

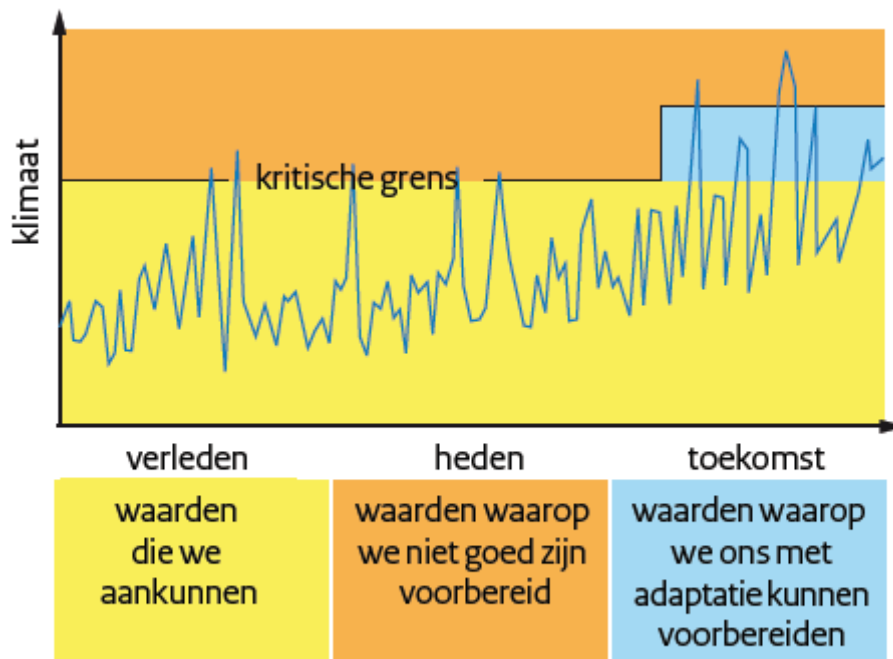
Klimaatverandering in Nederland

Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's

Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Bernadet Overbeek, Janette Bessembinder, KNMI

De KNMI klimaatscenario's voor Nederland uit 2006 zijn getoetst aan de nieuwste nationale en internationale inzichten. De resultaten daarvan staan beschreven in een brochure die het KNMI onlangs publiceerde. Uit deze evaluatie blijkt dat het klimaat in Nederland sterk verandert én dat de toekomstbeelden van het KNMI uit 2006 de meest waarschijnlijke veranderingen goed weergeven.

Klimaatscenario's zijn beelden van het toekomstige klimaat, die aangeven in welke mate temperatuur, neerslag, wind en zeeniveau kunnen veranderen. Ze zijn de basis voor maatregelen om onze samenleving voor te bereiden op- en zo mogelijk aan te passen aan klimaatverandering (figuur 1). Denk bijvoorbeeld aan betere waterkeringen, riolen die sneller water af kunnen voeren of aanpassingen aan gebouwen om hitte in steden te beperken.



Figuur 1: Schema voor adaptatie aan klimaatverandering. Adaptatie is het aanpassen van natuurlijke systemen en maatschappelijke sectoren aan de effecten van klimaatverandering. Het schema geeft weer hoe door adaptatiemaatregelen de kritische grens opschuift naar boven. Hierdoor is de samenleving beter voorbereid op het omgaan met hogere waarden van bijvoorbeeld de neerslaghoeveelheid. Bron: Willows and Connell, UKCIP, 2003.

