

Notitie

De relatie tussen klimaatverandering en weersextremen

Opgesteld door de staf van de Deltacommissaris en het KNMI

Aanleiding

De motie Vos, van 20 februari 2014, verzoekt de regering in haar gesprekken met onder meer KNMI en de deltagcommissaris aandacht te vragen voor extreme weersverschijnselen en de relatie met klimaatverandering, en om de Kamer over de resultaten van deze besprekingen te informeren. De nadruk wordt gelegd op de ontwikkeling van zogenaamde "worst case scenario's". In de motie wordt verwezen naar het feit dat "steeds meer wetenschappers extreme weersverschijnselen koppelen aan klimaatverandering, en dat modellen zorgwekkende uitkomsten leveren". In deze notitie worden de kennis over het genoemde vraagstuk en de wijze waarop deze kennis wordt toegepast, samengevat.

Klimaat is het gemiddelde weerbeeld over 30 jaar, inclusief extreme (of "worst case") weersgebeurtenissen, zoals langdurige droogte, hoge neerslagintensiteit, extreme piekafvoeren en stormvloeden, die inherent zijn aan de natuurlijke variabiliteit van het weer. Klimaatverandering is het gevolg van een complex samenspel van mondiale en regionale processen en interacties. Het manifesteert zich in de geleidelijke mondiale stijging van zeespiegel en temperatuur en in regionale veranderingen in luchtcirculatie- en weerpatronen, met bijbehorende toename van de natuurlijke variabiliteit van het weer. Daardoor wordt klimaatverandering vooral zichtbaar in de aard en frequentie van extreme weersomstandigheden.

Europese waarnemingen sinds midden 20e eeuw¹ laten een duidelijke trend zien in het optreden van extreme weersomstandigheden. Het aandeel neerslag dat valt in de meest extreme categorie neemt significant toe, de kans op extreem koude nachten neemt af, en het aantal tropische nachten neemt toe. In 2012 heeft het IPCC een Special Report on climate Extremes² gepubliceerd, waarin een waargenomen toename van warmte-extremen (en waarschijnlijk ook neerslagextremen) in verschillende delen van de wereld wordt toegeschreven aan klimaatverandering. Voor de 21e eeuw werden op grond van projecties met klimaatmodellen toenames verwacht in de frequentie van hevige neerslag, droge episoden (in bv Zuid- en Centraal Europa), orkaansterkte en kans op extreme stormopzet bij een stijgende zeespiegel. In het recent verschenen 5e IPCC rapport worden deze bevindingen aangescherpt. In een commentaar op de recente overstromingen in Groot Brittannie van het Engelse MetOffice³ wordt klimaatverandering niet als evidente oorzaak van de problemen aangewezen, maar wordt verondersteld dat de kansen op dit soort gebeurtenissen bij een warmer klimaat wel toenemen.

De opgetreden extreme weersomstandigheden zoals van afgelopen winter, en het wetenschappelijk onderzoek naar een mogelijk verband met klimaatverandering, legitimeren de vraag waarop de samenleving zich zou moeten voorbereiden. Hierbij is van belang om vast te stellen hoe uitzonderlijk de opgetreden omstandigheden zijn, of er sprake is van een trend, en of een toename van frequentie of intensiteit te verwachten is bij een stijgende wereldgemiddelde temperatuur. Hiervoor worden op basis van wetenschappelijk onderzoek klimaatscenario's opgesteld waarin veranderende (extreme) weercondities worden verkend. In Nederland (en sommige andere landen) bestaat een sterke traditie op het gebied van klimaat- en extremenonderzoek, en de ontwikkeling van scenario's voor toepassing in bijvoorbeeld het waterbeheer.

