- A A R D R I J K S K U N D E -

*Samenvatting hoofdstuk 2 van De wereld van*

# §1 De geologische tijdschaal

## Een korte geschiedenis van de aarde

De aarde is 4,6 miljard jaar oud, veranderd van gloeiende gasbol tot de planeet die wij kennen. Het leven op aarde is er pas 600 miljoen jaar. De geschiedenis van dit alles noemen we de **geologische tijdschaal**, die is opgedeeld in verschillende tijdvakken:

*Carboon*: - Nederland lag bij de evenaar

 - Nederland was tropisch laaglandmoeras

 - er ontstond veen, door de temperatuur en druk omgezet in steenkool

 - door dit proces ontstond ook aardgas

*Paleozoïcum*

 - continenten drukten tegen elkaar aan, er ontstonden gebergtes

*Perm*: - supercontinent Pangea

 - grote temperatuurverschillen = landklimaat

 - Nederland was een grote zoutwoestijn

 - aan het einde vond een uitstervingsgolf plaats, 90% van de dieren

*Trias*: - Pangea valt uit elkaar

*Krijt:* - hele hoge temperaturen

*Mesozoïcum*

 - Nederland ter hoogte van Spanje

 - asteroïde sloeg in op Mexico, grote vloedgolven en klimaatverandering

 - dinosaurussen en andere diersoorten stierven uit

*Tertiair*: - aarde werd bewoond door diersoorten van nu

*Kwartair*: - aan het einde ontstond de moderne mens

*Kenozoïcum*

 - groot deel van Nederland gevormd

 - tijdens ijstijden zijn er stuwvallen gevormd die voor zand en löss zorgden

 - zee, wind en rivieren zorgden voor zand, veen en klei

## Het actualiteitsbeginsel

Bij geologie ga je uit van het actualiteitsbeginsel. Daarbij ga je ervan uit dat de fysische processen die nu plaatsvinden in het verleden op dezelfde manier hebben plaatsgevonden. De snelheid van erosie en sedimentatie kun je meten. Zo kun je van een laag zand uit een oudere periode schatten hoelang het heeft geduurd voordat hij was gevormd. Door plaatbewegingen te meten, kun je berekenen hoe lang geleden het is dat twee uit elkaar bewegende platen nog aan elkaar vastzaten.

# §2 Platentektoniek

## Opbouw van de aarde

In het begin was de aarde helemaal vloeibaar, maar langzaamaan zijn de zwaardere delen naar het midden van de aarde getrokken. De aardkern heeft daarom de hoogste dichtheid en bestaat voornamelijk uit ijzer. De aardkorst, de dunste laag, heeft de laagste dichtheid. Tussen de aardkern en aardkorst bevindt zich de aardmantel. De buitenste laag van de aardmantel en aardkorst bestaan uit vast gesteente, zij vormen de **lithosfeer**. Die is opgebouwd uit platen die bewegen. Ze drijven op de **asthenosfeer**, het plastische gedeelte van de aardmantel, deze kan bewegen maar is niet vloeibaar. De mesosfeer bestaat uit vast gesteente en de aardkern is opgebouwd uit een vaste ijzeren binnenkern en een vloeibare buitenkern.

## Convectiestromen

De temperatuur in de kern is rond de 6000 °C, opgeslagen tijdens het ontstaan van de aarde en door radioactieve elementen. Door de warmte krijgt de asthenosfeer een lagere dichtheid en gaat dus bewegen. Deze **convectiestromen** van taai vloeibaar gesteente zorgt ervoor dat de platen in de lithosfeer bewegen. Dit noem je **platentektoniek**.

## Plaatgrenzen



Convergent

Divergent

Transform

## Divergente plaatgrens

Een **divergente plaatgrens** ontstaat als twee platen uit elkaar bewegen boven een opstijgende convectiestroom, het magma komt tegen de lithosfeer en buigt af naar buiten. De platen worden meegetrokken en vormen scheuren waaruit magma kan komen, zo ontstaan dan vulkanen. Door het opstijgende magma wordt de plaatgrens omhooggeduwd (ridge push), er ontstaan langgerekte gebergtes met vulkanen op de bodem van de oceaan, **midoceanische ruggen**. De convectiestroom koelt af en wordt zwaarder, zo trekt de stroom de plaat weer mee naar beneden (slab pull).

