

Provinciaal Klimaatadaptatieplan



december 2016



**Provincie
Antwerpen**

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Wat is klimaatverandering?	6
1.2	Provinciaal Adaptatieplan	9
2	Wat zal er veranderen aan het klimaat in de provincie Antwerpen?	10
2.1	Twee klimaatscenario's	10
2.2	Welke klimaatverandering is te verwachten?	10
2.2.1	Het wordt gemiddeld genomen warmer	10
2.2.2	Het wordt in de winter natter en droger in de zomer	12
2.2.3	Zonnestraling wordt intenser	15
2.2.4	Windsterkte verandert nauwelijks	16
2.2.5	De zeespiegel stijgt	16
2.2.6	Wat gebeurt er met de natuurlijke schommelingen?	16
2.2.7	Klimaatverandering in de provincie samengevat	17
3	Mogelijke gevolgen door veranderingen in het klimaat	19
3.1	Overstromingen	19
3.1.1	Bebouwing, voorzieningen en de economie	19
3.1.2	Welzijn en gezondheid	20
3.1.3	Energie en drinkwater	20
3.1.4	Mobiliteit	20
3.1.5	Landbouw	21
3.1.6	Natuur	21
3.1.7	Erfgoed	21
3.2	Droogte	21
3.2.1	Natuur en recreatie	22
3.2.2	Drinkwaterbeschikbaarheid en waterkwaliteit	22
3.2.3	Economische waterafhankelijkheid	22
3.2.4	Binnenvaart	23
3.2.5	Landbouw	23
3.2.6	Infrastructuur en gebouwen	23
3.3	Hitte	23
3.3.1	Gezondheidseffecten	24
3.3.2	Economie	24
3.3.3	Recreatie en toerisme	25
3.3.4	Natuur	25
3.3.5	Landbouw	25
3.3.6	Elektriciteitsproductie	25
3.4	Geografische differentiatie van effecten en gevolgen	26
3.5	Leemten in kennis	26
3.6	Samenvatting van effecten en kwetsbaarheden	27
4	Klimaatadaptatiestrategieën en maatregelen	29
4.1	Beleidskader	29
4.2	Adaptatiestrategieën	29
	Strategie 1 : Groen-blauw netwerk in stedelijk gebied	30
	Strategie 2: Groen-blauw netwerk in buitengebied	32
	Strategie 3: Klimaatrobuust ontwikkelen	34
	Strategie 4: De waterkringloop sluiten	35
	Strategie 5: Een klimaatbewuste en zelfredzame samenleving	36

Strategie 6: Integratie klimaatmitigatie en -adaptatie	37
Strategie 7: Procescoördinatie adaptatiebeleid	38
4.3 Maatregelen	40
Bijlage Rapport primaire klimaateffecten provincie Antwerpen	46
Literatuur	63

1 Inleiding

De provincie Antwerpen heeft eind 2014 het Europese convenant Mayors Adapt ondertekend. De provincie levert hiermee een bijdrage aan de algemene doelstelling van de EU-strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering en aan het creëren van een klimaatbestendig Europa. Dit betekent dat de provincie zich op klimaatverandering zal voorbereiden en de nodige stappen zal nemen om beter te kunnen reageren op de gevolgen ervan door:

Doelstelling 1: het ontwikkelen van een strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering

Doelstelling 2: het integreren van aanpassing aan de klimaatverandering in de bestaande plannen.

Deze doelstellingen worden verwezenlijkt via volgende stapsgewijze aanpak:

- beoordeling van potentiële risico's en kwetsbaarheden in verband met klimaatverandering als basis voor het prioriteren van aanpassingsacties;
- ontwikkelen en indienen van een adaptatiestrategie.
- uitvoeren van acties;
- monitoren en regelmatig evalueren van de gemaakte vorderingen;
- tweejaarlijkse rapportage;
- bijsturen van de adaptatiestrategie, op basis van de monitoring- en evaluatieresultaten

Dit eerste provinciaal adaptatieplan is te lezen als een beleidsverkenning zoals samengevat door doelstelling 1. Het beschrijft op basis van eigen analyses en een synthese van actuele kennis in de literatuur en (Europese) projecten wat het beleidsthema klimaatadaptatie voor de provincie kan betekenen. Middels deze verkenning is de provincie nu in staat goed onderbouwde prioriteiten te stellen in haar verder voorbereiding om beleidsmatig antwoorden te formuleren op verwachte effecten als gevolg van klimaatverandering.

De gerealiseerde kennisopbouw zit uitgebreid vervat in het adaptatieplan door een beschrijving van de klimaatverandering en bijbehorende effecten en een uitgebreide literatuurlijst waarmee andere overheden en sectoren zich verder kunnen informeren.

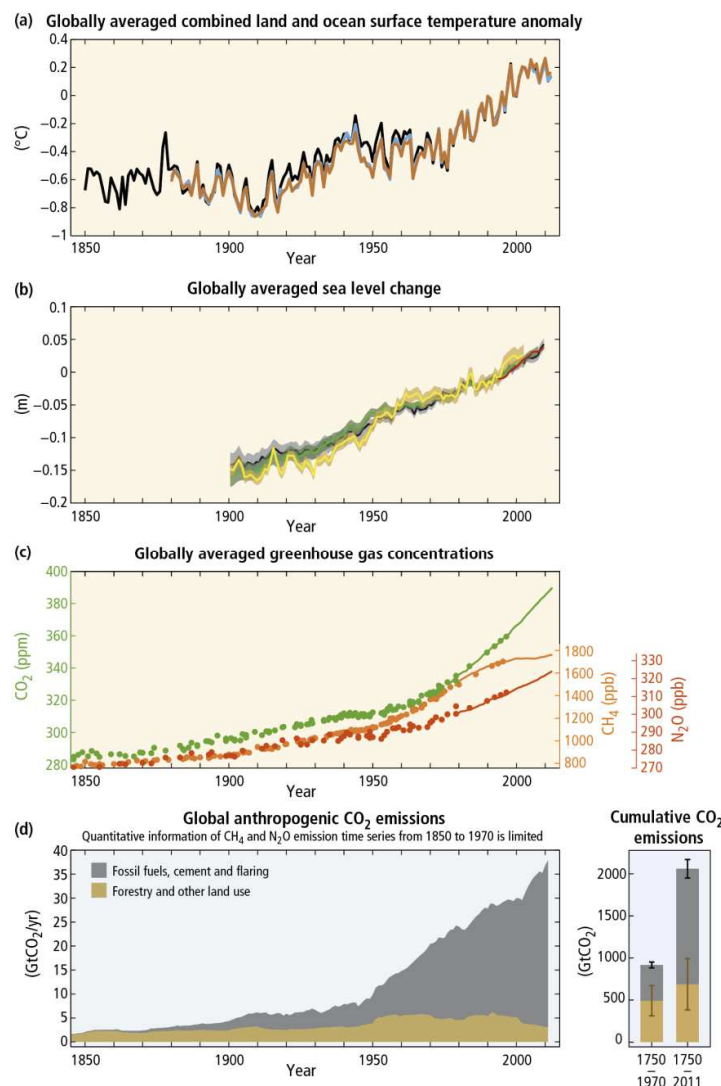
De kennisopbouw is gebeurd door het consortium Alterra Wageningen UR, KUL Leuven (afdeling Hydraulica) en Climate Adaptation Services¹ aangevuld met eigen provinciale data en informatie van andere wetenschappers, overheden en middenveldorganisaties die deel hebben uitgemaakt van het intensieve participatieve proces dat aan de grondslag ligt van dit eerste provinciale adaptatieplan.

¹ Coninx Ingrid, De Rooij Bertram, Swart Rob, Willems Patrick, Van Uytven Els, Tabari Hossein, Goosen Hasse, Koekoek Arjen, Van Bijsterveldt Menno, Pieter Boone, 2016. *Klaar voor klimaatverandering; Opmaak van een risico- en kwetsbaarheidsanalyse in functie van klimaatadaptatie en uitwerken van adaptatiebeleid op maat van en voor de provincie Antwerpen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport -rapport 2741. 104 blz.; 19 fig.; 3 tab.; 106 ref. Alterra-rapport 2741 ISSN 1566-7197

1.1 Wat is klimaatverandering?

Klimaatverandering betekent dat het warmer wordt op aarde. Van nature zijn broeikasgassen, zoals CO₂, erg belangrijk om het leven op aarde mogelijk te maken. Deze broeikasgassen houden warmte vast die afkomstig is van de zonnestraling en ze zorgen ervoor dat de temperatuur op aarde gemiddeld zo een 15°C is. Bij afwezigheid van broeikasgassen in de atmosfeer zou de gemiddelde temperatuur -18°C zijn (Brouwers et al., 2015). Sinds de industriële revolutie in de 18^e eeuw worden fossiele brandstoffen gebruikt bij industriële productie, landbouw, transport, verwarming, waardoor er steeds meer broeikasgassen uitgestoten worden in de atmosfeer. Ook ontbossing draagt hieraan bij. Dat leidt ertoe dat er steeds meer warmte vastgehouden wordt binnen de atmosfeer, wat leidt tot een stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde en veranderingen van de hoeveelheid neerslag. Dat wordt klimaatverandering genoemd. De grafieken van het internationale Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) laten zien dat de toename van de uitstoot van broeikasgassen uit fossiele brandstoffen samengaat met de temperatuurstijging en zeespiegelstijging die de wereld momenteel ervaart (zie Figuur 1)

Figuur 1: Samenhang tussen uitstoot van broeikasgassen en klimaateffecten

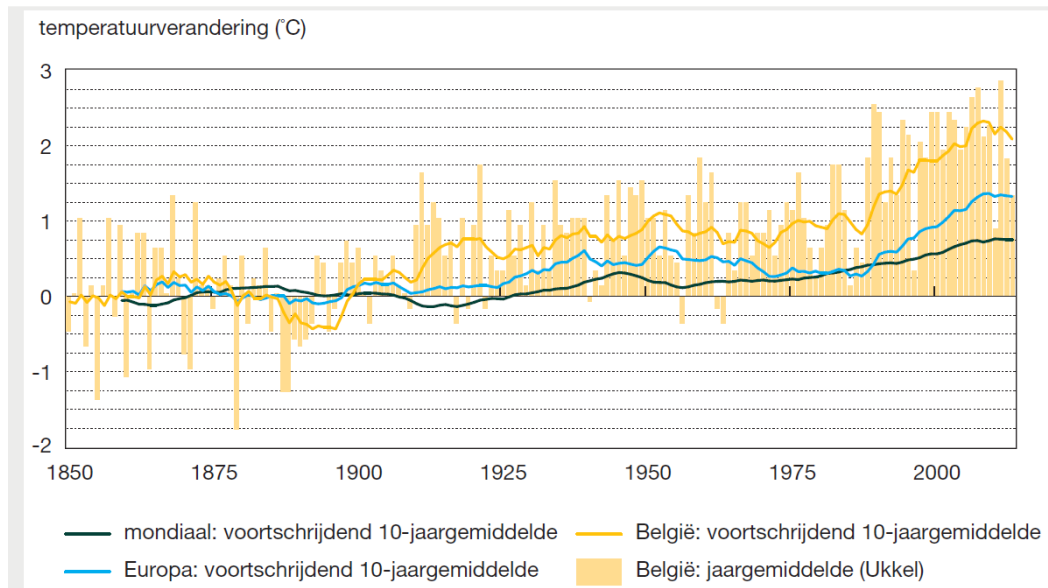


Bron: IPCC, 2014

Het is gemeten dat de gemiddelde temperatuur van de aarde reeds gestegen is met ongeveer 1°C sinds eind 19^{de} eeuw, toen de industriële revolutie op gang kwam (NASA, 2016). En hoewel de temperatuur gemiddeld genomen met 1°C gestegen is, blijkt dat de temperatuur in sommige regio's meer gestegen is.

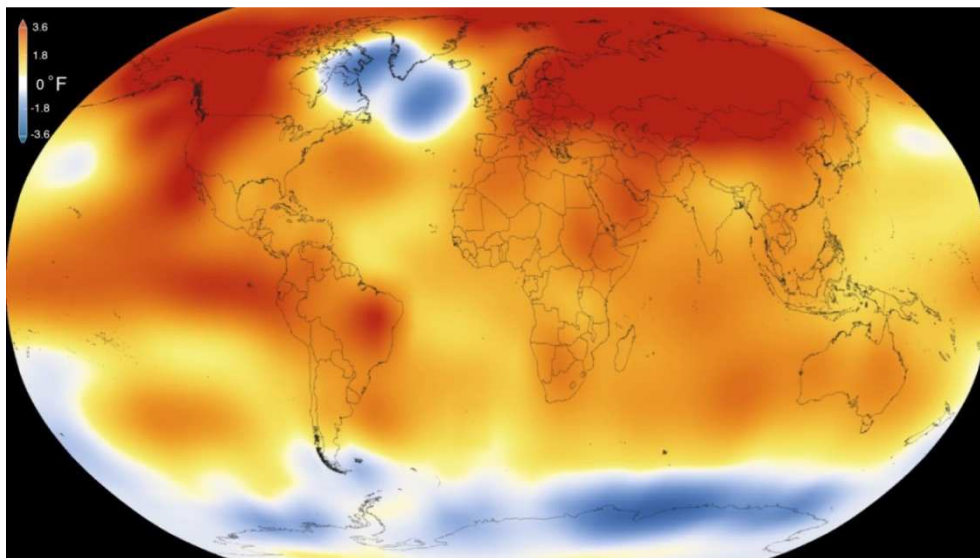
Bijvoorbeeld In België valt het op dat de jaargemiddelde temperatuur zelfs gestegen is met 2,4°C, vergeleken met de temperatuur einde 19^{de} eeuw (Brouwers et al., 2015), zie Figuur 2 en Figuur 3.

Figuur 2: Afwijking van de jaargemiddelde temperatuur in België, Europa en mondiaal (1850 - 2013)



Bron: Brouwers et al. 2015, MIRA Klimaatrapport 2015.

Figuur 3: De opwarming van de aarde - periode 1880 - 2015².



Bron: NASA, 2016.

² Als men het rapport digitaal leest, kan u het filmpje van NASA zien door te klikken op de volgende link <https://www.youtube.com/watch?v=gGOzHVUQCw0>

Deze opwarming van de aarde zet allerlei processen in gang. Lokaal kan er een hitte-eiland effect plaatsvinden, doordat asfalt en verdichte stedelijke gebieden versneld hogere temperaturen kennen. Ook neerslagpatronen veranderen (IPCC, 2014). Op sommige momenten kan het meer gaan regenen, op andere momenten minder. Deze veranderende neerslagpatronen kunnen lokaal leiden tot overstromingen en droogte. Die overstromingen, droogte en hitte leveren vaak problemen op voor natuur, landbouw, scheepvaart en bedrijven, maar soms ook kansen... Dit maakt dat klimaatverandering een impact heeft op de leefbaarheid van onze gebieden, ons welzijn en onze welvaart. Het Europese Joint Research Centre (JRC, 2014) heeft recent berekend dat klimaatverandering een welvaartsverlies van 1.8% van het huidige bruto binnenlands product kan betekenen in Europa en dat het een schade van minstens 190 miljard euro kan creëren wanneer er niets gedaan wordt aan klimaatverandering. Dit soort projecties zijn natuurlijk omgeven door heel veel onzekerheden maar geven een indruk van de omvang van de mogelijke gevolgen voor mens en economie.

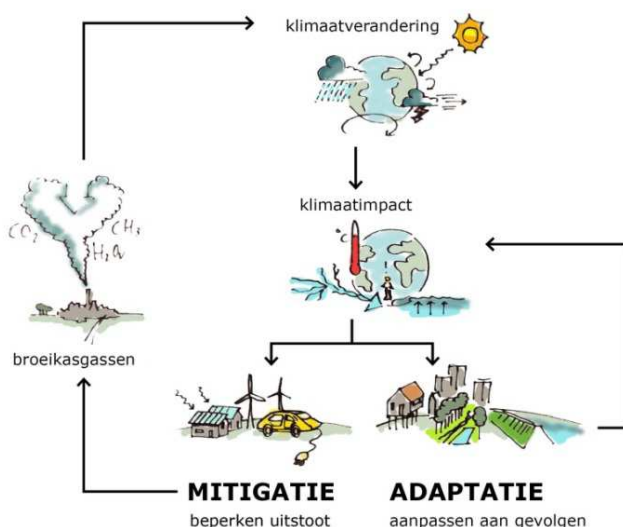
Figuur 4 toont op een heldere wijze de interactie tussen de twee beleidsprocessen noodzakelijk om antwoorden bieden aan de uitdagingen van klimaatverandering: klimaatmitigatie en klimaatadaptatie.