Daarnaast is het van belang om te bepalen welk risico moet worden afgedekt met beschermingsmaatregelen. Veel van de bovengenoemde scenario's worden opgesteld om een

¹ <http://ecad.knmi.nl>

² <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>

³ <http://www.metoffice.gov.uk/research/news/2014/uk-storms-and-floods>

algemeen beeld van de implicaties van klimaatverandering te verkrijgen, en dekken doorgaans een beperkte bandbreedte van (bekende) risico's. In een enkel geval worden voor een specifieke toepassing scenario's opgesteld die buiten deze beperkte bandbreedte kijken. Maar ook anticiperen op een zogenaamd "worst case" scenario biedt nog geen garantie dat de toekomstige weersomstandigheden zich volgens de opgestelde scenario's zullen gedragen: het is immers nooit definitief uit te sluiten dat zelfs een zeer extreme situatie opgevolgd kan worden door nog extremere omstandigheden.

Om enig houvast te bieden bij het vaststellen van een beleidskader wordt in dit memo een kort overzicht gegeven van recente en lopende programma's op het terrein van scenario-ontwikkeling en analyse van extreme weersomstandigheden, wordt stilgestaan bij de fysische relatie tussen klimaatverandering en weersextremen, en worden enkele worst case scenario's besproken en becommentarieerd. Tenslotte wordt de implicatie van deze bevindingen voor de Nederlandse situatie besproken.

Nederlandse klimaatscenario's

Het KNMI heeft klimaatscenario's⁴ ontwikkeld voor het Nederlandse waterbeheer en klimaatadaptatiebeleid. Deze scenario's bevatten praktische invullingen van de betekenis van klimaatverandering op de ruimtelijke schaal van Nederland. Om de 5 tot 7 jaar vindt er een actualisatie plaats waarin voortschrijdend inzicht en gemeten trends worden verwerkt. Het KNMI volgt hiermee de cyclus van de assessments van het Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) die een belangrijke input vormen voor de klimaatscenario's en het kennisfundament zijn voor de internationale klimaatonderhandelingen. Ook Nederlands onderzoekers zijn actief in het IPCC netwerk.

Op 26 mei zijn geactualiseerde klimaatscenario's (KNMI'14) gepubliceerd. In deze scenario's worden 4 verschillende toekomstbeelden geschetst van het klimaat in Nederland, inclusief de verandering van de frequentie en intensiteit van temperatuur/neerslag/wind/golfhoogte extremen. Het algemene beeld wat in KNMI'14 naar voren komt is dat:

- de mate van mondiale opwarming het regionale klimaat, en het voorkomen van extremen op Nederlands grondgebied duidelijk beïnvloedt;
- de temperatuur blijft stijgen, en zachte winters en hete zomers vaker voor zullen komen;
- de gemiddelde en extreme neerslag in de winter zullen toenemen, de intensiteit van extreme regenbuien in de zomer toe zal nemen en hagel en onweer heviger zullen worden;
- het aantal dagen met mist zal afnemen;
- de zeespiegel blijft stijgen, en het tempo hiervan zal toenemen;
- de veranderingen in windsnelheid en storm klein zijn vergeleken met de grote natuurlijke variabiliteit.

Deze scenario's bevatten – net als de vorige editie – veel informatie over de veranderingen in extreme omstandigheden, ook omstandigheden zoals we die afgelopen winter in Groot-Brittannië hebben gezien. Het zijn vooral deze extremen die bepalend zijn voor de klimaatadaptatie waar Nederland (en de rest van Europa) zich voor gesteld ziet. In samenwerking met het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het Centraal Planbureau (CPB) en Deltares draagt het KNMI bij aan integratie van sociaal-economische en klimaatontwikkelingen gericht op deze klimaatadaptatie-opgave. Dit resulteerde in 2012 in de Deltascenario's⁵ waarin gebruik gemaakt is van de vorige generatie KNMI-scenario's (KNMI'06). De Deltascenario's beschrijven plausibele toekomstige klimaatverandering (inclusief extreem weer) en sociaal-economische omstandigheden en vormen daarmee de basis voor de watergerelateerde klimaatadaptatiestrategieën van het Deltaprogramma.