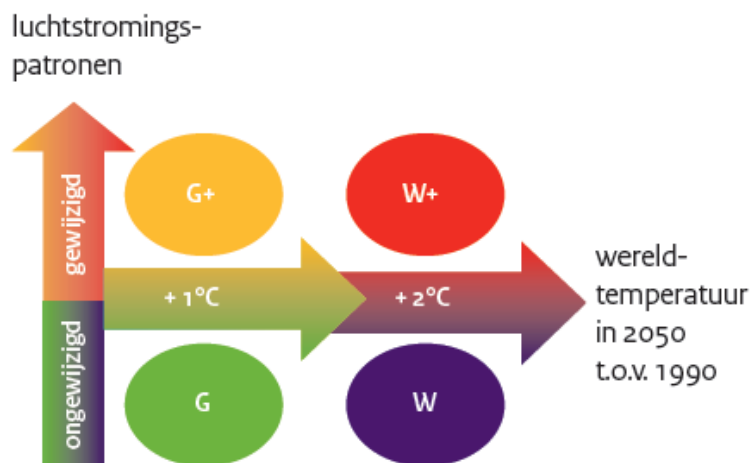
Uit recent (inter)nationaal onderzoek blijkt dat de grote ijskappen op West-Antarctica en Groenland snel afkalven, Nederland en West-Europa snel opwarmen en dat de hevigheid van extreme buien toeneemt. Deze verandering in klimaat gaat deels sneller dan verwacht. Toch blijven de vier KNMI-klimaatscenario's uit 2006 volledig overeind. Hoe kan dat? Bij het opstellen is geanticipeerd op een aantal recente ontwikkelingen en rekening gehouden met de onzekerheid. De veranderingen vallen nog grotendeels binnen de marges van deze scenario's.

De KNMI'06 klimaatscenario's

Veranderingen in het klimaat van Nederland volgens de KNMI'06 scenario's

- *de opwarming zet door; hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor;*
- *de winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe;*
- *de hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder;*
- *de veranderingen in het windklimaat zijn klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid;*
- *de zeespiegel blijft stijgen.*

Klimaatscenario's zijn consistente en plausibele beelden van het toekomstige klimaat. Ze zijn bedoeld als hulpmiddel bij klimaat-effectstudies en adaptatiemaatregelen. De KNMI'06 scenario's geven een beeld van klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2100 (ten opzichte van de periode 1976-2005). Samen spannen de vier scenario's de meest waarschijnlijke veranderingen op voor belangrijke klimaatvariabelen, zoals temperatuur, neerslag, wind en zeeniveau.



G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Figuur 2: Indeling van de vier KNMI '06 scenario's

De KNMI'06 scenario's zijn tot stand gekomen door combinatie van informatie uit mondiale en regionale klimaatmodellen uit de gehele wereld. In die modellen is de wetenschappelijke kennis over de werking van het klimaatsysteem samengebracht. Waarnemingen zijn gebruikt om te bepalen welke mondiale en regionale klimaatmodellen het klimaat van West-Europa het best beschrijven. Daarnaast zijn waarnemingen gebruikt om de veranderingen in allerlei modelvariabelen te vertalen naar lokale weerkenmerken die interessant zijn voor gebruikers, zoals de warmste zomerdag per jaar of de maximale hoeveelheid neerslag op een dag die gemiddeld eens per 10 jaar valt.

De scenario's verschillen in de mate waarin de mondiale temperatuur stijgt en de mate waarin de luchtstromingspatronen boven Nederland veranderen. De W/W+ scenario's kenmerken zich door een sterke toename van de wereldgemiddelde temperatuur, terwijl die in de G/G+ scenario's gematigd is. Bij de G+/W+ scenario's zorgt een verandering in de luchtstroming boven de Atlantische oceaan en West-Europa voor extra warme en natte winters, terwijl de zomers extra warm en droog zijn. Bij de G/W scenario's is de invloed van veranderingen in de luchtstroming klein.

De KNMI'06 klimaatscenario's schetsen een plausibel en coherent beeld van de klimaatverandering in Nederland. Ze laten zien dat de extreme weersomstandigheden waarschijnlijk anders zullen veranderen dan het gemiddelde weer. Zo neemt in de scenario's met veranderingen in de luchtstromingspatronen de temperatuur op

hittegolfdagen sterker toe dan op een gemiddelde zomerdag. Zomerse neerslag komt in deze scenario's minder vaak voor, maar optredende zware buien worden wel heftiger in alle scenario's.

