

Afb. 1. De Krakatau-eilanden vóór de uitbarsting van 1883

serie uitbarstingen. Er ontstond, zoals dit ook bij andere vulkanen van dit kaliber het geval is geweest, een caldera (ketel), een trechtervormige krater van grote diameter. In het geval van de eruptie van 1883 van de Krakatau werd een caldera van ongeveer 7 kilometer doorsnede gevormd, met een diepte van enkele honderden meters. Afb. 2a en b.

## Erupties en hun gevolgen

Een uitbarsting als die van de Krakatau in het toenmalige Nederlands-Indië is op zich geen uitzonderlijk fenomeen. Er hebben zich in het verleden meer van deze catastrofale explosieve erupties voorgedaan met soms zeer verstrekkende gevolgen. Een dergelijke uitbarsting trad op in 1470 voor Christus op het Griekse Cycladen-eiland Thera, waar de vulkaan Santorini explodeerde.

Deze uitbarsting was wel van een andere orde van grootte geweest dan die van de Krakatau, de caldera van de Santorini, die ook onder water ligt, meet maar liefst 17 bij 11 kilometer! De eilandjes Thíra en Thirasía zijn aan de binnenzijde steil afgesneden door de breuken waarlangs de inzakking plaatsvond en vertegenwoordigen de resten van de vroegere vulkaan, vergelijkbaar met Rakata en Lang Eiland van de Krakatau.

Veel archeologen zijn ervan overtuigd dat de vloedgolven die na de eruptie van Santorini optraden het einde hebben veroorzaakt van de Minoïsche beschaving van het 110 kilometer zuidelijker liggende eiland Kreta. Er zijn ook theorieën die stellen dat enkele van de bekende plagen van het oude Egypte die verhaald worden in het Oude Testament, zoals de drie dagen duisternis en de bloedregen, zijn gebaseerd op de gebeurtenissen van de eruptie van de Santorini. Daarnaast zou ook de nog altijd tot de verbeelding sprekende verdwijning van Atlantis rechtstreeks verband houden met de vloedgolf die de Minoïsche cultuur deed verdwijnen. Van de tsunami is het bekend dat het water zich eerst over grote afstanden terugtrekt alvorens met groot geweld als een muur terug te keren, hetgeen dan in relatie kan staan tot het verhaal over het

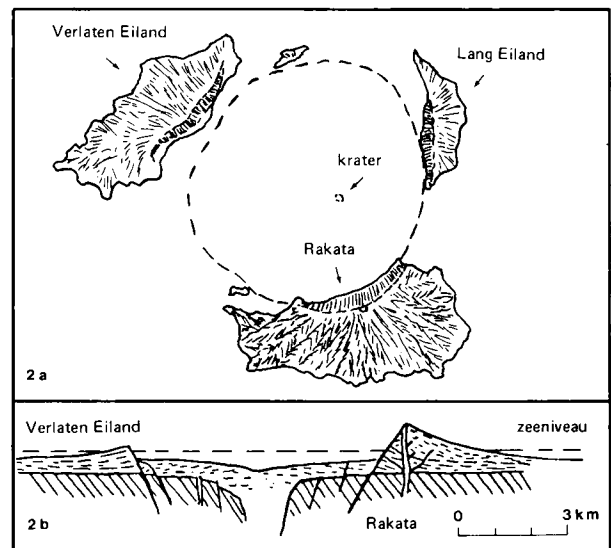
drooglopen van de Rode Zee voor de doortocht van het Joodse volk.

