

**Klimaatverandering 2013: Wetenschappelijke elementen  
(5<sup>de</sup> evaluatierapport van het IPCC – deel 1)  
Belangrijkste boodschappen van de “Samenvatting voor beleidsmakers”**

De bijdrage van werkgroep I van het IPCC aan het 5<sup>de</sup> evaluatierapport (“*Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*”), dat eind september 2013 werd gepubliceerd, bevat de stand van zaken betreffende de wetenschappelijke kennis over klimaatverandering.

Dit eerste deel van het 5<sup>de</sup> evaluatierapport gaat over de waarneming van veranderingen in het klimaatsysteem, de factoren die hierop van invloed zijn, het inzicht in het klimaatsysteem en in recente veranderingen, en prognoses aangaande toekomstige klimaatveranderingen. Het houdt rekening met de voorafgaande evaluaties en de nieuwe wetenschappelijke resultaten, en is de meest omvangrijke en best bijgewerkte compilatie van wetenschappelijke kennis ter zake.

De *Samenvatting voor beleidsmakers* (“*Summary for policymakers*”), waarvan de belangrijkste boodschappen hieronder worden gegeven, vormt de ondubbelzinnige bevestiging dat de aarde aan het opwarmen is en dat die opwarming verband houdt met de uitstoot van broeikasgassen van menselijke oorsprong.

## **1. Waarnemingen van klimaatverandering**

Sinds 1950 worden in alle regio’s van de wereld veranderingen waargenomen in het gehele klimaatsysteem: de atmosfeer en de oceanen zijn warmer geworden, de sneeuw- en ijsoppervlakte en de hoeveelheid sneeuw en ijs zijn afgenomen, de zeespiegel is gestegen en de concentraties aan broeikasgassen zijn toegenomen. Veel van die veranderingen zijn ongezien.

- **Opwarming van de atmosfeer**

Elk van de laatste drie decennia was (in stijgende mate) warmer dan alle voorgaande decennia sinds 1850. Op het noordelijk halfrond was de periode 1983-2012 waarschijnlijk de warmste 30-jarige periode van de laatste 1400 jaar. In de periode 1880-2012 zien we wereldwijd een gemiddelde stijging van de temperatuur (aan het aard- en oceaanoppervlak) van 0,85°C. Gedurende de periode 1901-2012 heeft bijna het ganse landoppervlakte op aarde een opwarming gekend. En sinds de jaren ’50 is er sprake van veranderingen in talrijke extreme meteorologische en klimatologische gebeurtenissen. En in vele regio’s van de wereld werd een toename van de frequentie of de intensiteit van stortregens waargenomen.

- **Opwarming van de oceanen**

De ondiepe oceaan (tot 700 m) is in de loop van de 20<sup>ste</sup> eeuw opgewarmd. Het oceaanoppervlak (tot 75 m) is sinds 1971 met ruim 0,1°C/decennium opgewarmd. Op grotere diepten neemt die opwarming weliswaar af, maar strekt zij zich toch nog uit over een diepte van 2000 m (en waarschijnlijk ook meer dan 3000 m). De oceaan vormt een reservoir waar de meeste energie geassocieerd met de globale opwarming van de aarde wordt opgeslagen (meer dan 90 % van de opgeslagen extra energie in het klimaatsysteem tussen 1971 en 2010).

- **Cryosfeer<sup>1</sup>**

De recente resultaten bevestigen dat de ijskap en de gletsjers bijna overal ter wereld hun massa verliezen. Zo is bijvoorbeeld de ijskap in Groenland de afgelopen twintig jaar aanzienlijk gekrompen (de laatste tien jaar met 215 miljard ton per jaar); ook op het Antarctisch Schiereiland loopt de ijskap duidelijk terug. Eenzelfde terugtrekking zien we in de oppervlakte van het pakijns op de Noordpool (een gemiddelde afname van 3,5 tot 4,1 % per decennium sinds 1979, en van 9,4 tot 13,6% per decennium voor de minimumoppervlakte tijdens de zomermaanden), maar in het zuidpoolgebied vertoont het pakijns in de loop van dezelfde periode juist een lichte toename (gemiddeld 1,2 tot 1,8 % per decennium sinds 1979), zij het met grote regionale verschillen. Op het noordelijk halfrond loopt de sneeuwbedekking terug. Ook zien we een sterke afname van de oppervlakte en van de dikte van de permafrost in verscheidene boreale regio's.

