

De grootste inslag van deze eeuw

Dr.J.van Diggelen

Inslagen van kosmische massa's op Aarde staan sterk in de belangstelling. Het uitsterven van veel diersoorten, zoals onder meer de dinosauriërs, aan het eind van de Krijt-periode, zou samenhangen of het gevolg zijn van een reusachtige inslag.

Op alle hemellichamen in ons zonnestelsel (behalve de Zon zelf en een enkele satelliet), zijn enorm veel inslagkraters ontdekt. Daarom zijn de geologen de laatste tijd sterk geïnteresseerd in inslagen en de gevolgen ervan.

Op 30 juni 1908 vond in een afgelegen gedeelte van de Siberische toendra een explosie plaats, die nog steeds beschouwd wordt als de grootste kosmische inslag die de Aarde in historische tijd trof. Het gebied waar de ramp plaatsvond, was destijds onbereikbaar. De berichten erover sijpelden dan ook slechts uiterst langzaam door naar de bewoonde wereld en maakten aanvankelijk weinig indruk. De juiste omvang van het gebeurde werd pas duidelijk uit een kranteverslag dat de astronoom Kulik, een Russische medewerker van het Mineralogisch Museum in Leningrad onder ogen kreeg. Hij was op dat moment bezig zich voor te bereiden op een expeditie naar verschillende plaatsen in Rusland waar in de loop der tijd meteorieten waren neergekomen. Na een voorlopig onderzoek in 1921, bereikte hij met zijn assistent na een moeizame tocht in 1927, bijna 20 jaar (!) na de inslag, de streek waar het object moest zijn neergekomen.

Veel van wat wij nu daarover weten is afkomstig van het onderzoek dat is uitgevoerd tijdens deze en latere expedities.

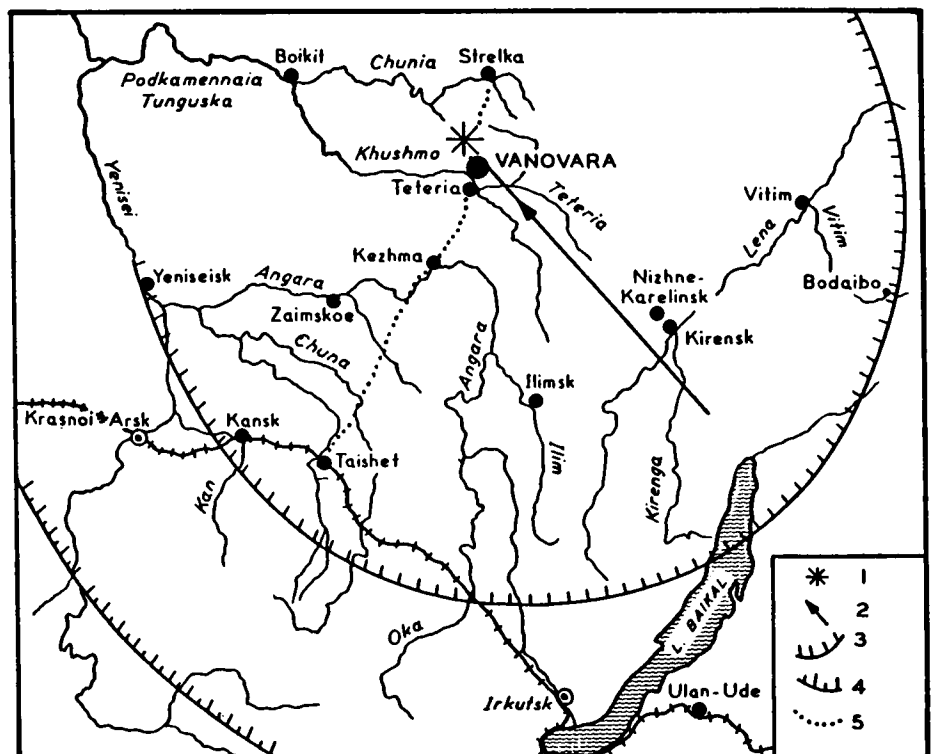
Voorts uit met veel moeite verzamelde rapporten van de weinige ooggetuigen van de ramp. Talrijke geleerden hebben getracht de loop der gebeurtenissen, een verklaring daarvan en de mogelijke gevolgen te achterhalen.