Via de Deltascenario's zijn de KNMI klimaatscenario's in het Deltaprogramma verwerkt, zowel wat betreft de geleidelijke zeespiegelstijging als de toename van extreme

⁴ <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/>

⁵ <https://deltaprogramma.pleio.nl/file/view/20469432/deltascenarios-eindrapport-2012-2013>

weersomstandigheden (langdurige droogte, zomerse stortbuien, langdurige zware neerslag in stroomgebieden leidend tot extreem hoge rivierafvoeren).

De nieuwe KNMI'14 klimaatscenario's brengen een breed gedragen beeld van de mondiale opwarming en de consequenties daarvan in Nederland in kaart die in overeenstemming is met de bevindingen van het nieuwste (vijfde) IPCC assessment⁶. De KNMI'14 klimaatscenario's bevatten geen 'worst-case' klimaatscenario's, maar bedekken een 'plausibele bandbreedte'. De mondiaal gemiddelde temperatuurstijging waarvan uitgegaan wordt in KNMI'14 bedraagt tussen 1.5 en 3.5°C aan het eind van de 21e eeuw. Dit dekt maar een deel van de totale bandbreedte: er zijn klimaatprojecties die hogere en lagere waardes projecteren, vooral door specifieke aannames over hoe het klimaatsysteem reageert op toegenomen broeikasgasconcentraties. Dit betekent ook dat de KNMI'14 wel beelden van bijvoorbeeld extreme toename van zomerdroogte, zeespiegelstijging of enorme intensivering van extreme buien in het Nederlands kustgebied bevat, maar niet voor alle denkbare situaties. Overigens, de geactualiseerde informatie valt nog steeds binnen de bandbreedte van de Deltascenario's.

In opdracht van de Commissie Veerman zijn in 2007 doelbewust "worst case" scenario's van zeespiegelstijging en extreme Rijnafvoer ontwikkeld, ter ondersteuning van haar advies over een Tweede Deltaprogramma aan de Tweede Kamer. Deze scenario's zijn ontwikkeld om te kunnen beoordelen of Nederland ook onder die worst case omstandigheden leefbaar en woonbaar gehouden kon worden. Deze resultaten – verkregen door een combinatie van modelberekeningen waarin alle onzekerheden naar boven zijn afgerond, aangevuld met een beoordeling door experts – lieten aanmerkelijk hogere waardes voor zeespiegelstijging zien dan destijds in KNMI'06 en binnenkort in KNMI'14 zijn weergegeven. Meer over deze worst case scenario's volgt hieronder. Eerst staan we stil bij de relatie tussen extreem weer en klimaatverandering.

De relatie tussen weersextremen en klimaatverandering

Een hogere wereldgemiddelde temperatuur betekent niet automatisch dat alle plekken op aarde, of alle seizoenen evenveel opwarmen. Ook is de verandering in extreme omstandigheden niet hetzelfde als de verandering in het gemiddelde. We gaan hier in op een aantal extreme weerfenomenen en hun relatie met klimaatverandering die hoge prioriteit hebben in het waterbeheer en klimaatadaptatiebeleid: hevige neerslag in buien of meerdaagse episoden, golven en zeeniveau aan de kust bij stormcondities, en zomerdroogte.

Extreme neerslag

Analyse van waarnemingen van neerslag in Nederland sinds het begin van de eeuw⁷ laten zien dat de buienintensiteit is toegenomen: steeds meer neerslag valt in korte perioden met intense neerslag. Dit geldt met name voor zomerse piekbuien, maar ook voor meerdaagse neerslaghoeveelheden die gepaard gaan met grootschalig transport van vocht door de atmosfeer. Het mechanisme achter deze toename is in grote lijnen bekend: in een warmer klimaat is de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer groter. Op kleine schaal kan lokale opwarming tot heftiger verticale luchtbewegingen leiden, waardoor de intensiteit van extreme neerslag onevenredig sterk toeneemt. In de KNMI'14 klimaatscenario's neemt de intensiteit van 10-daagse winterse neerslagsommen toe met circa 5 tot 8% per graad opwarming, terwijl zomerse piekbuien met 7 tot wel 14% per graad kunnen toenemen⁸.