Op een recenter tijdstip in de historische tijd, en wel in 1815, deed zich op het eilandje Soembawa, een der Kleine Soenda-eilanden ten oosten van Java, de grootste vulkaanexplosie voor die in historische tijd bekend is; de Tambora stootte een hoeveelheid vulkanisch gruis uit met het onvoorstelbaar enorme volume van tussen de honderd en hondervijftig kubieke kilometers! Het gedeelte van dit steengruis dat in de vorm van zeer fijn stof in de hogere delen van de atmosfeer bleef hangen is zo groot geweest dat de aarde beduidend minder zonnestraling ontving, hetgeen van grote invloed was op het klimaat. Het weer in Europa en delen van Noord-Amerika was enkele jaren danig van slag, waarbij de zomer van 1816 trieste records sloeg met vorst en sneeuw in juni en juli; het jaar is bekend als het jaar zonder zomer. Oogsten mislukten, vanuit Europa steeg het aantal emigranten tot recordhoogten en dat terwijl er in Amerika ook een ernstige hongersnood optrad. Er zijn ook theorieën die de cholera-epidemie van 1832 in Bangladesh terugvoeren naar de Tambora-uitbarsting, waarbij door hongersnood en algemene ondervoeding deze ziekte zich uit zijn beperkte gebied heeft kunnen verspreiden.

Een dergelijke buitengewone koudegolf was voor de toenmalige geleerden een groot raadsel. Zonnevlekken werden verantwoordelijk gesteld, waarbij men tegenwoordig weet dat het optreden van zonnevlekken wel invloed heeft op het klimaat en plantengroei. Daarnaast werd de schuld geschoven op de bliksemafleider van Benjamin Franklin, die de natuurlijke warmtestroom zou verstoren!

De grote verdienste van de desastreuze uitbarsting van de Krakatau is geweest dat het vulkanologisch onderzoek een enorme impuls heeft gekregen. Een resultaat is dat men nu weet welke typen van vulkanen op de wereld een uitbarstingspatroon tonen als dat van Krakatau of Tambora en dat deze uitbarstingen van grote invloed kunnen zijn op het weer, niet alleen op een beperkt gebied, maar soms over de gehele wereld.

De Krakatau behoort tot de stratovulkanen, een type dat zich in belangrijke mate onderscheidt van b.v. de schildvulkaan, welk type wordt gevonden op IJsland en de Hawaii-eilanden. Een andere bekende stratovulkaan is de



Afb. 2. De Krakatau-groep na de uitbarsting van 1883.

Vesuvius, die in het jaar 79 na Christus een uitbarsting gaf van het Krakatau-type en daarbij de steden Pompei en Herculaneum verwoestte.

De gigantische hoeveelheden vulkanisch stof die tijdens de eruptie van de Krakatau in de atmosfeer werden uitgestoten waren er de oorzaak van dat gedurende een aantal jaren in het gehele tropen- en subtropengebied prachtig gekleurde zonsondergangen te zien zijn geweest, daarnaast bracht de aanwezigheid van de vulkanische as in de hoge luchtlagen een daling van de gemiddelde temperatuur in de wereld met zich mede. Hoe indrukwekkend ook, de effecten van de Krakatau-eruptie waren daarbij beduidend minder groot dan die van de Tambora.

