

11 Klimaatverandering en waterhuishouding

Johan Brouwers, Bob Peeters, MIRA-team, VMM

Patrick Willems, Afdeling Hydraulica, K.U.Leuven

Pieter Deckers, Philippe De Maeyer, Vakgroep Geografie, UGent

Renaat De Sutter, Vakgroep Civiele Techniek, UGent

Wouter Vanneuville, Waterbouwkundig Laboratorium, Departement Mobiliteit en Openbare Werken

HOOFDLIJNEN

- Alle Vlaamse klimaatscenario's wijzen eenduidig op een stijging van de omgevings-temperatuur (bijvoorbeeld met 1,5 °C à 4,4 °C voor de winter en met 2,4 °C à 7,2 °C voor de zomer), op een hogere verdamping tijdens de winter en de zomer, en ten slotte op meer neerslag tijdens de winter tegen 2100. Het zeeniveau aan de Vlaamse kust kan deze eeuw nog stijgen met 20 à 200 cm.
- De meeste klimaatscenario's tonen een daling van de gemiddelde zomerneerslag voor Vlaanderen. In combinatie met de hogere verdamping doet dit de laagste rivierdebieten tijdens droge zomers met meer dan 50 % dalen tegen het einde van de 21^e eeuw. Daardoor stijgen de kansen op ernstig watertekort.
- Ondanks een daling van de zomerneerslag, valt er in Vlaanderen een toename van het aantal extreme zomeronweders te verwachten. Daardoor stijgen de overstromingskansen voor riolen.
- Het risico op economische schade door overstromingen ligt ver uit elkaar voor de verschillende klimaatscenario's voor Vlaanderen: van een daling met 56 % tot een stijging met 33 %.
- Vlaanderen ligt tussen Noord-Frankrijk, waar de klimaatverandering de evolutie naar verdroging versterkt, en Nederland, waar men eerder een toename van het aantal overstromingen verwacht. Waterbeheerders in Vlaanderen moeten bij het opvangen van de gevolgen van de klimaatverandering (adaptatie) daarom zoeken naar ingrepen die vlot bij te sturen zijn en onder verschillende omstandigheden nuttig zijn. Zowel om het overstromingsrisico te beperken, als om watertekorten te voorkomen en op te vangen.

Inleiding

Het klimaat is de gemiddelde weersgesteldheid over een periode van enkele decennia of langer. Het wordt beschreven aan de hand van parameters zoals temperatuur, neerslag en wind. Los van de jaarlijkse seizoenschommelingen in weerpatronen, is het klimaat onderhevig aan veranderingen. De huidige klimaatverandering uit zich onder meer door een globale opwarming, die steeds meer voelbaar wordt. Deze opwarming wordt beschouwd als een van de belangrijkste problemen waarmee de aarde momenteel geconfronteerd wordt. Klimaatverandering is een verschijnsel dat zich manifesteert over een langere termijn. Daarom wordt bij klimaatstudies vaak gewerkt met een tijdschors (bijvoorbeeld tot 2100) die veel verder in de toekomst ligt dan het zichtjaar 2030 dat op andere plaatsen in deze milieuverkenning gehanteerd wordt.

Dit hoofdstuk brengt voor het eerst de resultaten samen van elf recent afgelopen of nog lopende onderzoeksprojecten naar mogelijke klimaatveranderingen in Vlaanderen en de gevolgen daarvan (zie lijst achteraan). Het scherper in beeld krijgen van de mogelijke veranderingen vormde een belangrijke focus van dit hoofdstuk. Onder verschillende scenario's werden nieuwe risicoberekeningen voor overstromingsschade uitgevoerd. Deze informatie is noodzakelijk opdat de overheid maar ook bedrijven, landbouwers, huishoudens ... in Vlaanderen zich tijdig en doelgericht kunnen aanpassen aan de klimaatverandering en de schade door wateroverlast of -tekort kunnen beperken.

Dit hoofdstuk staat eerst stil bij de manier waarop klimaatscenario's voor Vlaanderen ontwikkeld werden vertrekkende van klimaatscenario's op wereldschaal. Daarna illustreren temperatuur, verdamping, neerslag en wind de mogelijke klimaatverandering voor Vlaanderen in de 21^e eeuw. Vervolgens komt het centrale aandachtspunt van dit hoofdstuk aan bod: de gevolgen van klimaatverandering voor de waterhuishouding in Vlaanderen. Die gevolgen – bijvoorbeeld overstromingen, watertekorten en overschrijding van waterkwaliteitsnormen – hebben immers op hun beurt belangrijke sociaal-economische en ecologische implicaties. Ook de effecten van klimaatverandering op de zee en de impact daarvan op de Vlaamse kust komen aan bod. De conclusies voor het beleid ronden het hoofdstuk af.

11.1 Van mondiale emissiescenario's naar drie klimaat-scenario's voor Vlaanderen

De klimaatverandering, die zich onder meer uit in een globale opwarming van de aarde, werd de laatste decennia ook in Vlaanderen duidelijk merkbaar. Het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) is een organisatie van de Verenigde Naties, die wereldwijd de bevindingen van wetenschappers over klimaatverande-

ring verzamelt. Volgens het IPCC draagt de mens met hoge waarschijnlijkheid (>90 % zekerheid) bij tot die klimaatverandering. Die bijdrage schrijft het toe aan de toegenomen uitstoot van broeikasgassen¹ door menselijke activiteiten in de atmosfeer (koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), stikstofoxide (N₂O), ozon (O₃) en fluorhoudende broeikasgassen). Ook andere factoren spelen een rol in de waargenomen klimaatveranderingen: bijvoorbeeld de variatie in de zonnestraling, de veranderende aanwezigheid van stofdeeltjes in de atmosfeer als gevolg van vulkaanuitbarstingen of natuurlijke fenomenen zoals schommelingen in atmosferische circulatiepatronen.

Onderzoekers gebruiken klimaatmodellen om toekomstige veranderingen in de uitstoot van broeikasgassen door te rekenen naar hun invloed op het globale klimaatsysteem. Deze doorrekening vereist een sterke vereenvoudiging omwille van:

- de nog onvolledige kennis van atmosferische processen en hun interacties;
- de enorme computercapaciteit die vereist is om de complexe interacties door te rekenen;
- de grote ruimtelijke dimensies van het mondiale klimaatsysteem.

Deze vereenvoudiging zorgt ervoor dat de resultaten nog onzeker zijn. Dit geldt in de eerste plaats voor lokale processen. De resultaten voor temperatuur zijn een grootteorde nauwkeuriger dan deze voor neerslag en windsnelheid, vooral omdat ze ruimtelijk minder variabel zijn. Ook de gemiddelde waarden van klimaatparameters zijn heel wat nauwkeuriger dan deze van uitzonderlijke of extreme waarden. Hoewel de onzekerheden groot blijven, neemt de gedetailleerdheid van de klimaatmodellen continu toe. Er worden steeds meer processen en interacties in rekening gebracht (bijvoorbeeld interacties met het landoppervlak, het zee-ijs, de koolstofcyclus, de aerosolen en de wijzigende vegetatie). Ook de resolutie waarmee de modellen kunnen werken – momenteel tot vakken met een breedte en hoogte van 10 à 25 km – wordt steeds fijner.

Om de variatie van de mogelijke impact beter in beeld te brengen en omwille van de vereenvoudigingen en de resterende onzekerheden, worden impactanalyses uitgevoerd met meerdere klimaatmodellen en verschillende emissiescenario's.

Broeikasgasemissies in Vlaanderen dragen bij tot de klimaatverandering. Maar door de snelheid waarmee de uitgestoten broeikasgassen zich in de atmosfeer vermengen en hun lange verblijftijd daarin, is de klimaatverandering bij uitstek een mondiaal gebeuren. Om de mogelijke klimaatveranderingen in Vlaanderen te verkennen, wordt dan ook vertrokken van mondiale scenario's voor de uitstoot van broeikasgassen, eerder dan van de scenarioresultaten voor broeikasgasemissies van de verschillende sectoren in dit scenarioreport. De scenario's voor mondiale uitstoot van broeikasgassen zijn afkomstig uit het 4th Assessment Report van het IPCC (2007). Ze zijn opgebouwd rond verschillende wereldbeelden, uitgaande van de toename of afname van de globalisering van de economie, verschillende demografische evoluties, diverse technologische groeipaden en de mate waarin de wereldeconomie duurzaam is.