30 juni 1908

Een van de schaarse verslagen van de inslag staat in de krant 'Krasnojarsk' van 13 juli (!) 1908. In het gehucht Kezjma, op 200 km ten zuiden van de plaats van de inslag, was een uitzonderlijk verschijnsel waargenomen. Om 7.43 uur in de morgen van 30 juni hoorden de inwoners een geluid als een stormwind, gevolgd door een hevige donderslag. Een enorme schok, die de Aarde deed beven en de huizen schudden, volgde erop. Daarna volg-



Er bestaan helaas geen foto's van de reusachtige inslag van 30 juni 1908, maar de schilder Don Davis heeft zo waarheidsgetrouw mogelijk de enorme explosie in beeld gebracht.



2
Ten noorden van het Baikalmeer in de Siberische toendra, trof op 30 juni 1908 een komeet de Aarde. 1= de plaats van de inslag; 2= de projectie op het aardoppervlak van de baan die de komeet door de dampkring aflegde; 3= de grens van het gebied waarbinnen geluidseffecten zijn waargenomen; 4= de grens van het gebied waarbinnen de val zichtbaar was en 5= de route die de eerste expeditie nam naar de plaats van de ramp.

den nog twee hevige stoten. Intussen hoorde men een onderaards gerommel en 5 à 6 minuten later een geluid als kanonvuur dat langzaam zwakker werd.

Na de Russische Revolutie trachtte Ku-lik uitgebreidere ooggetuigenverslagen te verkrijgen. Dat viel niet mee, want er waren intussen reeds 10 jaren verstreken sinds de ramp plaatsvond. Wel kwam hij te weten dat een aan de rivier de Tsambee wonende Toengoes op die 30e juni door een reusachtige explosie was overvallen. Zijn hut was omvergeblazen en verbrand, terwijl zijn rendieren op de vlucht sloegen of spoorloos verdwenen. Slechts gesmolten restanten van zilverwerk en tin werden later op de plaats van zijn hut teruggevonden. Een pad langs de rivier de 'Steenachtige Toengoeska' werd onbegaanbaar door de verwoesting en de kracht van de explosie was zo groot, dat het bos aan beide oevers van de rivier over vele kilometers was omgeblazen.

Andere ooggetuigen vertelden, dat zij een verblindend heldere vuurbol naar beneden hadden zien komen. S.B. Semenov, een boer uit Vanorava, op meer dan 60 kilometer van het centrum van de explosie, werd door de druk enkele meters opzij geworpen. Hij had een verblindende lichtflits gezien die de hemel in vlammen zette en een daverende explosie wierp hem daarna omver. Hij verloor even zijn bewustzijn en toen hij weer bijkwam, trilden de huizen en braken de vensters. In het noordwesten hing een dik 'rookspoor' en de vlammengloed van de brandende bossen getuigde van een gigantische ramp. De knallen waren tot op 100 kilometer van de plaats van de inslag gehoord en de vuurbol zelf is tot op meer dan 1500 kilometer afstand gezien in diverse plaatsen in Siberië.