Van twee recente uitbarstingen wordt ook gemeend dat het weer van dit jaar er zijn invloed van heeft ondervonden, namelijk van de eruptie in 1980 van de Mount St. Helens in het noordwesten van de Verenigde Staten (waarbij een wolk van vulkanisch gruis van 'slechts' één kubieke kilometer werd uitgestoten) en die van El Chinchón in Mexico in april 1982. Dit was een eruptie die zeer weinig publiciteit heeft gekregen maar daarentegen veel desastreuzer en imponanter was dan die van de St. Helens. Er zijn onderzoekers die hebben aangetoond dat het bar slechte voorjaarsweer van 1983 te wijten was, of in ieder geval mede te wijten was aan de Mexicaanse vulkaan. Of de schitterende zomer van dit jaar die vele gebieden op aarde hebben gekend ook met één of beide uitbarstingen in verband kan worden gebracht moet de tijd nog leren. De discussie over de beïnvloeding van het klimaat door vulkanische uitbarstingen heeft bijzonder gewicht gekregen in verband met de berichten over de mogelijke verwarming van de aarde door het toenemende gehalte van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer, welke toename duidelijk te meten is. In hoeverre er werkelijk van een globale verwarming door de CO<sub>2</sub>-toename sprake is is tot nu toe nog niet eenduidig vastgesteld. Daarnaast hebben studies uitgewezen dat enkele van de grote vulkanische uitbarstingen, waarbij naast steengruis, ook enorme hoeveelheden gassen, grotendeels CO<sub>2</sub> en zwavelgassen, in de atmosfeer worden gebracht, wel degelijk invloed op het klimaat hebben gehad, zij het van relatief korte duur. Zo is de invloed van de eruptie van de Katmai in juni 1912 in Alaska, waarbij twintig kubieke kilometer as werd uitgestoten, te bemerken aan de geringe dichtheid van de dat jaar gevormde jaarring van de bomen in geheel Europa. Op deze wijze komt ook de invloed van de lage temperaturen van de zomer van 1816 tot uiting. Zo hebben de erupties van Tambora, Krakatau, Katmai en Agung (Bali, 1963) een verlaging teweeg gebracht van de gemiddelde globale jaartemperatuur van enkele tienden graad Celcius gedurende een periode van enkele jaren. De recente erupties, zoals die van El Chinchón, moeten hun invloed op het temperatuursverloop nog doen blijken; wel hebben Lidarmetingen (metingen van de doorzichtigheid van de atmosfeer door middel van laserstralen) als resultaat gegeven dat de wolk gruis- en stofdeeltjes van de Chinchón van grotere dichtheid was dan die van de Agung.

### Terugkeer van het leven

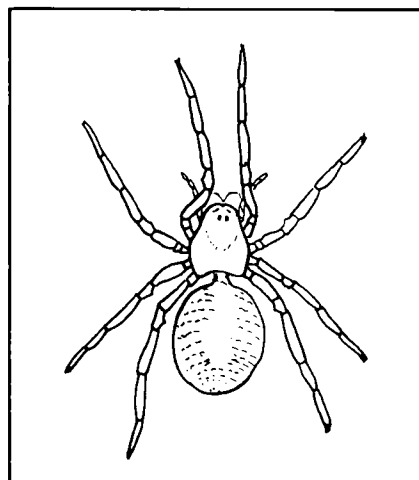
Twee maanden na de eruptie van augustus 1883 zet een expeditie onder leiding van Verbeek voet aan land op Krakatau, waar hen een totaal veranderde wereld wacht. De vroeger met dicht oerwoud bedekte eilandengroep is volkomen kaal en troosteloos, bedekt met een dikke laag fijn vulkanisch gruis. Ongeveer 23 vierkante kilometer van het hoofdeiland met Perbuatan en Danan is verdwenen,

dwars door de Rakata gaat een steil breukvlak dat een prachtig profiel laat zien door de vroegere vulkaan. Op de plaats van het eiland is de zee nu haast 300 meter diep. Een lavastroom is niet aanwezig, wel aslagen en puimsteenmassa's die op Verlaten Eiland 100 meter dik zijn. Regens hebben reeds in het zachte materiaal diepe stroomgeulen uitgesneden. Verbeek concludeert daarbij dat er helemaal geen leven meer aanwezig is, een conclusie waarover later heftige polemieken zouden uitbarsten.

Sinds de reis die Darwin met de 'Beagle' rond de wereld had ondernomen hadden zich de discussies over de wijze waarop het leven zich op geïsoleerde eilanden in de oceanen heeft weten te nestelen en te ontwikkelen alsmede de wijze waarop deze ontwikkelingen zich op de verschillende continenten hebben voltrokken sterk geïntensiveerd, waarbij als verklaringen onder meer het bestaan van tijdelijke verbindingen, de eilandbruggen, dwars over de oceanen werd aangenomen. De verwoesting van het leven op de Krakatau-groep en de daarna volgende periode van het opnieuw in bezit nemen van de eilanden door flora en fauna bood dan ook in dit licht een prachtige gelegenheid om deze processen te bestuderen. De mogelijkheid om de theorieën hier in de praktijk te kunnen toetsen trok vele geleerden uit de gehele wereld aan en vele expedities werden naar Krakatau ondernomen. In mei 1884 werd een eerste levend wezen gevonden op Rakata, een anderhalve millimeter groot spinnetje dat prompt *Maso krakatauensis* werd gedoopt (afb. 3).

