**H1. Het klimaatsysteem**

1.1 De atmosfeer: een omhulsel van gas

**Weer en klimaat**

Het klimaat is de gemiddelde toestand van het weer over een lange periode en voor een groot gebied. De toestand van de dampkring op een bepaald moment en voor een klein gebied, noem je het weer.

Het klimaat maakt deel uit van het systeem aarde. Dit systeem bestaat uit vier sferen: de atmosfeer waar weer en klimaat zich afspelen, de hydrosfeer, de lithosfeer en de biosfeer. Een verandering in de ene sfeer werkt door in een andere.

**Samenstelling en opbouw van de atmosfeer**

De atmosfeer werd gevormd toen de aarde 4,6 miljard jaar geleden begon af te koelen. Er ontstond een gasvorming omhulsel dat de aarde bedekte. De zwaartekracht zorgt ervoor de gassen niet verdwijnen. Daarom vind je 80% van de gassen aan in de onderste 10 kilometer. De samenstelling van de atmosfeer is uniek: 78,01% stikstof; 20,95% zuurstof; waterdamp en koolstofdioxide komen beide voor in kleinen hoeveelheden.

De atmosfeer bestaat uit 5 lagen, gescheiden door pauzes.

* Troposfeer: elke 100 meter die je stijgt, daalt de temperatuur met 0,6 graden -> temperatuurgradiënt. Hoe droger de lucht, hoe hoger de temperatuur gradiënt. Het weer speelt zich hier af.
* Stratosfeer: De laag tussen de tropopauze (vanaf hier temp. 10 km constant) en de stratopauze (temp. 0 graden). Bevat veel ozongas, en filtert de ultra-violette straling uit het zonlicht. Door de opname van ozon wordt de stratosfeer warm.
* Mesosfeer: Hierin beginnen de meeste metorieten die op aarde afkomen te verbranden en vallen op hoogte van 25 kilometer uiteen.
* Thermosfeer: bevat minder dan 1% van de atmosferische gassen.
* Exosfeer

**Stralingsbalans**

De zon is het middelpunt van het planetenstelsel waar de aarde deel van is. Het is een grote gasbol met temperaturen tot 6000 graden. De aarde zou in problemen komen zonder de zon, het is de belangrijkste energiebron op de aarde en de drive achter weerverschijnselen. De energiebalans (stralingsbalans) geeft het evenwicht aan tussen de hoeveelheid straling die de aarde bereikt en de hoeveelheid straling die de atmosfeer weer verlaat.

De albedo, het deel van het naar een hemellichaam gestraalde licht dat dit hemellichaam weer terugzendt, bedraag 30% op aarde. In de troposfeer wordt nog 23% van de energie opgenomen. 47% kortgolvige zonnestraling bereikt de aarde en wordt omgezet in warmte. Dankzij de broeikasgassen en de wolken wordt het meeste van deze warmte weer geabsorbeerd en naar aarde terug gestraald. Uiteindelijk wordt alle langgolvige straling weer uitgestraald, maar het broeikaseffect vertraagd dit.

**Variaties in de stralingsbalans**

De hoeveelheid straling die een bepaald gebied op aarde ontvangt, is afhankelijk van de breedteligging, de albedo en de gesteldheid van het aardoppervlak.

Tussen 35 graden N.B. en 35 graden Z.B. is een overschot aan energie. Op breedten hoger dan 35 graden is het omgekeerd. Di tkomt door de bolling van de aarde. Op lage breedte vallen de zonnestralen loodrecht in, de hoeveelheid straling per oppervlakte-eenheid is hierdoor groter dan op hoge breedte. Ook wordt er minder energie door de lucht opgenomen omdat de stralen een kortere weg afleggen.

De albedo verschilt per gebied, sneeuw reflecteert bv meer zonnestraling dan een bos.

Ook het verschil tussen water en land speelt een rol. Water wordt langzamer kouder of warmer dan land door :

* Zonlicht dringt dieper door in water dan in land, de energie moet over grotere oppervlakte worden verdeeld.
* Water is in beweging, de warmte wordt beter verdeeld.
* Het kost meer energie om water een graad te laten stijgen dan land.
* Bij verdamping van water gaat energie naar de dampkring. Verdamping op land is minder.

1.2 Warmtetransport door de wind

**Luchtdrukverschillen**

Er vindt warmtetransport plaats van de evenaar naar de polen, hiervoor zijn lucht en water verantwoordelijk.