Klimaatmitigatie heeft betrekking op maatregelen die tot doel hebben de uitstoot van broeikasgassen te vermijden of te reduceren. Over klimaatmitigatie zijn eind 2015 afspraken gemaakt binnen het klimaatakkoord van Parijs om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren zodat de gemiddelde temperatuurstijging van de aarde tenminste onder de 2°C ten opzichte van de temperatuur aan het begin van de industriële revolutie blijft (UNFCCC, 2015).

De provincie Antwerpen zet zelf zeer actief in (en ondersteunt haar gemeente) m.b.t. klimaatmitigatie (zie www.provincieantwerpen.be; zoekterm 'klimaatneutrale organisatie 2020').

Ondanks de vele goede initiatieven op het vlak van mitigatie is het niveau van de uitstoot van broeikasgassen al zo hoog dat sommige gevolgen van klimaatverandering reeds een feit zijn. Daarom is adaptatie de tweede manier om nu al met klimaatverandering om te gaan. Klimaatadaptatie is het proces waarbij overheden, burgers, bedrijven en wetenschappers met elkaar samenwerken om ervoor te zorgen dat een land, een regio of een gemeente zo effectief mogelijk kan omgaan met de gevolgen van klimaatverandering. Klimaatadaptatie betekent anticiperen op en aanpassen aan gevolgen en effecten die te verwachten zijn door klimaatverandering.

Figuur 4: Het verschil en de samenhang tussen klimaatmitigatie en klimaatadaptatie



1.2 Provinciaal Adaptatieplan

De provincie Antwerpen heeft al een uitgebreid mitigatieplan om broeikasgassen te reduceren en zo klimaatverandering te beperken (provincie Antwerpen, 2011). De bedoeling van dit klimaatadaptatieplan is om strategieën en maatregelen te formuleren die de gevolgen van klimaatverandering in de provincie beperken. Het eerste onderdeel is een analyse van klimaatverandering. In dit onderdeel wordt gekeken welke klimaatveranderingen te verwachten zijn in de provincie voor de periodes 2030, 2050 en 2100. Omdat deze inschattingen over de onzekere toekomst gaan, zal er gewerkt worden via twee mogelijke toekomstige klimaatscenario's (zie hoofdstuk 2). Uit de klimaatscenario's, die bestaan uit meteorologische data zoals temperatuur en neerslag, kunnen vervolgens inschattingen gemaakt worden welke gevolgen klimaatverandering heeft voor de provincie. Daarna is gekeken welke gebieden in de provincie kwetsbaar zijn voor deze temperatuurstijging, overstromingen, droogte en hitte en daarom specifieke aandacht nodig hebben (hoofdstuk 3). Die kwetsbaarheid wordt bepaald door geografische gegevens te combineren met de klimaatinformatie. Dit hoofdstuk bundelt de huidige inzichten op basis van bestaande studies. Zo wordt duidelijk welke sectoren, welk ruimtegebruik en welke bevolkingsgroepen problemen kunnen ondervinden als gevolg van de klimaatverandering. Ook wordt aangegeven welke kansen klimaatverandering met zich meebrengt voor de provincie. In Hoofdstuk 4 worden de adaptatiestrategieën en maatregelen geformuleerd. In de bijlage is achtergrondinformatie te vinden over de gebruikte analysemethoden

2 Wat zal er veranderen aan het klimaat in de provincie Antwerpen?

2.1 Twee klimaatscenario's

Om de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering voor de provincie te analyseren worden er twee klimaatscenario's gebruikt. Een klimaatscenario beschrijft hoe het toekomstige klimaat er mogelijk uit zal zien. De scenario's bevatten aannames over de hoeveelheid broeikasgassen die uitgestoten worden. Voor deze studie worden de volgende twee scenario's³ gehanteerd:

- **Scenario van matige klimaatverandering:**
Dit scenario neemt aan dat de uitstoot van broeikasgassen drastisch is teruggedrongen in 2100. Om die doelstelling te bereiken worden wereldwijd allerlei technologieën en strategieën ingezet, waaronder ook bio-energie, koolstofopvang en -opslag, om zo de broeikasconcentraties in de atmosfeer te beperken. Het scenario houdt er rekening mee dat er ca. 9 miljard mensen op aarde leven tegen 2100. Dit scenario veronderstelt dat de nationale emissiebeloften die in december 2015 in Parijs gedaan zijn ("National Determined Contributions") nageleefd worden. In het MIRA klimaatrapport 2015 (Brouwers et al., 2015) wordt dit scenario RCP 4.5 genoemd.
- **Scenario van sterke klimaatverandering:**
Dit scenario gaat uit van een "business-as-usual" model waarbij men inzet op fossiele energie en de uitstoot van broeikasgassen blijft toenemen. In dit scenario blijven mensen nog steeds veel energie verbruiken. Technologische ontwikkeling verloopt wereldwijd 'traag' en er wordt vanuit gegaan dat de aarde door 12 miljard mensen wordt bewoond. In het MIRA klimaatrapport 2015 (Brouwers et al., 2015) wordt dit scenario RCP 8.5 genoemd.

2.2 Welke klimaatverandering is te verwachten?

Voor deze twee klimaatscenario's wordt via statistische technieken berekend welke klimaatveranderingen te verwachten zijn voor de provincie. Er wordt gekeken naar verandering in temperatuur, verandering in neerslag, veranderingen in zonnestraling en windsterkte. Op basis van bestaande studies wordt ook beknopt beschreven welke zeespiegelstijging te verwachten is en wat het effect van de klimaatverandering is op natuurlijke schommelingen.

2.2.1 Het wordt gemiddeld genomen warmer

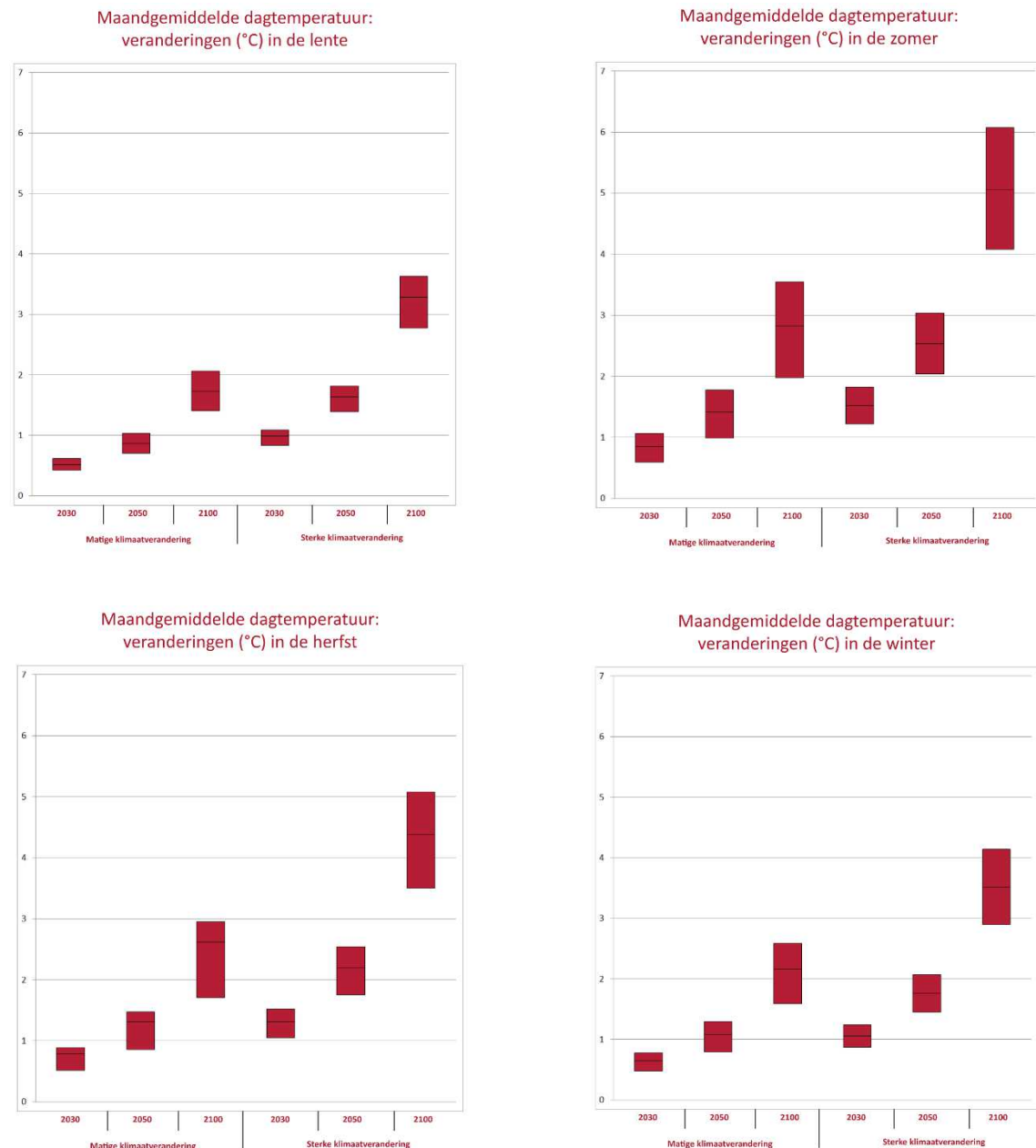
Hoewel het door de natuurlijke schommelingen nog steeds kan sneeuwen en vriezen, zal klimaatverandering ervoor zorgen dat de gemiddelde jaarlijkse temperatuur zal toenemen

³ Meer info over klimaatscenario's en hoe deze tot stand komen, vindt men in bijlage.

in de provincie Antwerpen. Die temperatuurstijging is te vinden bij matige én bij sterke
klimaatverandering. Bij sterke klimaatverandering zal de temperatuurstijging groter zijn,
dan bij matige klimaatverandering.

Bij matige klimaatverandering wordt aangenomen dat de maandgemiddelde temperatuur
minimaal zal stijgen met 0.5 °C in 2030 tot maximaal 4 °C (in augustus) tegen 2100.
Bij sterke klimaatverandering kan de maandgemiddelde temperatuur minimaal stijgen met
0.8 °C in 2030 tot 6.5 °C (in juli) tegen 2100. Figuur 5 vereenvoudigt de grote
hoeveelheid gegevens en geeft informatie over de verwachtingen per seizoen. De kleinste
stijging in de temperatuur is te vinden in de lente. De grootste stijging in de zomer.

Figuur 5: Maandgemiddelde dagtemperatuur in lente, zomer, herfst en winter



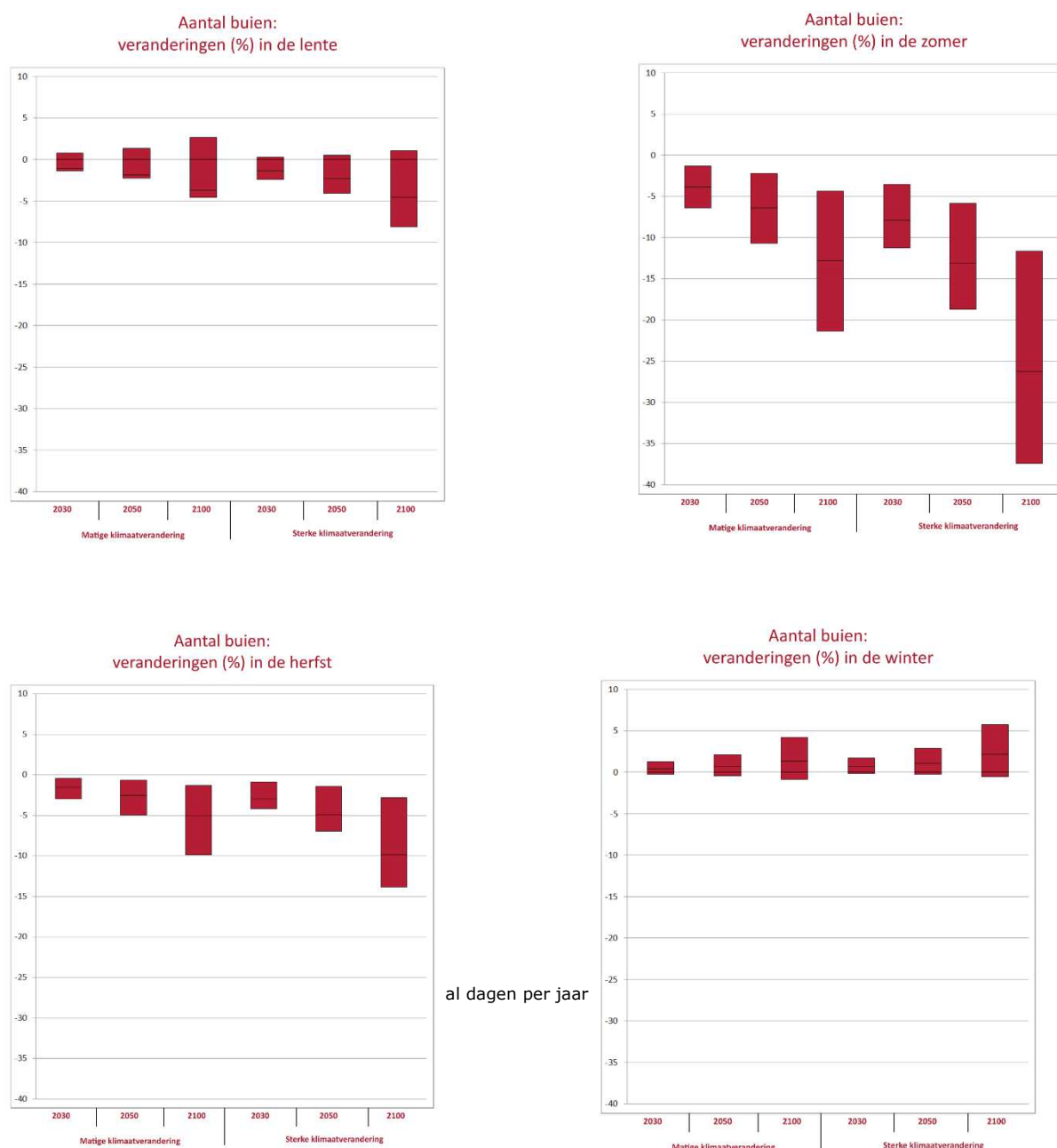
In vergelijking met de Belgische temperatuur, blijkt dat de temperatuurstijging in de provincie Antwerpen minder groot is ten opzichte van de cijfers die voor heel België gelden. Dit is zo voor alle maanden van het jaar.

Omdat het warmer wordt, is ook een trend op te merken over het aantal vorstdagen⁴. De verwachting is dat er in de provincie minder vorstdagen zullen zijn de loop der jaren. Bij matige klimaatverandering kan het aantal vorstdagen afnemen met minimaal 2 dagen in 2030 tot maximaal 18 dagen tegen 2100. Bij sterke klimaatverandering kan het aantal vorstdagen afnemen met minimaal 3 dagen in 2030 tot maximaal 25 tegen 2100.

2.2.2 Het wordt in de winter natter en droger in de zomer

Klimaatverandering zal ook neerslagpatronen beïnvloeden. Zowel onder omstandigheden van matige en sterke klimaatverandering is het de verwachting dat het aantal buien licht toeneemt in de wintermaanden en daalt in de maanden april tot november (zie Figuur 6). In de zomer en de herfst kunnen er tot wel 38% minder buien zijn bij het scenario van sterke klimaatverandering tegen 2100. In de winter tegen 2100 kunnen er tot wel 5% meer buien dan vandaag voorkomen bij het scenario van sterke klimaatverandering. Of de lente meer buien zal kennen, is nog onzeker. Het is wel duidelijk dat het aantal buien sterker afneemt bij het scenario van sterke klimaatverandering, in vergelijking met matige klimaatverandering.