Mondiale temperatuurstijging

De wereldgemiddelde temperatuur over de periode 2000-2008 ligt 0,7 tot 0,8°C boven de temperatuur aan het eind van de 19e eeuw. Volgens het IPCC is het zeer waarschijnlijk dat het merendeel van de wereldwijde opwarming in de afgelopen decennia kan worden toegeschreven aan de menselijke invloed op het klimaat. Door natuurlijke schommelingen, die onder andere samenhangen met El Niño en variaties in de zonneactiviteit, zijn niet alle recente jaren even warm. Alle jaren vanaf 2001 behoren wel tot de top 10 van de wereldwijd warmste jaren sinds het begin van de waarnemingen aan het eind van de 19e eeuw.

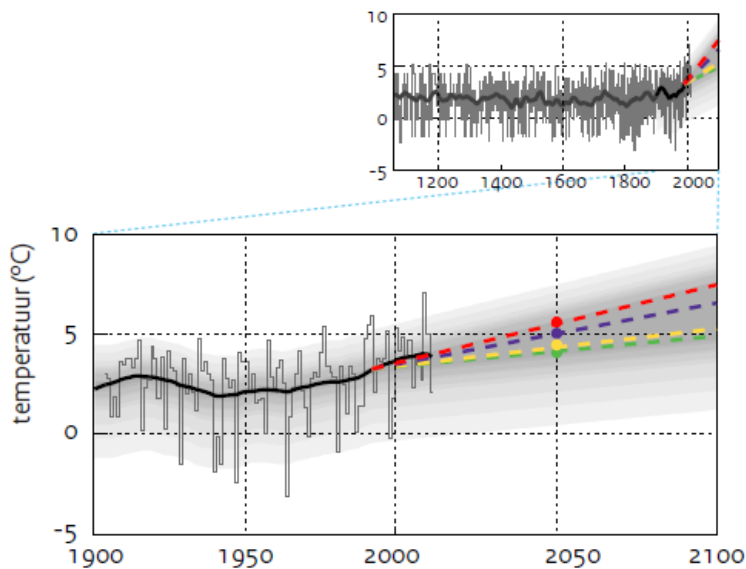
IJskappen op Groenland en Antarctica

Uit waarnemingen blijkt dat de afkalving van ijs aan de randen van de Groenlandse en de West-Antarctische ijskap de laatste jaren is toegenomen. Lokaal treden echter sterke fluctuaties op. Er zijn plaatsen waar de snelheid van afkalving recent weer is afgenomen. De kleinschalige, dynamische processen die aanleiding geven tot deze fluctuaties in afkalving worden nog onvoldoende begrepen en zijn nog nauwelijks gemodelleerd. Daarom is het lastig om scenario's voor de toekomstige bijdrage van het slinken van ijskappen aan de zeespiegelstijging te maken. Er zijn echter snelle ontwikkelingen in dit vakgebied en door het beschikbaar komen van meer meetgegevens en intensief onderzoek verwachten we wel dat de onzekerheden de komende jaren aanzienlijk zullen verkleinen.

Waargenomen snelle opwarming in Nederland

Uit waarnemingen blijkt dat de temperatuur in Nederland en de ons omringende landen de afgelopen jaren ongeveer twee keer zo snel is gestegen als de wereldgemiddelde temperatuur. Deze toename lijkt systematisch te zijn en berust zeer waarschijnlijk niet grotendeels op natuurlijke schommelingen, zoals voorheen werd aangenomen.

Er zijn verschillende oorzaken voor de sterkere opwarming in Nederland. Voor de winter is dit een toename van de westenwinden. Voor de zomer gaat het om een toename van de inkomende zonnestraling door een afname van de bewolking, waarschijnlijk ten gevolge van uitdroging boven het Europese vasteland, en een schoner wordende atmosfeer (minder stofdeeltjes).