## Convergente plaatgrens

Een **convergente plaatgrens** ontstaat als twee convectiestromen, met de daarop liggende platen, naar elkaar toe bewegen. Afhankelijk van de platen kunnen er twee plaatgrenzen ontstaan:

* Twee continentale platen bewegen naar elkaar toe waardoor er een plooiingsgebergte ontstaat.
* **Subductie**: een zwaardere oceanische plaat (basalt) duikt door de dalende convectiestroom onder de lichtere continentale plaat (graniet). Een deel van de duikende plaat smelt, stijgt op als magma en komt dan in explosieve vulkanen aan de oppervlakte.

Subductie kan ook voorkomen met twee oceanische platen, de oudste en zwaarste duikt dan onder de nieuwere lichte plaat. Zo ontstaan rijen vulkanen langs de plaatgrens. De duikende plaat trekt altijd wel een stuk van de andere plaat mee, zo ontstaat een **diepzeetrog**.

## Transforme plaatgrens

Twee langs elkaar bewegende platen vormen een **transforme plaatgrens**. Door de convectiestromen bouwt er veel spanning op in de lithosfeer, de stukken korst bewegen langs diepe breuken langs elkaar. De opgebouwde spanning komt dan met heftige aardschokken los.

# §3 Vulkanisme

## Explosief en effusief vulkanisme

**Vulkanisme** duidt alle verschijnselen (gas, stoom, stenen, lava, vuur) aan, die te maken hebben met de uitbarsting van magma. Het naar buiten gekomen magma noem je lava. De manier waarop het naar buiten loopt geeft de explosiviteit aan. Vloeibaar magma, dun gesteente, een divergente plaatgrens en weinig gasdruk geven een **effusieve** **eruptie**. Taai, stroperig magma, dik bedekt gesteente, een convergente plaatgrens en een hoge gasdruk zorgen voor een **explosieve eruptie**, deze vulkanen kunnen de **pyroklastica**, alles wat hij uitspuwt, kilometers ver in de lucht blazen. Als het heel warm is, wordt water omgezet in waterdamp, waardoor de gasdruk, en dus de explosiviteit toenemen. Ook is er bij magma dat gesmolten continentale korst was sprake van een stroperige substantie, wat dus explosiever is.

## Type eruptie bepaalt vulkaanvorm

Je hebt 4 verschillende soorten vulkanen:

* **Schildvulkaan**: dun vloeibaar magma, vlakke helling, effusief, weinig druk, breed.
* **Stratovulkaan**: taai magma, steile helling, explosief, hoge druk, kegelvormig.
* **Spleetvulkaan**: dun vloeibaar magma, bij langgerekte scheuren (midoceanische rug).
* **Calderavulkaan**: zeer explosieve stratovulkaan, topje is geëxplodeerd, vaak gevuld met water, erin kan nieuwe vulkaan ontstaan door de continue magmastroom.

## Type plaatgrens bepaalt type vulkanisme

Vulkanisme ontstaat bij opstijgend magma, dit gebeur op verschillende plaatsen:

* Scheuren door divergente plaatgrens veroorzaken effusief vulkanisme, waardoor schildvulkanen ontstaan.
* Subductiezones, sedimenten van erosiemateriaal smelten en vormen magma, het water wordt omgezet in waterdamp en door de druk en magma komt een uitbarsting.
* **Hotspots:** boven een geïsoleerde kolom opstijgend, heet gesteente, dat bij breuken schildvulkanen vormt, worden na lange tijd op een plek te blijven, nieuwe breuken gevormd. Die breuken blijven zich herhalen waardoor er een keten aan schildvulkanen ontstaat. Zo ontstaan vaak eilandengroepen.

# §4 Gebergtevorming

## Hoe ontstaan gebergten?

**Gebergtevorming** is een combinatie van horizontaal en verticaal werkende druk op een stuk aardkorst. Convergerende platen zorgen voor horizontale druk die de gesteentelagen laat plooien. Omhoog bewegend magma zorgt voor verticale druk die de aardkorst opheft. Deze processen vinden plaats langs randen van continentale platen.