Figuur 6: Verandering in het aantal buien

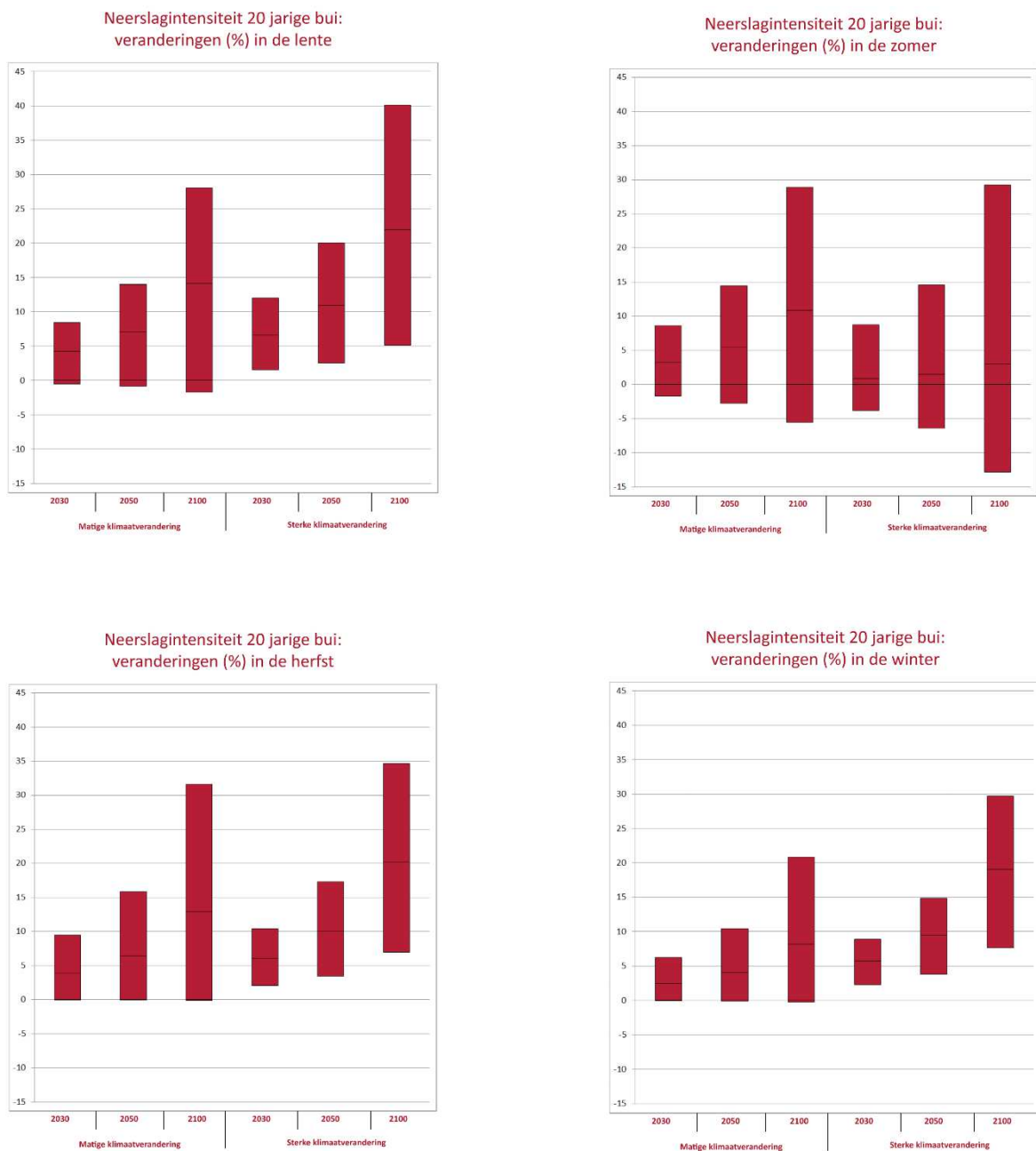


al dagen per jaar

Aan de ene kant dus minder buien, maar aan de andere kant laten de resultaten ook zien dat de intensiteit van de buien zou kunnen gaan toenemen. Die verandering is vooral op te merken in de lente, de herfst en in de winter in beide scenario's van matige en sterke klimaatverandering (zie Figuur 7).

Die toename kan wel oplopen tot 40% in de herfst onder sterke klimaatverandering tegen 2100. In de zomer is er nog grote onzekerheid over de verandering in de intensiteit van de buien, maar ook voor dit seizoen is er sprake van een toename van de intensiteit van de buien.

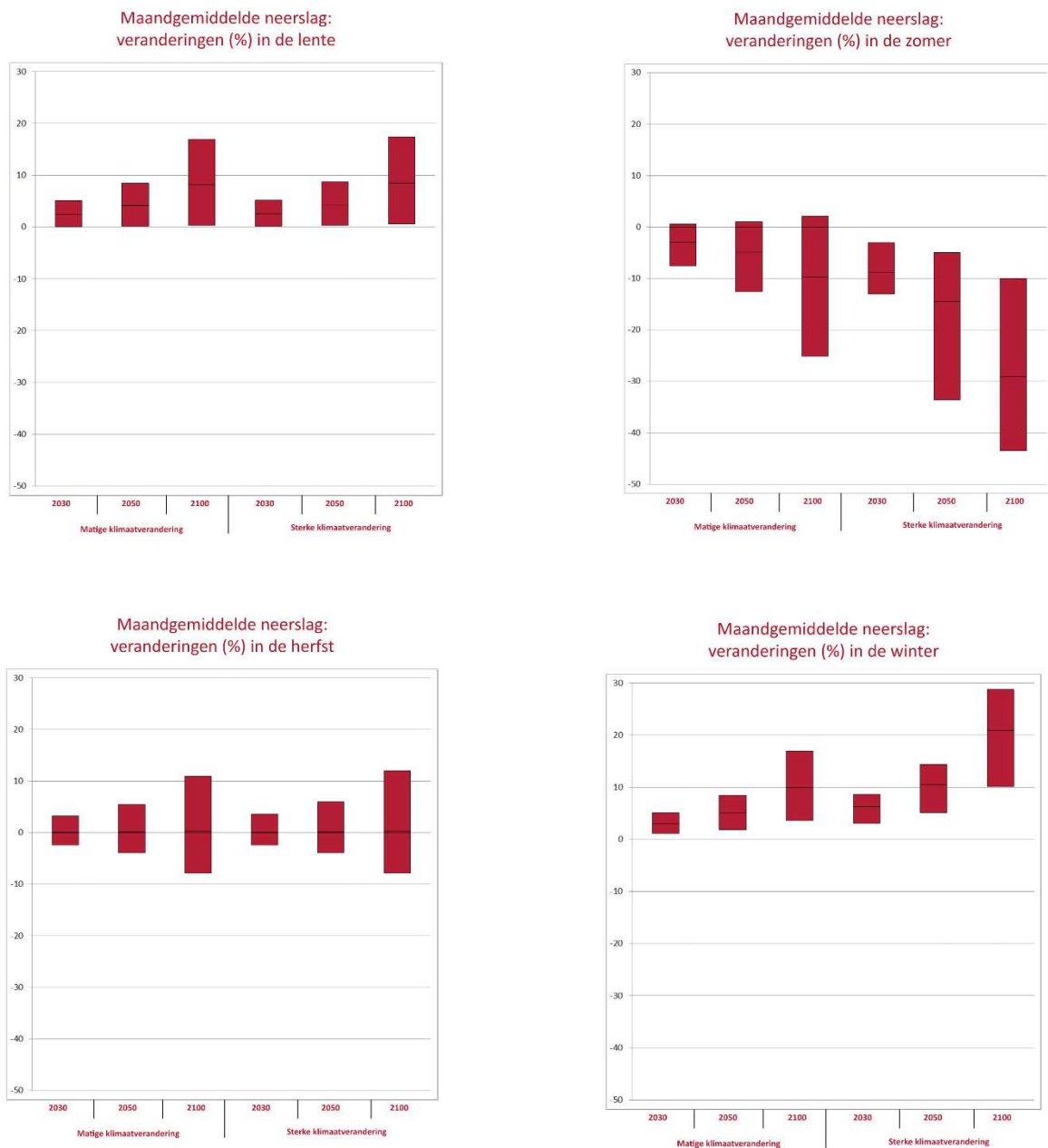
Figuur 7: Neerslagintensiteit 20-jarige bui (%)



De hoeveelheid neerslag zal ook veranderen. In Figuur 8: Maandgemiddelde neerslag in lente, zomer, herfst en winter

is te zien wat de verwachting is betreffende de neerslag. Er is een duidelijke afname van de hoeveelheid neerslag in de zomer met meer dan 40% bij het scenario van sterke klimaatverandering tegen 2100. De neerslag zal toenemen in de lente en in de winter. In het scenario van sterke klimaatverandering kan het toenemen met ongeveer 28% in de winter. In het scenario van matige klimaatverandering is dat maximaal 17%. Er is onzekerheid over toename of afname van neerslag in de herfst. Ook valt het op dat het scenario van sterke klimaatverandering zal zorgen voor nattere winters en drogere zomers in vergelijking met de situatie als gevolg van matige klimaatverandering. In de lente en de herfst is het verschil tussen matige of sterke klimaatverandering beperkt.

Figuur 8: Maandgemiddelde neerslag in lente, zomer, herfst en winter



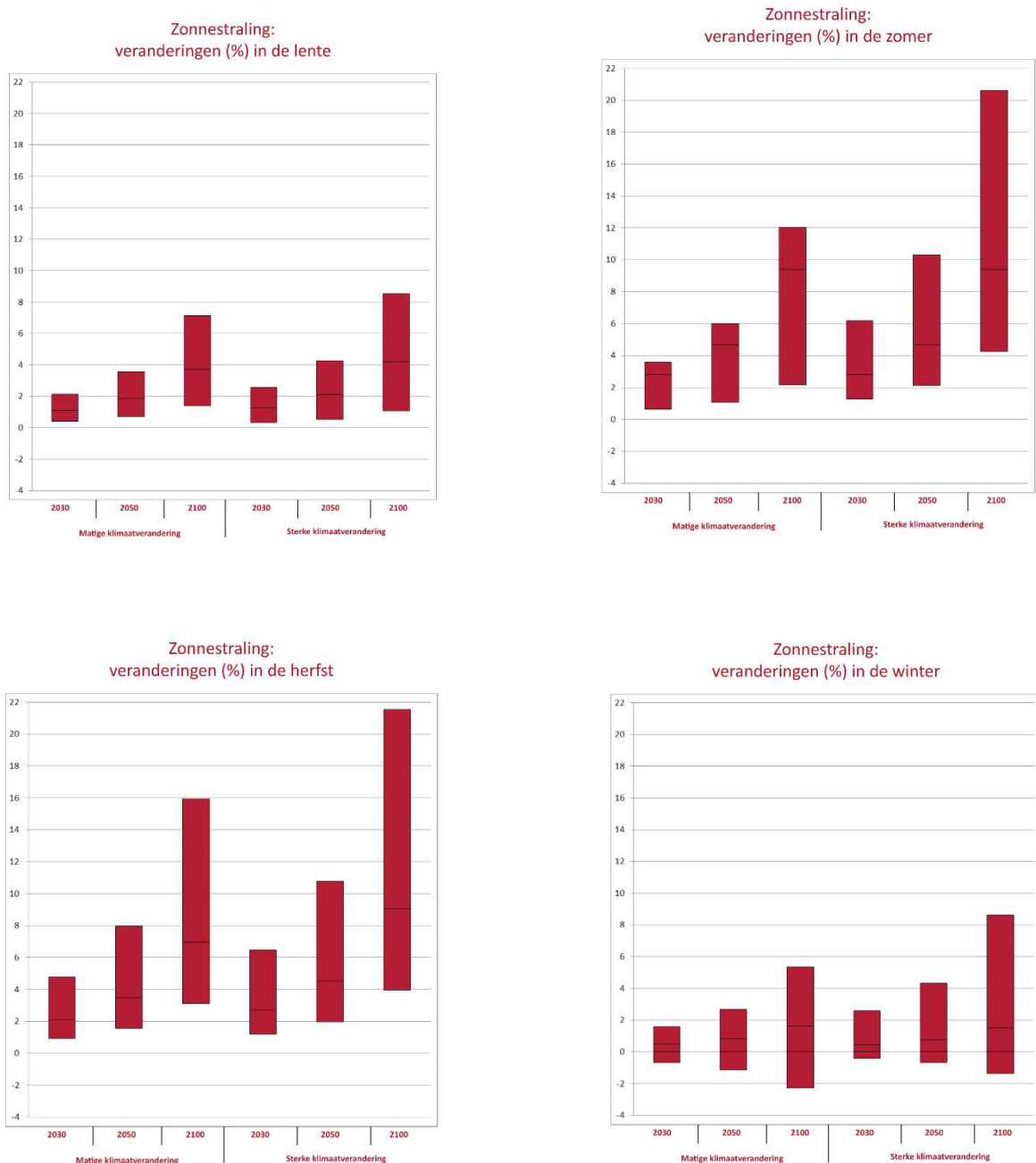
Deze veranderende neerslagpatronen leiden tot een voortschrijdend neerslagtekort van jaarlijks zo een 200 mm in de zomer.

Wanneer de cijfers van provincie Antwerpen vergeleken worden met de cijfers voor België dan valt op dat de neerslagtoename in de winter iets groter is dan te Ukkel, terwijl in de zomer de neerslagafname iets kleiner is.

2.2.3 Zonnestraling wordt intenser

Zonnestraling geeft weer hoe intens de zon is. De verwachting is dat de zonnestraling intenser wordt in lente, zomer, herfst en winter (zie Figuur 9). Vooral in de zomer is het mogelijk dat zonnestraling toeneemt. In het scenario van matige klimaatverandering kan de zonnestraling toenemen met 12% tegen 2100. In het scenario van sterke klimaatverandering zal de toename zelfs 21% zijn tegen 2100.

Figuur 9: Zonnestraling in lente, zomer, herfst en winter



2.2.4 Windsterkte verandert nauwelijks

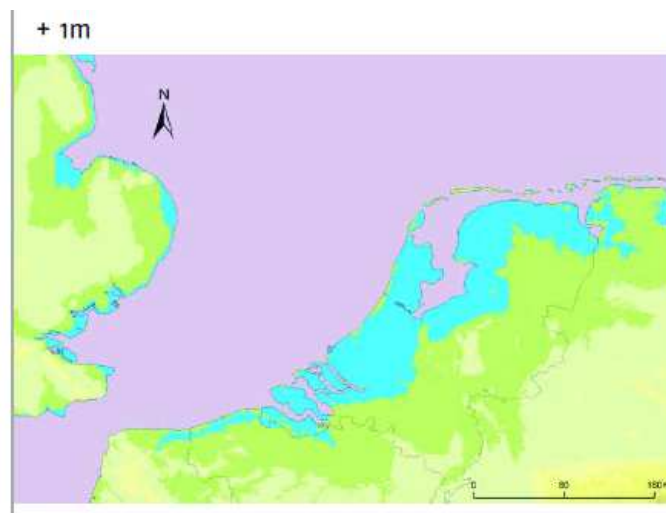
De verwachting is dat windsterkte nauwelijks zal veranderen ten opzichte van het huidige klimaat.

2.2.5 De zeespiegel stijgt

Informatie over de zeespiegelstijging is verzameld op basis van voorgaande studies en analyses. Het MIRA Klimaatrapport (Brouwers et al., 2015) geeft aan dat sinds het begin van de 20^{ste} eeuw het zeeniveau jaarlijks met 1,7 mm toeneemt door de uitzetting van het opwarmende zeewater en het smelten van de ijskappen (Brouwers et al., 2015). Wel is er sinds de jaren '50 een versnelling zichtbaar en is de jaarlijkse zeespiegelstijging 3,4 mm. De verwachting is dat de zeespiegelstijging nog meer zal versnellen met zo een 6 mm of 9 mm per jaar, wat leidt tot een stijging van 60 cm of 90 cm tegen 2100. In het ergste geval zal de zeespiegel stijgen met 2 m tegen 2100. Stijgende zeespiegelstijging is relevant in het kader van overstromingen.