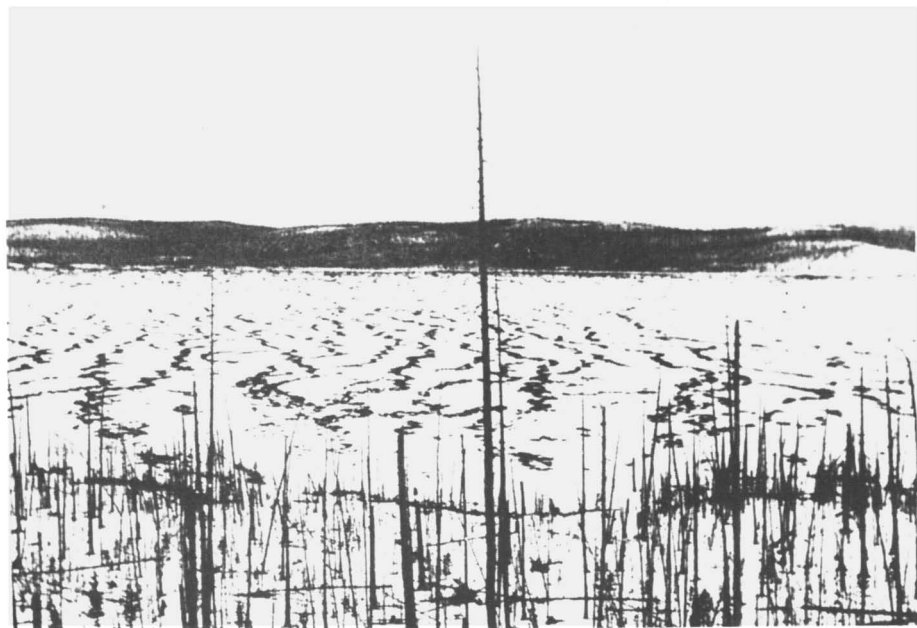
Expedities in de wildernis

Onder uiterst moeilijke omstandigheden, vooral in de eerste jaren, hebben tussen 1927 en 1958 vijf expedities het gebied van de ontploffing bezocht. De tocht erheen door de drassige toendra was niet gemakkelijk en het vaststellen van de juiste plaats bovendien een probleem.

Een gebied van vele vierkante kilometers bos bleek verwoest te zijn en hoewel de eerste onderzoekers het terrein pas bijna 20 jaar na de explosie betraden, was de omvang van de ramp nog duidelijk zichtbaar. In een gebied met een straal 30 à 40 kilometer waren alle bomen omgewaaid. De oriëntering van de liggende bomen maakte het mogelijk de juiste positie van het explosie-



In een gebied op 8 kilometer van het explosiecentrum zijn duizenden boomstammen als luciferhoutjes afgeknapt en omvergeworpen door de drukgolf na de inslag.



Dichtbij het centrum van de explosie bevond zich geen krater, maar een moerassig gebied met enkele ondiepe meertjes en begroeid met mos. Dit werd het zuidmoeras genoemd.

siecentrum vast te stellen. Daar bleek een moerassig gebied te zijn met een doorsnede van 7 tot 10 kilometer, dicht begroeid met mos en in beslaggenomen door enkele meertjes, omgeven door lage heuvels. Door de enorme hitte waren er op veel plaatsen grote bosbranden geweest, die delen van het gebied geteisterd hadden. Dichtbij het explosiecentrum was het bos geheel platgeslagen. Tientallen dikke bomen waren als luciferhoutjes afgeknapt. Intussen waren er natuurlijk weer jonge bomen opgegroeid gedurende de vele jaren die verlopen waren. Ze vielen op door een weelderige groei temidden van de neergeslagen woudreuzen. Tijdens de eerste expedities werd

tevergeefs naar restanten van de ingeslagen meteoriet gezocht. Metingen van het Aardse magnetisch veld ter plaatse en zoeken naar andere bijzonderheden, leverden weinig op. Bij de latere tochten werd naar fijn meteoritisch stof gezocht en daarmee werd inderdaad meer succes geboekt. Helaas verschaften de expedities weinig spectaculaire gegevens.

Theorieën volop

Over de oorzaak van de ramp werd aanvankelijk weinig gediscussieerd. Een reusachtige meteoriet zou de Aarde hebben getroffen en de eerste ex-

peditie was duidelijk bedoeld om naar restanten van dat hemellichaam te zoeken. Daarom was het zo teleurstellend dat er geen meteorietijzer of gesteente van meteoritische herkomst werd aangetroffen. Microscopisch kleine korreltjes meteoorstof werden pas in 1962, na veel speuren, gevonden. Ze bestaan uit magnetische en glasachtige silicaatdeeltjes, meestal bolvormig en met een middellijn kleiner dan 0,1 mm. De meeste lagen 20 à 80 kilometer van het explosiecentrum, in de richting van de ter plaatste gewoonlijk overheersende luchtbeweging, die een gevolg is van de in juni meestal optredende windrichting.

Het ontbreken van een inslagkrater maakte het tenslotte duidelijk dat de explosie niet door het inslaan van een meteoriet veroorzaakt kon zijn. De atmosfeer moet het binnengedrongen object tijdens zijn tocht door de dampkring geremd hebben.