**Plooiingsgebergten** zijn opgeheven, geplooide stukken aardkorst. Door de convergente beweging ontstaat er veel druk op de sedimenten tussen de platen, die beweging resulteert uiteindelijk in de plooiing. Dit proces stopt pas als de convectiestromen eronder stoppen. Een nog altijd groeiend voorbeeld is de Himalaya, die is ontstaan door de druk tussen de plaat van India en Eurazië. Bij een convergente beweging bij een oceanische plaat en een continentale plaat, ontstaat er een subductiezone waarin de sedimenten worden meegenomen. Die sedimenten worden tegen de continentale plaatrand aangedrukt, waardoor die plooit en wordt opgeheven. Een deel van de sedimenten smelt juist in de subductiezone en stijgt daarna weer op. Daardoor ontstaat nog verticale druk op de bovenliggende plaat en explosief vulkanisme. De Andes is daar een goed voorbeeld van.

Een **breukgebergte** is een opheffing van de aardkorst boven een opstijgende convectie-stroom. Die stroom duwt de aardkorst omhoog, die rekt uit en breekt uiteindelijk in stukken. Die stukken drijven als het ware op het magma. De langere stukken die naar beneden zakken noem je **slenken**. Die zakkende beweging zorgt ervoor dat andere stukken omhoog komen: **horsten**. Die twee bewegingen zijn isostatische bewegingen. De Dode Zee is een voorbeeld van zo’n slenk, hij ligt onder de zeespiegel. Het Zwarte Woud is dan weer een horst.

## Jonge en oude gebergten

Jonge gebergten vind je langs actieve continentranden en oude langs passieve. Bij een actieve rand worden de lagen steeds maar verder geplooid. Op plaatsen waar vroeger platen tegen elkaar gebotst zijn, vind je oude gebergten. Dit zijn oude afgevlakte hooggebergten. Er zijn drie perioden geweest waarin veel plooiingsgebergten zijn ontstaan: de oudste Caledonische plooiingsfase (in Siluur), de Hercynische plooiingsfase (in Carboon) en de alpiene plooiingsfase (in Krijt/Tertiair).

# §5 Aardbevingen

## Het ontstaan van een aardbeving

De alsmaar doorgaande beweging van de convectiestromen zorgt ervoor dat er steeds meer spanning opbouwt in platen. Ze blijven tegen elkaar drukken, totdat de spanning te groot wordt en ze met een schok losschieten. Daarom komen **aardbevingen** vooral voor langs plaatgrenzen. De sterkte van een aardbeving hangt af van de plaatbeweging en de diepte ervan. Convergerende plaatbewegingen veroorzaakt heftigere aardbevingen dan een divergerende beweging. Langs een transforme plaatgrens wordt veel spanning opgebouwd en kunnen ook heftige aardbevingen voorkomen. De plaats waar de aardbeving plaatsvindt, heet het hypocentrum. De plek aan het aardoppervlak die recht daarboven ligt, heet het epicentrum.

## Kracht van een aardbeving

Je kunt de kracht van een aardbeving meten d.m.v. de schaal van Richter en de schaal van Mercalli.

De **schaal van Richter** drukt de sterkte (**magnitude**) van een aardbeving uit, door de omvang van de trillingen (vrijgekomen energie) te meten. Die trillingen worden gemeten door seismometers. De schaal is logaritmisch, dit betekent dat een trilling met een magnitude van 4,0 tien keer zo sterk is als een van 3,0.

De **schaal van Mercalli** geeft het effect van een aardbeving weer door te kijken naar de **intensiteit** van de schade aan mensen en gebouwen. Zo zijn aardbevingen uit het verleden die niet gemeten zijn te categoriseren.

De sterkte van een aardbeving zegt niks over het aantal slachtoffers en de schade. Dat kan per land verschillen omdat het overal verschilt hoe goed de mensen erop voorbereid zijn. Je hebt bijvoorbeeld goede bouwvoorschriften nodig, uitgebreide rampenplannen, ramp-oefeningen en nauwkeurige meetapparatuur om de aardbeving te kunnen voorspellen. In welvarende gebieden is dus vaak minder schade omdat ze goed voorbereid zijn.