De zeespiegelstijging zorgt voor een groter overstromingsgevaar van laag liggende gebieden en bemoeilijkt ook de afvoer van water van getijderivieren tijdens stormen, zoals de Schelde. Dat is te zien in Figuur 10. Zeespiegelstijging verlaagt het veiligheidsniveau dat dijken en gecontroleerde overstromingsgebieden initieel beogen te bieden. Zeespiegelstijging kan ook een rol spelen bij verzilting.

Figuur 10: Oppervlakten die zich onder de zeespiegel bevinden en die zouden overstromen wanneer ze niet beschermd worden bij zeespiegelstijging van 1 meter (van Ypersele en Marbaix 2004)



2.2.6 Wat gebeurt er met de natuurlijke schommelingen?

Naast de klimaattrends, die gedefinieerd worden als de veranderingen in de statistiek van het weer over tijdsperioden van minimaal 30 jaar, kunnen er binnen die perioden van 30 jaar belangrijke natuurlijke schommelingen voorkomen, (Brouwers et al., 2015).

Zo bleken er de afgelopen 100 jaar perioden voor te komen met meer extreme regenval, zoals in de jaren 1910-1920, 1950-1960 en 1990-2000, en andere perioden met minder extreme regenval, zoals in de jaren 1930-1940 en 1970-1980.

Ook de zeespiegel is aan meerjarige schommelingen onderhevig, vooral als gevolg van een periodiciteit in de stand van de hemellichamen die de getijdebeweging langs onze kust bepaalt (Brouwers et al., 2015). Deze natuurlijke schommelingen zullen ook in de toekomst bovenop de klimaattrend blijven voorkomen en tijdelijk voor meer of minder extreme situaties leiden dan wat de klimaattrends voorspellen.

2.2.7 Klimaatverandering in de provincie samengevat

De samenvatting van de klimaatdata geeft steeds de extremen weer. Dit is het meest extreme dat de klimaatmodellen momenteel weergeven voor de provincie Antwerpen en waar men in beleid en in de praktijk rekening mee zou moeten houden wanneer men klaar wil zijn voor klimaatverandering. Men vergelijkt de toekomstige situatie met de situatie zoals die vandaag ervaren wordt.

Tabel 1: Scenario matige klimaatverandering

	2030	2050	2100	Trend
T°C	Max. 1.2°C (in augustus)	Max. 2°C (in augustus)	Max. 4°C (in augustus)	Stijgende trend
Aantal hittedagen	Max. +4 dagen	Max. +7 dagen	Max. +14.7 dagen	Stijgende trend
Aantal vorstdagen	Max. afname 5.5 dagen	Max. afname 8.7 dagen	Max. afname 18.2 dagen	Dalende trend
Intensiteit buien	Max. 10.8% intenser (in juli)	Max. 18.1% intenser (in juli)	Max. 36.3% intenser (in juli)	Onzekerheid: neerslag intensiteit zou kunnen afnemen, maar ook toenemen. De intensiteit lijkt te verdubbelen in 2050 en 2100
Hoeveelheid neerslag	Max. toename 6.8% (in maart)	Max. toename 11.4% (in maart)	Max. toename 23% (in maart)	Steeds natter in de winter herfst en lente Steeds droger in de zomer
	Max. afname 8.7 % in juli	Max. afname - 15.5 % in juli en augustus	Max. afname 30.9% in juli en augustus	Afname van neerslag in de zomer is groter dan toename van neerslag in de andere maanden

Tabel 2: Scenario sterke klimaatverandering

	2030	2050	2100	Trend
T°C	Max 2°C (in juli)	Max 3.3°C (in juli)	Max. 6.6°C (in juli)	Snel stijgende trend
Aantal hittedagen	Max +11.7 dagen	Max +19.5 dagen	Max +38.2 dagen	Snel stijgende trend
Aantal vorstdagen	Max. afname 7 dagen	Max. afname 12 dagen	Max. afname 25 dagen	Dalende trend
Intensiteit buien	Max. 13.1% intenser (in oktober)	Max. 21% (in oktober)	Max. 43% intenser (in oktober)	Onzekerheid: neerslag intensiteit zou kunnen afnemen, maar ook toenemen.
Hoeveelheid neerslag	Max. toename 9.9% (in februari)	Max. toename 16.6% (in februari)	Max. toename 33.2% (in maart)	Steeds natter in de winter herfst en lente Steeds droger in de zomer.
	Max. afname 15.8% in augustus	Max. afname 26.4% in augustus	Max. afname 52.7% in augustus	Afname van neerslag in de zomer is groter dan toename van neerslag in de andere maanden

Tabel 3: Vergelijking klimaatverandering provincie Antwerpen ten opzichte van België

Klimaatverandering	Vergelijking België en provincie Antwerpen
Temperatuurstijging	Gemiddelde temperatuurstijging in België > in de provincie Antwerpen
Neerslagverandering	Gemiddelde neerslagtoename in de winter in België in totaliteit < dan in provincie Antwerpen – het is natter Gemiddelde neerslagafname in de zomer in België > dan provincie Antwerpen – het wordt iets minder droog

3 Mogelijke gevolgen door veranderingen in het klimaat

Dit derde hoofdstuk past het principe van de stresstest toe (van de Ven et al, 2014). Er wordt gekeken naar de huidige situatie in de provincie Antwerpen en er wordt geïdentificeerd welke sectoren en welke gebieden een invloed zouden kunnen ondervinden door deze klimaatverandering. Sommige sectoren en gebieden kunnen er last van ondervinden. Voor anderen kan klimaatverandering kansen creëren.

3.1 Overstromingen

De overstromingen waar de provincie Antwerpen mee te maken kan krijgen zijn overstromingen vanuit de zee, omwille van de monding van de Schelde, overstromingen als gevolg van lokale stortbuien en rivieroverstromingen. Er liggen veel gebieden in de provincie die overstromingen kunnen ervaren.

Ten eerste is de verwachting dat een overstroming van de Schelde tussen Gent en Vlissingen, die nu één keer om de 70 jaar voorkomt, veel frequenter zal gaan voorkomen door klimaatverandering. Tot wel 1 keer om de 25 jaar (Willems, s.d.). Dat geeft vooral overstromingsproblemen bij de monding van de Schelde en de mondingen van de zijrivieren. Op dit moment wordt in het hernieuwde Sigmoplan, dat de bedoeling heeft om gebieden te beschermen tegen overstromingen vanuit de zee, rekening gehouden met de zeespiegelstijging en worden gebieden al beschermd voor frequentere overstromingen (Waterwegen en Zeekanaal, s.d).

Ten tweede zullen er vaker overstromingen plaatsvinden in stedelijk gebied, omdat de intensiteit van buien toeneemt. De meeste rioleringen zijn ontworpen om water af te voeren van buien die één keer om de 20 jaar voorkomen. De verwachting is dat de neerslagintensiteit van zo een bui zal toenemen. In het uiterste geval met zelfs 40% intenser (zie hoofdstuk 2). Grote neerslaghoeveelheden op korte tijd kunnen lokaal wateroverlast veroorzaken. Willems et al. (2015) hebben een studie uitgevoerd naar de kans op water in de straten van Antwerpen na hevige regenval en komen tot de conclusie dat Antwerpen zeer kwetsbaar is voor deze zogenaamde pluviale overstromingen. Dit type van overstroming kan vooral voorkomen in geasfalteerde gebieden met beperkte infiltratie- en afvoercapaciteit. Die geasfalteerde oppervlakten nemen alsmaar toe (Poelmans et al., 2010).

Ten derde zijn ook veel rivieren gevoelig voor klimaatverandering en hebben ze op bepaalde momenten te maken met grotere piekafvoeren. Bij sterke klimaatverandering is de verwachting dat piekafvoeren van rivieren en beken op bepaalde momenten kunnen gaan toenemen tot wel 35%. De terugkeerperiode van een overstroming die onder het huidige klimaat één keer om de 20 jaar voorkomt, zal bij sterke klimaatverandering ongeveer één keer om de 5 jaar kunnen voorkomen. Deze overstromingen kunnen vooral in de winter gebeuren (Willems, s.d.).

3.1.1 Bebouwing, voorzieningen en de economie

Overstromingen zijn in eerste instantie problematisch voor gebouwen, infrastructuur en voorzieningen. Er kan veel schade ontstaan en de samenleving kan enige tijd ontwricht raken. Een eigen analyse op basis van de data van de watertoetskaarten en data m.b.t; bebouwing leert dat er mogelijk tot 35.000 gebouwen zich daadwerkelijk in

overstromingsgevoelige gebieden bevinden. Naast schade aan gebouwen van bedrijven, kunnen overstromingen er ook voor zorgen dat bedrijven hun activiteiten moeten staken. Goederen kunnen bijvoorbeeld tijdelijk niet aangeleverd worden. Of machines kunnen niet werken en grondstofvoorraden komen onder water te staan.

De verwachting is dat deze aantallen van gebouwen zullen stijgen, zowel bij matige als bij sterke klimaatverandering omwille van de toename van overstromingen in frequentie en in oppervlakte.

De overheid heeft enkele instrumenten zoals de watertoets en signaalgebieden, om dit aantal te stabiliseren (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, s.d.). In de provincie Antwerpen zijn er al een aantal gebieden aangeduid als signaalgebied. Signaalgebieden zijn gebieden waar nog geen bebouwing te vinden is, maar waar planologisch beschouwd wel gebouwd zou mogen worden. Deze signaalgebieden zijn aangeduid na de overstromingen eind 2010 en begin 2011 met de bedoeling om zorgvuldig om te gaan met het waterbergende vermogen van deze gebieden (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2013).

Er zijn op dit moment geen cijfers voorhanden over het totaal aantal gebouwen in de provincie Antwerpen dat risico loopt op schade door stortregens. Dit type onderzoek is nodig om in te schatten hoe ernstig de problemen zouden kunnen worden in de toekomst.

3.1.2 Welzijn en gezondheid

Schade aan gebouwen en infrastructuur vorm één effectgroep. Daarnaast veroorzaken overstromingen ook heel wat maatschappelijke chaos en menselijk leed dat niet in geld uit te drukken is (Meyer & Messner, 2005). Niet alle mensen gaan even gemakkelijk om met overstromingen. Kwetsbare groepen als ouderen, alleenstaande ouders en chronisch zieke mensen hebben vaker meer moeite om de nasleep van een overstroming af te handelen, zoals schoonmaak, onderhandelen met verzekeringsmaatschappij of het organiseren van tijdelijke huisvesting. Dat levert stress, angst en depressies op en zet een druk op de financiële reserves van deze mensen. Sommige mensen worden ook fysiek ziek en krijgen hartritme stoornissen of griep (Coninx & Bachus, 2009; Coninx I., 2011).

3.1.3 Energie en drinkwater

Bij overstromingen gebeurt het vaak dat de elektriciteit uitvalt, omdat elektriciteitscabines en -centrales onder water komen te staan. Hoewel er geen ruimtelijke informatie gevonden is over de precieze locatie van het elektriciteitsnetwerk, loont het de moeite om op korte termijn samen met de energiebedrijven na te gaan wat de verwachte verandering in overstromingsrisico betekent voor de elektriciteitsvoorziening. Ook andere nutsvoorzieningen, zoals telefoon, internet en drinkwater kunnen uitvallen. (De Nocker et al., 2007).

3.1.4 Mobiliteit

Extreme buien vergroten de filekans. Wateroverlast kan dan leiden tot waterschade en uitval van snelwegen, ontregeling van het openbaar vervoer en stroomuitval (Heyndrickx, C., 2015; EEA, 2014). Dat brengt kosten voor de economie met zich mee. Momenteel kost een file in Vlaanderen gemiddeld 600.000 euro aan de economie (Maerivoet, 2015). Door de klimaatverandering zullen overstromingen vaker voorkomen en dan is de kans op schade aan wegen ook groter.

3.1.5 Landbouw

Hagelbuien kunnen schade aanbrengen aan serres. Stort- en hagelbuien kunnen ook schade aanbrengen aan gewassen op open veld in de lente en zomer. Een goed functionerend drainagesysteem kan helpen om waterschade aan gewassen te beperken. Overstromingen maken het lastig om het land te bewerken. Dit kan leiden tot kortere groeiseizoenen en lagere opbrengsten. Ook overstromingen met water van slechte kwaliteit is een zorg voor vele landbouwers omwille van de strenge eisen rondom voedselveiligheid. Ook kunnen overstromingen resulteren in meer bodemerosie. Regenbuien beïnvloeden het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen. Die spoelen weg door overstromingen. Ziektes en plagen hebben meer kans om te ontstaan. In de dierhouderij kunnen natte weiden leiden tot gezondheidsproblemen.

3.1.6 Natuur

Veranderingen in het regime van overstromingen kan ook een invloed hebben op natuur door de waterstanden en de voedselrijkdom in het water. Vooral onregelmatige, extreme overstromingen kunnen natuur verstoren. De natuur past zich gemakkelijker aan bij kleine overstromingen die een bepaalde regelmaat hebben. Wanneer overstromingen veel frequenter voorkomen, dan kunnen de ecosystemen zich moeilijker herstellen en worden ze veel kwetsbaarder voor verstoringen zoals insectenplagen. De Universiteit Antwerpen beschikt over een evaluatiematrix om in te schatten welke natuur het meest kwetsbaar is voor overstromingen en welke natuur er vrij goed tegen bestand is (Meire et al. 2011).

3.1.7 Erfgoed

Veranderende neerslagpatronen en overstromingen kunnen het culturele erfgoed aantasten (Brimblecombe, Grossi, & Harris, 2006). Het zijn de variërende grondwaterstanden die problematisch zijn en het overstroomden van gebieden die tot nog toe niet overstroomden (Colette A., 2009). Dat kan ook meer en meer gaan spelen in de provincie Antwerpen.

3.2 Droogte

De veranderende neerslagpatronen kunnen droogte veroorzaken in rivieren en kanalen en in de watervoorraden. De analyse van de klimaateffecten geeft aan dat er een chronisch neerslagtekort aan het ontstaan is (Willems, s.d.). Dat neerslagtekort is problematisch omdat het van belang is om grondwatervoorraden aan te vullen. Vansteenkiste et al. (2014) hebben geconcludeerd dat klimaatverandering zal zorgen voor een sterke daling van de grondwatervoorraden in het gebied van de Grote Nete. Die situatie doet zich voor bij een scenario dat vergelijkbaar is met het scenario van gematigde klimaatverandering. Vooral het oosten van de provincie Antwerpen zou te maken kunnen krijgen met sterk dalende waterstanden.

Droogte is ook te merken aan het droogvallen van beken en dalende piekafvoeren van rivieren. Bij matige klimaatverandering is een daling van de piekafvoeren te verwachten tussen 10% en 35%. Bij sterke klimaatverandering kunnen sommige piekafvoeren dalen met wel 88% (Willems, s.d.). Die locaties zijn te vinden ten noorden van de stad Antwerpen en in het oosten van de provincie. Dit zijn gebieden die gekenmerkt worden door droogtegevoelige natuur. Bekken kunnen zelfs droogvallen. Zomerse droogte kan ook

zorgen voor lagere waterstanden in de Maas, wat gevolgen heeft voor de watertoevoer naar het Albertkanaal en de Kempische kanalen (Willems, 2015). Naast klimaatverandering is ook verharding een oorzaak voor droogte, omdat het de infiltratiecapaciteit van de bodem lokaal reduceert.