Die emissiescenario's werden doorgerekend met twaalf gekoppelde mondiale en regionale klimaatmodellen. De resultaten werden getoetst aan het historische verloop (1961-1990). Dit liet toe de bandbreedte te verkennen waarbinnen het klimaat in Vlaanderen kan veranderen tegen het einde van deze eeuw (2071-2100). Uit de brede waaier aan simulatieresultaten afkomstig van de klimaatmodellen, hebben onderzoekers van de Katholieke Universiteit Leuven en het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) drie klimaatscenario's afgeleid. Deze klimaatscenario's schetsen de grenzen van de klimaatverandering in Vlaanderen tegen het einde van deze eeuw. Ze omvatten zowel de verschillen in de mogelijke broeikasgasuitstoot als de onzekerheden, gekoppeld aan de gehanteerde klimaatmodellen:

- Het *nat klimaatscenario* (een 'hoog' scenario) leidt tot de grootste toename van neerslagdebiet dat oppervlakkig afstroomt, hoogwater langs rivieren, overstromingen, bodemvocht- en grondwaterstanden in de winter.
- Het *droog klimaatscenario* (een 'laag' scenario) leidt tot de grootste problemen met laagwater en lage grondwaterstanden tijdens droge zomerperiodes. In de lente kunnen wel nog iets hogere grondwaterstanden voorkomen.
- Het *gematigd klimaatscenario* (een 'midden' scenario) leidt tot gematigde resultaten, voor zowel hoog- als laagwater en zowel natte als droge periodes.

Ook de natuurlijke klimaatschommelingen – het toeval waarmee weerfenomenen zich kunnen voordoen in de tijd – worden in dit hoofdstuk in rekening gebracht. Die schommelingen zijn immers van belang bij de analyse van extreme weerfenomenen en hun impact.

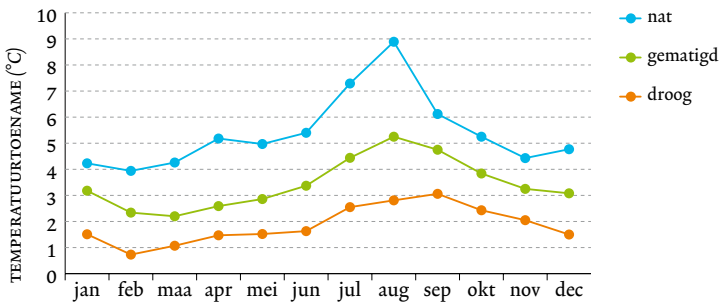
11.2 Klimaatscenario's voor Vlaanderen

Temperatuur

De drie klimaatscenario's geven aan dat het tegen het einde van de 21^e eeuw in Vlaanderen aanzienlijk warmer zal worden, en dit in alle maanden van het jaar (FIGUUR 11.1). Hoe groot die toename effectief zal zijn, blijft onzeker. In januari bijvoorbeeld stijgt de omgevingstemperatuur, afhankelijk van het scenario, met 1,5 tot 4,2 °C. In augustus kan de temperatuur toenemen met 2,8 à 8,9 °C. Voor de seizoengemiddelden levert dit voor de winter (december, januari, februari) een toename van 1,5 à 4,4 °C op, en voor de zomer (juni, juli, augustus) zelfs een toename van 2,4 à 7,2 °C.

Niet alleen de gemiddelde maandtemperaturen, maar ook de temperatuur op de warmste en koudste dagen zal duidelijk stijgen. De verwachte toename van de gemiddelde dagtemperatuur voor de 10 % koudste dagen bedraagt 1,5 à 6 °C tijdens de winter, en 2 à 5 °C tijdens de herfst (winter en herfst zijn de seizoenen waarin deze stijging het sterkst is). Voor de 10 % warmste dagen is deze stijging het sterkst in de zomer en bedraagt ze 3,2 à 9,5 °C. Dit betekent dat er tegen het einde van de 21^e eeuw

FIG. 11.1 Toename maandgemiddelde omgevingstemperatuur volgens de drie klimaatscenario's (Ukkel, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)



tijdens de zomer heel wat meer erg warme dagen zullen zijn dan tijdens de zomer in de periode 1961-1990. De jaar- en seizoentemperaturen en de frequentie van hittegolven zijn trouwens al significant toegenomen sinds de jaren 1990. Zo steeg tijdens de 20^e eeuw de jaargemiddelde temperatuur met ongeveer 2 °C (KMI, 2009).

Verdamping en neerslag

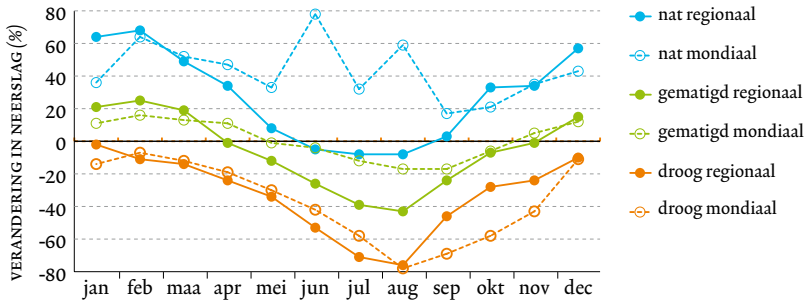
Door de temperatuurstoename neemt de hoeveelheid verdamping toe, zowel in de winter als in de zomer. In februari bijvoorbeeld bedraagt de toename van de potentiële evapotranspiratie – een maat voor de verdamping – afhankelijk van het scenario en de berekeningsmethode tussen -3 % en +37 %. In augustus kan deze evapotranspiratie toenemen met 73 %. In de lente zijn er zowel scenario's die een toename als een afname van de verdamping geven.

Ook de neerslag neemt toe in de winter. De neerslagverandering in de zomer is complexer:

- De totale neerslaghoeveelheden worden waarschijnlijk kleiner.
- Er zouden minder regenbuien optreden.
- De hevige zomeronweders kunnen extremer zijn en zullen zich vaker voordoen.

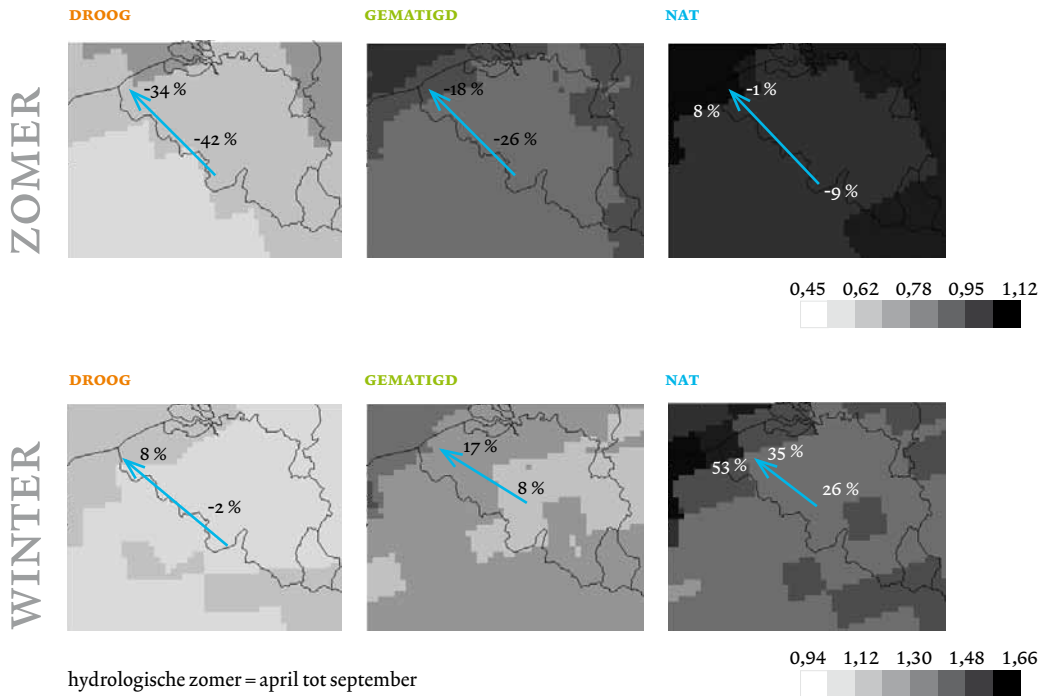
FIGUUR 11.2 geeft een overzicht van de veranderingen in maandgemiddelde neerslag. In de zone die ook België omvat, vertonen de mondiale klimaatmodellen een grotere spreiding aan neerslagveranderingen. Dit is het gevolg van de grotere set aan emissiescenario's die voor deze modellen beschikbaar was. De berekeningen op basis van regionale klimaatmodellen zijn echter geografisch nauwkeuriger. Doorrekeningen met mondiale en regionale klimaatmodellen tonen voor België een evolutie naar drogere zomers, hoewel dit beeld minder eenduidig is bij de mondiale modellen. Die wijzen soms op een kleine neerslagtoename in de zomer. De sterkste daling in zomerneerslag wordt gevonden voor het droog klimaatscenario en de maand augustus. De maandgemiddelde neerslag zou er met 76 tot

FIG. 11.2 *Wijziging van de maandgemiddelde neerslag volgens de drie klimaatscenario's (Ukkel, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)*



'Regionaal' betreft de resultaten met regionale klimaatmodellen, 'mondiaal' de resultaten met mondiale klimaatmodellen.

