

Bijlage 1- Geologie

a . Aardkorst

De aardbol is geen homogene massa.

De uiterste schil, de lithosfeer, van de aarde is tamelijk hard: het gesteente is spreekwoordelijk hard. Toch is deze schil als geheel enigszins vervormbaar. De onderliggende lagen zijn dat nog meer, ze verkeren in een toestand die we aan de oppervlakte niet kennen. Die brosse opperhuid van de aarde, de lithosfeer dus, varieert sterk in dikte en is onder de oceanen veel dunner dan die onder de continenten.

De onderliggende lagen zijn semivloeibaar en er vinden verplaatsingen van materiaal plaats met enige centimeters per jaar, uiterst trage stromingen dus.

Die stromingen schuren langs de onderkant van de lithosfeer en sleuren als het ware deze mee en dat veroorzaakt het verschijnsel dat men *schuivende continenten* noemt.

Men heeft ontdekt dat de continenten (zoals Europa/Azië, Afrika, Noord-Amerika etc.) als het ware grote schollen zijn die op de bijna-vaste ondergrond drijven en ten opzichte van elkaar bewegen (wederom met enkele centimeters per jaar).

Helemaal correct is de aanduiding van *schuivende continenten* niet omdat vaak grote delen van de oceanbodembodem één geheel vormen met het aangrenzend continent. Daarom is het beter om te spreken van "platen", bijvoorbeeld de plaat waarop Europa ligt bevat ook de Atlantisch Oceaan tot halverwege Amerika.

Door dit verschijnsel drijven enerzijds Noord- en Zuid- Amerika en anderzijds Europa en Afrika uiteen, elk jaar een paar centimeter. Zo'n 115 Ma geleden lagen die continenten nog tegen elkaar aangevlijd, de kustlijnen laten nog steeds een opmerkelijke congruentie zien. Ma= Mega annum, Latijns voor miljoen jaar

Er zijn ook plekken waar de platen langs elkaar schuiven, een bekend voorbeeld is Andreasfault in Californië. Langs die gleuf schuift de Noord-Amerikaanse plaat langs die van de Stille Oceaan.

Daar waar de platen tegen elkaar opbotsen ontstaan of hooggebergten óf schuift de ene plaat onder de andere. Zo is de Himalaya ontstaan doordat de plaat waar India op ligt tegen de plaat van Azië opbotste waardoor de korsten elkaar langs de randen omhoog stuwden. Bedenk wel dat dit botsen miljoenen jaren in beslag nam.

Door al dat geschuif veranderde het aanzien van de aarde voortdurend van aanzien. Er zijn perioden geweest dat de totale landmassa nauwelijks gescheiden waren door water en dus één groot supercontinent vormde. De laatste hiervan bestond rond 250 Ma geleden en heeft de naam Pangaea gekregen. Daarvoor hebben nog minstens vier supercontinenten bestaan.

Ook kunnen platen over elkaar heen schuiven. De onderschuivende plaat buigt naar binnen en wordt a.h.w. opgelost in de onderliggende massa: de asthenosfeer. Deze situatie doet zich o.a. voor langs de westkust van Zuid-Amerika.

Dat onderschuiven gaat gepaard met omhoog duwen van de boven liggende rand (de Andes) en het ontstaan van vulkanisme en aardbevingen. Dat laatste omdat het langs elkaar schuiven soms schoksgewijs verloopt. De schuifvlakken haken op elkaar in en schieten los als de spanning te groot wordt. Ook gaat dat schuiven hier en daar gepaard met smelten van gesteente dat zich dan uit in vulkanische uitbarstingen.



Figuur B1 Het platensysteem op het Westelijk halfrond

De rode lijnen markeren de plaatranden. Pijltjes geven aan hoe ze t.o.v. elkaar bewegen.

De slenk bij C wordt in de literatuur, die dergelijk kaarten toont, niet aangegeven, terwijl er wel degelijk sprake is van een wijder wordende slenk (Rosendahl, 1987 en Wood, 2011). Het is ook onbekend of en hoe de slenk bij het verlaten van het vaste land zich verder voortzet.

Aangenomen wordt dat het ontstaan van de slenk op zijn minst mede oorzaak is dat daar de wieg der mensheid heeft gestaan. In hoofdstuk 7 gaat dit beschreven worden.

