

De geologie van scheuren en de scherven van magmatisch zout

Dr. Nico Hardebol, 11 februari 2016

Wat doen gesteentelagen ertoe in ons belijden van God als schepper? Een goede vraag of voer voor zoutloze discussies, zoals recent op deze site werd gesteld naar aanleiding van de door Stef Heerema gepropageerde magmatische zoutvorming? Voor diegene die thuis is in de discussie over 'schepping en evolutie' heeft het weinig introductie hoe een geoloog de rol vervult als hoeder van een letterlijke zesdaagse scheppingsweek. Bekend met de creationistische literatuur, heb ik de afgelopen jaren toch met toenemende verbazing kennis genomen van Stef Heerema's pleidooi voor een vulkanische oorsprong van steenzout als onderbouwing van zondvloedgeologie. Ik betwijfel zo'n alternatief voor zoutvorming. De ingewikkelde onderstaande geologische toelichting roept tevens de vraag op welke terughoudendheid en zorgvuldigheid gewenst is voordat het wordt gepresenteerd aan een publiek in de kerkbanken.

De geologie boeit me in mijn onderzoek aan de Technische Universiteit Delft door het multidisciplinaire karakter van mijn werk. Studie naar de vervorming van gesteenten brengt me tot veldstudies langs de Engelse Yorkshire kust, tot het doen van experimenten in het lab om mechanische gesteenteparameters te bepalen en tot het draaien van computermodellen, waarbij we de groeistadia van in het veld waargenomen scheurpatronen kunnen bepalen. Ik geloof daarbij in Gods scheppingswerk, in Zijn doel vanaf het begin en Zijn perspectief op een goede toekomst. Dit te midden van de breuken, de schoonheid van bergen die contrasteren met de implicaties van aardbevingen.

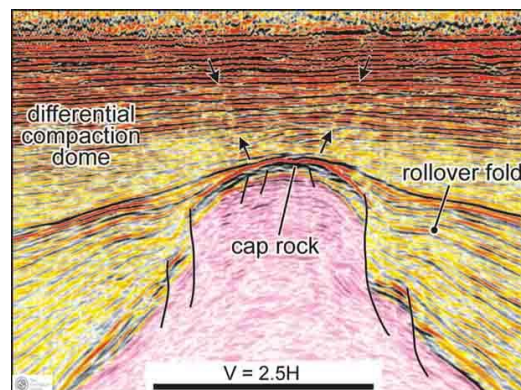
Littekens in stenen

De scheuren in een steen zijn de littekens van geologische gebeurtenissen. Het bestuderen van een scheur onder de microscoop toont hoe een kwarts mineraal is verbroken, terwijl een naastgelegen calciet mineraal is vervormd als boter. Natuurlijk, ik interpreteer. We zijn er tenslotte niet bij geweest, toen die breuk in het Jura (170 Ma geleden) zou zijn gevormd. In het verlengde ligt het argument, dat onder andere Terry Mortenson gebruikte in zijn discussie met Gijsbert van de Brink ter gelegenheid van het Darwin jaar¹. Hij maakt een scherp onderscheid tussen 'historisch onderzoek' en 'experimenteel onderzoek'. Experimenteel onderzoek is, in tegenstelling tot historisch onderzoek, herhaalbaar en daarmee het terrein van testbare hypothesen. Historisch onderzoek daarentegen zou sterk worden bepaald door een atheïstisch of creationistisch wereldbeeld.

Zo'n scherpe scheidslijn is in geologisch onderzoek van de afgelopen decennia niet te trekken. Het onderzoek naar geologische gebeurtenissen in het verleden staat niet los van herhaalbare experimenten in het lab. De fysische beschrijvingen van de elastische, brosse vervorming of het vloeigedrag van gesteenten uit herhaalbare laboratoriumexperimenten vormen tevens de basis voor computermodellen. Of een gesteente breekt dan wel vloeit blijkt af te hangen van de temperatuur, de krachten en snelheid van de vervorming. Een pakje boter vloeit wanneer je er langzaam op duwt. Stukjes kunnen afbrokkelen wanneer je er met een vuist op slaat.