FIG. 11.3 *Regionale verschillen voor de seizoengemiddelde neerslag volgens de drie klimaatscenario's (België, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)*



78 % afnemen ten opzichte van de huidige situatie. Rekening houdend met de grote onzekerheden kan die reductie ook 17 à 43 % bedragen (gematigd klimaatscenario), nauwelijks 8 % (nat klimaatscenario met regionale modellen) of zelfs omslaan in een toename (nat klimaatscenario berekend met mondiale klimaatmodellen). Voor de maand januari wordt de sterkste neerslagtoename verwacht (van nauwelijks verandering tot een toename met 64 %).

Naast de maandgemiddelde neerslag werd ook de kans bestudeerd waarmee de meest extreme neerslagperiodes zich voordoen. Meer uitzonderlijke gebeurtenissen zijn immers mogelijk aan sterkere veranderingen onderhevig dan de gemiddelden. Zo blijkt bijvoorbeeld dat dagen met een neerslaghoeveelheid die zo groot is dat ze zich maar eens om de tien jaar voordoet, een hoeveelheid neerslag zullen kennen die tot een factor 2,5 hoger ligt dan in de referentieperiode. De inschatting van uitzonderlijke gebeurtenissen kent echter een grotere onzekerheid dan de scenarioresultaten voor maandgemiddelde neerslag.

Zoals hierboven toegelicht is er al een significante toename merkbaar van de jaar- en seizoen gemiddelde luchttemperatuur en van het aantal hittegolven. Analyse van de neerslagmetingen over een periode van honderd jaar in Ukkel leert dat zich ook al een toename manifesteert van het aantal en de grootte van extreme regenbuien tijdens de winter (Ntegeka & Willems, 2008). Extreme regenbuien zijn hierbij gedefinieerd als buien die minder vaak voorkomen dan gemiddeld tien keer per jaar. De uitkomst van de klimaatmodellen ligt ook in de lijn van de al geobserveerde trend: de extreme dagneerslag in de winter neemt iedere tien jaar enkele procenten toe.

De historische datareeks toont nog geen toename in het aantal en de omvang van onweders in de zomer. De talrijke, hevige zomeronweders van de laatste 15 jaar kunnen ook een gevolg zijn van de natuurlijke klimaatschommelingen boven de Noord-Atlantische Oceaan en Noord-West Europa. Hetzelfde deed zich immers voor in de jaren 1910-1920 en de jaren 1960 (Ntegeka *et al.*, 2008).

De mogelijke neerslagverandering vertoont ook kleine regionale verschillen binnen België (FIGUUR 11.3). In de kuststrook ligt de verandering 10 % hoger dan in het binnenland, zowel voor de zomerperiode als voor de winterperiode. Voor de zomerperiode betekent dit dat de neerslagdaling in de kuststrook minder sterk is (het toekomstige klimaat ligt dicht bij het huidige klimaat). In de winterperiode zorgt een bijkomende neerslagtoename met 10 % voor een sterkere vernatting van de kuststrook.

Wind

Uit de neerslagresultaten is al gebleken dat de klimaatverandering een invloed zal hebben op het voorkomen van onweders. Maar niet alleen de neerslag bepaalt in belangrijke mate de schade die onweders kunnen aanrichten, ook de windsnelheid speelt een rol. Berekeningen voor zowel het nat, het gematigd als het droog klimaatscenario tonen een toename van de gemiddelde windsnelheid tijdens de wintermaanden. De windsnelheid zou vergeleken met de referentieperiode 1961-1990 systematisch 10 à 20 % hoger liggen tegen het einde van de 21^e eeuw. De resultaten voor de zomermaanden leveren geen eenduidig beeld op.

11.3 Invloed op hoog- en laagwater langs rivieren in het Vlaamse binnenland: wateroverlast en ... watertekorten

De loop van het water

De doorrekening² van het nat, het gematigd en het droog klimaatscenario tot 2100 laat toe de invloed te bestuderen op hoog- en laagwaterdebieten (neerslagafstromingsdebieten) naar rivieren in Vlaanderen. Het nat scenario leidt tot de meest extreme impact voor hoogwater en overstromingen, het droog scenario tot de meest extreme impact voor laagwater en droogte. De conclusies liggen voor alle rivieren in dezelfde lijn:

- *Laagwater in de zomer:* door de sterke daling in de zomerneerslag en de toename in de verdamping daalt het debiet aanzienlijk. Tijdens droge zomers kunnen de laagste rivierdebieten met meer dan 50 % dalen (gemiddeld 20 % in het minst ongunstige scenario, gemiddeld 70 % in het meest ongunstige scenario). Hierdoor kan de kans op watertekorten aanzienlijk toenemen, met mogelijk nadelige gevolgen voor het industriële en huishoudelijke watergebruik, de scheepvaart, de waterkwaliteit, de natuur, de landbouw ... Ook het grondwater zal dalen, met gelijkaardige problemen tot gevolg.
- *Hoogwater in de winter:* de sterke toename van de verdamping (zowel tijdens de winter als tijdens de zomer) compenseert voor een groot deel de toename in de winterneerslag. Daardoor is de toename in het aantal en de omvang van de overstromingen (in de winter vooral langs rivieren) relatief beperkt. Piekafvoeren in de rivieren nemen in het meest ongunstige scenario met maximaal 35 % toe. Zo'n toename kan plaatselijk wel leiden tot frequenter en meer uitgestrekte overstromingen.
- *Hoogwater in de zomer:* extreme zomeronweders kunnen overstromingen van riolen en kleinere waterlopen veroorzaken. De meeste klimaatmodellen voorspellen een toename in het aantal (de frequentie) en de omvang van deze hevige zomeronweders, zodat ook een toename van het aantal dergelijke overstromingen te verwachten valt. Voor de grootste bui die zich momenteel in een periode van 10 jaar voordoet, blijkt het daggemiddeld neerslagvolume in het meest ongunstige scenario met ongeveer 30 % toe te nemen.

De invloed van klimaatverandering is niet enkel sterk seizoenafhankelijk, maar ook regionaal zeer variabel. Klimaatmodellen tonen een noord-zuidvariatie in de neerslag- en temperatuurverandering (Baguis *et al.*, 2009). In Noord-Frankrijk zal de klimaatverandering de evolutie naar verdroging verder versterken, met een daling van zowel de zomer- als de winterafvoeren, en dus ook een daling van het aantal overstromingen tot gevolg. Ook in Vlaanderen stijgt de kans op watertekort. De evolutie naar meer overstromingen is nog onduidelijk. Voor Nederland wordt dan weer een toename van het aantal overstromingen verwacht.

Aanpassing van rioolstelsels en buffervoorzieningen³

Rioleringen voeren in Vlaanderen niet enkel afvalwater af. Samen met beken en grachten staan ze vaak ook in voor de afvoer van hemelwater (neerslag). Door hevige neerslag nemen de piekafvoeren in rioolstelsels, beken en grachten toe. Een neerslagintensiteit die in het huidige klimaat maar eens om de anderhalve maand voorkomt, zou zich tegen 2100 maandelijks voordoen onder het nat klimaatscenario. Een periode van hevige neerslag die nu maar eens om de twee jaar voorkomt, zou zich onder dat nat klimaatscenario jaarlijks voordoen. De meest hevige, korte neerslagepisodes (1 uur of minder) die voorheen slechts eens per eeuw voorkwamen, zouden eens per decennium voorkomen (Willems, 2009).

De klimaatverandering kan de komende decennia leiden tot een geleidelijke toename van het aantal riooloverstromingen en -overstortingen, met een negatieve invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit tot gevolg. Om dit tegen te gaan, moet bij het (her)dimensioneren van riolen en de bijhorende buffervoorzieningen (hemelwatertanks, infiltratiebekkens, groendaken ...) rekening gehouden worden met intensere neerslagperiodes. Ontwerpwaarden die volgens de huidige aanpak een terugkeerperiode van overloop van de buffervoorziening hebben van grootteorde twee jaar, zouden onder het nat klimaatscenario tegen het einde van deze eeuw een verkorte terugkeerperiode hebben van slechts een half jaar. Huidige ontwerpwaarden met een terugkeerperiode van vijf jaar, kennen dan een verkorte terugkeerperiode tussen één en anderhalf jaar. Door de klimaatverandering zullen buffervoorzieningen dus groter gedimensioneerd moeten worden, of zijn er bijkomende voorzieningen nodig die hemelwater opslaan en/of laten infiltreren in de ondergrond. Om eenzelfde terugkeerperiode van overloop te behouden, moet onder het nat klimaatscenario het buffervolume met 15 tot 35 % toenemen ten opzichte van de huidige praktijk. Een andere optie is de bestaande berging beter te benutten via verkorte reactietijden in het controlemechanisme.

