



Ijs dat de aarde schokte

A.J. (TOM) VAN LOON
VALLE DEL PORTET 17
03726 BENITACHELL, SPANJE
GEOCOM.VANLOON@GMAIL.COM

Continentale ijskappen, zoals nu aanwezig op Antarctica en Groenland, maar in het Pleistoceen in grote gebieden van het noordelijk halfrond, kunnen kilometers dik zijn. Ze zijn dan zo zwaar dat ze de aardkorst diep wegdrukken, in hun centrum veel meer dan 100 m. Bij het smelten van de ijskappen komt de aardkorst weer omhoog, vaak schoksgewijs. Dat resulteert in aardbevingen die hun sporen nalaten in de vorm van gedeformeerde sedimentlagen: seismieten (Afb. 1).

Gedurende het Pleistoceen strekten de noordelijke ijskappen zich ver naar het zuiden uit. De Scandinavische ijskap bereikte ook Nederland enkele malen. Maar zelfs tijdens de grootste (voorlaatste) ijstijd (het Saalien) werd Nederland nog niet voor de helft met ijs bedekt. Die ijskap was dus ook relatief dun. Niet zo veel noordelijker was dat al anders, bijvoorbeeld in het gebied rondom wat nu de Oostzee is, het zogeheten Baltische gebied.

Verstoorde lagen

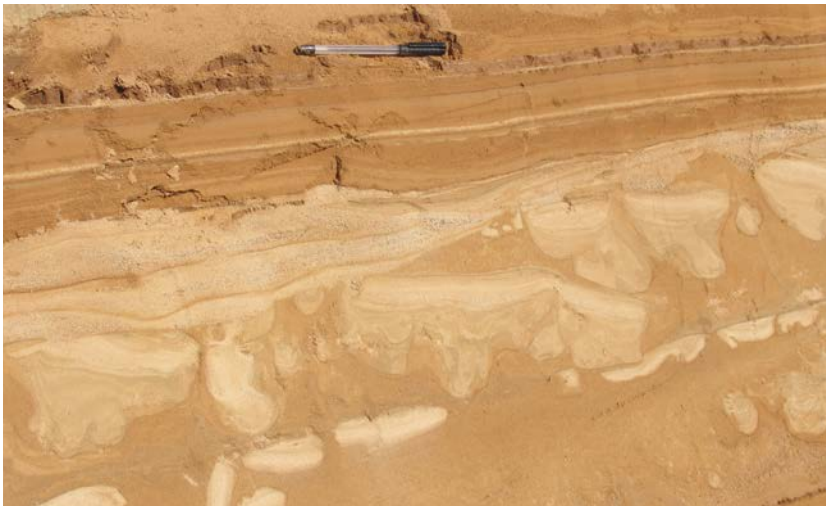
De Oostzee is van oudsher druk bevaren: veel Hanzesteden langs deze zee getuigen daarvan. Het kustgebied is dan ook al eeuwenlang druk bewoond en de bevolkingsdichtheid is in de laatste eeuw sterk toegenomen. Dat leidt tot een toenemend gebruik van de ondergrond: voor tunnels, fundamenteën, kabels, leidingen en tal van andere toepassingen. Om dat gebruik in goede banen te leiden,



wordt – net als in Nederland – steeds gedetailleerder onderzoek gedaan naar de opbouw en eigenschappen van de ondiepe ondergrond. Daarbij zijn de laatste jaren in diverse landen sterk verstoorde lagen aangetroffen (Afb. 2) bij onderzoek waaraan ik zelf heb mogen bijdragen.

Het merkwaardige van deze lagen is dat ze ingebed liggen tussen niet verstoorde lagen. De oorzaak van de verstoring kan dus niet tektonisch van aard zijn. Nu is goed bekend dat soms sedimentpakketten op een helling onder water kunnen gaan schuiven en, eventueel door opname van water, als een meer of minder visceuze of waterige massa omlaag bewegen totdat ze op een vlakker deel weer tot rust komen. Bij dergelijk massatransport kunnen in de desbetreffende lagen ook veel deformaties optreden, en dergelijke pakketten kunnen ook ingebed liggen tussen onverstoorde lagen. Van een dergelijke oorsprong is echter in de hier beschreven gevallen geen sprake.

Het gaat wat ver om hier alle argumenten op te sommen, maar het komt erop neer dat de hier beschreven lagen vervormd moeten zijn als gevolg van een of meer schokgolven die zich langs het aardoppervlak voortbewogen en die werden opgewekt door een aardbeving. Dat is echter een niet direct voor de hand liggende verklaring, want de genoemde gebieden rondom de Oostzee (en met name Letland, Polen en Duitsland waar we in de laatste jaren veldonderzoek hebben uitgevoerd) zijn tektonisch al tientallen miljoenen jaren tektonisch rustig.