Opzet bij stormcondities

De stijging van het zeeniveau is voor Nederland van groot belang, maar is een relatief langzaam proces. De zeespiegelstijging bedroeg in de afgelopen eeuw mondiaal gemiddeld zo'n 20 cm (2 mm/jaar), met een versnelling tot ruim 3 mm/jaar gedurende de laatste 20 jaar. In de KNMI'14 scenario's wordt rekening gehouden met een verdere stijging van het zeeniveau tussen de 25 en 100 cm tot 2100. Ook de mechanismen die dit veroorzaken zijn

⁶ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

⁷ Buishand et al, Int. J. Climatology, 2013; doi:10.1002/joc.3471.

⁸ Deze door KNMI ontwikkelde expertise is uitdrukkelijk gebruikt in de Engelse beoordeling van de extreme wateroverlast van afgelopen winter

ongeveer bekend (uitzetten van opwarmend zeewater, afsmelten van grote ijskappen en gletsjers, veranderingen in oceanstromingen), maar de absolute omvang is nogal onzeker. Voor Nederland is echter niet alleen de lokale zeeniveaustijging (in combinatie met bodemdaling langs de kust) van belang, maar ook de opzet van het zeewater bij de kust. Dat laatste wordt bepaald door de frequentie en intensiteit van stormen in het Noordzeegebied, en langs de kust.

In de KNMI'14 scenario's wordt een kleine stijging verwacht van intense stormen uit westelijke richtingen, maar door de beperkte strijklengte van de wind over de Noordzee zijn dat doorgaans niet condities waarbij de opzet maximaal is. Daarvoor zijn noordwestelijke extreme windcondities nodig, en in de analyses die het KNMI voor de nieuwe scenario's gemaakt heeft is geen duidelijke toe- of afname van stormen uit deze richting gebleken. De natuurlijke grilligheid van deze weersystemen is echter groot, waardoor het moeilijk is een (kleine) systematische verandering erin te detecteren.

De Engelse stormen van de winter 2013-2014 worden in verband gebracht met een toename van de intensiteit van Atlantische cyclonen⁹, maar vooral de clustering van depressies is de feitelijke oorzaak van de opgetreden overlast, en juist die clustering was uitzonderlijk. Het is onbekend of klimaatverandering bijdraagt aan de veranderingen van de kans op het voorkomen van opeenvolgende series van dit soort stormsysteem, hoewel het verband tussen klimaatverandering en toename van extreme neerslag in Engeland wel in de literatuur is aangetoond¹⁰. Indien causale verbanden gelegd kunnen worden tussen extreme condities en klimaatverandering, versterkt dit een juiste interpretatie van de opgetreden extremen.

Extreme zomerdroogte

Extreem droge omstandigheden in Nederland of het stroomgebied van de Rijn en Maas kunnen de Nederlandse watervoorziening erg ontregelen. Toename van de kans op extreme droogte wordt in het IPCC SREX rapport vooral gedetecteerd in het Middellandse Zeegebied en Centraal Europa, maar het vertrouwen in die trends is niet groot, mede omdat meerdere factoren de ernst en omvang van droogte bepalen, en die omstandigheden zijn in de tijd sterk gewijzigd. De definitie van "droogte" kent verschillende vormen¹¹, afhankelijk of men alleen de meteorologische randvoorwaarden bekijkt, of ook de mate waarin er voldoende water aanwezig is om de gebruikelijke menselijke activiteiten mogelijk te maken. Mondiale opwarming gaat gepaard met een verandering van de neerslagpatronen, waarbij gebieden en seizoenen die nu als "droog" gekenmerkt worden in de regel minder neerslag zullen krijgen, terwijl natte gebieden en seizoenen natter lijken te worden. Bij hogere temperaturen neemt ook de verdamping toe, waardoor bodemvocht sneller afneemt en rivieren en waterreservoirs sneller opdrogen. Maar ook onttrekking van grond- en oppervlaktewater voor menselijk gebruik speelt een grote rol: die is in sommige gebieden bijna even groot als of zelfs groter dan de aanvoer door neerslag of rivieren.