Het is nog erg onzeker hoe de toekomstige klimaatverandering zich zal laten voelen. Het nat klimaatscenario verschilt immers zeer sterk van het droog klimaatscenario, en de werkelijke onzekerheden kunnen nog groter zijn. Daarom is het niet aan te raden om toekomstige afvoer- en bergingsystemen en waterbeheermaatregelen te ontwerpen volgens de toekomstige neerslagcondities. Nieuwe ontwerpen houden het best wel rekening met de potentiële toekomstige klimaatverandering. Dit kan

onder andere met adaptieve ontwerpen, die toelaten om met een zo beperkt mogelijke kost bijkomende berging en pompcapaciteit te realiseren, indien blijkt dat het klimaat in de richting van het nat klimaatscenario opschuift.

Daarnaast moet het wijzigende klimaat en de invloed hiervan op riolerings-systemen ook in een groter geheel van impact op de waterhuishouding gezien worden. Wanneer de variatie in de neerslag toeneemt (meer neerslag op korte tijd, lagere totale neerslagvolumes in de zomer) wordt best naar aanpassingen gezocht die de invloed hiervan op de waterhuishouding tegengaan. Bijkomende bergings- en infiltratievoorzieningen voor regenwater laten toe om zowel het risico op wateroverlast tijdens hevige regenbuien te beperken, als de verwachte toename aan watertekorten te verminderen. Een voorbeeld van een effectieve en goedkope maatregel is het doordacht aanleggen van lokale depressies in het openbaar terrein (bijvoorbeeld in parken), die tijdelijk en zonder veel schade heel wat water kunnen bergen. Deze maatregel zorgt er bovendien voor dat het geborgen water na de regenperiode infiltreert in de ondergrond, en zo rechtstreeks bijdraagt tot het tegengaan van verdroging. Zo'n type maatregelen vereist een goede afstemming tussen ruimtelijke planning en waterbeheer.

Een herziening van de krachtlijnen voor een geïntegreerd rioleringsbeleid uit 1996 dringt zich op. Niet enkel de neerslagstatistieken die gebruikt worden om ontwerpen op te stellen, vragen om actualisatie. Ook de beleidskeuzes voor de afvoer van hemelwater van de openbare weg, de scheiding van hemelwater en afvalwater en de problematiek van de kwaliteit van het afstromende hemelwater moeten herbekeken worden.

Overstroming vertaald naar economisch risico

De effecten van klimaatverandering op hoog- en laagwaterdebieten in de Vlaamse waterlopen werden verder doorgerekend⁴ naar het mogelijke economische risico als gevolg van overstromingen. Dit overstromingsrisico wordt omschreven als de gemiddelde verwachte schade per oppervlakte en per tijdseenheid, uitgedrukt in euro per m² en per jaar. Daarbij wordt de schade op een bepaalde locatie vooral bepaald door het landgebruik en de lokale sociaal-economische context (woningprijzen in een bepaalde gemeente, opbrengst van akkerland, prijs van landbouwproducten, prijzen van voertuigen ...). Dichtbebouwde gebieden zullen een grotere schade hebben dan weilanden bij eenzelfde overstroming, natuurgebieden ondervinden zelfs geen economische schade van dezelfde overstroming.

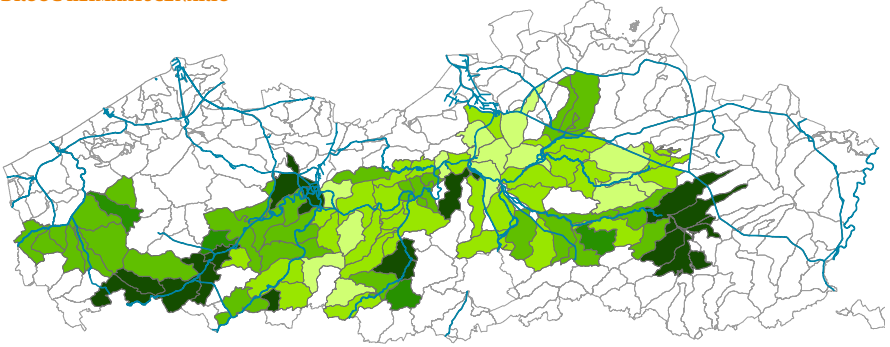
FIGUUR 11.4 geeft per zone uit de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA-zone) de verhouding weer van het risico onder een klimaatscenario met het huidige risico. Groen duidt op een daling van het risico van overstromingen, rood geeft een stijging van het risico aan.

In het droog klimaatscenario daalt het risico fors in alle bekkens in Vlaanderen. Het totale risico voor het gemodelleerde deel van Vlaanderen is dan ook fors gedaald (56 % lager dan het risico in de huidige situatie). Vooral in het Demer- (-84 %) en het

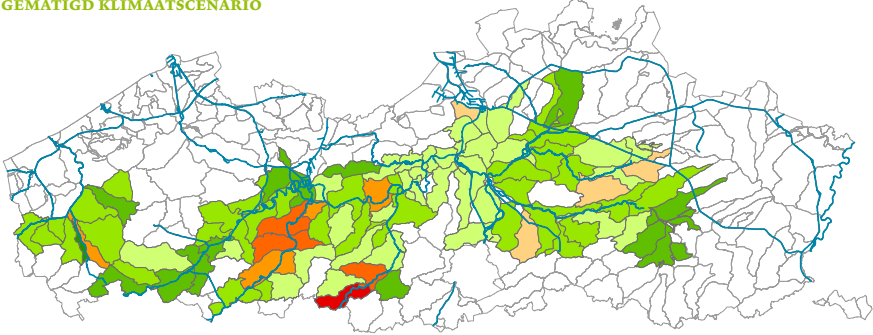
FIG. 11.4 Evolutie van het overstromingsrisico bij het huidig landgebruik als gevolg van de drie klimaatveranderingsscenario's tegen 2100



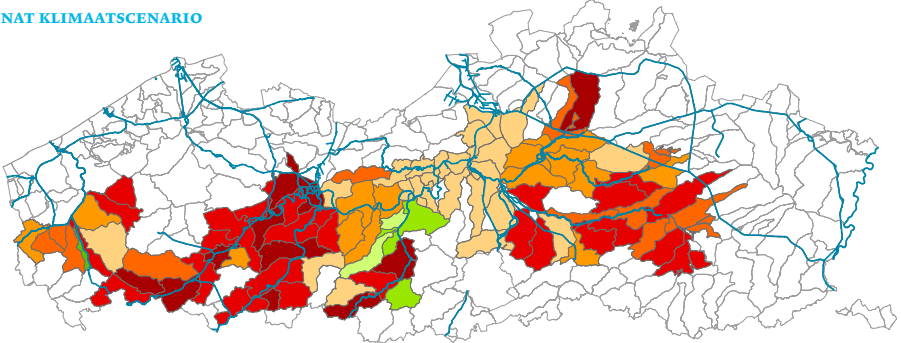
DROOG KLIMAATSENARIO



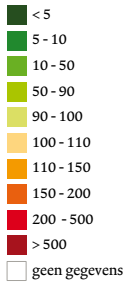
GEMATIGD KLIMAATSENARIO



NAT KLIMAATSENARIO



Verhouding
klimaatscenario
t.o.v. huidig klimaat (%)



Rivierbekkens



Waarden uitgedrukt als verhouding van het risico in 2100 onder een klimaatscenario met het actuele risico. 100 % duidt op geen verandering tussen 2005 en 2100.

Nieuw: overstromingsrisicobeheerplannen

De Europese Overstromingsrichtlijn van 2007 verplicht de lidstaten onder meer om tegen eind 2015 overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) op te stellen. Die ORBP's bevatten maatregelen om potentiële negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische activiteiten te verminderen. De ORBP's bevatten heel wat nieuwe elementen ten opzichte van de klassieke aanpak van overstromingsrisico's. Zo zal er bepaald worden welke overstromingsrisico's de waterbeheerder nog moet beschermen. Op plaatsen waar te vaak overstromingen plaatsvinden, zullen de risico's beheerd moeten worden met instrumenten uit de ruimtelijke ordening (bijvoorbeeld door gebouwen te verplaatsen). Bij te extreme overstromingen moeten het private verzekeringsstelsel en het Rampenfonds het risico dragen. In de ORBP's zal de

analyse van de overstromingskansen voortaan enkel nog gebaseerd zijn op klimaat- en landgebruiksscenario's voor de komende decennia, en dus niet meer op de neerslagstatistieken van de voorbije decennia. De elf Vlaamse bekkens krijgen elk een ORBP. Dit planproces is gestart in het voorjaar van 2009 en zal vier jaar lopen. Tegen september 2011 zullen alle risicoanalyses afgerond zijn en wordt een brede waaier aan mogelijke maatregelen sets gepresenteerd. Daaruit zullen de optimale sets geselecteerd worden via een breed maatschappelijk overleg, dat samen zal lopen met het overleg over de opmaak van de nieuwe bekkenbeheerplannen. Die selectie zal gebeuren op basis van een analyse van de kosten en de baten. Ook de spreiding van de kosten en de baten over de betrokken actoren (waterbeheerders, ruimtelijke ordening en verzekeringen) zal meespelen.