AFBEELDING 1. | Karakteristiek voorbeeld van een seismiet: een sedimentlaag die door een seismische schokgolf is verstoord. Groeve met afzettingen uit het Weichselien nabij Rakuti (ZO Letland).

Ijskappen

De sleutel tot dit probleem ligt in de ouderdom van de verstoorde lagen.

Die behoren alle tot het Pleistoceen.

In tertiaire afzettingen komen soortgelijke lagen niet voor (althans ze zijn nooit waargenomen). Een relatie met de ijstijden ligt dan ook voor de hand.

En er bestaat inderdaad een bijzondere pleistocene factor: de ijskappen.

Doordat ze zich uitbreidden en vervolgens weer terugtrokken, werd de aardkorst ongelijk belast. De kilometers dikke ijskappen drukten de aardkorst ver omlaag (op veel plaatsen aanzienlijk meer dan 100 m), en na het smelten van de ijskappen kwam de aardkorst weer omhoog.

Een interessant bij-effect hiervan is dat tijdens de pleistocene vergletsjeringen dus niet alleen de zeespiegel daalde, maar onder het ijs – en in een brede band daaromheen – ook de aardkorst. Dat wegdrücken van de aardkorst onder het ijs betekende uiteraard niet dat het volume van de aardkorst veranderde; in een zone rondom de weggedrukte aardkorst kwam de aardkorst daarom juist omhoog! Dat maakt het begrijpelijk waarom het precies vaststellen van de zeespiegelstijging sinds de laatste ijstijd zo moeilijk is: de zeespiegel steeg, plaatselijk steeg ook het land (glacio-isostatische opheffing), maar elders daalde het land juist!

Bij een kouder wordend klimaat breidden de ijskappen zich slechts langzaam uit. De toenemende ijsmassa moest immers worden opgebouwd via de neerslag van sneeuw (die in de loop der tijd door het gewicht van boven-



AFBEELDING 2. | Door seismische schokgolven sterk verstoorde lacustriene afzettingen uit het Saalien nabij Siekierki (NW Polen).



AFBEELDING 3. | *Seismiet in een Weichselien-afzetting op Rügen (NW Duitsland).*

liggende sneeuw tot ijs werd samengeperst). Het langzaam vooruitschuivende ijs gaf de aardkorst gelegenheid om geleidelijk weg te zakken. Bij een verbeterend klimaat was dat anders: het ijs smolt (geologisch gezien) zo snel weg dat de ijskappen zich snel terugtrokken en de aardkorst niet de gelegenheid kreeg om zich langzaam aan te passen. Daarom verliep die aanpassing soms in stappen: de aardkorst kwam dan plaatselijk plotseling omhoog, wat gepaard ging met een aardbeving.

Zware aardbevingen

Dergelijke aardbevingen kunnen meer of minder zwaar zijn geweest. Lichte aardbevingen laten geen sporen na die in het veld waar te nemen zijn (tenzij een breuk tot aan het aardoppervlak reikt), maar als een aardbeving een magnitude heeft van minimaal 4,5-5, dan kunnen de resulterende oppervlakte(schok)golven daarvoor gevoelige lagen aan of nabij het aardoppervlak deformeren. Dergelijke seismisch vervormde lagen (Afb. 3) worden 'seismieten' genoemd.

Het voorkomen van seismieten in dichtbevolkte gebieden geeft aan dat er tijdens het terugtrekken van het landijs zware aardbevingen optraden. Als dat ook nu nog mogelijk zou zijn, zou dat grote gevolgen hebben. Daarom is het van belang om te weten hoe vaak dergelijke aardbevingen optraden. Daaruit zou wellicht kunnen worden afgeleid of dergelijke zware bevingen ook nu nog kunnen optreden.

Frequentie

Om te kunnen vaststellen hoe snel zware aardbevingen na elkaar optraden, is het uiteraard nodig om de sporen van opeenvolgende aardbevingen (in dit geval in de vorm van seismieten) te vinden en te dateren. Dat hebben we in een aantal gevallen kunnen doen, zij het lang niet altijd erg precies. Dat komt omdat datering van pleistocene sedimenten vaak alleen mogelijk zijn met een methode (optically stimulated luminescence) waarbij wordt bepaald hoelang geleden



AFBEELDING 4. | *De twee seismieten in de groeve bij Siekierki, gescheiden door een pakket van ca. 15 cm dik van onverstoorde lacustriene afzettingen.*