Droogte hangt dus samen met een combinatie aan factoren. Veranderingen in de kans op extreme droogte is dus afhankelijk van een complex samenspel tussen deze factoren, wat de onzekerheid van droogtescenario's vergroot. In de KNMI'14 scenario's is die onzekerheid weergegeven door in slechts twee van de vier scenario's uit te gaan van een forse afname van de gemiddelde zomerse neerslag in Nederland en het Rijnstroomgebied, maar met een toename van de jaar-op-jaar variabiliteit van de seizoensgemiddelde neerslag, wat het risico op neerslagtekorten en lage Rijn- en Maasafvoeren doet toenemen. Door voortschrijdend wetenschappelijk inzicht zijn de voorziene veranderingen in KNMI'14 echter minder groot dan in de vorige generatie klimaatscenario's (KNMI'06). Maar ook binnen KNMI'14 kunnen jaren voorkomen waarin de beschikbare hoeveelheid water een stuk lager zal zijn dan we gewend zijn.

Combinatie van gebeurtenissen

⁹ Wang et al., Climate Dynamics 2012; geciteerd in het Engelse Factsheet rapport

¹⁰ Pall et al., Nature, 2011; doi:10.1038/nature09762

¹¹ Trenberth, Nature Climate Change, 2014; doi:10.1038/nclimate2067

Extreme condities kunnen ook optreden bij relatief gematigde extreme omstandigheden, door een combinatie van factoren. Verschillende bijna-overstromingen in het recente verleden, zoals de Januari-hoogwaters in Noord Nederland in 2012, en de Sinterklaasstorm in 2013, zijn gerelateerd aan een combinatie van een stevige zeewater opzet en een grote hoeveelheid lokale neerslag. De stormopzet en neerslaghoeveelheid apart bezien zouden doorgaans niet tot problemen leiden, maar de combinatie van deze gebeurtenissen maakte de situatie voor het waterbeheer problematisch. Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan naar de statistische en fysische samenhang van dergelijke verschijnselen, maar een algemeen beeld ervan en de mate waarin de combinatie-kansen veranderen ten gevolge van een opwarmend klimaat is nog niet te geven.

Worst case klimaatscenario's

De algemene KNMI'14 klimaatscenario's en de Deltascenario's geven wel informatie over extreme weeromstandigheden (langdurige droogte, piekafvoeren Rijn en Maas), maar laten "worst case" scenario's met betrekking tot klimaatverandering op mondiale/continentale schaal buiten beschouwing. De intentie van deze scenario's is om een algemeen 'plausibel' beeld van de consequenties van klimaatverandering voor Nederland (incl. het extreme weer) en omgeving te schetsen. We kunnen echter wel een aantal grootschalige fenomenen in het klimaatsysteem aanwijzen die verantwoordelijk kunnen zijn voor extreme klimaatverandering die duidelijk buiten de bandbreedte van de KNMI'14/Deltascenario's vallen, en waarvan het belang voor Nederland groot is:

1. het versneld afsmelten van de West-Antarctische ijskap;
2. toename van droogte boven het Europese continent;
3. het verdwijnen van zeeijs in het Noordpoolgebied;
4. het stilvallen van de Warme Golfstroom.