IJzerbekken (-72 %) is de daling erg uitgesproken. Dit is een rechtstreeks gevolg van het feit dat in het droog klimaatscenario de piekafvoeren in de waterlopen en dus ook de overstromingsgebieden veel kleiner zijn dan in de huidige situatie. Uiteraard is deze daling niet overal binnen een bekken hetzelfde.

In het gematigd klimaatscenario is er op Vlaams niveau nog steeds een daling (-8 %) in vergelijking met de huidige situatie, zij het van een andere grootteorde dan bij het droog scenario. Zowel in het bekken van de Boven-Schelde als binnen individuele VHA-zones in andere bekkens stijgt het risico echter.

In het nat klimaatscenario is er voor elk bekken een stijging van het risico. Op Vlaams niveau bedraagt de stijging van het risico 33 %. Vooral het Leie-, Boven-Schelde- en Demerbekken kennen een zeer sterke toename van het risico met een factor 2 tot 3. Voor de Beneden-Schelde en zijrivieren is de stijging minimaal: enkel langs de Nete en de Dijle zou het risico sterk toenemen.

De klimaatverandering beïnvloedt duidelijk het overstromingsrisico. Maar zeker in het dichtbebouwde Vlaanderen hangt de kans op overstromingen, en meer nog de kans op schade, in zeer belangrijke mate af van de ruimtelijke ordening. Om na te gaan in hoeverre de ruimtelijke ontwikkeling binnen Vlaanderen de mogelijke effecten van klimaatverandering beïnvloedt, werden naast het overstromingsrisico bij het huidige landgebruik ook overstromingsrisico's doorgerekend bij de twee landgebruiksscenario's die beschreven staan in Hoofdstuk 10 Landgebruik. De bebouwde oppervlakte neemt toe in beide scenario's, maar is het sterkst in het referentiescenario (REF). In het Europa-scenario (EUR) worden de bijkomende kavels

kleiner verondersteld en neemt de bevolkingsdichtheid per bebouwde oppervlakte toe. De verstedelijking gaat voornamelijk ten koste van akker- en grasland, dat een lagere overstromingsschade per eenheid oppervlakte kent. De oppervlakte natuur en bos, waarvoor de economische schade bij overstromingen te verwaarlozen is, gaat dan weer vooruit in beide scenario's. In de landgebruiksscenario's werden alleen wijzigingen in landgebruik tot 2030 doorgetrokken. Tussen 2030 en 2100 is het landgebruik onveranderlijk verondersteld voor de berekening van de overstromingsrisico's.

TABEL 11.1 geeft aan in welke mate veranderingen in landgebruik en klimaat voor een verslechtering (rode achtergrond) dan wel een verbetering (groene achtergrond) zorgen ten opzichte van het huidige overstromingsrisico in Vlaanderen. Daaruit blijkt duidelijk het volgende:

- In het gematigd en vooral het droog klimaatscenario neemt het overstromingsrisico tegen 2100 af, zowel bij het huidige landgebruik als het landgebruik onder het REF-scenario en het EUR-scenario.
- Voor Vlaanderen is er nauwelijks verschil in overstromingsrisico tussen het EUR-scenario en het huidige landgebruik. In tegenstelling tot het REF-landgebruiksscenario worden in het EUR-scenario de bevolkingstoename en de bijhorende woningbehoefte dus opgevangen zonder een bijkomende stijging van het overstromingsrisico.
- De meest ongunstige combinatie voor het overstromingsrisico bestaat uit het REF-landgebruiksscenario met het nat klimaatscenario.

TAB. 11.1 Overstromingsrisico* bij een droog, gematigd en nat klimaatscenario vergeleken met het actuele overstromingsrisico, en dit bij verschillende invulling van het landgebruik** (Vlaanderen, 2100)



	RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK GELIJK AAN 2005			RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK VOLGENS REF			RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK VOLGENS EUR		
	Droog	Gematigd	Nat	Droog	Gematigd	Nat	Droog	Gematigd	Nat
Demer	16	61	213	14	63	234	12	53	204
Dender	61	86	123	61	86	128	60	85	129
Boven-Schelde	50	134	266	50	138	279	50	136	274
Beneden-Schelde en zijrivieren	40	93	104	41	93	104	40	92	103
IJzer	28	64	134	34	81	221	30	67	140
Leie	44	79	283	88	143	377	52	95	322
Vlaanderen	44	92	133	46	96	143	44	92	136

* enkel als gevolg van wijzigende neerslag en verdamping. Het wijzigende zeeniveau is hierbij niet beschouwd.

** Het effect van het wijzigende landgebruik is enkel in rekening gebracht bij de bepaling van het mogelijke economisch risico. Het effect van het wijzigende landgebruik op infiltratie en afvloeien van hemelwater kon niet verrekend worden.

*** Ratio: actuele situatie bij landgebruik van 2005 en klimaat van 2005 is gelijkgesteld aan 100 %.

Bij het REF-landgebruiksscenario stijgt onder de drie klimaatscenario's op het Vlaamse niveau het risico licht ten opzichte van scenario's met het huidige landgebruik: van 44 naar 46 bij het droog klimaatscenario, van 92 naar 96 bij het gematigd scenario en van 133 naar 143 bij het nat scenario. Dit is een rechtstreeks gevolg van het feit dat er onder het REF-landgebruiksscenario een groter areaal bebouwde oppervlakte (zowel bewoning als bedrijventerreinen) zal zijn in de overstromingsgebieden. Vooral in het IJzer- en Leiebekken is er bij alle klimaatscenario's tegen 2100 een sterke stijging van het risico. Oorzaak daarvan is een toename van bebouwing en industrie in overstromingsgebied, ten nadele van landbouwgebied (akker- en weiland). In het Demerbekken is onder het droog klimaatscenario nog sprake van een daling van het risico. Dit is te wijten aan de afname van het akkerland in het overstromingsgebied ten voordele van natuurgebied. Bij het gematigd en vooral het nat klimaatscenario neemt het overstromingsrisico hier wel toe bij wijzigend landgebruik, door de omzetting van akkerland in bebouwing. In de andere bekkens is er in de drie scenario's telkens een status quo of een lichte stijging van het risico. De toename van de bebouwde oppervlakte in de overstromingsgebieden ten nadele van landbouwgrond is daar minder nadrukkelijk dan in de eerder aangehaalde bekkens. Bovendien gaat er ook een deel landbouwgrond over in natuur, waardoor het economische risico daalt.

Wanneer het landgebruik evolueert volgens het EUR-scenario, blijkt het overstromingsrisico bij de drie klimaatscenario's ten opzichte van het huidige landgebruik nauwelijks te wijzigen. De toename van bebouwde zones in de overstromingsgebieden blijft in dit landgebruiksscenario immers beperkt. En waar er toch een kleine toename in bebouwing is, wordt dit gecompenseerd door een toename van natuur ten koste van landbouwgrond in de overstromingsgebieden. Regionale uitschieters zijn hier opnieuw het Demer-, IJzer- en Leiebekken. In het Demerbekken is er zowel in het droog als in het gematigde scenario een sterke daling van het risico te bemerken tegen 2100. Reden daarvoor is een afname van het akkerland en van de bebouwing in de overstromingsgebieden ten voordele van natuur. In het IJzerbekken is er opnieuw in alle klimaatscenario's een stijging van het risico ten opzichte van het risico bij het huidige landgebruik, maar de stijging is er een stuk kleiner dan in het REF-scenario. Waar in het REF-scenario veel weiland overging in bebouwing en industrie, is dit nu niet het geval. Het aandeel industrie blijft constant en het aandeel bebouwing daalt zelfs licht. Wel gaat er heel wat weiland over in akkerland, waardoor er dus een lichte toename van het risico blijft bestaan. Ook in het Leiebekken neemt in alle scenario's het risico toe door de omzetting van landbouwgrond in bebouwing.

Schade door watertekort

Naast de schade door wateroverlast is het belangrijk oog te hebben voor de schade door watertekort. In elk klimaatscenario voor Vlaanderen stijgt de kans op droge periodes en worden deze periodes extremer. Vooral de evolutie naar drogere en war-

mere zomers zal, samen met veranderingen in de neerslagintensiteit, een negatieve invloed hebben op de kwaliteit en de beschikbaarheid van grond- en oppervlaktewater, en dus ook op de leveringszekerheid van drinkwater. De klimaatverandering heeft niet alleen invloed op het aanbod, maar ook op de vraag naar drinkwater: in periodes van grote droogte zullen de piekverbruiken toenemen. Uit analyse in Vlaanderen blijkt immers dat pieken in de gemeten maximumtemperatuur samenvallen met pieken in het dagverbruik aan drinkwater (Peeters & Tops, 2009).