Vooraf M. Treub, directeur van de plantentuin in Buitenzorg (nu Bogor) heeft veel onderzoek uitgevoerd. Tijdens een bezoek aan Krakatau, drie jaar na de eruptie, vond hij reeds enkele tientallen soorten planten, voornamelijk varens, waarvan de zeer lichte sporen gemakkelijk door de wind over grote afstanden worden getransporteerd, alsmede enkele palmsoorten, waarvan de zaden door de zee worden verspreid. Treub zag daarbij dat de eilandengroep gelijktijdig over de gehele oppervlakte werd beplant. Zo kon in de veertig jaar na de verwoesting een fraai beeld worden opgebouwd van de wijze waarop een eiland wordt bewoond.

Toch waren er een aantal punten van kritiek; de Krakatau-groep is niet bepaald een ideaal voorbeeld van een geïsoleerd eiland, de invloed van het nabije land was duidelijk; daarnaast was het nog helemaal niet zo zeker of de eilanden wel volledig waren gesteriliseerd, het moet helemaal niet uitgesloten worden geacht dat dieren die in de bodem leven en plantenzaden en wortels de hitte van de asregens hebben overleefd, vooral omdat het wegspoelen van de hete aslagen door regens zeer snel in zijn werk ging. Daarnaast was er van de oorspronkelijke begroeiing en



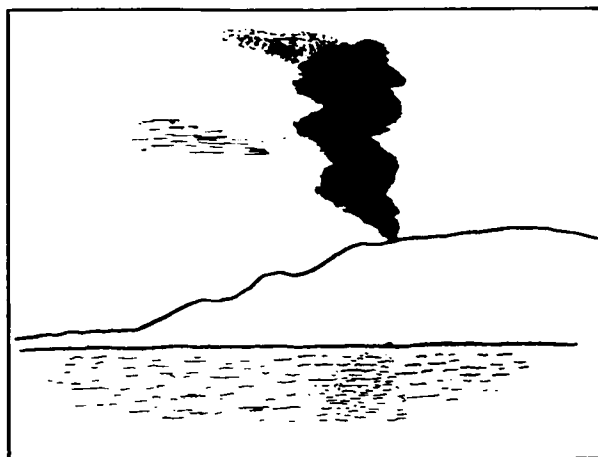
Afb. 3. *Maso krakatauensis*, lengte 1,5 mm.

bewoning van de eilanden niets bekend. Toch heeft de studie van de ontwikkeling van de nieuwe bewoning van de eilanden een goed idee gegeven van de wijze waarop levensvormen zich meester maken van een maagdelijk gebied, zich ontwikkelen tot het bereiken van een evenwicht, waarbij het belang van de diverse soorten organismen duidelijk wordt. Vooral de kennis over het belang van de aanwezige algensoorten is belangrijk toegenomen.