3.2.1 Natuur en recreatie

Droogte kan natuurwaarden aantasten. Bepaalde soorten kunnen verdwijnen, nieuwe soorten kunnen in gebieden voorkomen (van der Aa, et al, 2015). De provincie heeft tal van groendomeinen in beheer die opengesteld worden voor recreatie en vrije tijdsactiviteiten. Deze domeinen zijn bedoeld om mensen op een kwaliteitsvolle, betaalbare en laagdrempelige manier te laten genieten van de natuur. In deze domeinen wordt gefietst, gewandeld, gesport, gegeten en gedronken. Droogte in de zin van minder tijd met regen is wel gunstig voor recreatie omdat mensen meer kans hebben om te recreëren. Maar voor de groendomeinen, die omwille van de natuur zo aantrekkelijk zijn, kan verdroging zeer nadelig zijn, omwille van verlies aan natuurwaarde en omwille van vallende takken of brandgevaar (zie ook bij hitte). Jolly et al (2015) hebben het risico op natuurbranden in de wereld onderzocht en zijn tot de conclusie gekomen dat de randvoorwaarden voor natuurbranden veel vaker zullen plaatsvinden (van der Aa, et al. 2015). In extreme gevallen zullen domeinen gesloten moeten worden omdat de veiligheid in het gedrang komt. Dit geldt ook voor heide en bosgebieden (zie ook bij hitte). Bij toenemende frequentie van droogteperiodes kan de kwetsbaarheid van natuur voor andere drukfactoren, zoals branden en insectenplagen, toenemen.

3.2.2 Drinkwaterbeschikbaarheid en waterkwaliteit

Drinkwater wordt o.a. gewonnen uit het Albertkanaal bij Broechem en het Netekanaal bij Lier-Duffel. Wanneer de rivierafvoeren ten gevolge van klimaatverandering verminderen, zal er minder oppervlaktewater beschikbaar zijn voor drinkwaterwinning (Amice, 2013). Lagere waterbeschikbaarheid betekent ook slechtere kwaliteit van oppervlaktewater door verminderde verdunning van de vuilvrachten, en dus hogere kosten bij zuivering van gewonnen oppervlaktewater tot drinkwater (Brouwers et al, 2015). Dit zal zich vooral kunnen voordoen in de zomer (Amice, 2013). Verder wordt er op verschillende locaties elders in de provincie ook drinkwater gewonnen uit grondwater. Aangezien deze grondwatervoorraden mogelijk zullen slinken, kan ook de drinkwaterbeschikbaarheid onder druk komen te staan. Momenteel is de waterbeschikbaarheid per persoon ca. 1480 m³ wat veel lager ligt dan het Europese gemiddelde. Vlaanderen en Brussel behoren nu al formeel tot de categorie van waterschaarse regio's (VMM, 2010).

3.2.3 Economische waterafhankelijkheid

Minder waterbeschikbaarheid heeft gevolgen voor de economie, zoals energieproductie, chemische industrie en agrifood sector, die allen centraal staan in het economische beleid van de provincie. Wetende dat de gemiddelde waterschikbaarheid in Vlaanderen al zorgwekkend laag is, vergeleken met de internationale normen, is dit een zorgpunt dat in beschouwing moet genomen worden. VLAKWA (2015) heeft uitgerekend dat ca. 16% van de banen in de provincie Antwerpen afhankelijk is van water en zich situeert in de waterintensieve economische sectoren.

3.2.4 Binnenvaart

Zomerse droogte zorgt voor lagere waterstanden in de Maas (Vansteenkiste et al. 2009). Hoewel de Maas niet door het gebied van de provincie Antwerpen stroomt, heeft het wel gevolgen voor de binnenscheepvaart. Het Maaswater voedt immers diverse kanalen, waaronder het Albertkanaal en de Kempische kanalen zoals afgesproken in het Internationale Maasverdrag (1995). De wachttijden voor sluizen zal toenemen en schepen kunnen minder zwaar beladen worden (Amice 2013). De vraag is of bedrijven deze kostprijs zullen willen betalen, of dat ze kiezen voor andere vervoersmodaliteiten.

3.2.5 Landbouw

Bepaalde gewassen zijn droogtegevoelig zoals groenten, maïs, aardappelen (Gobin, 2012). Droogte kan leiden tot minder inkomsten en schade aan de oogst (Gobin, 2012). De provincie Antwerpen telt 12% akkerbouwgewassen (maïs als droge korrel), 35% maïs als vochtig geoogste korrel en 5% tuinbouwgewassen, waarvan 4/5 niet in serres. Ook sierteelt, bomen, aardbeien en klein fruit wordt geproduceerd in de provincie (Provincie Antwerpen, 2011). Het is onduidelijk wat droogte betekent voor de landbouw in de provincie, omdat landbouwers allerlei technieken en praktijken gebruiken om met droogte om te gaan, zoals druppelirrigatie en waterbuffering in reservoirs. Ook heeft droogte impact op weidedieren, zowel qua voeding als qua dierenwelzijn. Droogte en warmte gaan immers vaak hand in hand. Bij droogte groeit het gras minder goed, waardoor de ruwvoederwinning in de problemen kan komen, zowel bij directe begrazing als bij inkuilen (mond. med. Dienst Landbouw en Plattelandsbeleid, Provincie Antwerpen).

3.2.6 Infrastructuur en gebouwen

Droogte kan zorgen voor bodemverzakkingen en schade aan infrastructuur (wegen, spoor, fietspaden) en gebouwen (Brotsma et al., 2012).

3.3 Hitte

De frequentie van hittedagen neemt toe. Een hittedag is een dag waarop de maximale temperatuur hoger is dan 25°C. Men spreekt van een hittegolf wanneer de temperatuur gedurende 5 dagen of meer 25°C of hoger is (bron: KMI).

Sinds de jaren '70 is de frequentie van hittegolven gestegen van 1 om de 3 jaar naar jaarlijks (Brouwers et al, 2015). Ook in de toekomst zal het aantal dagen dat het warmer wordt dan 25 °C sterk toenemen. In de provincie zal dat in het beste geval stijgen met slechts 1 dag tegen 2030, ten opzichte van de situatie vandaag. In het slechtste geval is dat 12 dagen meer dan in het huidige klimaat tegen 2030. Tegen 2100 zou het aantal hittedagen zelfs kunnen toenemen met 38 dagen.

Hoge temperaturen en hittedagen kunnen plaatselijk het hitte-eiland effect versterken. Dit effect vindt vooral plaats in gebieden met veel verharde oppervlaktes met hoogbouw, en dus vooral in stedelijk gebied (Stewart, Oke, & Krayenhoff, 2014). Deze verharde oppervlaktes warmen overdag sterker op en koelen 's nachts langzamer af. De warmte blijft er langer hangen (Stewart et al., 2014). Dit hitte-eiland effect treedt ook vaak op industrieterreinen op (Stewart et al., 2014).

VITO (Lauwaet et al. 2014) heeft recent een studie naar het hitte-eiland effect van de stad Antwerpen uitgevoerd en de resultaten laten zien dat dit effect vandaag al optreedt. In de binnenstad is het volgens deze berekeningen gemiddeld 3 tot 4 °C warmer dan in het omliggende gebied, met extreme temperatuursverschillen tot wel 8°C. Groen kan zorgen voor verkoeling en schaduw in deze gebieden (Stewart et al., 2014). Daarnaast kan groene ruimte onder bepaalde randvoorwaarden ook andere ecosysteemdiensten leveren als biodiversiteit, verbeteren luchtkwaliteit en waterinfiltratie.

3.3.1 Gezondheidseffecten

Twee bevolkingsgroepen kunnen al snel problemen ondervinden van hitte en het hitte-eiland effect. Ouderen, vooral boven 75 jaar, kunnen problemen krijgen met de gezondheid. Een deel van deze mensen waarvan er steeds meer nog thuis wonen, wonen vaak in oudere woningen die snel warmer worden. Hete dagen over een langere periode kunnen resulteren in meer overlijdens (Haines et al. 2006). Het Wetenschappelijk Instituut voor Volksgezondheid berekende dat de hittegolf van 30 juni tot 5 juli 2015 resulteerde in 410 extra overlijdens als gevolg van hitte en de daarmee samenhangende hoge ozonconcentraties.

Hitte leidt vaak ook tot meer ziekenhuisopnames (Kovats et al., 2004; Schwartz, 2004). De andere bevolkingsgroep waarvoor extra aandacht nodig is omwille van hitte, zijn baby's en kleuters. Ook zij hebben een grotere kans op gezondheidsproblemen (Baccini et al., 2011; Koppe C., Kovats S., Jendritzky G., & Menne B., 2004). Een positief neveneffect van klimaatverandering is dat men verwacht dat er 's winters minder gezondheidseffecten zullen zijn door koude (Analitis et al., 2008).

Zomersmog heeft ook een impact op gezondheid van mensen. Zomersmog door ozon ontstaat bij een combinatie van luchtvervuiling (NO_x en VOC), veel zon en weinig wind. Dan ontstaan ozonpieken. In het MIRA klimaatrapport (2015) wordt al aangegeven dat bij aanhoudende klimaatverandering er grotere reducties van deze emissies nodig zullen zijn om de doelstellingen voor ozonpiekconcentraties en fijn stof te respecteren (Brouwers et al, 2015). Ook mondiale studies schatten in dat bij een gematigde klimaatverandering de daggemiddelde ozonconcentraties tegen 2030 met 10 % kunnen stijgen. Echter, helemaal zeker is deze trend niet, want ze is afhankelijk van de luchtvervuiling. Ozonpieken kunnen gelijk blijven of dalen wanneer de lucht minder vervuild is. Daar werkt het beleid momenteel al aan, maar bij toenemende temperaturen wordt het moeilijker de luchtkwaliteitsdoelen te blijven halen. Ozonpieken zijn nadelig voor de gezondheid en kunnen schade aanbrengen aan vegetatie (IRCELINE, 2015b; Viaene & Deutsch, 2014).

Klimaatverandering zou ook kunnen leiden tot meer nieuwe ziektes in onze contreien, of toename van bestaande ziektes, zoals de ziekte van Lyme, die door teken wordt overgedragen (BELSPO, 2016)). Verder leidt het ertoe dat het hooikoortsseizoen eerder begint en langer duurt. Dat kan beginnen vanaf maart en eindigen begin december (Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat, 2008).

3.3.2 Economie

Hitte heeft ook een impact op de economie. Wanneer het te warm is hebben werknemers last van concentratieverlies, vermoeidheid en moeite om beslissingen te nemen (Zander et al., 2015). Dit heeft effecten op de arbeidsproductiviteit. Wanneer het 30 C° of warmer is, dan is de arbeidsproductiviteit nog maar 70% (Hübler et al. 2008). Hitte

brengt extra kosten mee voor bedrijven, zoals om goederen en producten koel te houden en ook kantoren werkbaar te houden.

3.3.3 Recreatie en toerisme

Droog weer en hogere temperaturen zijn gunstig voor recreatie. Op warme dagen gaan meer mensen recreëren. Bij hitte zoeken mensen verkoeling in water, de schaduw en in de natuur. Daar zijn de provinciale groendomeinen ideaal voor. Echter, in sommige gebieden is de recreatiedruk nu al hoog en wordt er gezocht naar mogelijkheden om de recreatiedruk te matigen. Dat zijn aandachtsgebieden.

Ook de horeca zal profiteren van een toename van recreanten. Hitte kan er wel voor zorgen dat een bepaald recreatieaanbod tijdelijk niet beschikbaar is. Hitte leidt bijvoorbeeld tot een grotere kans op blauwalg in zwembadvisers (Paerl & Huisman, 2009).

Temperatuursveranderingen zullen ervoor zorgen dat het klimaat in de provincie Antwerpen aangenamer wordt voor toerisme en recreatie (Amelung & Moreno, 2011; Amelung, Nicholls, & Viner, 2007). Deze verandering, gekoppeld aan het feit dat het zuiden van Europa in de zomermaanden soms ondragelijk warm kan gaan worden, kan een kans zijn voor de provincie, omdat meer mensen besluiten om de vakantie door te brengen in eigen land (Amelung, Nicholls, & Viner, 2007).

3.3.4 Natuur

Droogte en hitte zorgen voor een groter risico op natuurbranden. Vooral bos en heide zijn gevoelig voor brand en er wordt verwacht dat branden zich veel vaker zullen voordoen (Jolly et al., 2015). In de provincie zijn tal van gebieden gelegen die kans hebben op brandgevaar, zoals de Kalmthoutse heide. Maar ook halfnatuurlijke graslanden en veengebieden zijn brandgevoelig. Branden kunnen leiden tot verlies aan biodiversiteit en ecosysteemdiensten (Van der Aa B. et al., 2015).

3.3.5 Landbouw

Hitte kan ook problemen geven voor de landbouw. Vooral veebedrijven vormen aandachtsgebieden. Bv. de comfortzone van koeien ligt tussen de 5 °C en de 20 °C en hittestress treedt echt op rondom 25 °C (Berman et al., 1985). Op dagen met hoge temperaturen is het nodig dat er voldoende schaduw is op de weiden, dat stallen verkoeld worden en dat er extra zorg gegeven wordt aan dieren, ook tijdens het transport. Vooral varkens zijn gevoelig voor transport bij hittegolven en het risico op sterfte is dan groot (FAO, s.d.). Hitte zou ook een effect kunnen hebben op de melkkwaliteit (André et al, 2011; Vanlaer E. & Tuytens F., 2013). Ook andere dieren kunnen last ondervinden van hitte. Ook gewassen ondervinden hittestress. Naast problemen door droogte, kunnen planten ook brandschade oplopen, waardoor er opbrengstverliezen ontstaan.

3.3.6 Elektriciteitsproductie

Hitte is problematisch voor elektriciteitsproductie via thermische energiecentrales. Deze hebben voldoende en koel water nodig en verliezen aan productiecapaciteit bij hete dagen. Momenteel wordt nog 98% van de mondiale elektriciteit geproduceerd via waterkracht en thermische elektriciteit centrales. Wageningen UR heeft samen met IIASA

recent onderzocht wat klimaatverandering betekent voor de elektriciteitsproductie. De verwachting is dat de thermische energiecentrales 81 tot 86% minder bruikbare productiecapaciteit hebben tegen 2040-2069 als gevolg van wereldwijde klimaatveranderingen (van Vliet et al. 2016). Ook voor de provincie Antwerpen is het de moeite om na te gaan wat de impact van klimaatverandering voor het elektriciteitsaanbod is. Daar zijn nog geen specifieke studies over beschikbaar. Over energieconsumptie is het de verwachting dat de energievraagpiek zal verschuiven van de winter naar de zomer. De verwachting is dat er in de winter minder energie nodig is, maar bij zomerse hittegolven meer energie om te koelen (Santamouris, 2014).

3.4 Geografische differentiatie van effecten en gevolgen

De grootte van de mogelijke effecten en gevolgen van klimaatverandering worden, naast menselijke ingrepen als verharding, sterk bepaald door het fysisch systeem (geheel van bodem, (grond)water, geomorfologie, ...). Een klimaatadaptatiebeleid heeft derhalve nood aan maatwerk voor de verschillende regio's en landschappen die de provincie rijk is.

Met het beleidsinstrument van de gebiedsgerichte werking waarmee de provincie veel ervaring heeft, is ze goed geplaatst om klimaatadaptatie te integreren in het (toekomstige) gebiedsgerichte beleid.

