aan magnesium en ijzer. Daarom noemen we deze magma's basisch of mafisch. Ze komen als dun vloeibare basalt aan het oppervlak, vaak langs spleeterupties, zonder al te veel geweld. Schildvulkanen en spleeterupties zijn typisch basaltvulkanen. De intrusieve variant van basalt heet gabbro, de mineralen olivijn en pyroxeen zijn kenmerken voor dit donker gekleurde gesteente.

verslindende industrie naar IJsland te halen, zoals een aluminiumsmelterij. Dat alle grondstoffen per schip moeten worden aangevoerd is bijzaak.

Jan-Willem, die van zichzelf zegt dat hij met fossielen nooit zo gelukkig is, vindt aan de oever van het meer het eerste 'trollenbrood' alsof een steen door de snijmachine bij de bakker is geweest. Een typisch voorbeeld van mechanische verwerking. Vooral stenen die maar voor de helft blootliggen, geven mooi resultaat; de bodem isoleert de onderkant van de steen, waardoor bij hevige vorst het warmteverschil voor extra spanningen in de stenen zorgt. Soms ligt er een hoopje steensnippers die alleen door hun overeenkomstige kleur aangeven dat ze ooit tot een en dezelfde steen behoorden.

De route die de groep op hun tiendaagse expeditie aflegde.



Wandje bij Hengifoss waarin de geologische geschiedenis van IJsland te achterhalen is. Onder de blauwe lijn sedimenten (klei, siltsteen), daar boven een meters dikk basaltlaag. Rood omlijnd zijn intrusies die later van onderen door het hele pakket proberen te breken.

Basalt

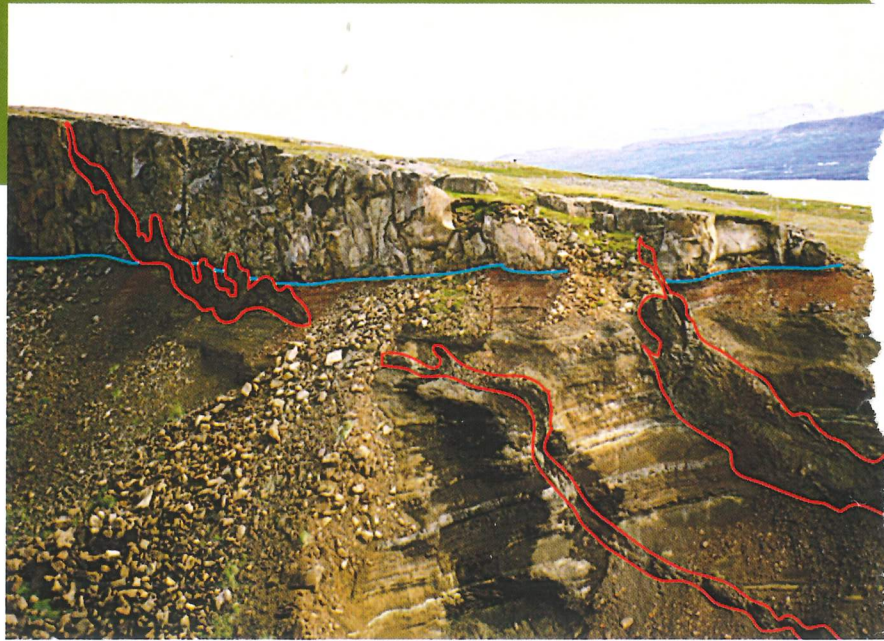
Hoe verder we naar het oosten van het eiland gaan, des te verder raken we verwijderd van de Mid-Atlantische Rug, de actieve spreidingszone waar nieuw gesteente naar boven komt vanuit het binnenste van de aarde. Dat betekent automatisch: des te ouder het gesteente. Bij Litlanesfoss zien we een wandje waarin de geologische geschiedenis van het eiland in het Tertiair in één oogopslag te zien is. Een pakket van afwisselend lagen sediment en basalt, met een intrusie die daar doorheen breekt. De klei- en siltsteenlagen tonen weinig interne structuur of diktevariatie. Ook de basaltlagen hebben een vrijwel constante dikte. Hieruit leiden we af dat er in die tijd een uitgestrekte vlakte moet zijn geweest met een flauwe helling van 2 tot 10 graden. Sporadisch stroomden hier enorme volumes basalt over uit. In vulkanisch rustiger perioden werd de vlakte overspoeld door breed waaierende vlechtende rivieren. Na deze periode zochten intrusies er een weg naar boven door dit pakket. Bij de hoger gelegen Hengifoss zijn meters dikke lagen basalt te zien, met ertussen maar enkele tientallen centimeters dikke lagen felrood gekleurde sedimenten. De klei is doordat er heet basalt over is uitgevloeid, 'gebakken' en verkleurd (contactmetamorfose).