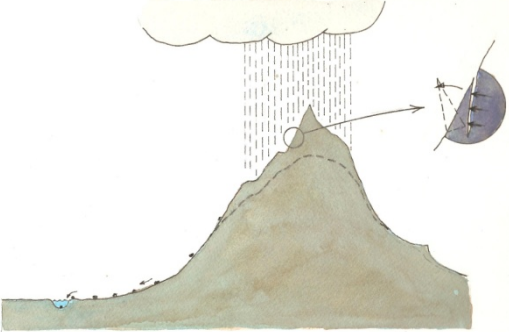
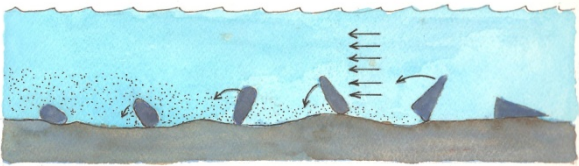
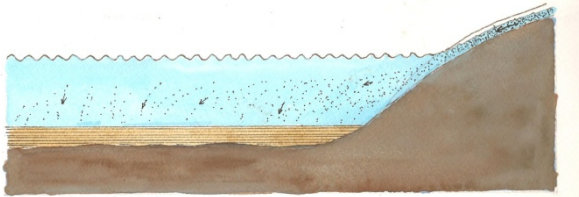
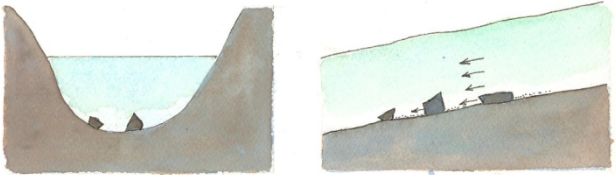
b. Sedimenten.

We mogen stellen dat zonder water er geen leven mogelijk is. Maar zonder water waren de fossiele overblijfselen van levende wezens ook nooit bewaard gebleven. Datzelfde water is namelijk de oorzaak dat er nóg een soort gesteente in de aardkorst ontstond: het sediment (van het latijnse sedere = zitten, vastzitten, zinken)

Hoe kwam er water op aarde? Waarschijnlijk, voornamelijk door vulkanische werking, ontstonden watermassa's die zich verzamelden in de lage delen van de korst, de oceanen en zeeën. Ook kwam door de zonnestraling meteen een klimatologisch systeem op gang: namelijk verdampen, wolken, regen en sneeuw en begonnen er rivieren te stromen.

Vooral het stromende water was (en is nog steeds) er de oorzaak van dat rotsen begonnen af te slijten, ijs in spleten en plantenwortels drukten steen tot losse keien die door stroming op de bodem van waterstromen al rollend werden voortgedreven en hun hoekigheid verloren. Zo werden steenmassa's van gebergten gedurende miljoenen jaren vermalen tot gruis en slijpsel dat meegevoerd werd naar lagere delen. Als de rivier buiten zijn oevers trad kwam het water vrijwel tot stilstand en zakte het slijpsel op de bodem. Hetzelfde gebeurde als een rivier in een meer of zee uitstroomde, figuur B2.

Dat bezinksel noemt men sediment. Behalve de hoge rotsgebergten is het vaste land van de aarde inmiddels bedekt met een of andere vorm van een sediment.

	<p>Hoge bergen bestaan uit gesteenten. Hoe hard dit materiaal ook is, toch brokkelt het af. Ijs en plantenwortels in spleten persen brokken los. Die brokken komen door water, sneeuw en ijs in beekjes en rivieren terecht.</p>
	<p>In het snel stromende water van beken en rivieren zullen de brokken over de rotsige bodem rond buitelen en hun hoekigheid verliezen. De hoekige brokken veranderen in rolkeien en grind. Het snel stromende water voert het slijpsel mee naar lagere gebieden en zal aldaar bij overstromingen naar beneden zakken en een laag slijpsel afzetten. Zo ontstonden in Nederland langs de grote rivieren dikke pakketten klei waarvan men metselstenen en dakpannen kan bakken.</p>
	<p>Vele rivieren passeren een meer en dan daalt het slijpsel neer omdat de stroomsnelheid onvoldoende is om het slijpsel zwevend te houden. Hier kunnen dan dikke pakketten sediment ontstaan.</p>
	<p>In hooggebergten ontstaan gletsjers, dikke pakken sneeuw verdichten zich tot ijs en schuiven door brede geulen heel langzaam naar beneden. Hierbij worden vele losse keien meegesleurd die al glijdend over de geulbodem verpulverd worden. Ook dat slijpsel komt in beken en rivieren terecht</p>