Versneld afsmelten van de West-Antarctische Ijskap

Van eminent belang voor het wereldwijde zeeniveau is de hoeveelheid landijs die uiteindelijk in zee terecht zal komen. En een notoir onzeker maar belangrijk fenomeen in dit verband is de stabiliteit van de West-Antarctische Ijskap. Deze ijskap verliest momenteel massa door toegenomen afkalving aan de rand, die mede wordt veroorzaakt door warm oceaanaanwater wat infiltreert in het gebied tussen de ijskap en het continent waarop het rust. Door de specifieke vorm van het continent in het West-Antarctische gebied verschuift de lijn waar de ijskap op rust steeds verder naar het binnenland, waardoor grotere ijshoeveelheden uiteindelijk in zee terecht komen. Dit proces kan zichzelf versnellen door een instabiliteitsmechanisme gerelateerd aan de specifieke vorm van de zeebodem onder de West-Antarctische ijskap. De KNMI'14 scenario's houden wel rekening met een bijdrage van afsmelten van de West-Antarctische ijskap, maar niet met een volledige destabilisatie van die ijskap. De mogelijke gevolgen kunnen ook op de langere termijn (na 2100) belangrijk zijn. In de scenario's voor de commissie Veerman is rekening gehouden met een extra bijdrage aan de zeespiegelstijging die kan oplopen tot 140 cm in 2200.

Veranderingen in zomerdroogte in Europa

Ook rond zomerdroogte boven het continent spelen complexe terugkoppelingen in het klimaatsysteem een rol. Een droog continent leidt tot afname van de hoeveelheid water die door verdamping in de atmosfeer terecht komt, wat op zijn beurt onder bepaalde omstandigheden kan leiden tot een verdere afname van de neerslag en een toename van de droogte in dat gebied. Tijdens hittegolf-situaties leidt dit proces vaak tot een verlenging en intensivering van de hittegolf, die overigens doorgaans uiteindelijk wordt doorbroken door een sterke depressie die nieuwe hoeveelheden vocht aanvoert. In sommige klimaatprojecties wordt dit mechanisme in de toekomst echter stevast dominant, en in die projecties neemt de problematiek van zomerse uitdroging, met name in Centraal Europa en het Middellandse Zeegebied, dan ook sterk toe. In KNMI'14 is een toename van de kans op zomerdroogte in sommige scenario's tot uitdrukking gebracht, maar de meest extreme projecties zijn buiten die scenario's gelaten omdat er grote onzekerheid bestaat over de kans dat deze mechanismen optreden, en over de kwaliteit van de gebruikte modellen.

Verdwijnen van zee-ijs in het Noordpoolgebied

Er bestaat een duidelijke relatie tussen temperatuur en zee-ijs: hoe warmer de lucht en het zeewater, hoe kleiner de hoeveelheid zee-ijs. Maar omgekeerd leiden kleinere hoeveelheden zee-ijs ook tot toename van de hoeveelheid geabsorbeerde zonnestraling en lokale verdamping, wat tot een warmer lokaal klimaat leidt. Vooral de Barentszee is gevoelig voor deze positieve terugkoppeling, en de zee-ijs bedekking in dat gebied reageert dan ook erg gevoelig op temperatuurveranderingen. Variaties in zee-ijs bedekking in het Noordpoolgebied worden in verband gebracht met weersverschijnselen in ons gebied (minder zee-ijs zou tot meer stormen leiden), maar daarover bestaat nog veel onduidelijkheid. Het geheel verdwijnen van het zee-ijs in de zomer, zoals dit door enkele IPCC scenario's wordt aangegeven kan dus aanzienlijke gevolgen hebben voor het stormklimaat en andere klimaatveranderingen in Nederland.

Stilvallen van de Warme Golfstroom

De Warme Golfstroom transporteert een grote hoeveelheid warmte van de evenaar richting het Noordpoolgebied, en een deel van die warmte leidt tot gemiddeld wat hogere temperaturen in West Europa. Opwarming van het klimaat, en vooral de toename van neerslag en smeltprocessen in het noordelijke deel van de Atlantische Oceaan zorgen er mogelijk voor dat die Warme Golfstroom afzwakt. Het systeem van de Warme Golfstroom is echter onderdeel van een complex stelsel van klimaatprocessen die op elkaar ingrijpen. Geïdealiseerde studies laten zien dat zo'n complex systeem plotseling kan omklappen naar een andere toestand. Voor het Warme Golfstroom proces zou dat kunnen betekenen dat die helemaal stilvalt, met grote consequenties voor het klimaat van West-Europa. In vrijwel alle recente simulaties met klimaatmodellen zien we een afzwakking van de Warme Golfstroom optreden, en in een enkel geval ook een volledig stilvallen daarvan. De waarschijnlijkheid en de implicaties van zo'n omslag zijn echter verre van duidelijk.