3.5 Leemten in kennis

De genoemde effecten zijn gebaseerd op recente onderzoeken. Het is mogelijk dat nieuw onderzoek leidt tot een aanvulling van deze lijst van effecten en nieuwe inzichten. Alvast volgende leemten in de kennis worden gedetecteerd

- Impact van minder vorstdagen op landbouwproductie: het is nog niet bekend wat de daling van het aantal vorstdagen betekent voor de landbouw in de provincie Antwerpen. Dit kan positief en negatieve gevolgen hebben. Minder vorstdagen leidt tot minder kans op vorstschade. Minder vorst verhoogt wel de kans op ziektes.
- Warmere temperaturen kan groeiseizoen van gewassen vervroegen en verlengen.
- Toename van invasieve soorten: het INBO (van der Aa, et al, 2015) schat in dat klimaatverandering zal leiden tot een toename van invasieve soorten. Een aantal observaties van invasieve soorten als gevolg van temperatuurstijgingen wordt nu al gemaakt.
- Andere ziekteverwerkers en plagen: door de veranderende temperaturen kunnen soorten uit het zuiden naar de provincie Antwerpen trekken. Wanneer er te weinig natuurlijke vijanden zijn, kunnen deze soorten zich ontwikkelen tot echte plagen. Ook kunnen soorten die zich nu al in de provincie Antwerpen bevinden zich ontwikkelen tot echte plagen en schade gaan veroorzaken. Vooral wat insecten betreft, is de verwachting dat er een aantal insectenplagen kunnen ontstaan door klimaatverandering (van der Aa, et al, 2015).
- Impact van CO₂ op de landbouwopbrengsten: meer CO₂ kan ervoor zorgen dat de landbouwproductie van een aantal gewassen zal toenemen

- Impact van hitte op materialen: er zijn geen studies gevonden die een inschatting maken van de effecten van hitte op materialen en infrastructuur die in provincie Antwerpen gebruikt worden, zoals wegen, gebouwen enz...
- Gevolgen voor erfgoed

3.6 Samenvatting van effecten en kwetsbaarheden

Vastgestelde klimaateffecten	Voorspelde klimaateffecten
Overstromingen	
Schade aan gebouwen en goederen	Schade aan erfgoed
Verstoring van economische processen – door onderbreking van de levering van grondstoffen en goederen of door overstromde productiemachines	Impact op natuur, door grotere kwetsbaarheid
Files	
Evacuatie van ziekenhuizen en scholen	
Ziektes, stress,	
Uitval van elektriciteit en telecom	
Vervuiling van drinkwater	
Verlies oogst, oogstschade	
Kwaliteitsverlies landbouwproducten	
Wegspoelen van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten – impact op milieu	
Ziektes en plagen in landbouw en veehouderij	
Droogte	
Recreatiegebieden onveilig door o.a. brandgevaar	Vaker kunnen recreëren
Insectenplagen	Aantasten van natuurwaarde, verdwijnen van soorten
Landbouwschade	Minder drinkwater beschikbaar
Minder voedsel voor weidedieren	Mindere kwaliteit van oppervlaktewater
	Verstoring van energieproductie, productie in de agrifood sector en chemiesector – economische schade
	Onderbreken van binnenvaart
	Langere wachttijden voor sluzen
	Minder lading op binnenschepen
	Verzakkingen van infrastructuur en gebouwen
Hitte	
Ziekte, stress	Mindere arbeidsproductiviteit
Slechtere luchtkwaliteit	Grotere recreatiebehoefte
Langer hooikoortsseizoen	Meer omzet voor toeristische sectoren en horeca
Kosten voor bedrijven om werkplaatsen en goederen op temperatuur te houden	Meer biodiversiteitsverlies
Brandgevaar in recreatiegebieden	Verstoring van elektriciteitsproductie door gebrek aan koelwater
Ziekte en sterfte bij dieren in veehouderij	Uitval machines bij te hoge temperaturen
Verlies kwaliteit van landbouw- en voedselproducten	
Algemene effecten	
Meer invasieve soorten	
Grotere kans op plagen	
Hogere landbouwopbrengst door stijging CO2 en warmere temperaturen	
Nog onduidelijke effecten	

Impact van minder vorst op landbouw

Impact van hitte op materialen

4 Klimaatadaptatiestrategieën en maatregelen

4.1 Beleidskader

Internationaal is de aandacht voor klimaatadaptatie geactualiseerd en geprioriteerd in het Parijse Klimaatakkoord (december 2015). In België staat klimaatadaptatie al langer op de beleidsagenda met o.a. de nationale adaptatiestrategie (2010) en het Vlaams adaptatieplan (2013) als belangrijke kaderende en inspirerende beleidsdocumenten.

De provincie Antwerpen plant haar ambities en acties klimaatadaptatie via de richtlijnen en het stappenplan van het Europese convenant Mayors Adapt dat ondertekend is in oktober 2014.

De provincie levert hiermee een bijdrage aan de algemene doelstelling van de EU-strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering en aan het creëren van een klimaatbestendig Europa. Dit betekent dat de provincie zich op klimaatverandering zal voorbereiden en de nodige stappen zal nemen om beter te kunnen reageren op de gevolgen ervan door:

- 1) het ontwikkelen van een strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering
- 2) het integreren van aanpassing aan de klimaatverandering in de bestaande plannen.

Deze doelstellingen worden verwezenlijkt via volgende stapsgewijze aanpak:

- beoordeling van potentiële risico's en kwetsbaarheden in verband met klimaatverandering als basis voor het prioriteren van aanpassingsacties;
- ontwikkelen en indienen van een adaptatiestrategie.
- uitvoeren van acties;
- monitoren en regelmatig evalueren van de gemaakte vorderingen;
- tweejaarlijkse rapportage;
- bijsturen van de adaptatiestrategie, op basis van de monitoring- en evaluatieresultaten

Dit eerste provinciaal adaptatieplan geeft uitvoering aan de eerste doelstelling. De komende twee jaar worden maatregelen uitgewerkt en processen geïnitieerd om de aanpassing aan klimaatverandering te integreren in de provinciale bevoegdheden, plannen en instrumenten.

4.2 Adaptatiestrategieën

Als inspiratiekader om klimaatadaptatie structureel te integreren in het provinciaal beleid wordt gewerkt met zeven, interagerende oplossingsgerichte strategieën:

- groen-blauw netwerk in stedelijk gebied
- groen-blauw netwerk in buitengebied
- klimaatrobuust ontwikkelen
- sluiten van de waterkringloop
- een klimaatbewuste en zelfredzame samenleving
- integratie klimaatmitigatie en -adaptatie
- procescoördinatie adaptatiebeleid

De zeven strategieën zijn weerhouden na een participatief overlegproces met interne diensten en externe deskundigen:

- verkennend gesprek met departementshoofden en diensthooften provinciale diensten
- reflectie over beschikbare kennis en modellen met vertegenwoordigers van UA, KUL, INBO, VITO, ...
- klimaatatelier met interne en externe overheidsdiensten en NGO's waar interactief gezocht is naar oplossingen voor de uitdagingen gekoppeld aan klimaatverandering
- discussie binnen de interne werkgroep klimaatadaptatie die de opmaak van het provinciaal adaptatieplan heeft begeleid
- advies provincie MiNa-raad

De zeven strategieën worden uitgebreid toegelicht. Telkens wordt hierbij ingezoomd op een (niet-limitatieve) reeks van actuele of reeds uitgevoerde provinciale maatregelen die reeds uitvoering geven aan een klimaatadaptief beleid.

Strategie 1 : Groen-blauw netwerk in stedelijk gebied

Beschrijving van de strategie

In de steden en dicht bebouwde kernen van de provincie spelen nu al problemen m.b.t. hitte-eiland effect en overstromingen door hevige regenval. Daarnaast zijn er problemen met luchtkwaliteit. De verwachting is dat dit door klimaatverandering zal verergeren. Op termijn kan ook droogte problematisch worden voor steden en dicht bebouwde kernen omwille van mogelijke schade aan gebouwen en infrastructuur.

Om die problemen te milderen zal een groen-blauw netwerk uitgebouwd worden van bomen, buurtparkjes, waterpartijen, volkstuintjes, etc... Een dergelijk groen-blauw netwerk kan (onder de juiste randvoorwaarden inzake schaal, densiteit, samenstelling, beheer, densiteit, connectiviteit, ...) diverse ecosysteemdiensten leveren die kunnen bijdrage aan klimaatadaptatie. Door dit netwerk uit te bouwen in en rondom verstedelijkt gebied kan men de volgende klimaatproblemen helpen aanpakken (Gehrels, van der Meulen en Schasfoort, 2016):

- wateroverlast door intense buien: parken, collectieve tuinen, plantvakken, maar ook volkstuintjes zijn nuttig omdat ze meer infiltratie mogelijk maken. Natuur in de stad bevordert verdamping en adaptatiemaatregelen zoals groendaken zorgen voor extra buffercapaciteit. Hierdoor wordt het risico op wateroverlast kleiner en dit beperkt zo ook mogelijk schade aan gebouwen door overstromingen.
- droogte: door water op te slaan in hemelwaterputten en door water meer kansen te geven om te infiltreren via bijvoorbeeld WADI's, wordt de kans op droogte kleiner. Dit helpt ook om schade aan gebouwen door droogte te beperken.
- hitte-eiland effect: bomen zorgen voor schaduw, wat helpt om de hitte te beperken. Ze zorgen ook voor verkoeling van de luchtstromen en creëren verdamping. Dat zorgt er voor dat de temperatuur in de steden aangenamer wordt. 10% meer boomkronen in de straat leidt tot een reductie van de temperatuur met 1°C (Klemm et al., 2013a; Klemm et al. 2014b). Als 10% van een bebouwd gebied vervangen wordt door groen, dan daalt de temperatuur met 0.4 tot 0.6°C (Steenefeld et al., 2011; Heusinkveld et al., 2014; Van Hove et al., 2015). Ook de aanwezigheid van oppervlaktewater, zoals waterpleinen en waterkunst helpen de stad te verkoelen. Ook kan men zgn. 'verkoelende routes' ontwerpen.
- luchtkwaliteit: planten zijn in staat een aantal vervuilende stoffen uit de lucht op te nemen en zo bij te dragen aan het verbeteren van de luchtkwaliteit (J.Neiryneck et al. 2014)

Welke bijkomende maatschappelijke voordelen heeft deze strategie?

- nieuwe recreatiemogelijkheden realiseren: momenteel is de recreatiedruk op bv. de provinciale groendomeinen al erg groot. Zeker op warme, zonnige dagen zoekt men er verkoeling. Door meer groen en blauw te integreren in stads- en dorpskernen blijven deze ook aangenaam en leefbaar en kan de recreatiedruk op warme dagen meer gespreid worden.
- kansen voor biodiversiteit: Soorten krijgen meer mogelijkheid om zich te verplaatsen en te migreren doorheen het netwerk, wat genetische uitwisseling en aanpassing aan het veranderend klimaat bevordert.
- zelfvoorziening vergroten: hemelwaterputten helpen water opvangen en WADI's bevorderen infiltratie, zodat grondwatervoorraden aangevuld worden. Volkstuinjes en stadslandbouw leveren voedsel dicht bij huis .
- leefbaarheid, aantrekkelijke gebieden en fijn woonklimaat: in een groene klimaatadaptieve wijk zijn mensen mogelijk meer geneigd om zich met de fiets of te voet te verplaatsen. Dit draagt ook bij aan de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen en is dus belangrijk voor het klimaatmitigatiebeleid.
- energie besparen: adaptatiemaatregelen zoals groendaken dragen bij aan de isolatie van woningen, waardoor mensen minder energie nodig hebben om in de zomer te koelen en in de winter te verwarmen (Castleton, Stovin, Beck, & Davison, 2010)..
- sociale cohesie bevorderen: buurtgroen, volkstuinen en plantsoenen in stedelijk gebied, dragen bij aan de sociale cohesie. Het is een ontmoetingsplaats en er kunnen vaak ook buurtactiviteiten plaatsvinden.

Voor een zo groot mogelijk effect van deze strategie is het belangrijk dat

- het netwerk in en rondom stedelijk gebied tot stand komt: Hoe vollediger het netwerk, des te meer klimaateffecten aangepakt kunnen worden.
- men kijkt naar de kenmerken en functies van het aanwezige ecosysteem. Niet elk ecosysteem is even effectief om de klimaatproblemen aan te pakken en de maatschappelijke meerwaarde te creëren. Zo zullen drogere, zandige gronden in een windcorridor ⁵ eerder een beperkt verkoelend effect hebben of soms zelfs de problemen verergeren.

Waar is deze strategie nodig?

Deze strategie is van belang voor (grote) verstedelijke kernen; zowel in de woonkernen als op industrie- en bedrijventerreinen is deze strategie noodzakelijk.

Lopende maatregelen (niet-limitatief) die reeds bijdragen aan deze strategie

Thema	Voorbeeldmaatregelen lopend beleid
Water	projecten integraal waterbeheer met visie 'ruimte voor water' en kaderend in 'protectie, preventie en paraatheid', : <ul style="list-style-type: none">• ingebuisde en rechtgetrokken waterlopen krijgen waar mogelijk opnieuw hun natuurlijke bedding• pompinstallaties treden in werking bij acute wateroverlast
Natuur /groen	- Landschapsbeelden biodiversiteit - Ondersteunen van gemeenten bij opmaak van groeninventaris

⁵ Een windcorridor is een 'gang' waardoor de wind gemakkelijk kan stromen.

	en –beheerplannen - Vergroenen van scholen - Sensibiliserende publicaties als 'Tuinwijzer', en 'Moestuinwijzer' - Stimuleren van meer natuur en biodiversiteit op bedrijventerreinen via Interreg project 2B Connect ⁶ en BIODIVA ⁷
Ruimtelijke ordening	Provinciale planprocessen <ul style="list-style-type: none"> - RUP's - afwegingskaders - kaderplannen - (ontwerpend) onderzoek - gebiedsgerichte projecten - aanvragen planologische attesten Adviseren gemeentelijke/gewestelijke planprocessen: <ul style="list-style-type: none"> - ruimtelijke structuurplannen - ruimtelijke uitvoeringsplannen
Vrije tijd	Beheer van provinciale parken en domeinen in het stedelijk gebied (bv. Rivierenhof, Vrijbroekpark)
Economie	Stimuleren van groendaken en groene gevels op bedrijventerreinen (Kamp C)

Strategie 2: Groen-blauw netwerk in buitengebied

Beschrijving van de strategie

Dit is een strategie die betrekking heeft op de open ruimte buiten het stedelijk gebied. Ook in dit buitengebied zullen hevige/meer frequente overstromingen, droogte en risico op brand toenemen. Ook hitte kan hier een daar een probleem vormen, vooral voor de toeristische infrastructuur.

Deze strategie impliceert dat het groen-blauw netwerk in het buitengebied versterkt worden om klimaateffecten te voorkomen of te beperken. Een dergelijk groen-blauw netwerk kan (onder de juiste randvoorwaarden inzake schaal, densiteit, samenstelling, beheer, densiteit, connectiviteit, ...) diverse ecosysteemdiensten leveren die kunnen bijdrage aan klimaatadaptatie. Deze strategie dient uitgewerkt worden in nauw overleg en geïntegreerd met andere ruimtelijke beleidsvragen vraagstellingen voor het buitengebied (bv. duurzame, veerkrachtige landbouw).

Door dit netwerk uit te bouwen kan men de volgende klimaatproblemen helpen aanpakken:

- Schade aan bebouwing beperken door overstromingen: door water te bufferen en te bergen in groene open ruimte (ook klimaatbuffer genoemd) waar het geen schade berokkent, blijft bebouwing bespaard van overstromingen.
- Droogte voorkomen: door water te infiltreren worden grondwatervoorraden aangevuld.
- Plaaigbestrijding: groenblauwe infrastructuur helpt bij natuurlijke plaaigbestrijding in de landbouw (van Alebeek, 2007)

⁶ Europese project 2B Connect zet zich in voor meer natuurlijke groeninrichting en beheer op minstens 70 bedrijventerreinen in Vlaanderen en Nederland.

⁷ BIODIVA is een scan die bedrijven kunnen gebruiken om te zien hoe binnen de bedrijfsvoering aan biodiversiteit wordt gewerkt. Het is een manier om te ontdekken wat biodiversiteit kan betekenen voor een bedrijf.

- Biodiversiteitsverlies: door groenblauwe infrastructuur wordt het ecosysteem sterker en wordt de impact van klimaatverandering op biodiversiteit beperkt. Dit is ook de functie van een klimaatbuffer. In een aaneengesloten netwerk kunnen soorten zich beter verplaatsen, wat genetische uitwisseling bevordert. Soorten kunnen ook migreren.
- Brandgevaar beperken: door het water- en natuurnetwerk op een doordachte manier in te richten, kan het risico op natuurbranden beperkt worden

Welke aanvullende maatschappelijke voordelen heeft deze strategie?