- **Stijging van de zeespiegel**

De zeespiegel is gemiddeld 19 cm gestegen in de periode 1901-2010. De gemiddelde stijging van de zeespiegel is toegenomen tegen het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw, en is in de 20<sup>ste</sup> eeuw waarschijnlijk blijven toenemen. De gemiddelde stijging van de zeespiegel bedroeg zeer waarschijnlijk ongeveer 1,7 mm/jaar tussen 1901 en 2010. Tussen 1993 en 2010 was dat ongeveer 3,2 mm/jaar.

- **Concentraties broeikasgassen**

De concentratie kooldioxide (CO<sub>2</sub>) in de atmosfeer is met 40 % gestegen sinds de pre-industriële periode en bereikte in 2011 een niveau van 391 ppm<sup>2</sup> bereikt. Die stijging is het resultaat van de menselijke activiteit (vooral de uitstoot afkomstig van fossiele brandstoffen maar ook een belangrijke uitstoot te wijten aan wijzigingen in het landgebruik). 30% van de antropogene uitstoot van CO<sub>2</sub> werd geabsorbeerd door de oceaan, wat leidt tot zijn verzuring. De huidige concentraties van 3 broeikasgassen – CO<sub>2</sub>, methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O) – overschrijden ruim de niveaus die in de loop van de afgelopen 800.000 jaar in de ijskernen werden aangetroffen. De stijging van de gemiddelde niveaus van die 3 gassen in de laatste eeuw was een unicum voor de afgelopen 22.000 jaar.

## **2. Factoren die van invloed zijn op de klimaatverandering**

De stijging van de concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer sinds 1750 is veruit de belangrijkste oorzaak van de opwarming van het klimaat. De verandering in zonne- en vulkaanactiviteit draagt slechts in beperkte mate bij tot een opwarming van het klimaat in het industrietijdperk. De totale radiatieve forcering<sup>3</sup> van antropogene oorsprong, sinds 1750, is positief (2,3 W/m<sup>2</sup>) en heeft tot een netto-ophoping van energie in het klimaatsysteem geleid. De radiatieve forcering die samenhangt met een stijging van de concentratie broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O en halonen), sinds 1750, ligt in de orde van 2,83 W/m<sup>2</sup>. Zij wordt gedeeltelijk gecompenseerd door het radiatieve effect van aerosolen (in de orde van -0,9 W/m<sup>2</sup>). De stratosferische aerosolen, geassocieerd aan de activiteit van vulkanen en de variaties in zonne-activiteit hebben slechts in mindere mate bijgedragen tot het belangrijke radiatieve effect in de loop van de voorbije eeuw (met uitzondering van enkele korte periodes na grote vulkanische uitbarstingen).

---

<sup>1</sup> delen van het aardoppervlak waar het water in een vaste vorm voorkomt (pakijns, bevroren meren en rivieren, gletsjers enz.)

<sup>2</sup> ppm: parts per million (deeltjes per miljoen)

<sup>3</sup> Radiatieve forcering is een indicator waarmee de invloed van de verschillende factoren op de uitwisseling van energie tussen de aarde en de ruimte gekwantificeerd kan worden; het staat voor het verschil tussen de radiatieve energie (warmte) die door het klimaatsysteem ontvangen wordt en de radiatieve energie die terug de ruimte in wordt gestuurd; een positieve radiatieve forcering is een netto-bijdrage aan de opwarming (meer energie ontvangen dan afgegeven), een negatieve waarde betekent een bijdrage aan de afkoeling (meer energie verloren dan ontvangen)

### **3. Inzicht in het klimaatsysteem en in recente veranderingen**

In vergelijking met het 4<sup>de</sup> evaluatierapport van het IPCC zijn de waarnemingen gedetailleerder en de klimaatmodellen verbeterd, wat toegelaten heeft de menselijke bijdrage aan de veranderingen die in de verschillende onderdelen van het klimaatsysteem waargenomen worden, beter te duiden. Het IPCC leidt eruit af dat de menselijke invloed op het klimaatsysteem duidelijk is, en dit op basis van de gegevens over de toename van de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer, de positieve radiatieve forcering, de waargenomen opwarming en de inzichten in het klimaatsysteem.

