Aardrijkskunde

**Paragraaf 2**  
  
2.1 Gletsjers en ijskappen als thermometers  
  
Gletsjers en ijskappen zijn goede indicatoren voor klimaatverandering over de jaren heen. In koude klimaten of hoog in gebergte valt sneeuw die door de druk van het gewicht in ijs verandert, dit is de toevoer (vooral in winter). Er is ook afvoer (vooral in zomer) waar ijs en sneeuw smelt en riviertjes voedt. Aan de verhouding hiertussen kan je klimaatveranderingen zien. Bijv. het terugtrekken van gletsjers kan duiden op hogere temperaturen of minder neerslag dus minder toevoer.  
  
Gletsjers en ijskappen reageren anders op klimaatveranderingen:  
  
> Een (dal)gletsjer, komt alleen voor in hooggebergte, waar neerslag in de vorm van sneeuw is. Een gletsjer heeft een duidelijk van elkaar gescheiden accumulatiegebied en afsmeltgebied, die wordt gevormd door de sneeuwgrens.  
In het accumulatiegebied blijft de sneeuw het hele jaar liggen en wordt omgezet in ijs (sneeuw wit van kleur). In het afsmeltgebied, verdwijnt de in de winter gevallen sneeuw tijdens het afsmeltseizoen (sneeuw donkerder door steengruis). Er is een soortstroming van het ijs in de gletsjer die door een combinatie van zwaartekracht en druk, brede dalen uitschuurt. Doordat gletsjers niet > heel groot zijn hebben ze een hoge klimaatgevoeligheid.  
> Een ijskap is een grote aaneengesloten massa ijs die zich in een koud polair klimaat onafhankelijk van de ondergrond en soms gedeeltelijk boven zee heeft ontwikkeld. De ijskap is een groot accumulatiegebied van ijs met alleen aan de randen een afsmeltzone. Hier kalven ook stukken ijs af, wat ijsbergen rond de rand creëert. In de ijskap stromen deeltjes van het centrum naar de randen, die druk wordt veroorzaakt doordat zich steeds nieuwe lagen ijs uit samengeperste sneeuw vormen. ijskappen reageren langzaam op klimaatverandering.  
Een afname van landijsbedekking betekent meestal een temperatuurstijging.

Onderzoek aan gletsjers geeft aan dat ze aan het krimpen zijn en steeds meer krimpen. De sneeuwgrens komt steeds hoger te liggen. Voor skitoerisme is dat rampzalig. De grote ijskappen reageren traag op de klimaatveranderingen maar ze nemen ook steeds meer af. De Antarctische ijskap blijft zo koud dat het afsmelten aan het oppervlak nauwelijks toeneemt. Maar door toename van afkalving krimpt de ijsmassa netto toch.

2.2 De klimaten van het geologisch verleden  
  
Door metingen met thermometers beschikken we vanaf ongeveer 1860 over doorlopende temperatuur meetreeksen. Hierin zie je een toenemende temperatuur, zal deze trend zich verderzetten? Voor klimaatvoorspelling heb je gegevens over langere perioden nodig. Noodzakelijk zijn gegevens over de klimaten in het geologisch verleden: paleoklimaten. Er zijn geen harde gegevens maar via historische, biologische en geologische bronnen is het mogelijk om een tijdschaal voor de laatste duizend jaar of nog langer op te stellen.  
  
1. Aanwijzingen uit historische bronnen  
historische bronnen kunnen aanwijzingen geven over het klimaat op de historische tijdschaal.  
I boekhoudingen betreffende de inning van tolgelden. In de winter waren er amper tolgelden, dit komt waarschijnlijk door ijs op het water. Zo kunnen ze zien hoe lang een winter heeft geduurd.  
II Verslagen met graanprijzen. Bij veel graan en lage prijs, gunstige klimatologische situatie. Bij weinig graan en hoge prijs een ongunstige klimatologische situatie. Prijspeil 🡪 klimaatgegevens

2. Aanwijzingen uit biologische bronnen  
> veelgebruikte techniek om veranderingen in het klimaat te achterhalen: pollenanalyse. Dat zijn stuifmeelkorrels, die zijn zeer goed houdbaar en komen vaak in afzettingen van veen of klei. Ze geven een indruk van de vegetatie in een bepaalde tijd en daardoor een beeld van het klimaat.  
> Ook boomringen zijn klimaatindicatoren. Alleen in gebieden met duidelijke seizoenverschillen. Zowel de ouderdom als het karakter van het klimaat kan worden afgeleid hieruit. Hogere temperaturen en meer neerslag zijn bredere ringen (beter groeiend).