## Het ontstaan van een tsunami

Wanneer een aardbeving op de zeebodem de bovenliggende waterkolom verticaal verplaatst, kan een **tsunami** ontstaan, een enorme vloedgolf van 10-30 m hoog. Zulke zeebevingen komen vaak voor bij subductiezones. Als zo’n beving een magnitude van meer dan 7,0 heeft op de schaal van Richter, kan een tsunami ontstaan. Deze verticale waterverplaatsing kan ook ontstaan doordat een stuk land de zee in glijdt door een aardverschuiving. De golven van een tsunami hebben een zeer hoge snelheid en bewegen naar alle richtingen. Wanneer de golven kustgebied naderen, neemt de golflengte af en dus de golfhoogte toe.

# §6 Geografische werkwijzen

## Gebieden en verschijnselen vergelijken in ruimte en tijd

De processen die voorkomen op aarde, herhalen zich steeds weer op verschillende plekken. Door te kijken naar overeenkomsten en verschillen kun je ze categoriseren. Zoals:

* convergerende plaatbeweging 🡪 subductie / plooiingsgebergte
* subductiezone 🡪 stratovulkaan
* divergerende plaatbeweging 🡪 schildvulkaan / effusief vulkanisme

## Bijzondere situaties

De processen hebben niet overal dezelfde gevolgen. Tussen de overeenkomsten en verschillen van gebieden en verschijnselen kun je verbanden leggen en aangeven of je te make hebt met een normaal proces of een bijzondere situatie.

## Analyseren verschijnselen

De processen hebben verschillende effecten op verschillende schaalniveaus. Je moet dus onderscheid maken tussen globale en gedetailleerde ruimtelijke patronen. De volgende schaalniveaus zijn belangrijk:

* lokaal
* regionaal
* nationaal
* fluviaal (stroomgebied)
* continentaal
* mondiaal

# §7 Verwering en erosie

## Verwering

Het in stukken breken van een gesteente door exogene processen heet verwering. Er zijn twee soorten verwering:

* Door **mechanische** (**fysische**) **verwering** wordt een gesteente in stukken gebroken zonder te veranderen van samenstelling. Dit gebeurt bijv. door plantenwortels, extreme temperatuurverschillen of vorstverwering.
* Bij **chemische verwering** verandert het gesteente wel van samenstelling, doordat het ene deel oplost in water en het andere niet. Het restproduct is vaak klei of zand.

De mate van verwering wordt bepaald door de zuurgraad en temperatuur van het water en de temperatuurverschillen.

## Erosie

Tijdens de transport schuurt het verweringsmateriaal langs andere gesteenten, waardoor die stukken wegslijten. Dat heet erosie. Hoe groter het hoogteverschil van een rivier, hoe sterker de stroming en dus de erosie. De invloed van de zwaartekracht op los verweringsmateriaal dat op een helling ligt, veroorzaakt **massabewegingen**. Er zijn drie soorten massabewegingen.

1. Vallen: losse stukken steen vallen naar beneden en vormen bij de voet een **puinhelling**. Als een hele rotsmassa tegelijk valt, heet dat een bergstorting.
2. Vloeien: door zware regenval raakt een puinmassa verzadigd met water, het vormt een pap en die vloeit dan langzaam naar beneden. Een voorbeeld is een modderstroom.
3. Glijden: de losse laag verweringsmateriaal kan gaan glijden als deze op een laag ondoorlatend gesteente ligt. De puinmassa glijdt naar beneden en er ontstaat een aardverschuiving.

Modderstromen en aardverschuivingen komen vooral voor in klimaten met hevige neerslag en los materiaal op hellingen. Plantenwortels kunnen de helling stabiliseren en zijn dus erg belangrijk.

# §8 Sedimentatie

## Hydrologische kringloop

Rivieren ontvangen hun water via regenwater, smeltwater of grondwater. Die verplaatsing van water over de aarde heet de **hydrologische kringloop**.