De verbetering van de modellen sinds het vierde rapport heeft toegelaten om een betere reconstructie te maken van de geobserveerde temperaturen op continentaal niveau, de tendensen over verschillende decennia (zij geven vooral de versnelling aan van de opwarming vanaf het midden van de 20<sup>ste</sup> eeuw, wat overeenstemt met de observaties), en de afkoeling na belangrijke vulkaanuitbarstingen.

Op een kleinere tijdschaal (10 tot 15 jaar) stellen we bepaalde verschillen vast tussen de resultaten van het model en de waarnemingen (bv. over de periode 1998-2012). De geobserveerde afname in de tendens van opwarming in de periode 1998-2012 in vergelijking met de periode 1951-2012 kan toegeschreven worden aan verschijnselen van interne variabiliteit in het klimaatsysteem (een mogelijke herverdeling van warmte in de oceaan), en aan de natuurlijke afname van bepaalde radiatieve forceringen (vulkaanuitbarstingen, afnemende fase in de zonnecyclus).

Nieuwe waarnemingen en resultaten tonen de menselijke invloed op de opwarming van de atmosfeer en de oceaan, en op een reeks andere verschijnselen zoals bijvoorbeeld verstoringen van de hydrologische cyclus (neerslag, verdamping...), krimp van het ijs in het noordpoolgebied, terugtrekking van de gletsjers, afname van de sneeuwbedekking op het noordelijk halfrond, stijging van de zeespiegel, en de veranderingen in bepaalde extreme klimaatverschijnselen. De invloed van de mens wordt met grotere zekerheid aangeduid dan in het 4<sup>de</sup> rapport. Het IPCC beschouwt het als uiterst waarschijnlijk (>95% zekerheid) dat de menselijke invloed de voornaamste oorzaak is geweest van de opwarming die sinds de helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw geobserveerd werd.

### **4. Toekomstige veranderingen**

Een nieuwe reeks scenario's werd gebruikt voor de simulaties die in het vijfde rapport voorgesteld werden. Voor alle scenario's zijn de CO<sub>2</sub>-concentraties in 2100 hoger dan deze die momenteel waargenomen worden, en dit is te wijten aan de toekomstige verhoging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot die in de atmosfeer gecumuleerd wordt. Deze simulaties geven aan dat gelijke of hogere emissies dan nu veranderingen geïntroduceerd zullen worden in alle bestanddelen van het klimaatsysteem. De projecties van de klimaatveranderingen die in het 5<sup>de</sup> rapport voorgesteld worden, zijn gelijkaardig aan die van het 4de rapport als rekening wordt gehouden met de wijzigingen van de scenario's.

De projecties geven aan dat de veranderingen zich zouden voordoen in alle regio's van de wereld en betrekking hebben op het land, de oceaan, de zee, de cryosfeer, de watercyclus, op extreme gebeurtenissen en op de verzuring van de oceanen. Veel van die veranderingen zouden nog eeuwenlang voortduren. Als we de klimaatverandering willen beperken, zullen we de uitstoot van broeikasgassen ingrijpend en duurzaam moeten terugdringen.

- **Stijging van de temperaturen**

De ramingen van de gemiddelde temperatuurstijging tegen 2100 zijn sterk afhankelijk van de gevolgde emissiescenario's. Zij variëren van 0,3° tot 1,7°C<sup>4</sup> en van 2,6° tot 4,8°C ten opzichte van de periode 1986-2005 (NB: 0,6°C toevoegen indien de referentieperiode 1850-1900 is).