MFhand 4x

Figuur B2 Ontstaan van sedimenten

Deze voorstelling is verre van volledig, het is een wetenschap op zichzelf die vele verschijningen en processen onderscheidt. Hier ziet u een paar aansprekende gevallen.

©MFhand



Figuur B3 Omhoog gedrukte sedimentslagen op Kreta.

Oorspronkelijk diepgelegen horizontale sedimentslagen omhoog gedrukt en vervormd door tektonische werking

©ext.20

Overall in de wereld waar rivieren zijn treedt dit verschijnsel op en vinden afzettingen plaats van soms wel tientallen meters dik. Houdt daarbij in gedachten dat deze processen zich over miljoenen jaren uitstrekten, dat rivieren verdwenen, ontstonden en hun lopen veranderden. Dat hierdoor de laagsgewijze opbouw van sedimenten in samenstelling veranderde. Onder druk van de boven liggende lagen veranderde de sedimenten vaak weer in steen, het losse bezinksel kreeg dus een steenachtige samenhang met een blijvende laagsgewijze structuur.

Deze lagen bleven veelal niet onveranderlijk op hun plek liggen. De eerder genoemde bewegingen in de mantel onder de aardkorst hieven deze plaatselijk omhoog waardoor er golvende patronen in de lagen ontstonden.

Soms kwamen dieper gelegen lagen aan de oppervlakte door verschuivingen of gingen vroegere zeebodems boven het water uitsteken, figuur B3 geeft daar een voorbeeld van.

Een bijzondere vorm van sedimentatie is krijtvorming. Er is een geologische periode naar genoemd, die duurde van 145 tot 66 Ma. In die tijd leefden er in bepaalde gedeelten van de zee microscopisch kleine schaaldiertjes. Na het afsterven daalde de schaal neer op de bodem en vormden zo dikke plakken kalk, ook krijt genoemd. De kalkkliffen bij Dover en de mergelgroeven in Limburg zijn er onder anderen door ontstaan.

c. Geologische tijdvakken .

Een belangrijk verschijnsel hielp de speurders om kennis van aardlagen te vergaren: namelijk dat de sedimenten zich laagsgewijs vormden. Men zag overgangen in de structuur van de ene laag t.o.v. de volgende.

Die overgangen ontstonden doordat een sedimentproces (bijvoorbeeld het neerdalen van bezinksel van afgesleten rotsen) ophield en er een periode volgde dat de bodem droog viel er zich duizenden jaren zich er een

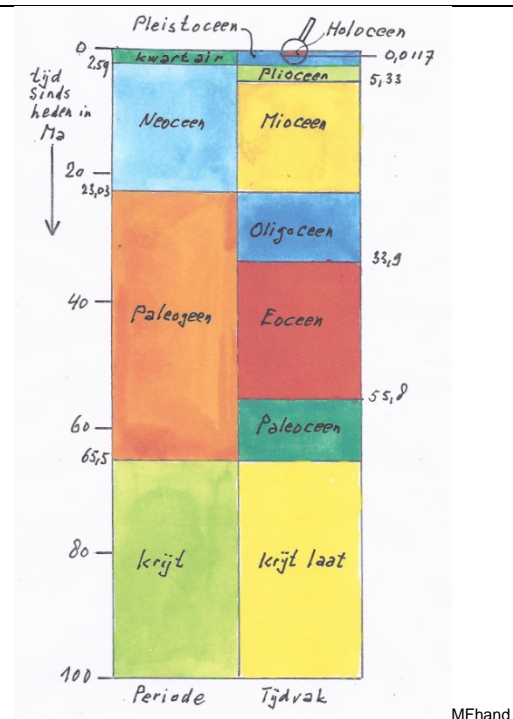
Figuur B4 Geologische tijdvakken van de laatste 100 Ma

Geologen onderscheiden tijdperken die karakteristiek zijn voor de vorming van de aardkorst. Dat is neerslag van sedimenten die in een tijdperk plaats vond, bijvoorbeeld afgestorven schaaldiertjes vormden dikke plakken kalk in de periode 145 tot 65,5 Ma geleden: periode krijt.