De motor onder diapieren

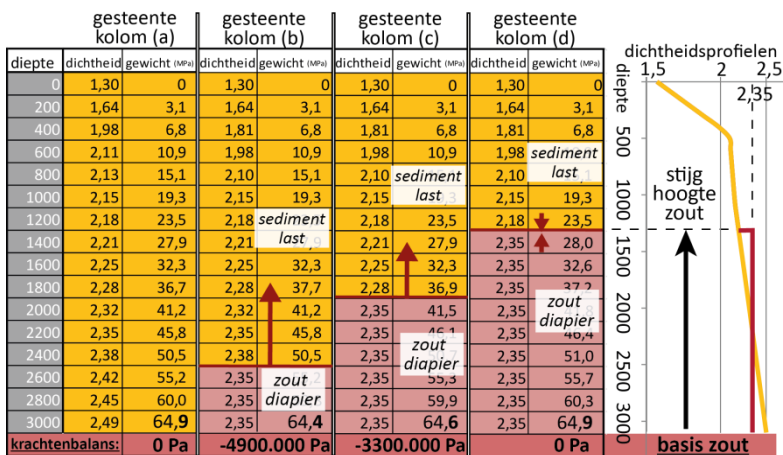
Mijn verontrusting over Heerema's verhandelingen betreft allereerst het niet verwerken van informatie die niet direct in zijn straatje van vulkanische zoutvorming past. Nadat ik hem in 2014 attendeerde op relevante modelleerstudies van processen waardoor zout opwaarts in beweging komt, is het enige dat hij daaruit blijkt te hebben opgepikt, dat die studies geen specifieke maar algemene dichtheidsverschillen gebruiken. Dichtheidswaarden in modelleerstudies worden zodanig



Figuur 1: zout diapier met breuken (bron: ix).

gekozen dat ze antwoord geven op een algemene probleemstelling, niet slechts op een specifiek dichtheidsprofiel rond diapieren in de Nederlandse ondergrond. Diapieren zijn in de ondergrond begraven bulten en pijlers van lokaal omhooggekomen zout. Heerema meent af te rekenen met het reguliere verklaringsmechanisme door te stellen dat het zout niet lichter is dan het omliggende sediment. Dit is een te simpele voorstelling van zaken. De toelichting bij figuur 1 laat zien dat het gaat om de totale gewichtsbalans tot aan de basis van het zout. Het totale gewicht van deze gesteentekolom waarin het zout wordt opgestuwd dient lager te zijn dan dat van de naastgelegen gesteentekolom. Bovendien tonen modelstudies^{ii,iii,iv} dat drukverschillen in de zoutlaag één van de oorzaken is, bepaald door een combinatie van verschillen in massaverdeling tussen gesteentekolommen maar zeker ook door tektonische krachten geconcentreerd langs breuken.

Met figuur 1 testen we Heerema's stelling dat de dichtheidsverschillen geen opstuwung van zout kunnen verklaren. In gesteentekolom (a) gaan we uit van Heerema's diepteprofiel van dichtheden^v (gecompileerd uit TNO NLOG data), en conformeren ons aan zijn voorgestelde 'onsje meer' voor wat betreft de mix van haliet en het zwaardere anhydriet in de diapier (kolommen b, c, d). Uit de literatuur^{vi,vii} leren we dat de huidige diepte van de basis van de diapier en omliggende horizontale zoutlagen zich bevinden tussen de 2.5 en 3.5 km. We nemen 3.0 km als het diepteniveau waarop het drukverschil tussen het opgestuwde zout en naastgelegen gesteentepakket in evenwicht zou moeten zijn. Deze diepte is een conservatieve schatting in het voordeel van Heerema, te meer aangezien aannemelijk is dat in het verleden het zout dieper begraven lag.^v



Figuur 2: vier gesteentekolommen tussen 0 en 3 km diepte met bijbehorende dichtheidsprofielen. Aan de basis van het zout dient een balans te zijn tussen de kolom met zout diapier (b,c,d) en een aangrenzende kolom die alleen uit sedimenten bestaat (a). Dit is het geval voor een stijghoogte van zout met 1700 m.

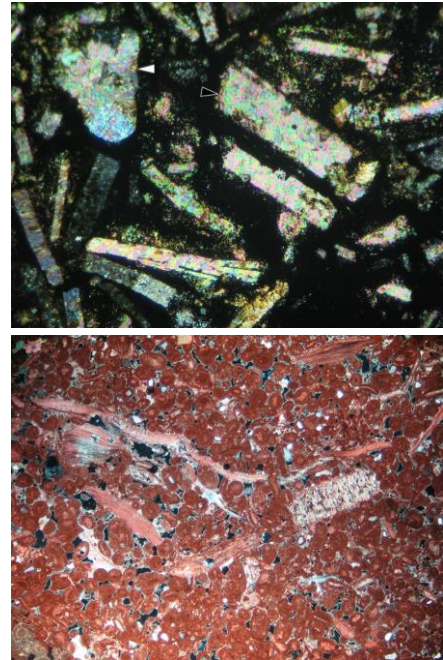
Figuur 1 toont dat zoutdiapieren met 1700 m kunnen stijgen vanaf 3.0 km diepte tot 1.3 km onder het huidige maaiveld. Hiermee is een krachtenbalans gerealiseerd van 64,9 mega-pascal. Heerema's conclusies blijken onjuist. De reguliere verklaring voor zoutdiapieren wordt geenszins gefalsificeerd door zijn dichtheidsprofiel en geen alternatieve verklaring middels vulkaaneruptions is gerechtvaardigd; zelfs niet wanneer de gegevens het meest in zijn voordeel worden doorgerekend. De verwarring ontstaat mede doordat Heerema uitgebreid pleit voor bijstelling van dichtheidsverschillen tussen zout en sediment, maar nergens ingaat op wat de doorgerekende implicaties voor de krachtenbalans zijn. Daarbij worden relevante studies^{v,viii} zeer eenzijdig geciteerd. Duidelijk wordt daarin vermeld^v dat dichtheden een niet alles bepalende factor zijn. Breukbewegingen vormen een belangrijke motor voor opwaartse vloeï.

Vloei van 'koud' steenzout

Heerema's theorie van vulkanen die zout magma uitspuwen gaat voorbij aan de complexe vervorming van het omliggende zand, klei en kalkstenen. Zijn stelling dat vervorming in bovenliggende lagen ontbreekt, is onjuist. Observaties van breuken, plooistructuren en grootschalige kanteling van gesteentepakketten zijn volop aanwezig^{vi}. Iedereen kan de goed gedocumenteerde virtuele seismische atlas raadplegen^{ix}. Onder het kopje zouttektoniek zijn breuk- en plooistructuren duidelijk uitgetekend. Dit bracht Alexei en collega'sⁱ ertoe om zowel de brosse breukbewegingen als het vloeigedrag van het omringende gesteente in zijn modelberekeningen mee te nemen. Dit is slechts mogelijk onder een beperkt bereik van temperatuur en vervormingssnelheden. Bij hogere temperaturen van het magma treedt nauwelijks brosse vervorming langs breuken op. Bovendien zou door het door Heerema voorgestelde hete magma tot metamorfose van mineralen in het aangrenzende gesteente moeten resulteren. Sporen van deze 'gebakken' mineralen zouden onder de microscoop zichtbaar moeten zijn. Dit blijkt niet het geval.

Fossielen in de carbonaten

Nog problematischer is Heerema's claim dat hij heeft aangetoond dat het zout zelf een magmatische oorsprong heeft. Hiermee schuift hij een sedimentaire verklaring van het zout volledig aan de kant in een uiteenzetting die hij eerder in een creationistisch tijdschrift publiceerde^x. De verwevenheid van horizontale zoutlagen met aangrenzende sedimentaire kleisteen- en carbonaatgesteente wordt nergens behandeld. Een voorbeeld van deze verwevenheid is de gedetailleerde studie van seismiek en boorgegevens gericht op het vinden van gas in de jaren negentig in het carbonaatplatform onder Collendoornerven (Drenthe) en wijst op een mariene oorsprong^{xi,xii}. Vooropgesteld, een carbonaatplatform als sedimentair gesteente verschilt in vele opzichten van het zeer zeldzame vulkanische carbonaat uitvloeiingsgesteente^{xiii} (carbonatites genaamd). Ons beperkend tot de gesteentetextuur: een carbonatite bevat hoekige mineralen door kristallisatie, terwijl de carbonaten onder Collendoornerven zijn opgebouwd uit zeer ronde zandkorrels (oids genaamd). Oids^{xiv} zijn rondgepolijste zandkorrels waarbij de calciet concentrisch is gegroeid, veelal rond een miniscuul schelpfragmentje. Deze ronde zandkorrels komen niet overeen met de hoekige calcietkristallen van een vulkanisch gesteente maar tonen een textuur die doorgaans wordt gevormd door stroming en golfwerking in carbonaatrijk water. Heerema vond geen vissen in de zoutdiapieren, hetgeen hij aanvoerde als argument om de mariene afzetting te ontcrachten^{xv}. In het aangrenzende carbonaatplatform worden echter wel degelijk fragmenten van verschillende soorten schelpen aangetroffen. De studies^{x,xvi} tonen kaarten en modellen van de afzettingsmilieus, waarin fossielrijke carbonaten worden gevormd in zuurstofrijk water aangrenzend aan zoutafzetting in het diepere zuurstofloos hypersaline water. De link met fossielrijke carbonaatgesteenten maakt dat met een sedimentaire oorsprong zeker niet is afgerekend en dat een magmatische oorsprong problematisch is.



Figuur 3: De gesteentetexturen van (a) een carbonatite en (b) een carbonaat-gesteente met ronde ooids (bron: xiii).

Geen zoutmagmas

Mijn vierde en laatste bezwaar is, dat de geochemie van de magmatische zoutvorming niet klopt. Afgezien van keukenzout, komen natrium en chloride in slechts kleine hoeveelheden voor als bouwstenen in de aardkorst. De belangrijkste bouwstenen van de aardkorst bestaan voor 85% uit O, Si en Al. De uitdaging voor iedere magmatische verklaring is te komen tot fractionering van de juiste bouwstenen. Verklaard dient te worden hoe ionen zich concentreren die in de korst en mantel in kleine hoeveelheden voorkomen. Concentratie van de twee ionen in keukenzout vindt volgens de reguliere geologie doorgaans plaats na verwerking van gesteenten en het losweken uit mineralen. Heerema daarentegen begint reeds met een gesmolten zout bestaande uit NaCl, CaSO₄, CaCO₃, MgCl₂, KCl. Heerema heeft gelijk dat de Ol Doinyo Lengai een unieke vulkaan in Tanzania is die als enige actieve vulkaan ter wereld *carbonatite* magmas produceert met uitzonderlijk hoge concentraties aan de elementen Ca, O, C, Na en K en zeer kleine hoeveelheden Si en Al. Inderdaad kristalliseert hieruit vooral CaCO₃ en daarnaast ook NaCl en CaSO₄. Dat is ook de enige overeenkomst met het zout en de carbonaten in de Nederlandse ondergrond. De textuur van de gesteenten onder de microscoop is dramatisch anders. Daarvoor zouden we ons moeten verdiepen in de vulkanologie met termen als *fenokristen*, *prophyrische* en *aphyrische* mineraalstructuren. Daarbij komt dat het *carbonatite* magma feitelijk het residu van een geochemische fractionering is. Gelijktijdig hiermee wordt een grote hoeveelheid magma gevormd met een heel andere samenstelling. De Ol Doinyo Lengai staat niet op zichzelf maar vormt onderdeel van een zogenaamd *alkalisch-ultramafisch* magmatisch systeem waarbij nephelinites, syenites en basalten worden gevormd. Van zulke gerelateerde magmatische gesteenten naast de zouten en carbonaten is geen spoor in de Nederlandse ondergrond te vinden.

Kritische herziening ontbreekt

Ter afsluiting, terug naar mijn zorg. Het betreft niet slechts de vele onjuistheden omtrent gesteentevervorming rond diapieren en het niet inpassen van relevante gegevens omtrent magmatische gesteentetexturen. Het ontbreekt aan de juiste kritische beoordeling van de bestaande reguliere theorie rond zout- en diapiervorming, en aan een reflectie van de gegevens en herziening van de alternatieve theorie voordat het wordt gepresenteerd aan een geïnteresseerd publiek in de kerkbanken. Het is zeker niet zo dat er geen vragen te stellen zijn over de afzettingscondities van dikke zoutpakketten. Veel betere kritieken op de theorie van een volledig uitdrogen en indampen van zoutwaterbekkens (zoals de Middellandse Zee) zijn te vinden in de reguliere wetenschappelijke literatuur^{xvii}. Op z'n minst dienen de juiste gewichts- en krachtenverdeling, de verwevenheid tussen zout- en fossielhoudende carbonaatgesteenten en de daarin aangetroffen texturen te worden onderkend. Mede op basis van deze gegevens toetst de olie- en gasindustrie het geologisch onderzoek en rekent af met modellen wanneer voorspellingen niet overeenkomen met hun wereldwijde productiegegevens. Voor zover de bevindingen over zoutvorming er toe zouden doen in een existentiële discussie over 'schepping en evolutie', hoop ik dat ook een alternatief idee zoals '*magmatische zoutvorming*' op vergelijkbare zorgvuldige wijze wordt getoetst.

Reactie ing. Stef Heerema, 17 februari 2016

Zouttektoniek – het ontstaan van zoutpijlers in de diepe ondergrond

Nico Hardebol beschrijft een geoloog als "hoeder van een letterlijke zesdaagse scheppingsweek".^{xviii} Een opmerkelijke uitspraak, die hij niet ondersteunt door referenties naar feitelijke publicaties. Is een aardwetenschapper inderdaad in staat onderzoek te doen naar de scheppingsdagen? Sporen van de *zondvloed* zijn daarentegen wel veelvuldig aan het licht gekomen door geologisch veldwerk. Zoutpijlers zijn daar een voorbeeld van. Hardebol schrijft bekend te zijn met creationistische literatuur, maar in zijn repliek op mijn studie naar zouttektoniek ontbreken verwijzingen naar mijn recente werk.

Grote problemen

Hardebol zet de reguliere visie op zouttektoniek uiteen: "*De toelichting bij figuur 1 laat zien dat het gaat om de totale gewichtsbalans tot aan de basis van het zout.*" De toelichting bij die figuur^{xix} luidt vervolgens: "*zoutdiapier met breuken [sic]*". De in zijn inleiding aangekondigde ingewikkeldheid weet hij zo goed vorm te geven. Mede door dergelijke inadequate uitleg verhult hij de grote problemen waarmee zijn model kampt:

Ten eerste is het de bovengrond die onder toenemende druk zo sterk en zwaar als beton wordt, waardoor het op 2,5 km diepte een hogere dichtheid bereikt dan het onderliggende steenzout. Het steenzout kan alleen opwaarts vloeien als deze bovengrond daartoe ruimte geeft. In Hardebols schets^{xx} vervluchtigt deze bodem - vele kubieke kilometers gesteente in de diepte - volledig. Juist dit diepstliggende en dus zwaarstwegende gesteente is in zijn model plotsklaps foetsie en het steenzout blijkt de vrijgekomen ruimte te hebben ingenomen.

Ten tweede wordt niet uitgelegd waar dit uit het niets opdoemende extra steenzout vandaan komt. Hardebol verzuimt te vertellen dat dit zout van tientallen kilometers afstand^{xxi} ondergronds naar de zoutpijler toe moet zijn gestuwd. Het daartoe benodigde krachten spel is echter niet uitgewerkt. Kennelijk beschouwt hij steenzout als een weerstandsloze vloeistof. Dus toch een magma, zoals ik betoog?

Ten derde is de aldus in weerstandsloze omstandigheden ontstane pijler in zijn model niet in staat hoger op te stijgen dan 1200 meter onder het maaiveld. Dat botst hevig met geobserveerde zoutpijlers die zelfs boven het maaiveld uitsteken. Zie bijvoorbeeld de Segeberger Kalkberg - een zoutpijler, die grotendeels bestaat uit anhydriet en natriumchloride.

Grondiger studie

Hardebols model lijkt te werken met weerstandsloze verplaatsing van vele kubieke kilometers gesteente over grote afstanden. Vergelijkbaar met een proces zoals dat voorkomt in een lavalamp, waarin vloeistoffen weerstandsloos verplaatsen onder invloed van dichtheidsverschillen. Vergelijkbaar dus met vloeibare zoute magma dat zich weerstandsloos verplaatst in vloeibare modder. In tegenstelling tot wat Hardebol schrijft zouden de gesteenten onder en boven het zout (respectievelijk Rotliegend en Buntsandstein) wel degelijk gebakken kunnen zijn, gezien het rood gebakken uiterlijk. Daarnaast negeert hij het Kupferschiefer^{xxii} en ziet hij over het hoofd dat de grote hoeveelheid water in de modder een koelend effect zal hebben gehad. Een grondiger studie zal nodig zijn om zijn referentieloze opmerking hierover hard te maken.

In de boringen onder het Overijsselse^{xxiii} Collendoornerven is het in steenzoutformaties meest dominante NaCl niet aangetroffen.^{xxiv} Dit toont aan dat we hier in de zuidelijke periferie van de Zechstein steenzoutformatie zijn aangeland. Het is juist te verwachten dat CaCO₃ (chemische depositie uit water bij hoge temperaturen) zich langs de randen van de vulkanische zoutmagma afzet. Daar botsen immers koude en hete waterstromen, leidend tot CaCO₃ afzetting. Fossiele vondsten met mariene oorsprong mogen daar worden verwacht. Of de Ol Doinyo Lengai een actueel voorbeeld kan zijn lijkt af te hangen van ieders vooringenomen standpunt over de herkomst van zoutformaties. Enerzijds worden alle ionen uit zoutformaties ook gevonden in deze vulkaan. Anderzijds zijn de hoeveelheden waarin de ionen worden aangetroffen, en dus het stollingsgedrag, totaal verschillend. Toch is deze zoutvulkaan - gepositioneerd in The Great Rift met daarin enkele grote zoutformaties - wel een krachtige aanwijzing.

Resumerend blijft er van Hardebols verdediging van het reguliere model weinig over. Vooral nog staat het vulkanische model ter verklaring van de grote zoutformaties en ook de pijlervorming in kilometersdikke modderlagen nog als een huis. Mijn werk dat als *eerste onderzoek ooit* de werkelijke gesteentedichtheden heeft betrokken in de discussie rond zouttektoniek is doorslaggevend.

-
- i <http://www.refdag.nl/artikel/1402263/In+debat+over+het+begin+uitgebreide+versie%0D%0A+.html>
 - ii Alexei, N.B. Y. Poliakov, Y. Podladchikov et al., 1996. Salt diapirism with simultaneous brittle faulting and viscous flow. In G.I. Alsop, D.J. Blundell, I. Davison (eds), Salt Tectonics, Geol. Soc. Spec. Pub., 100, 291-302.
 - iii Fuchs, L., H. Schmeling and H. Koyi, 2011. Numerical models of salt diapir formation by down-building: the role of sedimentation rate, viscosity contrast, initial amplitude and wavelength. Geophys. J. Int., 186, 390–400.
 - iv Römer, M.-M., H.J. Neugebauer, 1991. The Salt Dome Problem: A Multilayered Approach. J. Geoph. Res., 96, 2389-2396.
 - v Heerema, S., 2015. De ditchtheid van gesteenten op het Zechstein in relatie tot zouttektoniek. Grondboor & Hamer, 69.4, 135-139.
 - vi Veen J. H. ten, S.F. van Gessel en M. den Dulk, 2012. Thin- and thick-skinned salt tectonics in the Netherlands; a quantitative approach, Netherlands Journal of Geosciences, 91-4, pag. 447-464.
 - vii Gent, H. Van, J.L. Urai, M. de Keijzer, The internal geometry of salt structures e A first look using 3D seismic data from the Zechstein of the Netherlands.
 - viii Geluk, M.C., W. A. Paar, P.A. Fokker, 2007. Salt in Ed. Wong, Th. E., D.A.J. Batjes and J. de Jager and Geology of the Netherlands, 283-294.
 - ix <http://seismicatlas.org/search?sb=date&so=desc&ps=50&f=1046&s=>
 - x <http://creation.com/magmatic-origin-salt-deposits> & <http://creation.com/clarifying-magmatic-model-origin-salt-deposits>
 - xi Van der Sande, J.M.M., Reijers, T.J.A. & Casson, N., 1996. Multidisciplinary exploration strategy in the Northeast Netherlands Zechstein 2 Carbonate play, guided by 3D seismic. In: Rondeel, H.R., Batjes, D.A.J. & Nieuwenhuijs, W.A. (eds.): Geology of gas and oil under the Netherlands. Kluwer Academic Publishers (Dordrecht): 125-142.
 - xii Reijers, T.J.A., 2012 Sedimentology and diagenesis as 'hydrocarbon exploration tools' in the Late Permian Zechstein-2 Carbonate Member (NE Netherlands). Geologos 18: 163–195.
 - xiii Woolleya, A.R., A.A. Church, 2005. Extrusive carbonatites: A brief review. Lithos, 85, 1 – 14.
 - xiv <https://www.imperial.ac.uk/earthscienceandengineering/rocklibrary/>
 - xv <http://creation.com/clarifying-magmatic-model-origin-salt-deposits>
 - xvi Strohmenger, C. C. Strauss, 1996. Sedimentology and palynofacies of the Zechstein 2 Carbonate (Upper Permian, Northwest Germany): implications for sequence stratigraphic subdivision. Sed. Geol. 102: 55-77.

xvii Hardie, L. A. and T.K. Lowenstein, 2004. Did the Mediterranean Sea Dry Out During the Miocene? A Reassessment of the Evaporite Evidence from DSDP Legs 13 and 42A Cores. *J. Sedimentary Research*, 74, 453-461.

xviii

[file:///C:/Users/Gebruiker/Downloads/Hardebol_Geologie_van_scheuren_en_de_scherven_van_magmatisch_zout%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gebruiker/Downloads/Hardebol_Geologie_van_scheuren_en_de_scherven_van_magmatisch_zout%20(1).pdf) ; geraadpleegd 13 februari 2016

xix Figuur 1 in referentie 1

xx Figuur 2 in referentie 1

xxi Gevantman, L. H. et al. (1981). *Physical Properties Data for Rock Salt*. National Bureau of Standards Monograph 167. p12.

xxii <http://logos.nl/ongezouten-kritiek/> (punt 12); geraadpleegd 17 februari 2016

xxiii Ten onrechte positioneert Hardebol het Collendoornveen in het noordelijker Drenthe

xxiv <http://www.nlog.nl/nlog/requestData/nlogp/allBor/metaData.jsp?tableName=BorLocation&id=106518491> ; Geraadpleegd 17 februari 2016