Pseudokraters

In het gebied rond Myvatn ('het muggenwater') hebben we twee dagen om verschillende vormen van vulkanische activiteit te bekijken zoals kraters, spleeterupties en geothermische bronnen. De een is nog indrukwekkender dan de ander. Het meer wordt omringd door pseudo-kraters. Dat zijn ringvormige bergjes die echte kraters lijken, maar dat niet zijn. Daarvoor zijn ze ook te klein met een diameter van maar tien meter. Ze zijn ontstaan toen er lava uitvloeide over het moerasgebied dat Myvatn al tijden is. Een combinatie van water en moerasgas werd door de warmte omgezet in een explosief mengsel en wierp bij ontploffingen de ringvormige kraters op.

Het verschil met de echte explosiekrater Hverfjall is duidelijk. We klimmen de ruim 200 meter hoge wand op, de diameter is meer dan een kilometer! Het uitzicht vanaf de rand van de 2500 jaar oude ringvormige sintelkrater is prachtig. We zien duidelijk de noord-zuid richting van de spleeterupties, verschillende spleten, de thermische velden, het meer met de pseudo-kraters en Dimmuborgir, de 'zwarte burchten', de restanten van een 20 meter diep lavameer, dat ineens leegstroomde toen een deel al gestold was.

De berg Leirhnjúkur is een van de indrukwekkendste landschappen die ik ooit gezien heb met zijn kokende modderpoelen en zwaveldampen in de bergwand, en zijn lavastromen aan de voet. De kraters (onderdelen van een grotere spleeteruptie) waaruit de lavastromen zijn gekomen, zijn goed herkenbaar. Verrukt lopen we rond. De laatste twee lavastromen dateren uit 1978 en 1984, je kunt ze duidelijk herkennen. Na 18 jaar groeien er alleen groene mossen op de plekken waar stoom door de lava komt. Verder is de lava nog pikzwart en steekt deze scherp af tegen de oranje, okerkleurige kleiheuvels waar de lava tegenaan en omheen is



Litlanesfoss, met prachtige basaltzuilen. Bovenin is nog net een stukje van Hengifoss te zien.



gestroomd. De oudere lavastroom (1978) is al wat lichter van kleur en meer begroeid met mossen. Nu begin je pas te begrijpen hoe het komt dat die lavastromen van vroeger er nog zo 'vers' uit zien, de fraaie touwlava bij de camping dateert bijvoorbeeld al uit 1729. De stoom en zwaveldampen zorgen voor een mystieke sfeer. We zien schitterende voorbeelden van touwlava aan de rand van het lavaveld (als de lava al wat is afgekoeld en niet zo vloeibaar meer is) en tunnels in het midden van de stroom waardoor de lava naar beneden vloeide. Wat moet het indrukwekkend zijn om een echte uitbarsting mee te maken. 'Jammer dat er geen uitbarsting is!' roept iemand en we proberen tevergeefs met een toverspreuk de spleeterupties weer op gang te krijgen. 'Ik ben al zwaar over mijn fotolimiet' zegt Jan-Willem. En dat terwijl hij hier zes jaar geleden ook al foto's heeft gemaakt!

Rotte eieren

Een aangelegd zwavelmeer bij de stoomkrachtcentrale bij Myvatn ('onze eigen Thermae 2002') valt erg in de smaak. Ondanks de geur van rotte eieren die ook na veelvuldig wassen niet uit de kleren zal gaan. Terwijl ik dit schrijf, trekt er af en toe nog een vlaag aan mijn neus voorbij. Uiteindelijk valt het meertje toch in het



Solfataren en kokende modderpoelen aan de voet van Leirhnjúkur.



niet bij de heerlijk warme beek bij Landmannalaugar dat niet op de midoceanische rug ligt, maar toch een gebied is met thermische bronnen. De vulkanische activiteit wordt hier veroorzaakt door de hotspot. Dat is ook af te leiden aan de velden obsidiaan (vulkanisch glas) achter de camping en de rhyolietbergen met bonte kleuren. Uiteraard komt Vera, een toekomstig studente aardwetenschappen, met allerlei vragen over de mooi gekleurde steentjes die ze vindt. Af en toe blijven we het antwoord schuldig. Ze komt er de komende jaren nog wel achter. Door het wisselende licht en schaduwwerkingen wordt het elke minuut mooier. We brengen een hele avond door in het heerlijke water van de beek bij de camping. Boven ons verschijnen wat sterren en zien we een aantal Persoïden met een stevige flits in de dampkring verbranden. Het is om 2 uur 's nachts (5 uur nadat we in het water stapten) net donker genoeg om vaag het noorderlicht te zien. Duidelijker zal het niet worden, half augustus. 'Alweer een dag voorbij? Het gaat veel te snel!' vindt Yvonne.