Wind is stromende lucht van plaatsen waar er te veel van is naar plaatsen waar er te weinig is. Volgens George Hadley zette de lucht in de tropen door verwarming uit. Daardoor daalt de soortelijke massa en stijgt de lucht.Op grote hoogte krijg je dan een gebied met een overschot aan lucht (warmte kolom). Als die zich naast een gebied met een tekort aan lucht (koude kolom) bevindt, stroomt er lucht van het gebied met een overschot naar het gebied met het tekort. In de koude kolom daalt de lucht, het gevolg is dat het gewicht (luchtdruk) toe neemt en die van de warme kolom af. Er ontstaat een gebied met te veel lucht, hogedrukgebied en een gebied met tekort, lagedrukgebied. Dit betekend dat er aan het aardoppervlak een wind waait van de polen naar de evenaar.

**Het corioliseffect**De ideeën van Hadley werden in de latere eeuwen verfijnd. Een belangrijkste aanpassing had te maken met de draaiing van de aarde en de daarmee gepaard gaande corioliskracht.

Door het corioliseffect kan de wind die op grote hoogte van de evenaar naar de pool stroomt, de Noordpool niet bereiken. Op 30 graden N.B. is de lucht zo afgekoeld, dat deze naar beneden zakt. Bereikt de lucht het oppervlak, dan stroomt een deel terug naar de evenaar en een ander deel naar het noorden.

De lucht die aan het opperclak van de Noordpool naar de evenaar stroomt, ontmoet op 60 graden N.B. de naar het noorden stromende lucht vanaf 30 graden N.B. De lucht botst en moet wel stijgen. Aan de rand van de troposfeer stroomt een deel terug naar de pool en een deel richting de evenaar.

Het gevolg is dat er 7 gordels van hoge en lage druk met bijhorend windsysteem zijn. De wet van Buys Ballot zegt dat als je rug naar de wind staat, je op het noordelijk halfrond de hoge druk rechtsachter hebt, en de lage druk rechtsvoor. Op het zuidelijk halfrond heb je de hoge druk linksachter en de lage druk rechtsvoor. Passaten zijn droge winden die het hele jaar uit oostelijke richting van de subtropische hogedrukgebieden naar de evenaar waaien.

**Afwijkingen van het globale windsysteem**

Door de schuine stand van de aardas vindt de loodrechte zonnestand niet het gehele jaar op de evenaar plaats. Hij beweegt tussen de twee keerkringen, de ITC (intertropische convergentiezone) beweegt mee. Het hele windsysteem verschuift in juli naar het noorden en in januari naar het zuiden.

Doordat de verschillen in temperatuur tussen zomer en winter boven de continenten het grootst zijn, is de verschuiving daar het sterkst. Aanlandige moessons ontstaan als het ITC vanaf julie op 20 graden N.B. ligt. Ze brengen een paar maanden veel neerslag, rond januari waait er dan een aflandige droge moesson.

*Stappenplan luchtstromen tekenen*

*1. Teken een rechte lijn van H naar L*

*2. Halverwege de lijn zet je een pijl naar - rechts (N.H.)*

*- links (Z.H.)*

*3. Teken de luchtstroom vloeiend vanaf H naar L, aansluitend op de getekende pijl.*

1.3 Rivieren in de oceanen

**Zeestromen**

Overheersende winden zijn de belangrijkste reden voor het ontstaan van zeestromen. Deze zeestromen zijn verantwoordelijk voor een herverdeling van zonne-energie over de aarde. Zeestromen krijgen op het noordelijk halfrond een afwijking naar rechts en op het zuidelijk halfrond een afwijking naar links.

In elke oceaan bevindt zich een hoofdcirculatie die bestaat uit meerdere stromen. Op het N.H. draait zo'n patroon met de wijzers van de klok mee, op het Z.H. tegen de klok in. Ondiepten en de vorm van continenten verstoren soms het patroon.

Bv. de Zuid-Equatoriale Stroom wordt gedwongen in twee stromen te splitsen door de vooruitstekende punt van Brazilië. De Westenwinddrift ten noorden van Antartica is de enige zeestroom die ongehinderd van west naar oost rond de aarde stroomt.

Er zijn warme en koude zeestromen. Warme zeestromen brengen warm water naar de polen en koude zeestromen zorgen ervoor dat koud water naar lagere breedtes stroomt. Warme stromen zorgen vooral in de winter voor aangenamere temperaturen op hogere breedten, koude stromen kunnen juist in de zomermaanden voor lagere temperaturen zorgen.

Warm of koud betekent dat de watertemperatuur hoger of lager is dan je op een bepaalde breedtegraad zou verwachten.

**Thermohaline circulatie**

De Golfstroom voert warmer en zouter dan gemiddeld zeewater vanuit de Golf van Mexico naar Noord- en West-Europa. Door deze stroom smelt het ijsin Grondland en is de havenstad Murmansk een paar maanden per jaar bereikbaar. Het geeft Noordwest-Europa een zachter klimaat dan dat de breedte zou doen vermoeden.