Een versterkte groenblauwe infrastructuur in landelijk gebied helpt ook voor:

- Kwaliteitsversterking van het landschap
- Bevorderen van natuurwaarden en (bodem)biodiversiteit
- Verbeteren van waterkwaliteit
- Voedselvoorziening
- Mogelijkheden voor nieuwe vormen van recreatie en meer gebieden die geschikt zijn voor recreatie, wat de recreatiedruk op de huidige gebieden beperkt.
- Waterbufferend vermogen in het agrarisch gebied: vasthouden bij droogte (stuwtes), afvoeren bij hevige regen.

Voor een zo groot mogelijk effect van deze strategie is het belangrijk dat

- Het groen-blauw netwerk zou een aaneengesloten netwerk moeten vormen.
- Het is van belang steeds te kijken naar de kenmerken en functies van het aanwezige ecosysteem. Niet elk ecosysteem is even effectief om de klimaatproblemen aan te pakken en de maatschappelijke meerwaarde te creëren.
- Ook is het van belang om te zorgen voor heterogeniteit van het netwerk, wat het netwerk veerkrachtig maakt.

Waar is deze strategie nodig?

Deze strategie is nodig op heide, in bossen en natuurgebieden, nabij rivieren en beken en in de open ruimte en landbouwgebieden.

Lopende maatregelen (niet-limitatief) die reeds bijdragen aan deze strategie

Thema	Voorbeeldmaatregelen lopend beleid
Landbouw en platteland	- Onderzoek naar (agro)biodiversiteit in Hooibeekhoeve - Plattelandsontwikkelingsprogramma (PDPO)
Natuur	- Provinciale landschapsbeelden biodiversiteit waarmee gebiedsdekkend aan groen-blauwe netwerken wordt gewerkt - Samenwerking met en projecten van regionale landschappen, landschapspark Zuidrand en bosgroepen (aanplanten dreven, houtkanten; creëren speelbossen, graven poelen, ...) - gemeenten ondersteunen bij opmaak van (natuur)beheerplannen
Ruimtelijke ordening	Provinciale planprocessen <ul style="list-style-type: none"> - RUP's afwegingskaders - kaderplannen - (ontwerpend) onderzoek - gebiedsgerichte projecten - aanvragen planologische attesten Adviseren gemeentelijke/gewestelijke planprocessen: <ul style="list-style-type: none"> - ruimtelijke structuurplannen - ruimtelijke uitvoeringsplannen (+planMER, planMER-screening, RVR's, passende beoordeling,...)

Water	<p>projecten integraal waterbeheer met visie 'ruimte voor water' en kaderend in 'protectie, preventie en paraatheid', :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aanleg en beheer overstromingsgebieden (vb. onder specifieke omstandigheden worden woningen gekocht om in overstromingsgevoelig gebied een uitdoofbeleid te kunnen instellen) • Ecologische inrichting van valleigebieden : ruimte creëren voor fauna en flora en een betere waterhuishouding • Beekherstel : ingebuisde en rechtgetrokken waterlopen krijgen opnieuw hun natuurlijke bedding • Pompinstallaties : op piekmomenten de kleinere waterlopen versneld legen in de grote rivieren, bestrijden van acute wateroverlast
Vrije tijd	Openstelling en beheer van provinciale groen- en recreatie domeinen en domeinen vzw Kempens Landschap

Strategie 3: Klimaatrobuust ontwikkelen

Beschrijving van de strategie

Deze strategie verwijst naar de nood om aanpassingen aan klimaatverandering te integreren bij (her)ontwikkelingen van gebouwen, een wijk of spoor, wegen, energie-of recreatie-infrastructuur. Klimaateffecten kunnen beperkt worden door deze gebouwen en infrastructuur op een andere manier te (her)bouwen of door andere materialen te gebruiken. Van belang is ook de ruimtelijke positionering van gebouwen en infrastructuur. Deze strategie is van belang voor technische diensten, diensten stedenbouw en ruimtelijke ontwikkeling, bedrijven, particuliere eigenaars, ...

Door adaptieve manieren van bouwen en (her)ontwikkelen kunnen volgende klimaateffecten aangepakt worden:

- Wateroverlast en schade aan gebouwen: door klimaatbestendig te bouwen lopen gebouwen in overstromingsgebied minder risico.
- Overstromingen: door water op te vangen op bijvoorbeeld daken en in hemelwaterputten_en_vertraagd af te voeren, beperkt men de kans op overstromingsproblemen
- Hitte en gezondheidseffecten: door klimaatrobuust te bouwen blijft het binnenklimaat in de zomer aangenaam koel. Ook de infrastructuur voor recreanten_moet gescreend worden in het licht van klimaatverandering.
- Hitte-eiland effect: door specifieke materialen te gebruiken in de straten en door de gebouwen op een specifieke manier te plaatsen, gecombineerd met natuur en water, kan men het hitte-eiland effect in stedelijk gebied voorkomen of milderen.

Welke aanvullende maatschappelijke voordelen heeft deze strategie?

Wanneer deze strategie gerealiseerd wordt, dan zal de samenleving en de economie minder last ondervinden van extremere klimaatgebeurtenissen. Het voordeel van deze strategie is dat bedrijven kunnen verder produceren en dat mensen minder financieel risico lopen omwille van overstromingen of branden. Een aantal adaptatiemaatregelen heeft ook het voordeel van energiebesparing en leiden daarmee tot synergie tussen adaptatie en mitigatie.

Waar is deze strategie nodig?

Deze strategie is voor de hele provincie Antwerpen van belang en vooral voor stedelijke gebieden: woningen, bedrijven, overheidsgebouwen, wegen en andere grijze infrastructuur.

Lopende maatregelen (niet-limitatief) die reeds bijdragen aan deze strategie

Thema	Voorbeeldmaatregelen lopend beleid
Landbouw en platteland	Onderzoek provinciale proefbedrijven om de duurzaamheid van het landbouwbedrijf verbeteren, met extra aandacht voor dierenwelzijn en milieu.
Ruimtelijke ordening /water	Rekening houden met overstromingsgevoeligheid via watertoets, signaalgebieden, advisering en opleggen van voorwaarden bij het verlenen van machtigingen. Ondersteunen gemeentelijke ruimtelijke planning
Economie	advies duurzaam bouwen (Kamp C) Kennis en ervaring materialenkennis en energiezuinig bouwen (DLOG) advies en ontwikkelen duurzame projecten op bedrijventerreinen, o.a. groenvoorziening, energie-efficiëntie en waterhuishouding (POM)

Strategie 4: De waterkringloop sluiten

Beschrijving van de strategie

Water is een grondstof die erg waardevol is, maar steeds schaarser wordt. Dit veroorzaakt op bepaalde momenten droogte. In Vlaanderen is er ook geregeld sprake van te veel aan water. Het sluiten van de waterkringloop helpt om deze extremen te matigen. Een teveel aan water is een kans om op een later moment het tekort aan water te voorkomen. Hoewel deze strategie zeer sterk gelinkt is aan strategie 1, 2 en 3, wordt deze toch afzonderlijk behandeld. De provincie Antwerpen bevindt zich immers in het gebied dat te maken heeft met beide effecten : soms te veel water en op een ander moment te weinig.

In deze strategie wordt vooral ingegaan op acties die aanvullend zijn op de eerder genoemde acties. De meeste van deze acties hebben te maken met waterefficiëntie. De acties zijn gericht op gebouwen, op steden en gemeenten en op bedrijven en bedrijventerreinen.

Welke aanvullende maatschappelijke voordelen heeft deze strategie?

Deze strategie heeft het voordeel van kostenbesparing, omdat men zuiniger omgaat met water. Ook zorgt deze strategie voor bedrijfscontinuïteit van waterafhankelijke bedrijven in de provincie. Water is één van de elementen die aan de basis liggen van landbouw en circulaire economie.

Waar is deze strategie nodig?

In de hele provincie wordt water geconsumeerd. Deze strategie is voor de hele provincie van belang. Adaptatiemaatregelen die op het 'platteland' genomen worden hebben effect in de stad en vice versa, omdat de waterkringloop de hele provincie omvat.

Lopende maatregelen (niet-limitatief) die reeds bijdragen aan deze strategie

Thema	Voorbeeldmaatregelen lopend beleid
-------	------------------------------------

Landbouw en platteland Water	- Europees project Triple C ⁸ : waterconservering in de landbouw met laagdrempelige maatregelen zoals stuwpeilbeheer of peilgestuurde drainage - Onderzoek proefbedrijven
Natuur	Bevorderen van groen in stedelijke omgeving, bedrijventerreinen, scholen,...
Ruimtelijke ordening Water	Rekening houden met overstromingsgevoeligheid via watertoets, signaalgebieden, advisering en opleggen van voorwaarden bij het verlenen van machtigingen Ondersteunen gemeentelijke ruimtelijke planning

Strategie 5: Een klimaatbewuste en zelfredzame samenleving

Beschrijving van de strategie

Deze strategie houdt in dat de bevolking en in het bijzonder kwetsbare groepen bewust gemaakt worden van de risico's die klimaatverandering met zich mee brengt en hoe ze kunnen omgaan met de risico's en mogelijke effecten. Deze strategie gaat over informatie beschikbaar stellen en op maat van doelgroepen bekend te maken. Wanneer mensen weten welke risico's ze kunnen lopen en ontdekken hoe ze zich er tegen kunnen beschermen, dan zullen de effecten mogelijk veel kleiner zijn.

Door deze strategie in te zetten, kan men volgende klimaatproblemen aanpakken:

- Gezondheidseffecten: vooral hittegolven kunnen leiden tot gezondheidsproblemen. Die kunnen voorkomen worden wanneer men goed zorg draagt voor kwetsbare groepen.
- Droogte: door mensen bewust te maken van de klimaatverandering en van het belang van water, leert men om spaarzamer om te gaan met water en ook dat infiltratie erg belangrijk is om de watervoorraden aan te vullen.

Welke aanvullende maatschappelijke voordelen heeft deze strategie?

De voordelen van deze strategie is dat mensen beter geïnformeerd zijn en zich ook voorbereiden op mogelijke extreme gebeurtenissen. Doordat men samenwerking bevordert, wordt ook de sociale cohesie versterkt in de wijken. Die sociale contacten kunnen ook belangrijk zijn voor allerlei buurtinitiatieven en dit zorgt voor allerlei informele netwerken.

Waar is deze strategie nodig?

Deze strategie is overal in de provincie noodzakelijk. De betrokkenheid van lokale besturen bij de uitwerking ervan is essentieel.

Lopende maatregelen (niet-limitatief) die reeds bijdragen aan deze strategie

thema	Voorbeeldmaatregelen lopend beleid
Landbouw en platteland	- Landbouw en plattelandsonderwijs - Projecten verbrede landbouw

⁸ Triple C : Climate resilient Community-based Catchment planning and management'. Binnen het project werken 12 partners uit Engeland, Vlaanderen en Nederland samen om kennis uit te wisselen over hoe landbouw en bij uitbreiding plattelandsgemeenschappen zich beter kunnen wapenen tegen de impact van de klimaatverandering.

	- Projecten sociale economie landbouwbedrijven - dorpenbeleid
Natuur	Natuur- en milieueducatie
Energie, milieu en gezondheid	Zorginnovatie-en welzijnsprojecten voor ouderen

Strategie 6: Integratie klimaatmitigatie en -adaptatie

Beschrijving van de strategie

Deze strategie gaat over mitigatiemaatregelen die zorgen voor CO₂ reductie.

Waar is deze strategie nodig?

Deze strategie is overal in de provincie van toepassing.

Welke lopende maatregelen dragen reeds bij aan deze strategie ?

De provincie Antwerpen neemt maatregelen om als organisatie tegen 2020 klimaatneutraal te worden samen met 43 gemeenten en startte in 2011 de ondersteuning van het gemeentelijke klimaatbeleid vanuit de eigen organisatie. Ze ontwikkelde verschillende ondersteuningspakketten (broeikasgasinventaris, catalogus klimaatmaatregelen, duurzaamheidsscreening gebouwen, korte terugverdiertijden, participatie, ...). Hierbij houdt de provincie in haar klimaatbeleid rekening met broeikasgasuitstoot ruimer dan enkel CO₂. Ook CH₄ (methaan) en N₂O (lachgas), broeikasgassen die een groot effect hebben op de klimaatverandering, worden meegerekend. (ter info: in burgemeestersconvenant ligt de focus enkel op CO₂)

En ook de inwoners in de provincie doen mee. Op www.vriendvan.be staan een waaier aan klimaatacties die tevens het leven van de burgers gemakkelijker maken.

Ondertussen wordt dit initiatief inclusief klimaatdoelstelling overgenomen door verschillende scholen, wat ons brengt bij het grondgebied van de gemeenten.

Als partner van de intercommunales ondersteunt de provincie het gemeentelijk klimaatbeleid op het grondgebied, 'het burgemeestersconvenant 2020' (in dit convenant nemen gemeentebesturen het engagement om de broeikasgasuitstoot met 20% te verminderen tegen 2020). Stilaan breiden gemeenten hun engagement uit naar het burgemeestersconvenant 2030.

Ter ondersteuning van dit beleid voert de provincie zelf allerlei acties uit om de broeikasgasuitstoot op het grondgebied te verminderen. Dit gaat van een beleid bij het aanleggen van fietspaden en focussen op duurzaam woon-werkverkeer, organisatie van een groepsaankoop groene stroom en pv-panelen, duurzaam bouwadvies voor allerlei doelgroepen, beleid rond lokale- en streekproducten, tot inzetten op meer bos door de bosgroepen en regionale landschappen.

Ook ondersteunen we andere organisaties op het grondgebied die zelf klimaatneutraal willen worden onder andere via de klimaatsubsidie die in 2017 voor het eerst wordt toegewezen.

In de provincie hebben ondertussen 67 van de 70 gemeenten een klimaatdoelstelling, nl. 43 gemeenten engageerden zich voor Klimaatneutrale organisatie 2020, 6 hebben een eigen doelstelling voor de organisatie, 62 ondertekenden het burgemeestersconvenant 2020 en 3 gemeenten ondertekenden het burgemeestersconvenant 2030.

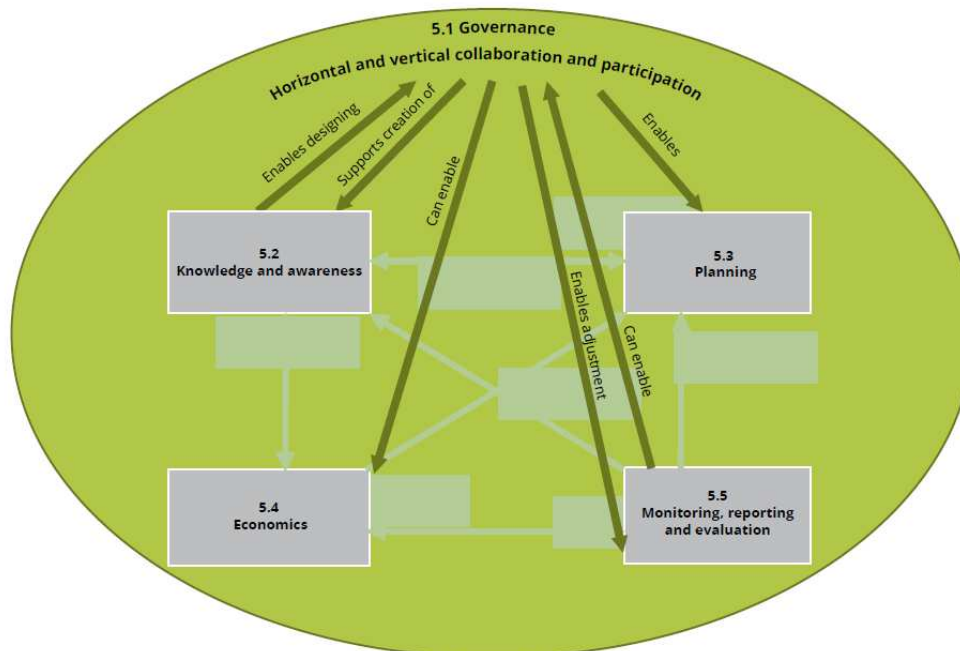
Strategie 7: Procescoördinatie adaptatiebeleid

Beschrijving van de strategie

Deze beleidsstrategie heeft te maken met samenwerking, overleg en afspraken maken. Er is samenwerking nodig tussen de verschillende beleidsniveaus: Vlaams, provinciaal en lokaal. Er is samenwerking nodig tussen en binnen de gemeenten en provincies onderling. En er is samenwerking nodig tussen de overheid, onderzoekers, middenveld, bedrijven en burgers.