Toerisme

De laatste dag resteert een aantal verplichte, maar mooie onderdelen. Op korte afstand van de hoofdstad, dus druk bezocht. Bij Gulfoss ('gouden waterval') zijn Japanners en een boot Russische mariniers druk bezig elkaar voor de waterval te fotograferen. Helaas hebben ze geen oog voor de prachtige gletsjerkrassen en het gebroken oppervlak van de rotsen boven de waterval. We kunnen zelfs de bewegingsrichting van het ijs bepalen.

Het toerisme neemt een grote vlucht, IJsland verdient er aardig aan. Helaas zijn er ook negatieve gevolgen: in een nationaal park komen we Italianen tegen met handenvol paddestoelen. We spreken ze streng toe, maar ja, het was natuurlijk wel te laat. Esther en Jan-Willem zijn geschrokken van de voorzieningen die de laatste zes jaar voor toeristen zijn aangelegd. Gelukkig zijn hele stukken van de ringweg nog niet geasfalteerd. Maar ja, hoe lang zou dat nog duren?

Elke dag had tot nu toe zijn nieuwe hoogtepunt, deze dag is dat Geysir, vind ik. Net als we een foto maken van een stomende Geysir (toch een soort geologisch monument) met op de voorgrond een steen met de naam erop, komt de heetwaterbron ineens tot

Net als we een foto maken van een stomende Geysir komt de heetwaterbron ineens tot leven.

leven. Toegegeven, de paar meter valt in het niet bij zijn broertje Strokkur, die om de 4 tot 8 minuten zo'n 20 meter hoog komt. Maar we hebben het hier wel over dé Geysir waar alle springbronnen ter wereld (en keukengeisers!) hun naam aan te danken hebben. Doordat de bron te vaak met zeep werd opgewekt, raakte Geysir in de jaren zestig ontregeld. Na een serie aardbevingen in juni 2000 spuit hij weer een paar meter hoog. Slechts een paar keer per dag. Bijzonder dat we dat moment mogen meemaken.

Amerika-Eurazië

Als laatste stop voor we terugkeren in Reykjavík, gaan we nog een paar keer op en neer van Europa naar Amerika. Bij Pingvellir (spreek uit: Thingvedlir) ligt het klassieke voorbeeld van een plaatgrens. Een echte 'rift', een breed stuk dalend gebied tussen twee grote randbreuken, geeft de plek aan waar de Amerikaanse en Euraziatische platen uit elkaar bewegen. Officieel ligt de grens tussen deze twee continenten dus ergens in dat geologische niemansland. Langs de rand zijn ook kleinere randbreuken te zien en dus bepalen wij dat het bruggetje over een van de kloven de grens is. Yvonne is nog nooit in Amerika geweest! Dus gaat ze even zeven keer op en neer. Het valt me hier stiekem wel een klein beetje tegen. Ik vond de rokende lavavelden bij Myvatn indrukwekkender, daar ligt tenslotte ook de grens tussen Amerika en Eurazië.

Michael, die zijn profielwerkstuk over GPS deed, heeft de hele tocht de GPS op zak en voert de coördinaten in, voor als zijn vader nog eens naar IJsland gaat. In dat geval gaat hij een indrukwekkende en schitterende tocht tegemoet.

Volgend jaar kan uw leerling erbij zijn. Thema's voor profielwerkstukken zijn te vinden op www.Aarde.Nu. ■

Aarde.Nu

Aarde.Nu wil leerlingen en docenten uit de profielen Natuur en Techniek en Natuur en Gezondheid in aanraking brengen met en interesseren voor aardwetenschappelijke opleidingen. Daartoe biedt de website www.aarde.nu een serie aardwetenschappelijke thema's voor een profielwerkstuk. De inzenders met het beste werkstuk winnen een expeditie naar IJsland. Ook leerlingen die binnen bovenstaande profielen aardrijkskunde als keuzevak hebben, kunnen meedoen.

Aarde.Nu is een gezamenlijk project van de aardwetenschappelijke opleidingen aan de TU Delft, Universiteit van Amsterdam, Wageningen Universiteit, Universiteit Utrecht en de Vrije Universiteit.