Maar karakteristieke perioden met afwisselde koude en warme tijden hadden ook invloed op de korstvorming vanwege ijskappen en hoge en lage zeeniveaus en kregen ook namen voor die tijperken, bijvoorbeeld: Pleistoceen is een periode van afwisselende ijstijden en warme tussenperioden, wel 50x.

De periode waarin we nu leven heet Holoceen, het begin van interglaciale periode die nauwkeurig bepaald kon worden op vier cijfers achter de komma. *holos* betekent in het Grieks "compleet" en *ceno* betekent "nieuw" Dit tijdperk wordt dus niet door een sedimentvorming gemarkeerd maar door een klimaatverandering.

MF bron algemeen



leven van vegetatie en dieren afspeelden en er daarna het gebied weer onder water verdween en er een ander bezinksel de laagsgewijze opbouw voortzette.

Bedenk steeds dat deze processen miljoenen jaren in beslag nam. Dat de sedimenten onder druk van de bovenliggende lagen langzamerhand in gesteenten veranderden.

Bij de studie van aardlagen is het bepalen van de ouderdom een belangrijke basiswaarde. Er zijn technieken die de ouderdom van steen kunnen afleiden uit de fossielen die er in voorkomen.

Een fossiel heeft namelijk een organische samenstelling. Hierdoor vindt vanaf het afsterven een zeker verandering in chemische eigenschappen plaats die door het z.g. isotopenonderzoek meetbaar is. De mate van verandering is te vertalen naar tijd. Deze techniek kwam pas laat in de 20^{ste} eeuw tot ontwikkeling

Nog even herhalen: sedimenten bouwden zich laagsgewijs op, in de onderste lagen veranderde de losse korrelstructuur door de grote druk in steen die ook laagsgewijs verschillend in samenstelling is en herkenbaar is als men er in gaat graven. in de volgende bijlage komen de fossielen aan de beurt.

Zo begonnen onderzoekers in de 19de eeuw al namen te geven aan de tijdperken waarin die lagen ontstonden . Men was pas een eeuw later in staat, met het bovenbeschreven isotopenonderzoek aan de aanwezige fossielen, die lagen ook te dateren.

Eén van de eerste onderzoekers die zich daar in mee bezig hield was Adam Sedgwick die in 1835 de oudste laag onderzocht (WIKI). Die was op de plaats waar hij dat deed, in Wales, overvloedig aanwezig (dus niet op grote diepte maar aan het oppervlak, blootgekomen door de zojuist genoemde verheffingen).

Hij doopte die laag Cambrium, afgeleid van de Latijnse naam voor Wales.

Later werd vastgesteld dat die laag tussen 542 en 488 Ma geleden is gevormd en is de eerste en oudste steenlaag gevormd door sedimentatie, ook dat er in die periode een explosie van leven plaatsvond.

Het Cambrium werd daarna bedekt met steeds weer nieuwe lagen als gevolg van sedimenten, vulkanische regens en aardverschuivingen. Elke laag heeft zijn eigen karakteristieke kenmerk en verschijningsvorm en kreeg een eigen naam en datering uitgedrukt in Ma's (miljoenen jaren)

In de loop der tijd vonden tal van onderverdelingen plaats die steeds fijner werden.

Bij het onderscheiden van geologische tijdvakken werden ook andere verschijnselen betrokken die een rol speelden in de vorming van de aardkorst. Hiervan is het afwisselend ontstaan en smelten van ijskappen de belangrijkste. Zo is het Pleistoceen helemaal bepaald door een periode van afwisselende koude en warmere tijdspannen die aangroeiende en weer afsmeltende ijskappen met zich mee brachten.

De geologische tijdschaal begint al ruim 500 Ma geleden, hier wordt de laatste 100 Ma getoond omdat ik bij de beschrijving van het ontstaan van intelligentie niet verder terug ga dan 60 Ma.