De wijziging van de oppervlaktetemperaturen zal regionaal niet uniform gebeuren. Het is zeer waarschijnlijk dat de opwarming van het land op lange termijn groter zal zijn dan de opwarming van de oceaan. De simulaties geven met een zeer hoge waarschijnlijkheid aan dat de arctische regio sneller dan gemiddeld zal opwarmen en dat de gemiddelde temperatuur aan de oppervlakte van de continenten hoger zal zijn dan de opwarming aan de oppervlakte van de oceaan.

Het is nagenoeg zeker dat de meeste regio's meer extreem hoge temperaturen en minder extreem lage zullen vertonen. Het is zeer waarschijnlijk dat hittegolven vaker zullen optreden en langer zullen duren, maar daarnaast zullen er van tijd tot tijd ook nog koude winters zijn.

- **Watercyclus**

Heel waarschijnlijk zal in de 21<sup>ste</sup> eeuw, in het grootste deel van de wereld, het verschil groter worden tussen de gemiddelde seizoenregens in de droge en natte regio's, en zal ook het contrast tussen droge en natte seizoenen (op regionale uitzonderingen na) toenemen. De hoge breedtegraden (regio's in de buurt van de polen) en het gebied in de Stille Oceaan rond de evenaar maken meer kans op een verhoogde neerslag.

De extreme neerslag zal in de grootste regio's van gemiddelde breedtegraad en in de vochtige tropische gebieden tegen het einde van de eeuw zeer waarschijnlijk intensiever worden en vaker optreden. Het is eveneens waarschijnlijk dat de oppervlakte die door de moessonssystemen beïnvloed wordt, zich in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw zal uitbreiden. De intensiteit van de neerslag verbonden aan deze moessons zal waarschijnlijk toenemen door een toename van de atmosferische vochtigheidsgraad. En ook de duur van de moesson zal in vele regio's verlengen.

- **Oceanen**

De oceaan zal in de 21<sup>ste</sup> eeuw blijven opwarmen; die warmte zal de diepere lagen indringen, wat het systeem van de oceaancirculatie op grote schaal zal beïnvloeden. Het is heel waarschijnlijk dat de thermohaliene circulatie in de Atlantische Oceaan (*Atlantic Meridional Overturning Circulation – AMOC*) in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw zal afzwakken, met een afname vanaf het midden van de eeuw. Het is echter heel weinig waarschijnlijk dat deze circulatie een brutale onderbreking zou kennen in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw. De resultaten zijn onzekerder na de 21<sup>ste</sup> eeuw, maar een stilvallen van deze circulatie, verbonden aan een sterke en voortdurende opwarming, valt niet uit te sluiten.

- **Cryosfeer**

Het is zeer waarschijnlijk dat de ijsbedekking in het noordpoolgebied zal blijven afnemen (mogelijk is de Arctische oceaan zelfs nog vóór het einde van de eeuw in september ijsvrij) en dat de sneeuwbedekking op het noordelijk halfrond in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw zal smelten. We kunnen er nagenoeg zeker van zijn dat het bereik van de permafrost (een bodem die voortdurend bevroren is) in de hogere noorderbreedten zal afnemen (een vermindering van 37 tot 81% in 2100). De gletsjers zullen in alle scenario's krimpen (verwachte daling tot 2100 variërend van 15 tot 55 % en van 35 tot 85 %, al naargelang de scenario's).

---

<sup>4</sup> Het gamma temperatuurprognoses dat in het AR5 wordt geanalyseerd, omvat een scenario met een veel lagere uitstoot dan in het AR4. Dat betekent dat in de klimaatprognoses voortaan rekening wordt gehouden met de mogelijkheid van een beleid dat de uitstoot aanzienlijk terugdringt.