## Rivierstelsel

Het hele gebied dat wordt ontwaterd door een rivier heet een **stroomgebied**. Het **rivierstelsel** is de rivier met zijn zijrivieren. Het klimaat, de ondergrond en het reliëf van het stroomgebied bepalen de vorm van het rivierstelsel. Stroomgebieden met een onregelmatige waterafvoer moeten in korte tijd veel water en sediment verwerken, en vormt daardoor veel geulen en dus een vlechtend rivierstelsel. Deze komen zowel in polaire als aride gebieden voor. Gebieden met een regelmatige afvoer bestaan de stelsels vaak uit een enkele meanderende geul. De verdeling van de totale afvoer van water over het jaar is het regiem.

## Sedimentatie

De bovenloop van een rivier heeft meer verhang dan de benedenloop. Daardoor vindt er bovenaan in de rivier meer erosie plaats dan in de benedenloop. Daar stroomt het water langzamer en kan het materiaal dat de rivier meeneemt zinken en worden neergelegd. Dat afzetten van sediment heet **sedimentatie**. Wanneer een gletsjerrivier sediment afzet, heet het **morene**. Wanneer een rivier vanaf een steile helling naar een platte vlakte stroomt, neemt de stroomsnelheid drastisch af. Daardoor ontstaan **puinwaaiers**. Een **delta** ontstaat wanneer de rivier meer sediment aanvoert dan dat er door de golfwerking van de zee wordt afgebroken. Als die golfwerking heel krachtig is, vormt er een estuarium. Snelstromend water in de bergen zorgt voor afzettingen van grind, verder naar beneden wordt grof zand afgezet. Stilstaand water zorgt juist voor afzettingen van klei.

# §10 De gesteentekringloop

## Het ontstaan van gesteenten

Tijdens een vulkaanuitbarsting koelt de lava af, die stolt en wordt hard. Dat noem je een stollingsgesteente. Wanneer restanten van het **stollingsgesteente** vervolgens ergens neergelegd worden spreek je van een **sedimentgesteente**. Als een sedimentgesteente door druk of hitte vervormt, is het een **metamorf gesteente**.

## Stollingsgesteenten

Als magma in de asthenosfeer heel langzaam afkoelt, hebben de elementen de tijd om kristallen te vormen. Zo ontstaat **graniet**, de basis van continentale platen. Tijdens een eruptie van een vulkaan gaat het afkoelen sneller, zo ontstaat **basalt**. Het snelle afkoelen zorgt voor krimpscheuren die basaltzuilen een zeshoekige vorm geven. In de gangen van een vulkaan is het een stuk kouder dan in de asthenosfeer, het gesteente dat daar ontstaat noem je een ganggesteente.

## Sedimentgesteenten

Sedimenten ontstaan wanneer verweringsmateriaal wordt neergelegd door water, wind of ijs. Op deze manier worden bijv. grind, klei, zand en morenen afgezet. Ze zijn vaak herkenbaar aan hun opbouw in verschillende lagen. Er zijn verschillende soorten:

* Klastisch sedimentgesteente bestaat uit aan elkaar geplakte stukken. Voorbeelden zijn **zandsteen**, schalie, conglomeraat en **kalksteen**.
* Kalksteen kan ook ontstaan doordat kalk uit water neerslaat, dan is het een chemisch sedimentgesteente. Andere voorbeelden daarvan zijn steenzout en gips, die beide ontstaan uit het verdampen van water.
* Sedimentgesteenten ontstaan door levende organismen, worden organogene sedimentgesteenten genoemd. Een voorbeeld hiervan is steenkool.

## Metamorfe gesteenten

Gesteenten die te maken krijgen met hitte en druk kunnen vervormen en rekristalliseren. Zandsteen verandert in kwarts, schalie in **leisteen**, kalksteen in **marmer** en graniet in gneis.

Ze ontstaan vaak langs convergerende plaatgrenzen door de druk en bij magma-intrusies door de hitte.

Dit is de gesteentekringloop:

smelten en stollen

hitte en druk

smelten en stollen

verwering en erosie

hitte en druk

verwering en erosie

**sedimentgesteente**

**metamorf gesteente**

**stollingsgesteente**