Hoe gaat het Nederlandse waterbeleid om met worst case scenario's?

Het waterbeleid is gericht op de bescherming (preventie) van de samenleving tegen extreme weersomstandigheden die bij de natuurlijke variabiliteit van het weer horen, zowel wat betreft te veel als te weinig water. Het gekozen beschermingsniveau leidt tot een (al dan niet expliciet) maatschappelijk/politiek geaccepteerd (rest)risico van overstromings- of droogteschade. Het Deltaprogramma 2015 bevat voorstellen voor geactualiseerde beschermingsniveaus voor hoogwater en een gegarandeerde zoetwatervoorziening, en formuleert maatregelen die samenhangen met het "restrisico". Hierbij is rekening gehouden met een plausibele klimaatverandering (inclusief extreem weer), zoals beschreven in de Deltascenario's van 2012. Deze Deltascenario's zijn gebaseerd op de meest recente inzichten van het IPCC over klimaatverandering en extreem weer en de regionale vertaling daarvan naar Nederland door het KNMI in 2014. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen matige en snelle klimaatverandering.

Op basis van deze Deltascenario's presenteert het Deltaprogramma 2015 adaptieve strategieën waarmee de bescherming tegen extreem weer in de toekomst op orde kan worden gehouden. Versnelling (of vertraging) van het beleid is mogelijk als monitoring of nieuwe inzichten daartoe aanleiding geven. Voor de Rijn wordt verondersteld dat een extreem hoge rivierafvoer leidt tot grote overstromingen in Duitsland en dat daardoor de rivierafvoer bij Lobith gemaximeerd is tot 18.000 m³/s in 2100¹². Voor de zeespiegel gaat het Deltaprogramma uit van een stijging van 35 - 85 cm in 2100, en kan extra zand worden gesuppleerd bij een snellere stijging. De klimaatverandering heeft geen bepalende invloed op de beschermingsniveaus, maar wel op het ontwerp van de maatregelen om aan de beschermingsniveaus invulling te geven.

Beleidsmatig is er goed om te gaan met langzame en voorzienbare veranderingen in gemiddelde omstandigheden (zoals het gemiddelde zeeniveau), wanneer er met goede monitoring en modelinstrumentarium op kan worden geanticipeerd. Maar systematische verschuivingen in de frequentie of intensiteit van extreme weersomstandigheden zijn minder

12 Zie brief IENM/BSK 2011/83058 aan Tweede Kamer, 14 juni 2011

gemakkelijk aantoonbaar en voorspelbaar, daarvoor komen ze te weinig voor om een betrouwbare trend te ontdekken. Toevallige samenloop van (natuurlijke) omstandigheden blijft altijd een grote rol spelen bij het optreden van zulke omstandigheden.

Het is evident dat er extreme weersomstandigheden zijn die Nederland nog niet eerder heeft meegemaakt, maar die mogelijk verstrekkende gevolgen kunnen hebben: ongeëvenaarde stormen aan de kust, samenloop van omstandigheden die maatschappij ontwrichtende problemen met droogte, verkeer of infrastructuur kunnen veroorzaken.,

In aanvulling op de preventieve maatregelen, die bescherming bieden tegen voorzienbare extreme weersomstandigheden, bevat het Deltaprogramma ook maatregelen om de kwetsbaarheid te verminderen voor omstandigheden die buiten het preventieve bereik vallen, het restrisico. Water- en klimaatbestendige inrichting (met name voor vitale infrastructuur), rampenbeheersing en zelfvoorzienendheid van zoetwatersector moeten de maatschappelijke gevolgen en mogelijke ontwrichting onder die omstandigheden voorkomen of beperken.