AFBEELDING 5. | *De twee seismieten in de sectie op Rügen liggen zo dicht boven elkaar dat ze nauwelijks van elkaar zijn te onderscheiden. De verantwoordelijke aardbevingen zijn dus waarschijnlijk snel na elkaar opgetreden.*

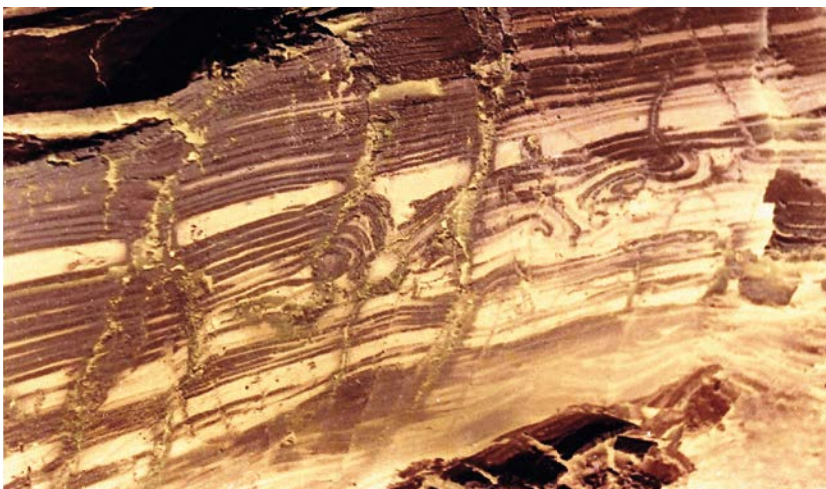




AFBEELDING 6. | Sectie bij Rakuti met 12 seismieten (S1-S12).



AFBEELDING 7. | Deel van de sectie bij Valmiera (NW Letland, met onderin (rechts) en bovenin (links) twee van de zeven seismieten die binnen geologisch zeer korte tijd moeten zijn gevormd.



AFBEELDING 8. | Door een aardbeving van omstreeks 50 jaar geleden verstoorte lagen in een recente wadachtige afzetting in de Baie Mont-Saint-Michel (Frankrijk).

veldspaat- of kwartskorrels voor het laatst aan zonlicht waren blootgesteld. Dat vraagt uiteraard om problemen! Een andere methode om frequenties vast te stellen is het bepalen van relatieve ouderdommen door het tellen van lagen met seizoensgebonden cycli, zoals warven. Maar ook dat is per definitie onnauwkeurig, want afzettingen uit bepaalde jaren kunnen immers ontbreken doordat er geen sediment werd afgezet, of doordat bepaalde lagen door erosie zijn verdwenen. Niettemin konden er op bepaalde plaatsen wel goede schattingen worden gemaakt van de frequentie waarmee zulke zware aardbevingen optraden dat er seismieten ontstonden. In NW Polen werden in een profiel van lacustriene (in een meer gevormde) afzettingen uit het Saalien twee seismieten gevonden (Afb. 4) die waarschijnlijk minder dan duizend jaar van elkaar verschillen. Dat is uiteraard – vanuit menselijk oogpunt – niet erg frequent. Dat geldt waarschijnlijk veel minder voor twee seismieten die werden gevonden in een klifprofiel op het Duitse eiland Rügen. De beide seismieten (Afb. 5) komen vlak boven elkaar voor in een meerdere meters dik pakket dat in zijn geheel werd gevormd in maximaal 4000 jaar, en minimaal minder dan 1000 jaar. Deze twee seismieten werden dus waarschijnlijk binnen hooguit enkele honderden – waarschijnlijk minder dan enkele tientallen – jaren na elkaar gevormd. Wat betreft de frequentie komen de

meest opzienbarende resultaten echter uit Letland. In een sectie bij Rakuti in het zuidwesten van het land vonden we twaalf seismieten (Afb. 6) in een sedimentpakket dat tussen 17.000 en 16.000 jaar geleden moet zijn gevormd; dus binnen hooguit 1000 jaar. De verantwoordelijke zware aardschokken moeten dus gemiddeld minder dan 100 jaar na elkaar zijn opgetreden. Nog frequenter lijken seismieten uit het noordwesten van Letland (bij Valmiera), waar een sectie binnen enkele honderden jaren (hooguit 1000 jaar) moet zijn gevormd. Seizoensgebonden cycli in de sedimenten geven zelf een vormingsduur van slechts 44 jaar aan (maar er kunnen natuurlijk lagen door erosie zijn verdwenen). In dit pakket komen 7 seismieten voor (Afb. 7). Die moeten dus veroorzaakt zijn door zware aardbevingen met een gemiddelde frequentie van maximaal ca. 150 jaar en minimaal slechts 6-7 jaar!

Herkenning van seismieten

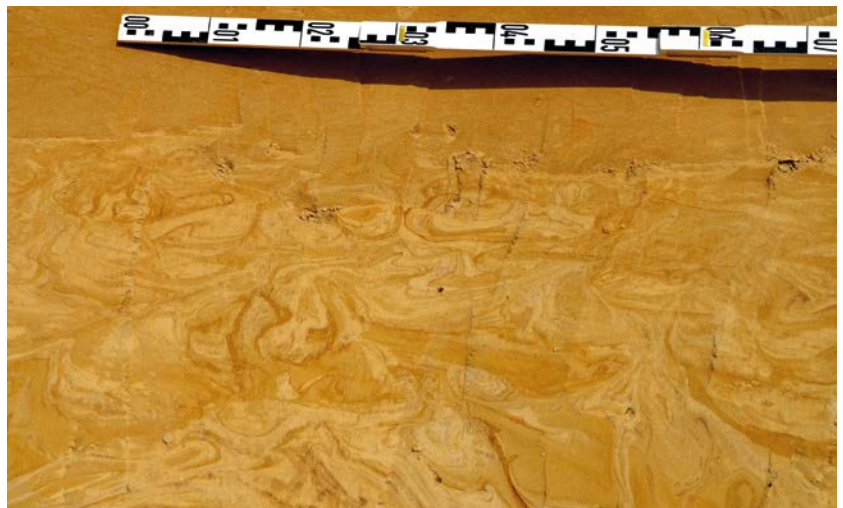
Hoe kun je nu vaststellen dat de verstoring van bepaalde lagen is veroorzaakt door aardbevingen? Dat is niet eenvoudig, maar inmiddels hebben onderzoekers, op basis van ervaring, een aantal criteria opgesteld. Die betreffen o.a. de laterale uitbreiding (op zijn minst honderden meters, liefst vele kilometers), lateraal langzame toename in aard en intensiteit van de deformaties (naar het epicentrum toe), de aanwezigheid van meer van dergelijke lagen (al dan niet gescheiden door onverstoorde lagen) dicht boven elkaar, de aard van de deformaties (vooral load casts, met liefst verschillende fases die elkaar vervormen; en breukjes), de aanwezigheid van grote breuken, etc. Niet aan alle voorwaarden hoeft te worden voldaan, omdat de aard van de sedimenten een belangrijke rol speelt bij de mogelijke deformaties.

Inmiddels is er veel literatuur over seismieten, ook als gevolg van recente aardbevingen (Afb. 8), uiteraard vooral omdat zware aardbevingen grote gevolgen kunnen hebben voor de samenleving. Het is dan ook verwonderlijk dat er nog steeds enkele dwarsliggers zijn (o.a. Shanmugam) die beweren dat seismieten niet door aardbevingen kunnen ontstaan! Nog steeds ben ik betrokken bij een Pools project dat zich bezighoudt met onderzoek naar seismieten die ont-

staan door aardbevingen langs breuken in de aardkorst. De breuken zijn het gevolg van de vooruitschuivende en zich terugtrekkende landijskappen. Het levert me, iedere keer opnieuw, de ontdekking op van complexe structuren. Het ijs mag de aarde doen schokken, maar het zorgt wel voor prachtige beelden (Afb. 9-10) waarover nog veel meer is te vertellen!



AFBEELDING 9. | Sterk gedeformeerd pakket in de sectie bij Rakuti, mogelijk ontstaan doordat enkele opeenvolgende aardbevingen dezelfde lagen hebben verstoord.



AFBEELDING 10. | Deze seismiet bij Siekierki doet niet onder voor veel moderne kunst in musea.

LITERATUUR

- Pisarska-Jamroży, M., S. Belzyt, A. Börner, G. Hoffmann, H. Hüneke, M. Kenzler, K. Obst, H. Rother, & A.J. Van Loon, 2018. *Evidence for glacio-isostatically induced crustal faulting in front of an advancing land-ice mass (Rügen Island, NE Germany). Tectonophysics (in druk).*
- Van Loon, A.J. & M. Pisarska-Jamroży, 2014. *Sedimentological evidence of Pleistocene earthquakes in NW Poland induced by glacio-isostatic rebound. Sedimentary Geology 300, 1-10.*
- Van Loon, A.J., M. Pisarska-Jamroży, M. Nartiss, M. Krievans & J. Soms, 2016. *Seismites resulting from high-frequency, high-magnitude earthquakes in Latvia caused by Late Glacial glacio-isostatic uplift. Journal of Palaeogeography 5, 363-380.*