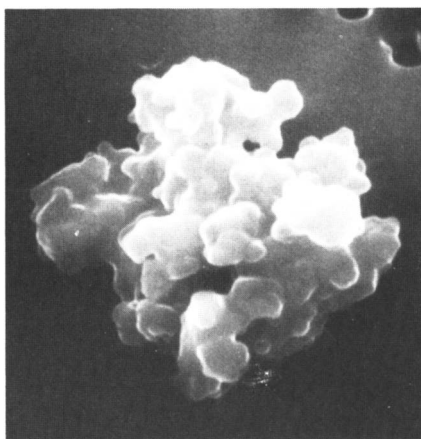
Hierdoor kwam de bewegingsenergie al op 6 à 9 kilometer hoogte explosief vrij. Dit is bij kleinere vuurbollen vaak het geval. Die energie kan geschat worden uit het aantal omgeworpen bomen en moet ca. 50.000 biljoen joule geweest zijn. Dat is voldoende om een middelgrote stad een heel jaar van elektriciteit te voorzien.

Enkele honderden meters in doorsnede

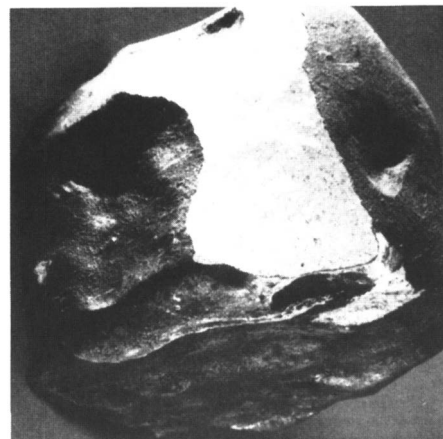
Bij objecten die met de geluidssnelheid de atmosfeer binnendringen, wordt al hun bewegingsenergie in druk omgezet, maar bij snelheden drie keer het geluid nog maar 14% daarvan. Dat is bij meteorieten het geval. De energie van het object moet bij het binnenkomen in de aardatmosfeer 4 triljoen joule zijn geweest. Gaan we uit van de bekende gemiddelde orde van snelheid waarmee gewoonlijk meteorieten onze dampkring binnendringen, dan kunnen we daaruit de massa en de straal van de meteoriet berekenen. Het Toengoeska-object, zoals de meteoriet van 30 juni 1908 genoemd wordt, zou dan een massa van een paar miljoen ton en (mits bolvormig) een straal van enkele honderden meters gehad hebben. Dit terwijl de gemiddelde meteoriet slechts enkele centimeters groot is. De Aarde is dus in 1908 inderdaad getroffen door een kosmisch object van grote omvang, vergelijkbaar met een explosie van een atoombom van max. 10 megaton. Ter vergelijking moet worden bedacht dat de inslag, die de Aardse biosfeer aan het einde van de Krijt-periode zo drastisch wijzigde, het gevolg geweest



In de omgeving van het explosiecentrum zien we op de voorgrond zware bomen die geheel afgebroken zijn. Jonge dennebomen zijn intussen opgekomen. Op de achtergrond bomen waarvan takken en kruinen zijn weggeblazen. De weelderige groei van nieuwe vegetatie viel de eerste expeditie op.



Tijdens vluchten op zeer grote hoogte en gedurende ruimtevluchten, werd kosmisch stof opgevangen. Deze 'Micrometeorieten' bestaan meestal uit klonterige chondritische min of meer pluizige materie en zijn enkele honderden millimeters groot.



Gewone meteorieten bestaan uit nikkelijzer of uit gesteente en zijn meestal enkele centimeters groot. Dit is de Wethersfield-meteoriet, een chondriet (steenmeteoriet), die op 8 november 1982 in de V.S. door het dak van een huis is gevallen.



Midden in de nacht zijn op onze breedte soms zeer hoge wolken zichtbaar, verlicht door een onder de kim staande Zon. Zulke nachtluchtende wolken zijn na de val van het Toengoeska-object op grote schaal zichtbaar geweest.

zou zijn van een meteoriet van enkele kilometers grootte.