De vulkaan zelf heeft zich ook met de herbevolking bemoeid, zij het niet altijd in positieve zin. In 1927 is er in de caldera weer een onderzeese krater actief, rook en gruis vormden een kolom van meer dan één kilometer hoogte; blijkbaar heeft de periode van 44 jaar zonder activiteit de Krab te lang geduurd. De erupties van de nieuwe krater gaan door en einde januari 1928 is de onderzeese vulkaankegel zo hoog opgebouwd dat hij boven water verschijnt. Dit vulkaaneilandje, Anak Krakatau, Kind van Krakatau genoemd, heeft echter geen lang leven, binnen enkele maanden is het door de golven verzwolgen. Tijdens een nieuwe barenperiode in de loop van 1929, waarbij een kleine zeventuizend erupties binnen 24 uur worden geteld, verschijnt een tweede editie van Anak boven water om echter weer te verdwijnen; in datzelfde jaar komt nogmaals de krater boven water en ook deze verdwijnt weer. Maar in de loop van augustus 1930 zal de vierde generatie tot leven komen boven het wateroppervlak en dit vulkaaneiland zal dan uitgroeien tot de 200 meter hoge vulkaan van het ogenblik. Afb. 4. Een forse serie erupties vond plaats in 1952 waarbij de eilandgroep werd bedekt met een enkele decimeters dikke laag as, waarbij bomen en planten volledig ontbladerd werden en van de fauna een groot gedeelte verdween, vooral het vogelbestand was uitgeroeid. Deze verwoesting was echter geenszins effectief, korte tijd later waren de eilanden weer bedekt door dicht bos. Tot op de dag van vandaag is het echter nog altijd een begroeiing die voornamelijk bestaat uit die planten en bomen waarvan de zaden gemakkelijk door de wind worden vervoerd of die welke na lange tijd in het zeewater gelegen te hebben nog levensvatbaar zijn. Andere soorten, die waarvan de zaden zich minder gemakkelijk verspreiden en die kieskeuriger zijn in de keus van hun omgeving, ontbreken nog.

## Krakatau nu

Een bezoek aan de regelmatig werkende Anak Krakatau kan worden ondernomen vanuit het vissersdorpje Labuan aan de kust van West-Java. Na een reis van rond vier uur met een vissersbootje, waarvan de schipper slechts na een pittige ronde van onderhandelingen en afdingen bereid is de bezoekers mee te nemen, legt men aan op het grijze strand van het eiland Anak Krakatau, waarboven, als u



Afb. 4. Anak Krakatau, augustus 1933.

geluk hebt, een imponerende donkere rookwolk hangt, hoewel het dan niet zo verstandig is de vulkaan te beklimmen. Na op een rustiger ogenblik de tweehonderd meter hoge vulkaan te hebben beklommen, kijkt men naar beneden in de krater met zijn zwavelbronnen en lava-partijen.

Het honderdjarige jubileum van de grote uitbarsting werd door Indonesië aangegrepen om in augustus j.l. in Jakarta een congres te organiseren waar onder meer methoden werden besproken voor het voorspellen van vulkanische uitbarstingen, alsmede mogelijkheden voor het nemen van preventieve maatregelen, zoals het waarschuwen en eventueel evacueren van de bevolking, de hulpverlening en het herstellen van schade van erupties. De aandacht voor alle aspecten van het vulkanisme is voor Indonesië van groot belang. Het eilandenrijk ligt op de grens van enkele grote schollen; de Australische plaat met de bodem van de Indische Oceaan beweegt naar het noorden en langs de zuidrand van de boog van Sumatra, Java en de Soenda-Eilanden duikt deze plaat onder de continentale plaat van het Aziatisch vasteland. In het oosten dringt dan de grote oceanische plaat van de Pacificische Oceaan in noordwestelijke richting op, wegduikend langs de uitgestrekte serie van diepe oceanische troggen, bv. die ten oosten van de Filippijnen, daarbij zijn invloed uitoefenend tot in de Indonesische archipel. Indonesië behoort daardoor tot de vulkaanrijkste gebieden op aarde met rond de 130 actieve vulkanen, waarvan er een 25-tal continu worden bewaakt en eenzelfde aantal periodiek wordt gecontroleerd. Bij elkaar telt Indonesië een 500-tal actieve en rustende 'vuurspuwende', doch veelal dood en verderf zaaiende bergen.

## GRANAAT

door W.J. Lustenhouwer

De granatenfamilie vormt een uitgebreide mineraalgroep, waarvan meestal mengkristallen voorkomen; een aantal van de eindleden komt in zuivere toestand in de natuur niet voor. In dat geval worden ze benoemd naar het mineraal dat in het mengsel overheerst.

naam: afgeleid van het Latijnse „granatus“ = granaatappel, wegens de gelijkenis van de rode kleur van het vruchtvlies met die van sommige granaten.  
kristalsysteem: kubisch, klasse  $4/m\bar{3}2/m$   
habitus: (afb. 1) meestal rhombendodekaëders, ook vaak