De schade in droge periodes zal – net als voor overstromingen – afhangen van het aanpassingsvermogen van individuele bedrijven en landbouwers. Ook is van belang welke prioriteit het gemeenschappelijke belang geeft aan de watercapaciteit door de verschillende betrokkenen (scheepvaart, landbouw, natuur, energievoorziening, drinkwater ...). In tegenstelling tot wateroverlast is de ruimtelijke afbakening van de schade door droogte veel moeilijker en is de duur van het tekort sterk bepalend. Bovendien worden in Vlaanderen nog niet systematisch cijfers bijgehouden over onderbrekingen in de watervoorziening.

11.4 Effect van klimaatverandering op de zee en impact op de kustzone

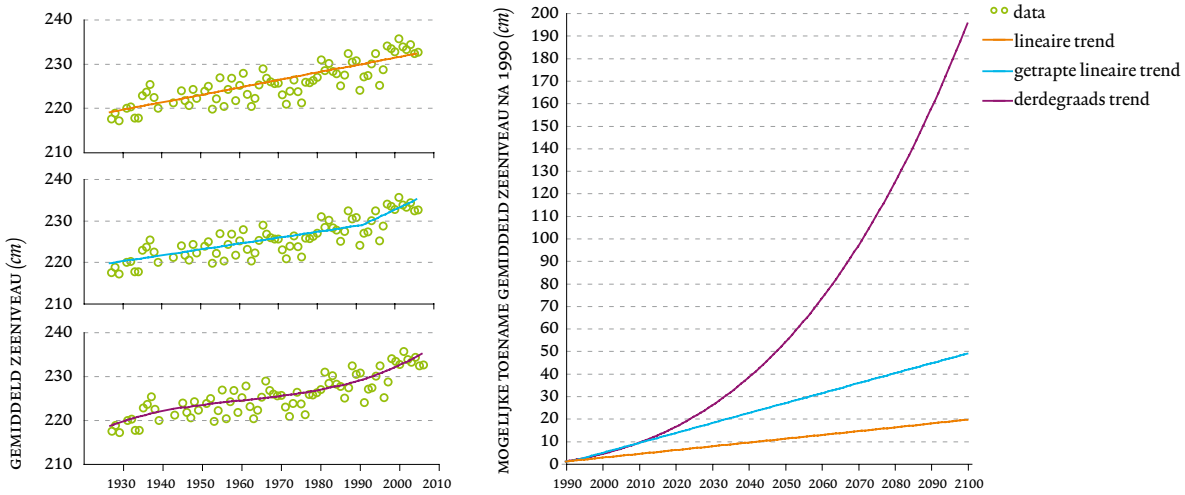
Zeeniveau

Het zeeniveau in Oostende is sinds 1927 met gemiddeld 1,69 mm/jaar gestegen. Die stijging sluit nauw aan bij het mondiale gemiddelde dat het IPCC afleidde voor de 20^e eeuw (1,7 mm/jaar). Later opgestarte meetreeksen aan de Vlaamse kust laten nog hogere waarden optekenen, wat duidt op een versnelling van de zeespiegelstijging. Dit wordt bevestigd door de regressieanalyse van de Oostendse meetreeks: een getrappt lineair profiel levert bijvoorbeeld een knik op in 1992. De stijging bedroeg gemiddeld 1,41 mm/jaar tussen 1927 en 1992, maar al 4,41 mm/jaar tussen 1992 en 2006. Extrapolatie van de historische trend levert voor de Vlaamse kust, afhankelijk van de toegepaste relaties, een verdere zeespiegelstijging op met 20 cm tot 200 cm voor de periode 1990-2100 (FIGUUR 11.5).

Temperatuur van het zeewater

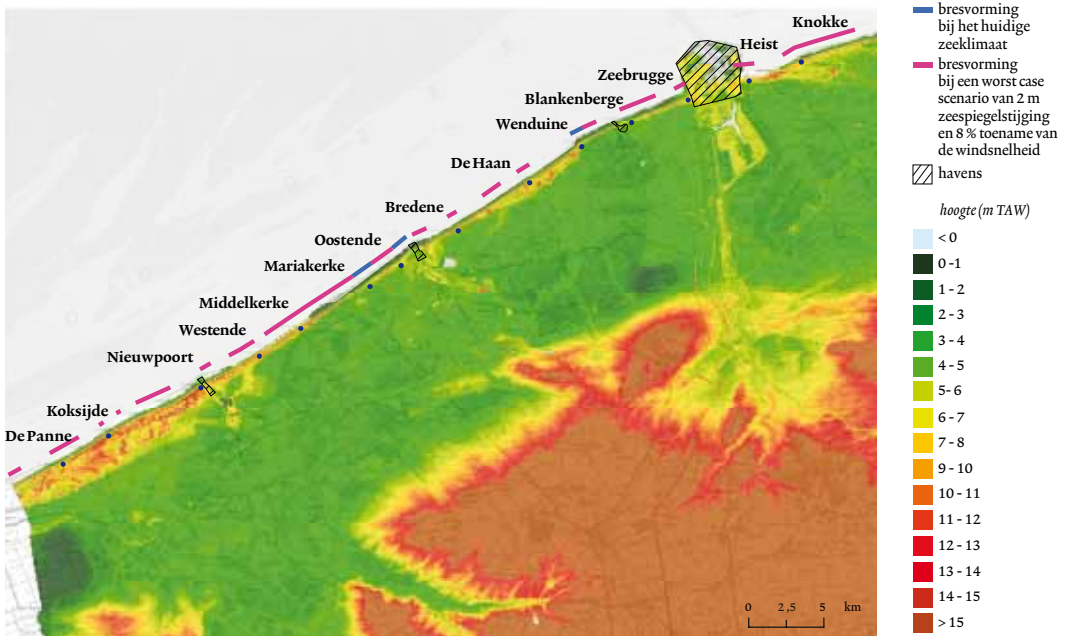
Samen met de afvoer van afsmeltend landijs naar zee, is de thermische uitzetting van het zeewater de belangrijkste oorzaak van de reeds waargenomen zeespiegelstijging. De temperatuur beïnvloedt de dichtheid van het water en daardoor de stromingen en het zeespiegelniveau. Daarnaast beïnvloedt de temperatuur ook de oplosbaarheid van CO₂ in het zeewater, en heeft zo een link met de samenstelling van de atmosfeer. In alle deelgebieden van de Noordzee (niet enkel het Belgische deel ervan) stijgt de zeewatertemperatuur. Er lijkt bovendien een natuurlijke variabiliteit op te treden

FIG. 11.5 Trendanalyse van het gemeten zeespiegelniveau (Oostende, 1927-2006) en extrapolatie naar mogelijke zeespiegelstijging in de periode 1990-2100



Bron: Ozer et al. (2008), Van den Eynde et al. (2008)

FIG. 11.6 Locatie van bresvorming door erosie van strand en duinen bij een superstorm die zich eens om de 17 000 jaar voordoet, zowel bij het huidige zeeklimaat als bij een worst case scenario tegen 2100



Bron: Van den Eynde et al. (2008)

met een periode van 7 à 8 jaar. De stijging van de zeewatertemperatuur ligt tussen 0,023 °C/jaar (in de noordelijke Noordzee) en 0,053 °C/jaar in de centrale Noordzee en de zuidelijke Noordzee. In het gebied het dichtst bij de Vlaamse kust bedraagt de toename ongeveer 0,034 °C per jaar of 3,4 °C per eeuw.

Golfhoogte en windsnelheid op zee

Voor wat betreft de golfhoogte, geeft de historische datareeks in en nabij het Belgische deel van de Noordzee enkel een natuurlijke variabiliteit aan met een periode van ongeveer zeven jaar. Er is ook een seizoencyclus: er zijn gemiddeld hogere golven in de winter en lagere golven in de zomermaanden. Een duidelijke klimaatrend kon in de historische meetreeksen van golfhoogten en windsnelheden nog niet worden aangetoond. Maar door de verwachtingen voor een veranderend windklimaat in de 21^e eeuw (zie hierboven), zouden de frequentie en de grootte van de windgolven op de Noordzee wijzigen – en dus ook de kans op hoogwater langs de Vlaamse kust en in de Schelde. Die windgolven kunnen zo voor een bijkomende stijging van de zeespiegel zorgen.

Impact op de kustzone

Langs de kust worden de overstromingsrisico's beïnvloed door de zeespiegelstijging en de verandering in wind met bijhorend golfklimaat. Het meest ongunstige scenario voor de Vlaamse kust gaat uit van twee meter zeespiegelstijging en 8 % toename van de windsnelheid tegen 2100. Die zeespiegelstijging is vergelijkbaar met wat de Deltacommissie in Nederland vooropstelt als bovengrensscenario: twee tot vier meter zeespiegelstijging tot 2200.