Omdat er in Siberië geen krater te vinden was, heeft men aanvankelijk de mogelijkheid overwogen dat de meteoriet tijdens zijn tocht door de dampkring in stukken zou zijn gebroken. Dat komt bij meteorieten vrij veel voor. Een zo groot object kan echter gedurende de zeer korte duur van zijn vlucht (slechts een paar seconden) niet snel genoeg in voldoende kleine stukjes breken, omdat de warmte onvoldoende tijd heeft om diep in het grote lichaam door te dringen.

In de afgelopen decennia zijn dan ook diverse andere hypothesen opgesteld om de Toengoeska-inslag te verklaren. Een bijzonder broze of poreuze meteoriet zou een mogelijke verklaring zijn, maar van dit soort zijn tot nu toe alleen nog maar uiterst kleine exemplaren gevonden. Andere geleerden dachten aan de inslag van een stuk antimaterie, een gedurfde hypothese, die echter voorlopig even fantastisch lijkt als een kernexplosie door het vergaan van een buitenaards ruimteschip (geopperd in een boek van Baxter en Adams). In 1973 kwamen twee astronomen met de veronderstelling dat de Aarde in 1908 door een zwart gat zou zijn getroffen. Een zwart gat is een soort onzichtbaar zeer klein hemellichaam met een fantastisch grote massa, waarvan de sterrenkundigen het bestaan langs indirecte weg menen te kunnen aantonen. Dat zwarte gat zou dan dwars door de Aarde heen zijn gegaan. In dat geval zou het de Aarde in 10 tot 15 minuten hebben doorboord en ook bij zijn uitgangspunt, waar het de Aarde weer verliet, een soortgelijke explosie hebben veroorzaakt. Hiervan is echter niets bekend, ook niet uit de seismografische registraties die van de Siberische explosie bestaan. Deze waren eerst in Irkoetsk en na verloop van tijd in Leningrad, Berlijn en Londen als een verre aardbeving opgetekend. Bovendien zijn er nu in Siberië toch kleine stofdeeltjes aangetroffen met een hoog nikkelgehalte en er is langs de baan van de vuurbol door de ooggetuigen een stofstaart opgemerkt. Daarom is men tenslotte teruggekeerd tot een reeds door Whipple in 1930 voorgestelde verklaring: het Toengoeska-object was een stuk van een komeet.

Verfijnd onderzoek

De laatste jaren is intensief gezocht naar mogelijke gegevens die zijdelings verband zouden kunnen houden met de Toengoeska-explosie. De seismische trillingen, die de explosie veroorzaakte en die op diverse plaatsen wer-

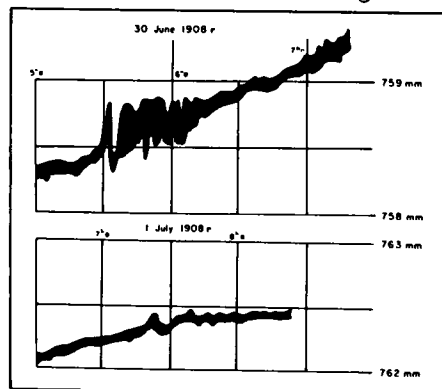


Inslagen van grote meteorieten veroorzaken gewoonlijk enorme inslagkraters. Sommige hemellichamen, zoals de Maan en de planeet Mercurius zijn ermee bezaaid. Op onze Aarde zijn ze door allerlei geologische processen grotendeels weggewist. Door het droge klimaat is deze 1200 meter grote krater in Arizona goed bewaard gebleven.

den geregistreerd, zijn al eerder genoemd. Uit de intensiteit daarvan en uit het voortschrijden van de geluidsgolven na de ontploffing, leidt men af dat de explosie op een hoogte van 6 à 9 kilometer plaats heeft gevonden. Turco en zijn medewerkers hebben verder gezocht naar astronomische en meteorologische gegevens, die direct na 30 juni 1908 zijn verkregen. Op de avonden van 30 juni en 1 juli 1908 was in geheel Europa een merkwaardig rood schemerlicht waarneembaar.