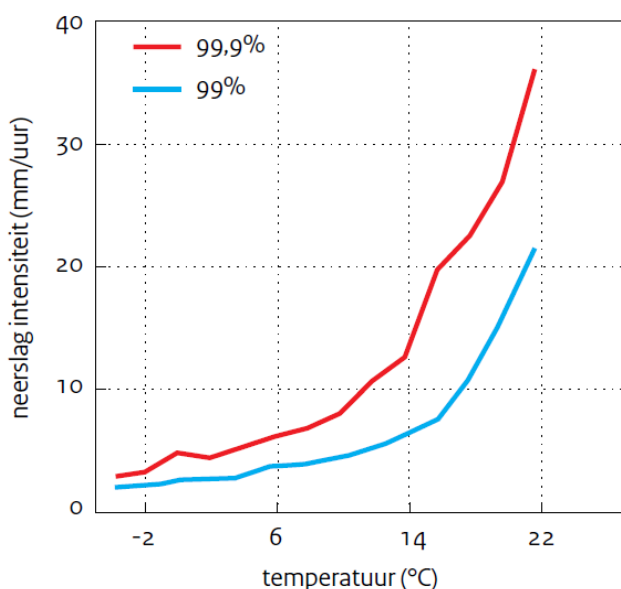
Figuur 3: Wintertemperatuur in De Bilt tussen het jaar 1000 en 2008, en de vier klimaatscenario's voor 2050 (gekleurde stippen). De waarden voor 1000 tot 1900 zijn gebaseerd op een temperatuurreconstructie voor de 'Lage Landen'. Deze is gemaakt op basis van historische bronnen en daarnaast, voor de periode vanaf 1706, ook op basis van instrumentele gegevens. De dikke zwarte lijn volgt een voortschrijdend 30-jaar gemiddelde. De gekleurde gestippelde lijnen verbinden elk klimaatscenario met het basisjaar 1990. De grijze band illustreert de jaar-op-jaar variaties die zijn afgeleid uit de waarnemingen.

Zomerse buienintensiteit

Bij een hogere temperatuur kan de lucht meer waterdamp bevatten. Wanneer de relatieve vochtigheid van de atmosfeer niet substantieel verandert, zal de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer toenemen met ongeveer 7% per graad Celsius temperatuurstijging. Tijdens zware buien zal een groot gedeelte van de beschikbare hoeveelheid waterdamp in regen worden omgezet. Het ligt daarom voor de hand dat zware buien bij hogere temperaturen heviger zijn. Alle KNMI'06 scenario's laten daarom voor de zomer een toename zien van de extreme dagelijkse hoeveelheden van de neerslag. In waarnemingen van de neerslag in De Bilt is tijdens extreme buien in de zomer een toename van de uurintensiteit gevonden van 14% per graad Celsius (figuur 4). Dit verband is aanzienlijk sterker dan op grond van de hoeveelheid waterdamp alléén kan worden verwacht. De extra toename is waarschijnlijk het gevolg van sterkere turbulentie in een buienwolk. Die zorgt ervoor dat waterdamp sneller wordt omgezet in regen en dat er meer vocht uit de omgeving wordt aangevoerd.

De neerslagintensiteit per uur tijdens extreme buien in de zomer zal waarschijnlijk sterker toenemen dan de extremen van de neerslaghoeveelheid per dag. Voor de dagelijkse hoeveelheden geldt dat de totale hoeveelheid beschikbare waterdamp in de

atmosfeer een beperkende factor is. Buien worden intenser terwijl hun duur waarschijnlijk afneemt.