3. Aanwijzingen uit geologische bronnen  
> Uitgeboord materiaal van ijskappen in Groenland, Antarctica of het hooggebergte zegt veel over de temperatuur. Door de luchtbelletjes die in de ijskernen zijn opgesloten zie je hoeveel lichte zuurstofatomen en zware zuurstofatomen het ijs in die tijd bevat. Als de temperatuur hoog is, verdampen er in het zeewater relatief veel zware zuurstofatomen die via wolkvorming en neerslag in de vorm van sneeuw in de ijskappen terechtkomen. Bij een lage temperatuur zal vooral de lichte vorm van zuurstof verdampen en blijven de zware zuurstofatomen in het zeewater achter. Zo kan je warme en koude perioden van elkaar scheiden.  
> Geologische afzettingen en landschapsvormen kunnen op zeer lange geologische tijdschaal info geven over het klimaat. Bijv. de afzettingen door landijs of gletsjers in Nederland. Daarvan zijn stuwwallen en keileemlagen en grote zwerfstenen. Dit wijst op vroegere aanwezigheid van landijs.

Begrippen:  
2.1  
(dal)gletsjer: ijsmassa in het hooggebergte die dik genoeg is om onder invloed van de zwaartekracht via een dal naar beneden te stromen. Kent een accumulatiegebied van sneeuw en ijs en een afsmeltgebied.  
sneeuwgrens: De ondergrens van het gebied waar de sneeuw het hele jaar blijft liggen (eeuwige sneeuw). Vormt bij een gletsjer de grens tussen de accumulatiezone en de afsmeltzone.  
ijskap: Een grote aaneengesloten massa ijs die zich in een koud polair klimaat onafhankelijk van de ondergrond en soms gedeeltelijk boven zee heeft ontwikkeld.  
afname van landijsbedekking: De vermindering van de hoeveelheid landijs in een ijskap door afsmelten en afkalven en/of minder neerslag.  
temperatuurstijging: De stijging van de temperatuur (zomer, winter, jaar) in een gebied.   
2.2  
paleoklimaten: de klimaten in het geologische verleden  
historische tijdschaal: Tijdschaal opgesteld op basis van historische bronnen.  
pollenanalyse: Onderzoeksmethode die gebruikmaakt van stuifmeelkorrels (pollen) van planten in oude lagen sediment. De pollensamenstelling geeft informatie over de plantengroei in een bepaalde periode en daardoor over het klimaat.  
KIJK VOOR DE REST IN HET BOEK

**Paragraaf 3**  
 Klimaatveranderingen worden veroorzaakt door mensen maar ook door natuurlijke factoren.

3.1 meer of minder zonnestraling

Een van de meest belangrijke sturende mechanismen (de bepalende veroorzakers van klimaatverandering) is de hoeveelheid zonnestraling. Het is een factor die van buitenaf invloed heeft op de stralingshuishouding van de aarde en zo zorgt voor externe variabiliteit (Veranderlijkheid in het aardse klimaat door factoren die buiten de huidige stralingshuishouding van de aarde liggen). Er zijn twee soorten oorzaken die voor meer of minder zonnestraling zorgen:

Schommelingen in de helderheid van de zon  
De stralingsintensiteit is ongeveer om de elf jaar hoger omdat er dan zonnevlekken op de zon zijn. Dat zijn korte explosies op het oppervlak, dan komt er meer kortgolvige straling uit.  
2. Veranderingen in de aardbaan en aardas  
De hoeveelheid zonne-energie wordt o.a. bepaald door de afstand tot de zon en de helling van de aardas ten opzichte van het vlak waarin de aarde om de zon draait. Drie variabelen zorgen ervoor dat de hoeveelheid zonne-energie wat kan variëren.  
I De vorm van de aardbaan om de zon verandert  
De vorm van de aardbaan om de zon verandert vaak van elliptisch naar cirkelvormig waardoor de aarde soms dichterbij en soms verder weg van de zon staat.  
II De scheefheid van de aardas verandert  
De mate van scheefheid van de aardas heeft invloed op de verdeling van de hoeveelheid zonnestraling tussen hoge breedten en lage breedten en tussen zomer en winter. Hoe schuiner de aardas hoe meer zonnestraling naar de hoge breedten en hoe minder naar de lage breedten. De zomers zijn dan warmer en dat belemmerd de opbouw van ijs. Bij een aardas die rechtop staat, zijn de zomers relatief koud en dan neemt de vorming van ijskappen toe.  
III De tolbeweging van de aardas  
De aardas maakt in de tijd een soort tolbeweging en zwabbert dus een beetje. Het heeft net als de scheefheid invloed op de verdeling van de zonnestraling. Het verandert ook de hoek waaronder de straling binnenvalt. Zorgt voor soms meer en minder zonne-energie  
  
De klimaatgrafiek van Milanković is basis voor de ijstijdtheorie die het ontstaan van ijstijden en Kwartaire klimaatveranderingen kan verklaren. Tijdens een interglaciaal (warmere periode) ligt de plaats op een lagere breedte en tijdens een ijstijd (koudere periode) ligt de plaats op een hogere breedte. Zijn theorie gaat ook over de toekomst, na deze interglaciaal komt er weer een ijstijd.  
  
3.2 veranderingen in de atmosfeer  
  
Veranderingen in de samenstellende stoffen van de atmosfeer hebben gevolgen voor het klimaat. De kortgolvige inkomende en langgolvige uitkomende straling worden erdoor beïnvloed. Hierdoor verandert de stralingsbalans en de energiebalans van de aarde.  
  
Twee belangrijke factoren die voor externe variabiliteit van het klimaat kunnen zorgen, zijn:  
1. Een toename van vulkanische activiteit  
Vulkanisme heeft bij vooral bij sterk explosief vulkanisme een verlagend effect op de temperatuur. Dit heeft een mondiaal effect, wanneer de as door de wind wordt verspreid. Bij rustig vulkanisme heeft minder as juist door het uittreden van CO2 een verwarmend effect als broeikasgas.  
2. Inslagen van meteorieten  
Wanneer grote meteorieten inslaan dan laat dat een grote krater achter en al het kratermateriaal wordt hoog in de lucht geworpen. Wereldwijd zorgt dit voor een grote temperatuurdaling. Waarschijnlijk heeft aan het einde van het Krijt een zeer grote meteorietinslag voorgedaan wat zorgde voor een catastrofale klimaatverandering, waardoor veel organismen o.a. de dinosauriërs zijn uitgestorven.  
  
3.3 Veranderingen op aarde  
1. Veranderingen van het reflectievermogen van het aardoppervlak  
veranderingen in begroeiing of sneeuw en ijs, hebben invloed op de mate van reflectie van de kortgolvige straling van de zon. Hoe lichter hoe meer en hoe donkerder hoe minder, er wordt teruggekaatst. Hierdoor is het klimaat warmer of kouder  
2. De ligging van continenten en de loop van zeestromen  
Voor het ontstaan van ijskappen vormen de ligging van continenten en de loop van zeestromen belangrijke conditionele factoren (factoren die voor een bepaald proces een voorwaarde vormen). Groenland vormde zich pas toen Europa, Azië en Noord-Amerika in het Kwartair rond de Noordpool kwam te liggen. 🡪 toestroming warm water verminderde. De ijskap op Antarctica kon zich pas vormen toen in het Tertiair een stuk losraakte van Zuid-Amerika en Australië in de buurt van de Zuidpool kwam. Verbinding tussen Noord- en Zuid-Amerika hebben gezorgd voor de warme Golfstroom.  
3. De glaciale wip  
glaciale wip: een ijslandtheorie die de afwisseling van ijstijden en interglacialen door bewegingen in de aardkorst verklaart. De sneeuwgrens gaat omlaag en komt op het land te liggen. Steeds meer sneeuw hoopt zich op tot ijs. Door het dikke pakket landijs zal de aardkorst naar beneden gedrukt worden. Door de daling komt er veel ijs beneden te sneeuwgrens te liggen waardoor het gaat afsmelten. Dit wordt versterkt omdat de Noordelijke IJszee dichtgevroren is en er geen aanvoer van waterdamp en verse sneeuw is. Door het verdwijnen van het gewicht gaat de aardkorst weer omhoog. En dat gaat zo door.  
4. El Niño  
De wisselwerking tussen de oceaan en de atmosfeer zorgt voor interne variabiliteit (klimaatfluctuaties die ontstaan door de wisselwerking tussen twee of meer onderdelen van het klimaatsysteem). Bijv. El Niño, dan is de temperatuur en de neerslag bij Peru extra hoog en veel. Overal op de wereld wordt de temperatuur en de neerslag daardoor aangetast.  
  