- **Zeespiegel**

De gemiddelde zeespiegel zal in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw blijven stijgen. Het vertrouwen in de prognoses over de stijging van de gemiddelde zeespiegel is sinds het AR4 groter geworden. Het is zeer waarschijnlijk dat de stijging van de zeespiegel in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw hoger zal uitvallen dan tussen 1971 en 2010, ten gevolge van de opwarming van de oceaan (thermische uitzetting) en van het toegenomen verlies aan massa van de gletsjers en ijskappen. De geraamde stijging van de zeespiegel voor 2081-2100, in vergelijking tot de periode 1986-2005, ligt (naargelang van de scenario's) tussen 26 en 55 cm en tussen 52 en 98 cm. Deze toename zal niet uniform gebeuren, maar zal tegen 2100 ongeveer 95% van het oceaanoppervlak beïnvloeden.

- **Concentraties broeikasgassen en stabilisering van het klimaat**

In alle scenario's vallen de atmosferische CO<sub>2</sub>-concentraties in 2100 hoger uit dan nu, omdat de gecumuleerde uitstoot van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer in de loop van de 21ste eeuw opnieuw zal toenemen. Een deel van de CO<sub>2</sub> die door menselijke activiteit in de atmosfeer wordt uitgestoten, zal geabsorbeerd blijven worden door de oceaan, wat diens verzuring in de hand zal werken (de pH van de oceaan zal tegen het einde van de 21<sup>ste</sup> eeuw met 0,065 tot 0,30 eenheden dalen). Door de retroactieve werking tussen klimaatopwarming en koolstofcyclus zal het vermogen van landecosystemen en oceaan om koolstof te absorberen, afnemen, wat de toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer zal verergeren.

- **De “begonnen” opwarming, stabilisering en irreversibel karakter**

De gecumuleerde uitstoot van CO<sub>2</sub> zal in grote mate de omvang van de globale opwarming tegen het jaar 2100 en daarna bepalen. Willen we deze opwarming onder een bepaald niveau houden, dan zullen in de loop van de 21<sup>ste</sup> eeuw belangrijke emissiereducties nodig zijn.

Talrijke aspecten van de door de mens geïnduceerde klimaatverandering zijn irreversibel en zullen nog eeuwenlang – of duizenden jaren lang - voortduren, ook al is de uitstoot van broeikasgassen inmiddels gestopt (behalve in het geval van een grootschalige en volgehouden verwijdering van de CO<sub>2</sub> die in de atmosfeer aanwezig is). Het resultaat is een onvermijdbare opwarming van het klimaat (de opwarming is “begonnen”), die het gevolg is van de voorbije en huidige uitstoot van broeikasgassen.

Volgens de scenario's zal 15 à 40% van de uitgestoten CO<sub>2</sub> nog meer dan 1000 jaar na de stopzetting van de antropische emissies in de atmosfeer blijven. Een deel van de klimaatverandering is dus op menselijke schaal onomkeerbaar, tenzij we technieken vinden om de antropische uitstoot van CO<sub>2</sub> gedurende meer dan 1000 jaar op te vangen.

Ten gevolge van de lange tijds�pannes die gepaard gaan met de uitwisseling van warmte tussen de oppervlakte en de diepere lagen van de oceaan zullen de opwarming en de thermische uitzetting van de oceaan ook gedurende eeuwen doorwerken, wat de zeespiegel zal doen stijgen met zo'n 1 à 3m. Het massaverlies van de gletsjers en ijskappen, dat gedeeltelijk irreversibel is, zal waarschijnlijk een sterke stijging van de zeespiegel met zich meebrengen. Boven een bepaalde drempel van opwarming (gelegen tussen 1 en 4°C boven het pre-industrieel niveau) zou het bijna volledig wegsmelten van de ijskap van Groenland in een tijds�panne van 1000 jaar of meer zou de zeespiegel bijkomend met 7 doen stijgen. Het abrupte en irreversibel smelten van de Antarctische ijskap ten gevolge van de globale opwarming is mogelijk, maar het verschijnsel is op dit moment onvoldoende begrepen om zijn mogelijk bijdrage aan de stijging van de zeespiegel te kunnen inschatten.

**Meer informatie:** <http://www.climatechange2013.org/>