Dit moet veroorzaakt zijn door een stoflaag in de Aardse dampkring op ca. 80 kilometer hoogte. De inslag vond op hoge breedte plaats, juist negen dagen na het begin van de zomer. De situatie was dus ideaal voor het optreden van extra lang schemeringslicht dat werd veroorzaakt door stofwolken op grote hoogte. Deze werden tot laat in de avond nog verlicht door de Zon. Dat stof de oorzaak hiervan was, bleek uit het optreden van halo's om de Zon en uit polarisatieverschijnselen van het daglicht. De heldere schemering werd waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door zogenaamde nachtluchtende wolken, die ook onder normale omstandigheden in de zomermaanden wel eens worden waargenomen. Het vele stof van de inslag leverde de nodige condensatiekernen voor kleine waterdruppeltjes of ijskristalletjes en zo vormden zich wolken. Door hun extreme hoogte waren deze gedurende een groot deel van de nacht zichtbaar, omdat de laag onder de kim staande Zon ze nog bescheen en ze konden ook op lagere geografische breedte gezien worden. Turco berekende

waar zulke verschijnselen zouden kunnen optreden op de avond na de inslag. Hierbij hield hij rekening met de gewoonlijk op die hoogte optredende windsnelheden en windrichtingen.



Luchtdrukgolven, geregistreerd in Potsdam op grote afstand van de inslag in 1908. Boven is de directe registratie te zien, beneden de terugkerende golf.

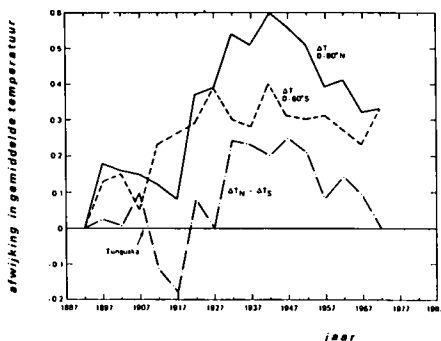
In het begin van deze eeuw voerde het Smithsonian Laboratorium in Californië een jaren durend routineprogramma uit, waarbij de intensiteit van de zonnestraling gemeten werd. Om dit te bereiken moest ook de doorlating van de Aardse atmosfeer voor Zonlicht worden onderzocht. Het bleek dat die in 1908 duidelijk was teruggevallen, vergeleken met de jaren daarvoor. Er was zelfs een opvallende vermindering die boven Californië twee weken na de Toengoeska-explosie inzette en een maand aanhield.

Een ander soortgelijk verschijnsel was twee weken voor de 30e juni opgetreden en werd waarschijnlijk veroorzaakt door stof afkomstig van een vulkanische uitbarsting.

Ozonlaag

Uit op sterrewachten opgenomen spectra van kometen weet men dat die gewoonlijk behalve waterdamp en andere gassen ook vaak grote hoeveelheden stikstofoxide (NO) bevatten. Ook bij de Toengoeska-inslag is waarschijnlijk veel stikstofoxide in onze atmosfeer terechtgekomen, dat onder meer de ozonlaag aantast. Zo'n afname van de ozonlaag herstelt zich pas na vele jaren en berekeningen maken het zeer waarschijnlijk dat daarvoor het noordelijk halfrond van 1908 tot 1911 aan een flinke overdosis ultraviolette zonnestraling blootgesteld is geweest.

Buitengewoon interessant was ook het verloop van de gemiddelde oppervlaktetemperatuur tijdens deze periode. Na 1908 nam de jaarlijkse gemiddelde oppervlaktetemperatuur van het noordelijk halfrond af, maar die van het zuidelijk halfrond toe. In bijna elke andere decade tussen 1884 en 1974 was er op beide halfronden een gelijke trend. Hoewel het niet uitgesloten is dat dit effect (ook) samenhangt met de eruptie van twee grote vulkanen op hoge noordelijke breedte (de Shtyubelya Sopka in 1907 en de Katmai in 1912) lijkt het waarschijnlijker dat de Siberische inslag hiervoor verantwoordelijk was.



Het verloop van de afwijking van de gemiddelde oppervlaktetemperatuur op het noordelijk halfrond ($\delta T_O - 80^\circ N$) en op het zuidelijk halfrond ($\delta T_O - 60^\circ Z$) van 1887 tot ca. 1950. Beide grafieken vertonen dezelfde trend, behalve enkele jaren na 1908. Dit ziet men gemakkelijk door op het verschil van beide te letten, dat is uitgezet als $\delta T(N) - \delta T(Z)$. Dit verschil is alleen enkele jaren na 1908 negatief, omdat een storing in de ozonlaag de correlatie verstoort.