De golfbelasting op kust en zeewering neemt in eender welk scenario beduidend toe. Dat heeft te maken met de toenemende waterdiepte ten gevolge van de zeespiegelstijging. Doordat hoogwaters sneller en laagwaters trager stijgen dan de gemiddelde zeespiegel, neemt ook de getijdenslag (het verschil tussen hoog en laag tij) toe. De stijging van de golfbelasting en de getijdenslag veroorzaken een sterkere erosie van strand en duinen, en van de bijhorende frequentie op bresvorming (doorbraak van een dijk of een natuurlijke duinengordel). Bij een superstorm die gemiddeld een keer per 17 000 jaar voorkomt, is bij het huidige klimaat enkel bresvorming te verwachten in Wenduine, Oostende en Mariakerke (de kusthavens buiten beschouwing gelaten). Bij het toekomstige klimaat is bij het meest ongunstige scenario en zonder maatregelen tegen 2100 bresvorming mogelijk ter hoogte van bijna de volledige kustlijn (FIGUUR 11.6).

Het huidige kustbeheer ontwerpt de zeewering zo, dat een storm die maar eens om de 1 000 jaar voorkomt, geen noemenswaardige schade veroorzaakt en dat de kans op bresvorming minimaal is. De terugkeerperiodes, gebruikt voor een overstroming langs de kust, zijn meestal vele malen groter dan deze voor waterlopen

die niet aan de getijden gebonden zijn. De kustverdediging moet dus bestand zijn tegen meer extreme omstandigheden. Als het fout gaat, zijn de gevolgen er immers veel groter dan wanneer een rivier buiten zijn oevers treedt. Momenteel werkt het Agentschap Maritieme Dienstverlening & Kust van de Vlaamse overheid een masterplan uit voor de kustzone: het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan 2010. Op basis van risicoberekeningen bij verschillende waterstanden en stormen worden maatregelen uitgewerkt met daarbij ook een economische afweging van kosten en baten. Dit plan heeft als doel de kustzone op een aanvaardbare manier te beschermen tot 2050. Daarbij zal gekozen worden voor maatregelen die in elk potentieel klimaatscenario nuttig zijn, en die kunnen meegroeien om ook na 2050 een aanvaardbaar veiligheidsniveau te handhaven.

Hogere waterstanden langs de kust vertalen zich ook naar hogere overstromingskansen langs het getijdengevoelige deel van de Schelde. In het huidige klimaat doen overstromingen tussen Vlissingen en Gent zich gemiddeld eens om de zeventig jaar voor, wat overeenkomt met een hoogwaterstand te Antwerpen van 7,83 m TAW. Na realisatie van het gecontroleerde overstromingsgebied van Kruikeke-Bazel-Rupelmonde⁵ daalt deze kans tot een keer op de 350 jaar, wat overeenkomt met een maatgevende hoogwaterstand te Antwerpen van 8,24 m TAW. Bij een midden-scenario van 60 cm zeespiegelstijging tegen 2100 en geen verdere maatregelen zou de overstromingskans opnieuw stijgen tot de huidige kans van een keer op de 70 jaar tegen 2050 en zelfs een keer op de 25 jaar tegen 2100. Verder is er nog de gecombineerde invloed van de zeespiegelstijging en de verhoogde debieten stroomopwaarts onder invloed van de wijzigende neerslag, die in het Zeescheldebekken tussen Gent en Antwerpen een belangrijke rol kunnen spelen. Dit benadrukt het belang van het realiseren van het volledige geactualiseerde Sigmaphan om de overstromingsrisico's te beheersen en de natuurdoelstellingen in het Zeescheldebekken te behalen. Dat plan omvat naast de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden ook bijvoorbeeld dijkverhogingen in steden en industriegebieden.

11.5 Conclusies voor het beleid

Algemeen

De onzekerheid rond de evolutie van bijvoorbeeld temperatuur- en neerslagontwikkelingen maken dat de impact van klimaatverandering op het watersysteem niet ondubbelzinnig vast te stellen is. Maar dat is geen reden om adaptatiemaatregelen uit te stellen: dat zijn initiatieven waarmee Vlaanderen zich kan aanpassen aan de klimaatverandering.

In de veronderstelling dat weinig maatregelen enkel en alleen genomen worden om de gevolgen van klimaatverandering te ondervangen, is het duidelijk dat voorgestelde maatregelen efficiënt en effectief moeten zijn, ongeacht de primaire

reden waarom ze uitgevoerd worden en los van het gekozen klimaatscenario. De effecten van klimaatverandering op wateroverlast kunnen voor Vlaanderen nog verschillende kanten uit. Ook wanneer de toekomst zich eerder in de buurt van het droog klimaatscenario bevindt, moeten maatregelen zinvol en verantwoord zijn. Anderzijds, wanneer het klimaat in de toekomst veeleer evolueert volgens het nat klimaatscenario, moet het mogelijk zijn de maatregelen gaandeweg aan te passen, bij te sturen, te versnellen en te intensifiëren. Belangrijk is ook adaptatiemaatregelen te laten samen sporen met de inspanningen om verdere klimaatverandering te beperken (reductie van de broeikasgasemissies).

In plaats van overstromingen zoveel mogelijk te voorkomen zal het beleid zich meer en meer moeten richten op het beperken van het overstromingsrisico. Gebieden waar de potentiële schade groot is (woonzones, industriegebieden), worden daarbij gevrijwaard ten nadele van gebieden waar de potentiële schade klein of onbestaande is (weilanden, natuurgebieden) of waar men zelfs tot een win-winsituatie kan komen voor functies als natuurbehoud en recreatie. Bijkomende efficiënte maatregelen zijn denkbaar, zoals een waarschuwingssysteem dat bewoners bij een nakende overstroming duidelijk maakt hoe ze zichzelf en waardevolle goederen tijdig in veiligheid kunnen brengen. Daarnaast is een beleid nodig dat nieuwe woningen en infrastructuur in overstromingsgebieden tegengaat, of aangepast maakt aan wateroverlast. De watertoets is hiervoor een nuttig instrument.

Adaptatie in het binnenland

Momenteel komen adaptatiemaatregelen voor het waterbeheer meestal neer op een beperking van de overstromingskansen door middel van structurele ingrepen. Daarnaast ontwikkelt de Vlaamse overheid ook overstromingsvoorspellers om tijdig te kunnen anticiperen op dreigende wateroverlast. Gezien de uiteenlopende effecten van de verschillende klimaatscenario's voor Vlaanderen, zijn voor de toekomst vooral maatregelen van tel die een antwoord kunnen bieden zowel op wateroverlast als op watertekorten. Of een maatregel onder verschillende omstandigheden aanpasbaar en nuttig is, zal maken of die maatregel een substantiële bijdrage levert in de adaptatie aan klimaatverandering. Een voorbeeld van zo'n maatregel is het creëren van gecontroleerde overstromingsgebieden langs rivieren. Zulke gebieden kunnen het overstromingsrisico stroomopwaarts of -afwaarts verminderen en kunnen eventueel toelaten om tijdelijk water op te slaan om te gebruiken in de landbouw bij droogte. Andere voorbeelden zijn voorzieningen voor opslag en infiltratie van hemelwater in stedelijke gebieden. Die beperken de hemelwatertoevoer naar riolen en vullen tegelijkertijd het grondwater aan. Ook het stimuleren van het hergebruik van gezuiverd afvalwater is een mogelijke maatregel.

Adaptatie langs de kust

Langs de kust zijn de belangrijkste vooruitziende adaptieve maatregelen strandophoging en -verbreding door het aanvoeren van zand of het verstevigen van duinvoeten door beplantingen. Deze maatregelen kunnen bij elke vijfjaarlijkse onderhoudsbeurt bijgestuurd worden in functie van de verwachte zeespiegelstijging. Andere mogelijke maatregelen zijn bijvoorbeeld constructies die erosie tegengaan (zoals strandhoofden) of de golven temperen.

Aanbevelingen

De overheid heeft een belangrijke rol te spelen in de bewustmaking van de bevolking en in de adequate aanpassing van de infrastructuur die zij beheert om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen, ongeacht het toekomstscenario dat uiteindelijk het dichtst bij de werkelijkheid zal blijken te liggen. De communicatie over ingrepen die de kans op schade door klimaatverandering kunnen beperken en het betrekken van alle relevante stakeholders bij de opmaak van plannen zijn daarbij nodig. Ook als regisseur van de ruimtelijke ordening kan de overheid sturend optreden om de gevolgen bij wateroverlast en -tekort te verminderen. De ontwikkeling van een langetermijnvisie en een vergunningenbeleid (zoals bouw- en milieuvergunningen) dat de gewenste toekomstige situatie niet verder hypothekeert, zijn hiervoor noodzakelijk. Een van de ondersteunende instrumenten hiervoor is de opmaak van een klimaatadaptatieplan tegen 2012. De Europese Kaderrichtlijn Water en de richtlijn over het beheer van overstromingsrisico's verplichten de lidstaten om beheerplannen op te stellen, waaruit moet blijken dat rekening gehouden wordt met de mogelijke gevolgen van klimaatverandering.