Voor de kust van IJsland komt het water in aanraking met koude lucht en kouder water vanuit de Noordpool. De Golfstroom geeft warmte af en de temperatuur daalt van 10 tot 2 graden. Door de grote hoeveelheid zout, is de dichtheid zo groot geworden dat het water naar de oceaanbodem zinkt. Deze stroming heet de Noord-Atlantische Diepwaterstroming en beweegt richting de evenaar. Ten zuiden van Afrika buigt de stroming af naar het oosten en vindt vermening plaats met een stroming die rond Antartica stroomt. Het koude, diepe oceaanwater verspreidt zich uiteindelijk in de Grote Oceaan, deze reis duurt zo'n 1000 jaar.

Deze oceaanstroming, aagedreven door dichtheidsverschillen, heet de thermohaline circulatie. Het werkte als een diepwaterpomp die warm water uit de tropen naar het noorden stuwt en dan weer retour via de diepte van de oceanen.

**Het kerstkind**

Passaten over de Grote Oceaan stuwen het oppervlaktewater naar het westen. De Zuid-Equatioriale Stroom neem warm water mee naar Indonesië en Australië, het warme water veroorzaakt veel neerslag. Aan de andere kant van de oceaan, bij Zuid- Amerika, blaast de aflandige passaat wind het oppervlaktewater van de kust weg. Dit wordt aangevuld met aan afbraakproducten rijk en koel water uit de diepte van de oceaan, hierdoor visrijk water.

Rond de jaarwisseling is er zo'n 2 à 3 maanden een onderbreking. De zon staat boven de Steenbokskeerkring en veroorzaakt een afwijking van de luchtdrukverdeling. Ten zuiden van de evenaar gaat boven de Grote Oceaan een westelijke wind waaien. Bij de westkust van Zuid-Amerika wordt warm oppervlakte water aangevoerd, en verdwijnen de vissen. Dit heet El Niño, het kerstkind, omdat het hoogtepunt rond Kerstmis optreedt.

Elke twee tot zeven jaar komt er een krachtige El Niño voor, die soms ook wel drie jaar kan duren ipv een paar maanden. Dit heeft gevolgen voor de hele wereld, overal komen korte klimaatveranderingen voor. Bijvoorbeeld extreme droogte in Australië, of overstromingen in Peru.

**La Ninã**

Bij La Niña zijn de klimaatomstandigheden precies tegengesteld aan die van El Niño. Het gevolg is dat de passaten sterker worden en de zeespiegel stijgt bij Indonesië en de Filipijnen. De neerslag in Zuidoost-Azië neemt toe en meer tropische stormen in Australië. In Peru en Ecuador is het droger dan normaal, maar meer planktonrijk koud water dus visvangsten stijgen.

1.4 Het klimaat als systeem

**Samenspel**

Het klimaat is een samenspel tussen lucht, water, ijs, land en vegetatie. Verandert er iets in één van deze onderdelen, dan leidt dat tot gevolgen in de andere.

**Voorwaarden**

Van buitenaf zijn er drie grote factoren die aanzet kunnen geven tot een verandering van het klimaat.

* Er moet aan een aantal randvoorwaarden voldaan worden voordat verandering kan optreden, de conditionele factoren genoemd. De ligging van de continenten en het verschuiven hiervan is de belangrijkste factor. De zeer langzame beweging van de platen is op lange termijn verantwoordelijk voor klimaatveranderingen.
* Variaties in de baan van de aarde om de zon en in de stand van de aardas dragen bij temperatuurschommelingen. Ze beïnvloeden de verdeling van de hoeveelheid straling over zomer en winter en over oceanen en continenten. De variaties vormen een belangrijk sturend mechanisme in het ontstaan van ijstijden.
* De variatie in de hoeveelheid zonne-energie die de aarde ontvangt is de derde factor. Het aantal zonnevlekken (donkere vlekken in het oppervlak van de zon) is niet constant. Is het aantal vlekken laag, dan is de temperatuur aan het oppervlak van de zon 4000 graden ipv 6000 graden. Als gevolg varieert ook de temperatuur op aarde. In de twintigste eeuw was het aantal maximaal, deze eeuw zal er weer een minimum optreden. Deze theorie is niet bewezen.

**Versterking of verzwakking?**

Als je het klimaat als systeem beschouwt, zijn de terugkoppelingsmechanismen daarbinnen belangrijk. Bij positieve terugkoppeling (bv. zee-ijs smelt, albedo neemt af, zee wordt warmer, meer ijs smelt) wordt de klimaatverandering versterkt, bij negatieve terugkoppeling verzwakt (bv. opwarming aarde blokkeert de diepwaterpomp bij Groenland, Europa krijgt geen aanvoer warm water meer en ijstijd ontstaat).