Figuur 4: Uurlijkse neerslagintensiteit als functie van de daggemiddelde temperatuur op basis van waarnemingen in De Bilt. De 99% en 99,9% percentielen zijn de extremen die gemiddeld eens per 100 en eens per 1000 neerslaguren worden overschreden. Bij hogere temperaturen (het zomerhalfjaar) neemt de extreme buienintensiteit sterk toe met de temperatuur (ongeveer 14% per graad Celsius).

Aanvullende KNMI'06-scenariogetallen

De recente KNMI publicatie geeft ook aanvullingen op de eerder gepubliceerde KNMI '06 cijfers: scenariogegevens voor de overgangsperiodes (lente en herfst) en voor de afzonderlijke maanden, evenals kansen waarmee extreme buien voorkomen in het huidige klimaat. Er blijken systematische verschillen te zijn in de zwaarte van neerslag extremen binnen Nederland. In delen van Zuid-Holland zijn de dagelijkse extremen in de neerslag zo'n 14 % zwaarder dan in De Bilt.

Veel studies naar de effecten van klimaatverandering maken gebruik van tijdreeksen van bijvoorbeeld de temperatuur of de neerslaghoeveelheid op achtereenvolgende dagen. Daarom heeft het KNMI een hulpmiddel ontwikkeld dat complete tijdreeksen maakt van klimaatvariabelen die passen bij de vier KNMI scenario's.

Vooruitblik op toekomstige generatie KNMI klimaatscenario's

Voor het uitbrengen van nieuwe klimaatscenario's sluit het KNMI aan bij de cyclus van het IPCC. Voor het volgende IPCC rapport wordt de komende jaren een groot aantal nieuwe simulaties met klimaatmodellen uitgevoerd. De analyses van deze simulaties,

gecombineerd met de analyses van nieuwe waarnemingen, vormen de basis voor het volgende IPCC rapport. Dat rapport verschijnt omstreeks 2013. De volgende KNMI klimaatscenario's staan daarom ook voor omstreeks 2013 gepland, zodat het nieuwe onderzoeksmateriaal dat dan beschikbaar is kan worden meegenomen.

Nieuw onderzoek leidt tot nieuwe inzichten. Vandaar dat het KNMI met enige regelmaat, en in samenspraak met de gebruikers, nieuwe klimaatscenario's uitbrengt. Daarbij streeft het KNMI naar één set algemene klimaatscenario's die geschikt is voor breed gebruik. Dit vereenvoudigt de onderlinge vergelijkbaarheid en integratie van klimaateffectstudies en adaptatiestrategieën. Daarnaast bestaat ruimte voor aanvullende maatwerkscenari's voor specifieke toepassingen, zoals risico-, kosten/baten- en kwetsbaarheidanalyses.

Voor de ontwikkeling van de toekomstige generatie klimaatscenario's zullen keuzes gemaakt moeten worden. Voor de set algemene klimaatscenario's gaat het dan bijvoorbeeld om vragen als:

- Hoeveel scenario's brengen we uit en binnen welk raamwerk?
- Hoe gaan we om met onzekerheid, en kunnen we onzekerheid kwantificeren door kansuitspraken?
- Kunnen we regionaal onderscheid maken in klimaatverandering?
- Kunnen we scenario's of verwachtingen maken voor de komende tien tot 20 jaar?

Niet ieder gewenst onderdeel kan ook daadwerkelijk gerealiseerd worden. Klimaatonderzoek is een wetenschappelijk veld in beweging en het is onbekend hoe onze kennis zich de komende jaren zal ontwikkelen. Het KNMI zal moeten kiezen en de scenariogebruikers worden hierbij nadrukkelijk betrokken.

Meer informatie:

Voor meer informatie over klimaatscenario's voor Nederland kunt u terecht op de speciale website: www.knmi.nl/klimaatscenarios

Voor vragen naar aanleiding van deze brochure kunt u contact opnemen met de klimaatdesk van het KNMI: klimaatdesk@knmi.nl, telefoon 030 2206850