Ook andere groepen hebben een belangrijke rol in de aanpassing aan klimaatverandering: (her)verzekeraars (bijvoorbeeld door gerichte financiële prikkels), drinkwatermaatschappijen (bijvoorbeeld door het aanzetten tot een rationeel watergebruik en het verzekeren van de beschikbaarheid van drinkwater), energieproducenten (bijvoorbeeld door het vrijwaren van de stroomproductie) ... Daarbij moet niet enkel benadrukt worden dat beperkte adaptieve maatregelen nu, excessieve kosten in de toekomst kunnen vermijden. Ook moet duidelijk aangegeven worden welke maatregelen in concrete gevallen relevant zijn. Daarbij horen zowel acties op korte termijn (bijvoorbeeld weten waar actuele informatie over wateroverlast of -tekort in een bepaalde regio te vinden is) als acties op langere termijn (bijvoorbeeld bij verbouwingen).

De impactstudies voor Vlaanderen tonen duidelijk aan dat er naast het beheersen van overstromingen, ook voldoende aandacht moet zijn voor de dreiging van watertekorten. Deze tekorten zijn momenteel nog onderbelicht, onder meer omdat ze geleidelijker optreden en daardoor minder zichtbaar en indirecter zijn. Laagwaterproblemen zouden nog deze eeuw belangrijker kunnen worden dan de

overstromingsproblematiek. Ook in het beperken van de gevolgen van verdroging kan de overheid sturen. Voorbeelden zijn het uitwerken van regelgeving rond watercaptatie, normering en economische instrumenten zoals een waterprijsbeleid in functie van rationeel watergebruik.

NOTEN

- 1 Waterdamp (H₂O) is het belangrijkste broeikasgas, maar de aanwezigheid ervan in de atmosfeer is vooral het gevolg van natuurlijke verschijnselen. Het heeft weinig belang bij het afwegen van de rol van de mens in de opwarming van de aarde.
- 2 Enkel de invloed van de potentieel toekomstige klimaatverandering werd nagegaan. Toekomstige wijzigingen in landgebruik werden hier – in tegenstelling tot bij de vertaling naar economische schade – niet beschouwd.
- 3 De klimaatverandering kan de kwaliteit van het oppervlaktewater op verschillende manieren beïnvloeden (bijvoorbeeld via verhoogde overstortwerking, maar ook via lagere debieten in de rivieren, hogere watertemperaturen ...). In hoofdstuk 12 Kwaliteit oppervlaktewater is het effect van een verhoging van de watertemperatuur op de waterkwaliteit gemodelleerd.
- 4 Dit kon enkel voor de 67 deelbekkens (vha-zones) en bijhorende waterlopen in het Vlaamse binnenland waarvoor modellen beschikbaar zijn bij het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse overheid. Dit betreft in hoofdzaak de bevaarbare waterlopen (dus grote en meer afwaartse waterlopen), maar ook opwaartse deelbekkens aangezien deze de bevaarbare waterlopen voeden.
- 5 Voorzichtige prognoses stellen dat het gebied in 2011 klaar is om in werking te treden (www.gogkbr.be).

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Willems P., Deckers P., De Maeyer Ph., De Sutter R., Vanneuville W., Brouwers J. & Peeters B. (2009) Klimaatverandering en waterhuishouding. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009 & NARA 2009, VMM, INBO, www.milieurapport.be en www.nara.be.

Dit hoofdstuk is onder meer gebaseerd op volgende onderzoeksprojecten:

- ADAPT, voor Federaal Wetenschapsbeleid, uitgevoerd door Arcadis Ecolas & UGent, ULB-CEESE, UA-ECOBE, KUL-HIVA en ULG-HACH.
- CCI-HYDR, voor Federaal Wetenschapsbeleid, Onderzoeksprogramma Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling, uitgevoerd door K. U. Leuven, Afdeling Hydraulica en KMI.
- CLIMAR, voor Federaal Wetenschapsbeleid, uitgevoerd door Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee, Arcadis Ecolas, UGent, het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse overheid, het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek en het Maritiem Instituut, UGent.
- Onderzoeksproject Actualisatie en extrapolatie Code van Goede Praktijk voor ontwerp van rioleringsstelsels voor de Vlaamse Milieumaatschappij, uitgevoerd door K. U. Leuven, Afdeling Hydraulica.
- Onderzoeksproject Adaptatiemogelijkheden Vlaamse Landbouw, voor het Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie, uitgevoerd door het Klimaatpark, K. U. Leuven.
- Onderzoeksproject Effect van klimaatwijzigingen op afvoerdebiten in hoog- en laagwatersituaties en op de globale waterbeschikbaarheid voor het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) van de Vlaamse overheid, uitgevoerd door K. U. Leuven, Afdeling Hydraulica.
- Onderzoeksproject Klimaatscenario's voor Vlaanderen voor het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), uitgevoerd door KMI, K. U. Leuven en KNMI.
- Onderzoeksproject SUDEM-CLI voor Federaal Wetenschapsbeleid, Onderzoeksprogramma Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling, uitgevoerd door UA, K. U. Leuven en UCL.
- Onderzoeksrapport Risico op schade door overstromingen voor MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij, uitgevoerd door UGent, Vakgroep Geografie.
- Project SAFECoast, voor Interreg IIIB Noordzee, (voor Vlaanderen) uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium en de afdeling Kust.
- SeaMocs, voor de Europese Commissie, (voor België) uitgevoerd door K. U. Leuven en KNMI.

REFERENTIES

- Baguis P., Ntegeka V., Willems P. & Roulin E. (2009) Extension of CCI-HYDR climate change scenarios for INBO, K. U. Leuven, Hydraulics Section & Royal Meteorological Institute of Belgium.
- Gobin A. *et al.* (2009) Landgebruik in Vlaanderen. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, NARA 2009, VMM, INBO. R.2009.20, www.milieurapport.be, www.nara.be.
- KMI (2009) Oog voor het klimaat, Koninklijk Meteorologisch Instituut van België.
- Ntegeka V. & Willems P. (2008) Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes, based on a more than 100 years time series of 10 minutes rainfall intensities at Uccle, Belgium, Water Resources Research, 44, W07402, doi:10.1029/2007WR006471.
- Ntegeka V., Willems P., Baguis P. & Roulin E. (2008) Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems – Phase 1. Development of climate change scenarios for rainfall and Eto. Samenvattend rapport bij de Fase 1 van het CCI-HYDR project door K. U. Leuven, Afdeling Hydraulica en KMI voor Federaal Wetenschapsbeleid, 56 p.
- Ozer J., Van den Eynde D. & Ponsar S. (2008) Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities: CLIMAR. Trend analysis of the relative mean sea level at Oostende (Southern North Sea – Belgian coast), 14 p.
- Peeters W. & Tops B. (2009) Water uit de kraan, evident toch. Het Ingenieursblad, JG 78, 3/2009, p. 24-30.
- Van den Eynde D., De Sutter R., Maes F., Verwaest T. & van Bockstaele E. (2008a) Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities: CLIMAR. Samenvattend rapport bij de Fase 1 van het CLIMAR project voor Federaal Wetenschapsbeleid, 33 p.
- Van den Eynde D., Ponsar S., Ozer J. & Francken F. (2008b) Bepaling van de primaire impacten van globale klimaatsveranderingen. Presentatie op Workshop 'Crisis in de visserij: keert klimaat het tij?', 9 december 2008, ILVO, Oostende.
- Willems P. (2009) Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de nieuwe Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringsystemen. Eindrapport bij de studie voor de Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer.

LECTOREN

- Johan Bogaert**, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
- Tine Bosschaert, Stijn Bruers, Bruno Verbeeck**, Ecolife vzw
- Kris Cauwenberghs, Ilke Dieltjens, Miet D'heer, Koen Martens, Ivo Terrens, Paul Thomas, Adelheid Vanhille**, VMM
- Ann Crabbé**, Faculteit Politieke en Sociale Wetenschappen, UA
- Sylvie Danckaert**, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
- Greet De Gueldre**, Aquafin nv
- Luc Debontridder**, KMI
- Jean Hugé**, Vakgroep Menselijke Ecologie, VUB
- Martina Hülsbrinck**, PPO.be vzw
- Peter Tom Jones**, Faculteit Ingenieurswetenschappen, K. U. Leuven
- Annick Lamote**, Studiedienst, SERV
- Filip Lenders**, stad Antwerpen
- Koen Maeghe**, nv De Scheepvaart
- Clemens Mensink**, VITO
- Katrien Oorts**, Afdeling Land- en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen, Departement LNE
- Eddy Poelman**, Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek Oost-Vlaanderen
- Simon Six**, VMW
- Katelijne Vancleemput**, POM West-Vlaanderen
- Wim Van Gils**, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw