

A4. GEOLOGIESE TYD EN DIE AARDE SE DINAMIKA

1. KONTINENTE

Wanneer 'n mens in die veld loop of met 'n motor deur landskap ry, sien ons rotse, rantjies en berge, en uitstaande granietblokke op vlaktes. In hierdie strukture is daar dikwels horisontale plat sedimentlae, wat deur opeenvolgende modderstrome ordelik neergesit is. Ook by uitgrawings word hierdie horisontale neersettingslae (sedimentlae) dikwels gevind. Hierdie rantjies, berge en rotse met sedimentlae daarin, dui op die werking van reusagtige kragte van watervloede en vervorming van die aardkors in die verlede oor groot gebiede. Hierdie vaste strukture was ook vir jare onderhewig aan verwerking.

Die aarde se buitenste kors (bomantel) is bekend as die litosfeer. Die litosfeer is rigied en dryf op die digter mantel, die astenosfeer, wat die binnenste van die warm aardbol omsluit. Die bomantel (litosfeer) is verdeel in veelvuldige rigiede plate, wat op die mantel (die astenosfeer) beweeg. Hierdie beweging word aangedryf deur warm materie uit die binnegebied van die aarde, wat uit die aarde deur skeure en pype deur die mantel na bo beweeg. As gevolg van hierdie warmte is die digter mantel sag en kan die ligter litosfeer as plate daarop beweeg. In geologie is hierdie verdeling in rigiede plate wat op die mantel deur konveksiestrome beweeg, bekend as *tektonika*.

Die warmte-aangedrewe beweging van die aarde se soliede kors bring mee dat die tektoniese plate teen mekaar skuur en bots, waardeur aardbewings en bergreekse ontstaan. Dit bevestig dat die aarde 'n dinamiese planeet is, wat voortdurend verander as gevolg van sy interne warmte, wat die tektoniese plate van die aardkors aandryf.

Hierdie tektoniese teorie, wat in die 1960's ontwikkel is, het voortgevloei uit noukeurige kartering van die seabodem vanaf die 1950's met nuwe gevorderde instrumentasie. Die Griekse woord *tektonikos* beteken opbou of konstruksie.

Geofisiese, geologiese, biologiese en paleontologiese (fossielkundige) gegewens dui daarop dat al die kontinente in die geologiese Permian-periode bymekaar was en een groot superkontinent, genoem "Pangea", met see rondom, gevorm het. Sedertdien het die uitmekaar-beweging van plate van die superkontinent, die superkontinent in 'n noordelike kontinent, "Laurasië" en in 'n suidelike landmassa, "Gondwanaland", laat verdeel. Daarna het "Laurasië" verdeel in Noord-Amerika en Eurasië, en "Gondwanaland" in Suid-Amerika, Afrika, Australië, Antarktika en Indië. Indië het in die proses noordwaarts beweeg en met Eurasië gebots, waardeur die Himalajas gevorm is. Die weswaartse beweging van die Amerikas en die ooswaartse dryf van Eurasië gaan vandag nog steeds voort. Die gevolg is die opbou van intense spannings in die aardkors (litosfeer) sodat die Stille Oseaan omring is met breuke en vulkaniese aktiwiteite in die litosfeer aan die weste kant van Noord- en Suid-Amerika en in die Verre Ooste (soos by Japan, Indonesië, en die Filippyne).

2. FOSSIELE

Daar word dikwels fossiele in die aardkors gevind. As aan 'n fossielkundige (paleontoloog) gevra word hoe fossiele gevind word, is sy antwoord eenvoudig: ons loop rond in die veld en soek rotse wat "miljoene jare" gelede gevorm is. Deur erosie van sulke rotse word fossiele in die rotse sigbaar. Dit moet rotse wees wat deur sedimentasie (neersetting uit modderwater) gevorm is in omstandighede wat gunstig is vir fossilering van bene en harde lewende weefsel. Fossiele word gevorm wanneer koolstofatome in bene en harde weefsel deur silika-atome in grond vervang word. Dan versteen die organiese weefsel tot 'n fossiel met dieselfde struktuur as die harde weefsel. 'n Silika-atoom is net soos koolstof vierwaardig maar is 'n swaarder atoom wat in 'n hoër periode van die periodieke tabel geleë is. Fossiele is daarom versteende bene.

Dit was veral in die omgewing van riviere, mere en vlak seewaters waar fossiele gevorm is.

3. DIE FOSSIELREKORD

Biologiese evolusie aanvaar 'n geleidelike ontwikkeling vanaf die enkel sel tot die mens. Charles Darwin het in 1859 in sy boek, *The Origin of Species*, vir hierdie ontwikkeling slegs die volgende drie veronderstellings aanvaar: (1) 'n Versameling van lewendige organismes van dieselfde soort vertoon talryke variasies; (2) die variasies kan oorgeërf word, en (3) alle organismes is in 'n stryd tot oorlewing gewikkel, waarby diegene met die beste aanpasvermoëns in die leefomgewing bly voortbestaan. Met ander woorde, die natuur kies die organismes met die mees geskikte eienskappe om te oorleef. Dit word **natuurlike seleksie** genoem. Dit is goed bekend dat hierdie veronderstellings waar is binne 'n bepaalde soort organisme, bv. 'n wolf, wat tot die genus hond behoort. Dit word **mikroëvolusie** genoem. Die sprong wat Darwin gemaak het, was die veronderstelling dat in die loop van miljoene jare daar oorgange tussen soorte was op presies dieselfde wyse as waarmee spesies binne soorte verander. Dit is bekend as **makroëvolusie**. Evolusie sou dan by eensellige bakterieë begin, en via weekdiere (skulpe, slakke), visse, amfibieë (water+landdiere soos padda en krokodil), reptiele, soogdiere en dan uiteindelik by die mens uitgekom het, alles deur een proses: te wete aanpassing deur natuurlike seleksie.

Die model van makroëvolusie is besonder aantreklik, omdat dit so buitengewoon eenvoudig is. Dit kom voor as 'n eenwording van (familieverbintenis) tussen alle lewende organismes. Bestaan daar bewyse vir makroëvolusie? Bewyse kan sekerlik nie voortvloei uit laboratorium-eksperimente nie, want daar is 'n te lang tyd voor nodig (baie langer as die leeftyd van 'n mens) vir die enorme groot veranderinge om plaas te vind by ontwikkelinge van een soort na 'n volgende soort. Ons moet daarom bewyse hiervoor vind uit die fossieleargief in die aardkors, die paleontologie.

Fossiel-oorblyfsels van miljoene spesies kom in aardlae voor. In sekere aardlae kom slegs die eenvoudigste spesies voor, terwyl in ander aardlae is daar meer ingewikkelde spesies. Die fossielrekord (FR) klassifiseer ouderdomme van fossieldraende aardlae van oud na jonk volgens die ingewikkeldheid van die spesies – aardlae met eenvoudige spesies word dan veronderstel om ouer te wees as lae met meer gevorderde spesies. Hierdie klassifikasie berus op die evolutionistiese **voortgangsbeginsel**, wat veronderstel dat terugwaartse evolusie van meer na

minder ontwikkelde spesies nie plaasvind nie. Met hierdie veronderstelling word aardlae wêreldwyd vanaf die Kambriese tydperk in die geologiese kolom volgens relatiewe ouderdom gerangskik.

4. GEOLOGIE AS WETENSKAP

Basiese geologiese gegewens is vanaf die 17e eeu deur veldwerk versamel. Die vertikale opeenvolging van rotslae is gesien as 'n tydskalender. Die Deense anatomis en geoloog Nicholas Steno (1638-1686), het die grondslag gelê vir moderne geologie. Sy geologiese beginsels was (1) meeste van die rotslae was gevorm deur neersetting uit modderstrome, (2) neersettings deur seewater kan van neersettings deur vars water onderskei word deur die fossiele in die rotslae; (3) die volgorde van neersetting van die rotslae gee die relatiewe ouderdomme van die lae – die neersetting van die jonger lae is bo die ouer lae; (4) die lae is plat, horisontaal deur modderstrome neergesit; en (5) lae wat nie horisontaal is nie, is vervorm deur grondverskuiwings.

Steno het met sy werk die waarheid van die letterlike openbaring van Genesis 1-11 bevestig. Sy werk het sy geloof aan 'n aarde wat volgens die Bybelse geslagschronologie toe nog nie 6000 jaar oud was nie, onderskryf. Sedertdien het die idee dat die aarde baie oud is, stadigaan posgevat.

In 1785 het James Hutton (1726-1797) geologiese gegewens begin verklaar deur aan te neem dat die aarde geleidelik deur natuurlike prosesse oor 'n baie lang tydperk gevorm is tot die aarde wat ons vandag waarneem. Hutton het aanvaar dat geologiese gebeurtenisse van die verlede onderhewig is aan dieselfde geleidelike natuurlike prosesse as vandag. Met ander woorde, verwering deur winde en water, vulkaniese aktiwiteite, en die geleidelike ophop van die aarde se kors vind plaas vanaf die verre verlede teen dieselfde geleidelike tempo as vandag. Op grond van hierdie uniformitarianisme word duisende miljoene jare vir die aarde se ouderdom bereken.

Die Skotse geoloog, Charles Lyell (1797-1875), het op die uniformitariaanse gedagtes van James Hutton voortgebou met die publikasie van sy drie bande *Principles of Geology* (1830-1833). Sy uitgangspunt in hierdie werke is dat die geologiese prosesse wat ons vandag waarneem, soos erosie deur wind en reën, aardbewings en vulkane, verantwoordelik is vir alle geologiese veranderinge in die aarde se geskiedenis. Hy aanvaar dat oor lang periodes in tyd, klein veranderinge opbou tot groot veranderinge. Lyell se gedagtegang word saamgevat deur die stelling dat die teenwoordige die sleutel tot die verlede is. Dit beteken dat ons gebeurtenisse en prosesse in die verlede kan verstaan met ons waarnemings van vandag. Dit neem nie in aanmerking dat daar enkele (sestal¹) groot katastrofes in die verlede was asook talle kleiner katastrofes wat geleidelike uniformitariaanse gedagtes teensprek nie.

Charles Darwin (1809-1882) het Lyell se uniformitariaanse veronderstellings aanvaar in die formulering van sy evolusieteorie van die herkoms van spesies en die afstamming van die mens. Uniformitarianisme in geologie het aan Darwin die grondslag voorsien vir sy gradualistiese teorie in biologie, waarvolgens groot evolusionistiese veranderinge oor lang tydperke sou opgebou het deur

¹ Leaky, R. en Lewin, R. The sixth extinction, biodiversity and its survival. UK : Guernsey Press, 1998.

opeenvolgende klein veranderinge onder die kragwerking van natuurlike seleksie. Darwin het verder aanvaar dat hierdie veranderinge slegs in een rigting plaasvind, vanaf organismes met die eenvoudige strukture na die meer ingewikkelde.

Hiermee ontken die evolusionêre biologie in besonder, maar ook die natuurwetenskappe in die algemeen, alle teennatuurlike wonderdade van die God wat Hom in die Bybel, Sy Woord, openbaar. Ook die mens se skepping na die beeld van God as 'n intelligente wese, en sy kultuuropdrag om te bewerk, te heers en te versorg, word ontken.

5. KATASTROFISME IN DIE PALEONTOLOGIE

Die Franse anatomis Baron Georges Cuvier (1769-1832) het in die laat agtiende eeu, voordat Darwin in 1859 die evolusieteorie geformuleer het, die bene van die uitgestorwe mammoet ontdek. Die mammoet blyk 'n vroëere olifant in Eurasië te gewees het, wat gekenmerk is deur sy besondere grootte, baie lang tande wat na bo gekrom is en sy goedontwikkelde liggaamshare. Omdat die mammoet van die hedendaagse olifante verskil, het hy tot die onvermydelike gevolgtrekking gekom dat die mammoet-spesie nie meer bestaan nie en moes uitgesterf het. Deur 'n uitgebreide studie van fossielneersetting in die Paryskom het hy krisistye in die aarde se geskiedenis geïdentifiseer, tye waartydens 'n groot aantal spesies in 'n baie kort tyd uitgesterf het en waarna weer 'n nuwe versameling van spesies ontstaan².

Die Kambriese periode, wat 530 miljoen jaar³ gelede begin het, was so 'n krisistyd. Voor die Kambriese periode was daar slegs vegetatiewe mikroskopiese lewe op aarde, met ander woorde, biologiese lewe wat bestaan uit onsigbare eensellige lewe, wat slegs deur 'n mikroskoop waargeneem kon word en wat soos plante en mosse vermeerder het. Op daardie geologiese tydstip was daar skielik 'n evolusionêre ontploffing van sigbare meersellige lewe en biologiese soorte. Die fossielrekord toon aan dat met die Kambriese ontploffing al die filums (biologiese bouplanne) wat vandag op aarde is, skielik te voorskyn gekom het. Die Kambriese fossiele was almal fossiele van lewe op die seabodem.

Cuvier het bevind dat die Kambriese ontploffing later deur twee vernietigende krisisse (katastrofes) opgevolg is. Na elkeen van hierdie krisisse was daar katastrofale vermindering in spesies waarna 'n nuwe versameling van biologiese spesies weer gekom het. Op grond van hierdie waarnemings het Cuvier die biologiese geskiedenis van meersellige lewe, wat as die 'Phanerozoic' (sigbare lewe) bekend is, in drie opeenvolgende 'eras' of tydperke met standhoudende biologiese lewe verdeel: die 'Paleozoic' (antieke lewe) van 530 tot 225 miljoen jaar gelede (mjpg), die 'Mesozoic' (middellewe) van 225 tot 65 mjpg, en die Cenozoic (moderne lewe) van 65 mjpg⁴ tot vandag⁵.

² Leaky, R. en Lewin, R. The sixth extinction, biodiversity and its survival. UK : Guernsey Press, 1998:41,42.

³ Jaartal het later gekom, nadat radioaktiwiteit in 1897 ontdek is

⁴ Jaartalle het later gekom

Cuvier het elke krisis in die biologiese lewe as 'n afsonderlike katastrofiese gebeurtenis gesien. Na elke vermindering in spesies het 'n nuwe versameling van biologiese spesies gekom. Noag se vloed was volgens hom een van die twee vernietigende uitwissings na die Kambriese periode⁴.

6. DIE GEOLOGIESE KOLOM

Berge word gevorm deur beweging van die aardkors deur tektoniese kragte sowel as deur wind en stormwater. Erosie vind plaas deur die wegspoel van grond en rotse in modderstrome, wat neersettings tot gevolg het wanneer die modderstrome opdam. Ook aardbewings maak 'n groot hoeveelheid grond en gesteentes los, wat deur waterstrome weggevoer word om in vlaktes neergesit te word. Dit is die opeenvolging van hierdie neersettings as sedimentêre lae, waaruit die geologiese kolom saamgestel word. Die geologiese kolom weerspieël die geskiedenis van neersettings uit modderstrome op vlaktes en in valleie waardeur die landskap katastrofies kan verander.

'n Groot hoeveelheid fossiel-oorblyfsels van miljoene lewenssoorte kom in neergesette aardlae voor. Diere word deur die modderstrome meegesleur en in die neersettingslae gefossileer (versteen). In sekere aardlae kom slegs die eenvoudigste lewenssoorte voor, terwyl in ander aardlae meer ingewikkelde soorte voorkom.

Die fossielrekord (FR) klassifiseer ouderdomme van fossieldraende aardlae van oud na jonk volgens die ingewikkeldheid van lewenssoorte daarin. Daarvolgens is aardlae met eenvoudige lewenssoorte relatief ouer as lae met meer ingewikkelde lewenssoorte. Hierdie klassifikasie berus op die evolusionistiese vooruitgangsaanname, wat aanvaar dat evolusie onomkeerbaar is, m.a.w. terugwaartse evolusie van meer na minder ontwikkelde soorte vind nie plaas nie.

Tussenvorme tussen spesiesoorte word nie waargeneem nie. Nadat soorte tevoorskyn getree het, toon die FR dat soorte oor lang tydperke onveranderd bly voortbestaan. Geleidelike verandering bring blykbaar nooit werklik nuwe soorte te voorskyn nie. Die oorheersende boodskap van die fossielrekord is nie verandering tussen soorte nie, maar *stasis*, dit is onveranderlikheid, stilstand.

Met hierdie aanvaarding van die evolusionistiese vooruitgangsbeginsel word aan elke aardlaag in die geologiese kolom 'n indeksfossiel toegeken, waardeur neersettings van aardlae wêreldwyd met aanvaarde periodes van die geologiese kolom sedert die Kambriese periode gekorreleer kan word. Elke laag in die geologiese kolom word gesien as 'n periode in die geologiese geskiedenis van die aarde.

Uit hierdie relatiewe datering van aardlae in vroeër (ouer) lae en later (jonger) lae kan geen kwantitatiewe (numeriese) tydsduur in terme van dae, jare, eeue of millenniums afgelei word nie. Numeriese datering is slegs moontlik as daar tydsmerkers in die aardse geskiedenis voorgekom het. Nadat radioaktiwiteit in 1896 ontdek is, kon radiometriese datering die tydsmerkers voorsien.

Radiometriese datering kan nie gebruik word om die ouderdom van fossiele of van baie gesteentes te bepaal nie. Fossiele bevat nie radioaktiewe stowwe nie. Ook bevat

⁵ Leaky, R. en Lewin, R. The sixth extinction, biodiversity and its survival. UK : Guernsey Press, 1999:42

baie sedimentêre gesteentes ook nie minerale wat geskik vir radiometriese datering van neersetting is nie. In die meeste gevalle gee radioaktiewe verval slegs 'n tydstop toe die minerale korrel, wat radioaktiewe isotope bevat, in die gesteentes gekristalliseer het, en nie die tydstop van sedimentêre neersetting nie. Die uitdaging om 'n betroubare numeriese geologiese tydskaal te ontwikkel was om radiometriese daterings van vulkaniese en metamorfe gesteentes te verbind met die relatiewe tydskaal van sedimentêre afsettings van lae in die geologiese kolom.

7. KATASTROFES IN DIE AARDE SE GESKIEDENIS

Dit is bekend dat katastrofes dikwels in die aarde se verlede voorgekom het. Die 15 periodes in die geologiese kolom getuig van periodes van sedimentêre neersettings uit modderige strome. In hierdie neersettings is daar fossiele van diere wat deur die modderige strome meegesleur en begrawe is. Daar was ses groot geologiese katastrofes en 'n verdere aantal kleineres. Om te veronderstel dat die sedimentêre lae elkeen oor miljoene jare neergesit is, is 'n oorvereenvoudiging van die werklikheid. Meer nog, die opeenvolging van sedimentêre lae verskil van plek tot plek. Indeks-fossiele word dan gebruik om lae met mekaar te korreleer, met die aanname dat meer eenvoudige soorte in ouer lae as in jonger lae voorkom. Dit beteken dat die evolusionistiese beeld van wording van die eenvoudigste tot die mees ingewikkelde word in die geologiese kolom ingelees.

8. BEHEERBARE EN ONBEHEERBARE PROSESSE

Een van die merkwaardigste ontwikkelinge in die natuurwetenskappe in die onlangse jare is die waarneming dat baie dinamiese stelsels – fisiese, chemiese, biologiese en geologiese stelsels – wat ver van ewewig is, van tyd tot tyd in hulle makroskopiese gedrag onbeheerbaar word. Aan Professor Ilya Prigogine (1917-2003), 'n Belg, is die Nobelprys in Chemie in 1977 toegeken vir sy bydraes tot termodinamiese beskrywing van fisiese en chemiese stelsels, wat ver van ewewig is en wat tot onbeheerbare gedrag kan oorgaan. Stelsels, wat ver van ewewig is, verloop nie volgens wette van die natuur, wat ons in laboratoriums en navorsingsaanlegte leer ken nie.

Die gaarmaak van kos, die hardloop van 'n maraton, of die ry van 'n motor is prosesse wat die mens beheer. Dit is oop prosesse met invoer van energie van buite en met voorspelbare uitkomstes. Dit is prosesse wat beheerbaar verloop. Ons bedryf ook ons nywerhede met beheerbare prosesse. Dit is prosesse wat in laboratoriums en in loodsaanlegte onder ewewigstoestand ondersoek word. In die natuur kom daar egter onbeheerbare prosesse voor, byvoorbeeld die atmosfeer bly rustig (in ewewig), maar wanneer 'n stormwind of 'n orkaan opsteek, is die gevolge verwoestend. Dit is verskynsels wat onbeheerbaar verloop. Dieselfde geld vir onbeheerbare verskynsels soos aardbewings en vulkaniese uitbarstings. In hierdie verskynsels is daar 'n groot hoeveelheid onbenutte (opgehoopde) energie, wat in uitbarstings verkwis word – "dissipative structures" noem Prigogine (1980:84) hulle – om nuwe strukture te vorm. Dit is hierdie onbeheerbare prosesse wat ver van ewewig is, wat Prigogine (1980) sowel in die fisiese en chemiese as in die biologiese wetenskappe bestudeer het en 'n wiskundige beskrywing vir hulle verlope gevind het.

Hierdie onbeheerbare (nie-voorspelbare) prosesse in fisiese, chemiese, biologiese en geologiese stelsels is soortgelyk as die waarnemings van Cuvier dat bestaande biologiese spesies van tyd tot tyd verdwyn en dat 'n nuwe samestelling van spesies tevoorskyn kom

Die tweede wet van die termodinamika gee uitdrukking aan die toename van molekulêre wanorde met die verloop van tyd in stelsels wat in ewewig is (Feynman, 1965:46-7). Maar in die biologie en sosiologie (Prigogine, 1980:xii) word 'n groei van laer na hoër vlakke van kompleksiteit met die verloop van tyd waargeneem, presies andersom as wat die tweede wet beskryf – nou nie na wanorde nie, maar na meer ingewikkelde nuwe ordelike lewensstrukture. Hierdie progressiewe toename in organisasie vind in die biologiese ruimte plaas, waar byvoorbeeld 'n embrio in 'n bevrugte eier stap vir stap progressief ontwikkel tot die kuiken uit die eier uitkom. Hierdie ontwikkeling kan nie in die gewone meetkundige ruimte, die Euklidiese ruimte, waarin Fisika beweging as invariant ten opsigte van translasies en rotasies beskryf, plaasvind nie. Dit is hierdie ruimte waarin Fisika beweging en wisselwerking tussen materie en energie beskryf. Byvoorbeeld, die vorming van materie uit energie vanaf die oerknal gaan uit van hierdie Euklidiese ruimte. Hierteenoor vind gebeurtenisse in die biologie in 'n beperkte (biologiese) ruimte en tyd plaas.

Daar is dan twee formuleringe van natuurwette (Prigogine, 1980:212), die een vir beheerbare en die ander vir onbeheerbare prosesse. Albei formuleringe is ewe fundamenteel. Prigogine (1980) het hom ten doel gestel om 'n beskrywing vir energie-verkwistende prosesse te vind en in besonder vir stelsels in die natuur, wat op onvoorspelbare tydstippe onbeheersd begin groei, om dan in nuwe strukture oor te gaan. In hierdie onvoorspelbaarheid kan God se Besturende Hand in die dinamika van die natuur gesien word. Onderliggend aan hierdie prosesse is die ordelikheid van die natuur.

9. RADIOMETRIESE DATERINGS

Radiometriese datering berus op die uniformitarianistiese aanname dat die tempo van radioaktiewe verval onveranderd gebly het vanaf die ontstaan van die radioaktiewe isotope tot vandag. Oor die sowat 100 jaar sedert die ontdekking van radioaktiewe verval het die wetenskap geen verandering in die vervaltempo van radioaktiewe isotope binne die eksperimentele meetnouveurigheid kon waarneem nie. Honderd jaar is egter 'n baie kort tyd ten opsigte van die ouderdomme van miljoene tot duisende miljoene jare wat radiometries bereken word. Daar bestaan daarom geen bewyse dat geologiese ouderdomme tot in die miljoene en tot duisende miljoene jare strek nie. Hierdie ouderdomme het daarom geen werklikheidswaarde nie, ook nie die geologiese numeriese tydskaal nie.