  
**Paragraaf 4**  
4.1 Versterking van het broeikaseffect

Tegenwoordig heeft de mens veel menselijke invloeden op het wereldklimaat.  
We gebruiken veel energie, maken de fossiele brandstoffen op en we zorgen voor een forse stijging van CO2, methaan(natte rijstbouw, veeteelt) en lachgas(kunstmest).  
De extra uitstoot van broeikasgassen zorgt voor een versterking van de absorptie van de langgolvige straling van de aarde. En dus een versterkt broeikaseffect, dat zorgt voor een temperatuurstijging.   
  
  
4.2 Wat doet het systeem aarde met de extra toevoer van CO2?

De natuur kent vele regelmechanismen die zorgen voor evenwicht. Kan de extra toevoer van CO2 worden opgevangen door het systeem aarde? Hierin is de koolstofbalans van de aarde belangrijk.  
koolstofbalans: laat zien dat koolstof op aarde in een aantal reservoirs van verschillende omvang is opgeslagen: atmosfeer, oceaan, bodem, planten en fossiele brandstoffen.  
De stromingen tussen deze reservoirs in de vorm van opname en afgifte en de snelheid zijn belangrijke factoren.

1. Stromingen van CO2 tussen de atmosfeer en de oceaan  
   tussen de atmosfeer en de bovenlaag van de oceaan bestaat een stroming CO2 op basis van verschillen in de concentratie. Er wordt hierbij steeds gestreefd naar evenwicht. Als CO2 in atmosfeer toeneemt, lost het op in de bovenste laag van de oceaan. Maar de opnamecapaciteit van de bovenlaag van de oceaan is beperkt(bij grote opname verzuren van oceaan en vertragen van opname).

* Naar diepere oceaan via afzinkgebieden (snelle manier). Functioneren als een diepwaterpomp en zorgen ervoor dat afgekoeld en zout oceaanwater naar beneden duikt. In koud water veel CO2, dus de noordelijke Atlantische Oceaan is erg belangrijk.
* Op een langzame manier. Bij fotosynthese wordt er Co2 vastgelegd in fytoplankton, via voedselketens in andere zeeorganismen. Bij het afsterven dwarrelen de organische deeltjes naar de bodem van de zee en vormen een organisch slib dat in de loop van de geologische tijd omgevormd kan worden tot aardolieachtige producten.  
  Een ander deel van het koolstof wordt gebruikt voor kalkskeletten. Als ze dood gaan dwarrelen ze naar de zeebodem en absorberen ze koolstof. Later worden dit kalksteenlagen en de CO2 komt pas naar buiten bij afwering.

1. Stromingen van CO2 tussen de atmosfeer en het landoppervlak  
   Op land verloopt het via organisch materiaal

* Zeer snelle opname is via levende organismen. Door fotosynthese van planten onder invloed van zonne-energie maken ze glucose en slaan ze koolstof op. Dit komt ook in de voedselketen van dieren en mensen. Belangrijk is de balans tussen opname en afgifte van CO2. Jonge bossen nemen meer CO2 op dan ze uitademen, bij oude bossen is het in evenwicht.
* In de bodem is op aarde ook een forse hoeveelheid koolstof opgeslagen. Via plantenafval dat door bodemdieren de grond in is gebracht en heeft geleid tot de vorming van een humuslaag. Door inwerking van zuurstof en zonlicht gaat de koolstof als CO2 weer vrij. In een moerasachtig zuurstofarm milieu komt het terecht in veenlagen, na een lange tijd kan er bruinkool, steenkool en aardgas ontstaan. CO2 komt vrij bij verbranding van die fossiele brandstoffen.