Een uniek en misschien zijdelings bijkomstig effect van het Toengoeska-object, was de productie van een geweldig grote hoeveelheid kunstmest. Immers veel van het stikstofoxide, die de komeet in de dampkring bracht, werd in de stratosfeer chemisch omgezet in salpeterzuur en bereikte de aardbodem na regenval. Een extra toename met 15% per jaar van de natuurlijke verrijking aan stikstof lijkt niet onwaarschijnlijk en dichtbij het centrum van

de explosie kan het nog veel meer geweest zijn. De eerste onderzoekers die de plaats van de ramp bereikten, vertelden immers over de zeer opvallende groei van het bos in de jaren vlak na de ontploffing. Na een zorgvuldige analyse van de taiga bleek dat het gebied met abnormale groei zich veel verder uitstreckte dan dat van de omgewaaide bomen.



De explosie van Toengoeska is zeer waarschijnlijk veroorzaakt door het botsen van een komeet met de Aarde. Kometen zijn soms aan de nachtelijke hemel te zien als een lichtpuntje met een lange gas- of stofstaart. Vanuit de enkele kilometers grote kern worden door de zonnestraling gas- en stofmassa's vrijgemaakt die de staart vormen. De opname toont de komeet van Arend-Roland opgenomen op 30 april 1957 en is 45 minuten belicht.

Als een komeet de Aarde treft.....

Ontmoetingen van onze Aarde met kometen zijn betrekkelijk zeldzaam. Volgens berekeningen van diverse onderzoekers zou een Toengoeska-explosie zich eens in de 10.000 à 20.000 jaar voordoen. Kometen kunnen echter grote hoeveelheden vreemde moleculen in de Aardse dampkring brengen, waardoor het leefmilieu aan het aardoppervlak jarenlang kan worden beïnvloed. Dat komt vooral door de bouw van een komeet. Zo'n hemellichaam is een soort reusachtige vuile sneeuwbal opgebouwd uit samengevroren gasen, diverse soorten ijs met daartussen veel stof.

De meeste kometen beschrijven langgerekte elliptische banen om de Zon. Naderen ze bij hun omloop de Zon, dan begint de komeet aan de buitenkant te verdampen en de vrijgekomen deeltjes worden door de stralingsdruk van de Zon in de vorm van een langgerekte staart achter de komeet

geformeerd. Een meteoriet daarentegen is een uit gesteente of nikkelijzer opgebouwd lichaam, dat meestal in een minder elliptische baan om de Zon loopt en nooit een staart ontwikkelt. Zeer kleine meteorieten treffen de Aarde onophoudelijk en zijn in heldere nachten als vallende sterren aan de hemel zichtbaar.

De reusachtige inslag aan het eind van het Krijt moet veel rampzaliger gevolgen gehad hebben dan de explosie van Toengoeska. Alvarez schatte de massa van die komeet op 100.000 miljoen ton, dat is bijna 100.000 keer meer dan dat van Toengoeska. Hierdoor kan het eerste jaar na de inslag de gemiddelde temperatuur 10 tot 20 graden zijn gedaald en nadat alle stof was neergevallen duurde het zeer lang voor de ozonlaag zich had hersteld. Met de inslag van Toengoeska voor ogen, begrijpen we nu waarom we niet naar de restanten van een krater van die inslag aan het eind van het Krijt behoeven te zoeken. Hoewel we dienen te bedenken dat er nog steeds andere verklaringen voor het uitsterven van veel diersoorten, ca. 65 miljoen jaar geleden mogelijk zijn, mogen we niet vergeten dat inslagen, zoals die van de komeet van Toengoeska, hebben plaatsgevonden. Bij die ontploffing werd 2000 vierkante kilometer bos geveld en als de komeet op een dicht bevolkt deel van onze Aarde terecht was gekomen, was de ramp desastreus geweest.

Adres van de auteur:

Aetveldselaan 12
1381 EA Weesp