Het Europese Milieuagentschap (2016) analyseerde adaptatie op nationaal en op stedelijk niveau en is tot de vaststelling gekomen dat goede 'governance' voor adaptatie zou moeten berusten op horizontale en verticale samenwerking tussen actoren op vlak van vier aspecten:

- Kennis en bewustmaking
- Planning
- Economie en financiering
- Monitoring, rapportering en evaluatie



De provincie kan belangrijke rollen vervullen bij klimaatadaptatie. Een eerste rol is de schakel zijn tussen het internationale, nationale, Vlaamse en het lokale niveau. Tot op vandaag is klimaatadaptatie een beleidsthema dat vooral op (inter)nationaal en Vlaams niveau op de agenda staat. De provincie kan zowel gebiedsgericht als naar specifieke doelgroepen klimaatadaptatie gedifferentieerd en participatief 'vertalen' en maatwerk bieden bij de implementatie ervan..

De tweede rol is om gemeenten te ondersteunen bij de uitwerking van een lokaal adaptatiebeleid.

De provincie speelt ook een derde rol op vlak van de implementatie van adaptatie. De provincie beschikt immers zelf over een aantal beleidsinstrumenten om adaptatie te versnellen via haar ruimtelijke instrumenten, waterlopenbeheer, groendomeinen, ...

Binnen de provinciale organisatie dient deze beleidsstrategie geïntegreerd te worden in de bestaande netwerken en werkgroepen betrokken bij klimaatmitigatie.

Voor de provincie Antwerpen valt het einde van de volgende planperiode binnen Mayors Adapt samen met de start van een nieuwe legislatuur. Om die reden kunnen maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie meteen geïntegreerd en gebudgetteerd worden binnen

de nieuwe provinciale Beleids- en Beheercyclus (BBC). Dit is een ook een significant gegeven bij het uitwerken van een ondersteuningsaanbod voor lokale besturen.

De volgende planperiode start op het moment dat er een vernieuwde Burgemeesterconventant is die inzet op de integratie tussen klimaatmitigatie en klimaatadaptatie. Deze integratie is eveneens een significant aandachtspunt bij het uitwerken van de volgende tweejaarlijkse rapportage tegen eind 2018.

Binnen het nieuwe burgemeesterconvenant wordt gewerkt met een tijdshorizon van 2050 en met als strategische doelen:

- koolstofvrije gebieden, om er zo toe bij te dragen dat de gemiddelde opwarming van de aarde ruim onder 2 °C blijft ten opzichte van de pre-industriële niveaus, in overeenstemming met de internationale klimaatovereenkomst van COP 21 die in december 2015 is gesloten in Parijs;
- veerkrachtiger gebieden, om zo voorbereidingen te treffen tegen de onvermijdelijke negatieve gevolgen van klimaatverandering;
- universele toegang tot zekere, duurzame en betaalbare energiediensten voor iedereen, om zo de levenskwaliteit te verhogen en de energiezekerheid te verbeteren.

Volgende operationele doelen moeten daar tegen 2030 toe bijdragen:

- de uitstoot van CO₂ (en eventueel van andere broeikasgassen) op het grondgebied met ten minste 40 % terug te dringen, met name door een betere energie-efficiëntie en een ruimer gebruik van hernieuwbare energiebronnen;
- veerkracht te verhogen door ons aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering;
- visie, resultaten, ervaringen en kennis te delen door directe samenwerking en uitwisseling.

4.3 Maatregelen

Leidend principe adaptatiemaatregelen: 'No regret'

Adaptatiemaatregelen moeten robuust en no-regret (co-benefit) zijn, waarmee bedoeld wordt dat de maatregelen waardevol blijven, grotendeels onafhankelijk van de mate van klimaatverandering. Vaak zal dit pleiten in de richting van laag-technologische, onderhoudsarme, energiezuinige, eenvoudige systemen.

Er is een grote verwevenheid tussen de verschillende beleidsvelden betrokken bij klimaatadaptatie. Een goede samenwerking tussen en binnen deze beleidsvelden kan leiden tot win-win situaties. Hierbij heeft een maatregel naast een positief adaptatie-effect, ook andere voordelen, bijvoorbeeld op het vlak van mitigatie, recreatie, biodiversiteit, welzijn of economie. Andersom kan een maatregel, die niet expliciet uit adaptief oogpunt wordt genomen, toch een meerwaarde hebben voor adaptatie. Daarom is het van groot belang dat zowel de ontwikkeling als de uitvoering van adaptatiebeleid beleidsveldoverschrijdend plaatsvindt. Indien dat niet gebeurt, ontstaat het gevaar van maladaptatie. Hierbij worden de negatieve effecten van de klimaatverandering naar een ander beleidsveld overgeheveld.

Adaptatiemaatregelen in vier deelprocessen

Tijdens de volgende planperiode van Mayors Adapt (2017-2018) worden de maatregelen, noodzakelijk geacht om:

- met de 7 oplossingsgerichte strategieën als inspiratie;
- met 'no regret' maatregelen als leidend principe

aanpassing aan klimaatverandering te integreren in het provinciaal beleid, onderverdeeld in 4 deelprocessen:

- Communicatie
- Co-creatie
- Capaciteitsopbouw
- Coöpereren

Communicatie

De geïnventariseerde effecten, risico's, kwetsbaarheden en kansen als gevolg van klimaatverandering wordt internsief gecommuniceerd met, in de planperiode 2017-2018, lokale besturen als belangrijkste externe doelgroep. Hiervoor wordt een specifieke website gecreëerd waar deze informatie op laagdrempelige wijze wordt gecommuniceerd. Op de website worden ook tal van praktijkvoorbeelden m.b.t. aanpassingen aan klimaatverandering getoond.

Naast de website worden infomomenten georganiseerd waarmee snel een multiplicator-effect in het verspreiden van de huidige kennis kan worden gerealiseerd. Voorbeelden van dergelijke infomomenten zijn de provinciale milieudag, het provinciale NME/EDO netwerk, de regionale landschappen, bosgroepen, ...

Deze communicatiemaatregelen worden ontwikkeld in nauw overleg met de andere provincies en de Vlaamse overheid (zie o.a.

<http://www.vlaamseklimaatop.be/ondersteuning-lokale-overheden>) zodat er voor de lokale besturen transparante en gecoördineerde communicatie-instrumenten worden ontwikkeld.

Co-Creatie

Nieuwe maatregelen voor de aanpassing aan klimaatverandering volgen het 'no regret' principe en worden beleidsveldoverschrijdend ontwikkeld.

Om tot ambitieuze en tegelijk realistische nieuwe maatregelen te komen is het essentieel dat de diverse provinciale diensten eerst uitgebreid geïnformeerd worden over de inzichten van dit eerste klimaatadaptatieplan. Anderzijds is het even noodzakelijk de kennis, ervaring en planning van de diverse provinciale diensten (en hun achterliggende beleidsnetwerken) verder in kaart te brengen.

Deze optelsom van 'eigenaarsschap', lopende acties en beleidsplanning is een noodzakelijke basis om maatwerk te garanderen bij nieuwe adaptatiemaatregelen.

Tijdens de volgende planperiode wordt met dit doel voor ogen een co-creatie proces georganiseerd voor en met de diverse provinciale diensten waarmee geïntegreerde, beleidsveldoverschrijdende acties worden gerealiseerd die kunnen opgenomen worden in de nieuwe provinciale Beleids- en Beheercyclus.

Naast nieuwe provinciale maatregelen wordt dit co-creatie proces ook gebruikt om, in overleg met de gemeenten via de overlegstructuren van de regiowerking, het ondersteuningsaanbod naar gemeenten uit te werken.

Capaciteitsopbouw

Dit adaptatieplan inventariseert naast risico's, kwetsbaarheden, effecten en kansen ook de nood aan het verder opvullen van leemten in de kennis. Typisch voor een nieuw beleidsdomein als klimaatadaptatie is dat beschikbare kennis ook (nog) niet optimaal geïntegreerd is in bestaande beleidsinstrumenten en -plannen. De noden en kansen om vanuit de provincie bij te dragen aan het vergroten van de kennis worden een belangrijk onderdeel van het co-creatie proces.

De inventarisatie van risico's en effecten en de oplossingsgerichte strategieën tonen alvast grote uitdagingen binnen de beleidsdomeinen water, ruimtelijke planning, natuur- en landschapsbeheer om het hoofd te bieden aan klimaatadaptatie. Naast de inzichten die kunnen ontstaan vanuit het co-creatieproces worden maatregelen opgestart om de beschikbare kennis en inzichten te integreren in hun actuele beleidsinstrumenten en -plannen.

Coöpereren

De processen en maatregelen voorzien in de volgende planperiode van Mayors Adapt worden begeleid door de interne werkgroep adaptatie die ook de opmaak van dit eerste adaptatieplan heeft begeleid. De werkgroep bestaat uit vertegenwoordigers van de diensten integraal waterbeleid, ruimtelijke planning, groendomeinen, milieu- en natuurbeleid, welzijn, infrastructuur, economie en landbouw. Dit verankert de ambitie om tot geïntegreerde, beleidsveldoverschrijdende maatregelen te komen.

De provincie Antwerpen zal daarnaast proactief de andere provincies, diensten van de Vlaamse overheid en de VVSG uitnodigen om een gezamenlijk adaptatieforum op te richten waarbinnen het proces van kennisopbouw en -deling wordt gecoördineerd en waar nieuwe beleidsmaatregelen worden afgestemd.

Adaptatiemaatregelen

De geplande maatregelen voor de volgende planperiode van Mayors Adapt zijn in onderstaande tabel opgenomen

Definitie termijnen:

KT : project op korte termijn op te starten : dwz vóór het einde van de huidige legislatuur, eind 2018

MT : op te starten tijdens de volgende legislatuur 2019-2024

CT : continu

MAATREGELENTABEL

Communicatie

Thema	Wat	Omschrijving	Termijn	Indicator
Overkoepelend	Ontsluiten beschikbare data provinciaal klimaatadaptatieplan	Via de provinciale website (en afgestemd op de initiatieven van de Vlaamse overheid) worden de verzamelde data inzake klimaatverandering toegankelijk gemaakt. Op de website worden tevens inspirerende praktijkvoorbeelden getoond.	KT	Aanwezigheid van provinciale website klimaatadaptatie
Overkoepelend	Sensibilisatie mbt klimaatadaptatie	Via diverse communicatiemiddelen (provinciale tijdschriften, voordrachten, bilateraal overleg, ...) wordt actief gesensibiliseerd rond klimaatadaptatie (zie ook de sterkte relatie met de actie inzake co-creatie)	MT	Aantal communicatieproducten en -momenten

Capaciteitsopbouw

Thema	Wat	Omschrijving	Termijn	Indicator
Ruimtelijke Ordening	Integratie klimaatadaptatie in de Nota Ruimte	De Nota Ruimte is door zijn algemene visie op het provinciaal, ruimtelijk beleid van belang bij het sturen van ruimtelijke ontwikkelingen en heeft daarom impliciet een belangrijke rol inzake klimaatadaptatie. Bij het uitwerken van de Nota Ruimte wordt gestreefd naar het realiseren van een duurzame, kwaliteitsvolle en leefbare ruimte. Daarom werden 4 ruimtelijke principes geselecteerd die het algemeen toetsingskader zijn voor zowel de opmaak van de ruimtelijke visie, als bij de realisatie van ruimtelijke ontwikkelingen (en een leidraad zullen zijn bij ruimtelijke ontwikkelingen en keuzes.) Vanuit een multifunctionele benadering zal het thema klimaatadaptatie meegenomen worden bij het uitwerken van deze 4 ruimtelijke principes: <ul style="list-style-type: none"> - zuinig ruimtegebruik - de open ruimte maximaal vrijwaren - selectieve en multimodale bereikbaarheid - vanuit een kwalitatieve benadering voortbouwen op de eigenheid van de onderscheiden deelruimten 	KT	De Nota Ruimte houdt rekening met klimaatadaptatie bij de uitwerking van haar basisprincipes
Ruimtelijke	Onderzoeken hoe	De provincie voert diverse types van ruimtelijke planprocessen uit. Er wordt onderzocht	KT	Klimaatadaptatie is zichtbaar in proces- en

Ordering	aandacht voor klimaatadaptatie kan geïntegreerd worden binnen de provinciale ruimtelijke planprocessen.	op welke manier en in welke planprocessen klimaatadaptatiemaatregelen kunnen geïntegreerd worden. Eveneens wordt onderzocht welke ondersteuning en kennis binnen de provincie nodig is. De provincie engageert zich om dit in minimaal 2 concrete cases te onderzoeken.		plandocumenten.
Ruimtelijke Ordering	Onderzoeken hoe aandacht voor klimaatadaptatie kan meegenomen worden in het adviseren van ruimtelijke planprocessen van lokale overheden.	De provincie heeft een adviserende rol bij de planprocessen van de lokale overheden. Er zal onderzocht worden op welke manier de provincie in zijn adviezen ook rekening kan houden met klimaatadaptatie. Eveneens wordt onderzocht welke ondersteuning en kennis binnen de provincie nodig is.	MT	Klimaatadaptatie is zichtbaar in adviezen.
Ruimtelijke Ordering	Inzetten op kwalitatieve verdichting strategieën waarbij o.a. rekening gehouden wordt met de principes van klimaatadaptatie.	In samenwerking met de provincie onderzoeken studenten uit de master stedenbouw en ruimtelijke planning van de UA via ontwerpend onderzoek de mogelijkheden voor verdichting in buitengebiedkernen. Er zal onderzocht worden hoe o.a. rekening kan gehouden worden met de principes van klimaatadaptatie bij verdichtingsstrategieën.	KT	Onderzoeksresultaten studenten UA.
Waterbeleid	Integratie klimaatdata bij modellering waterlopen	Uitwerken business case voor het verwerven en integreren van klimaatdata in de modellen voor waterlopen. Opstart noodzakelijk overleg met hydraulicaspecialisten, VMM en dienst integraal waterbeleid, eventueel ook van andere Vlaamse provincies.	KT	Het overleg heeft plaatsgevonden. De nodige stappen zijn ondernomen om integratie van klimaatdata mogelijk te maken.
Waterbeleid	Klimaatdata gebruiken bij waterbeleid	In de modellen van de waterlopen zullen klimaatdata geïntegreerd worden.	MT - CT	Aantal modellen van waterlopen waarin klimaatdata geïntegreerd werden
Waterbeleid	Gemeenten stimuleren tot en ondersteunen bij de opmaak van een hemelwaterplan	Er wordt een screening uitgevoerd van de stand zake inzake opmaak hemelwaterplannen door gemeenten. In overleg met alle betrokken wordt een aanpak op maak uitgewerkt inzake provinciale ondersteuning van de opmaak en uitvoering van hemelwaterplannen.	KT-MT	De screening en analyse zijn uitgevoerd
Natuur	Project 'Groen en gezondheid'	Academisch onderzoek door de Universiteit Antwerpen, afdeling Huisartsengeneeskunde naar de relaties tussen en baten van groen en gezondheid, in het bijzonder voor de doelgroep ouderen.	KT - CT	Academisch onderzoek afgerond en resultaten ervan voorgesteld via een symposium

Natuur	Integreren van klimaatdata bij de opmaak van natuur- en groenbeheerplannen	Er wordt een methodiek ontwikkeld om klimaatdata te integreren in de natuurbeheerplannen die de provincie maakt voor haar eigen domeinen en op vraag van gemeenten	KT -CT	Aantal natuurbeheerplannen met de nieuwe methodiek
Natuur	Opleidingstraject natuur- en groenbeheer(plannen)	Er wordt een opleidingstraject uitgewerkt voor medewerkers van provincie, regionale landschappen, bosgroepen en vzw Kempens Landschap betrokken bij natuur- en groenbeheer(planning)	KT	Aantal medewerkers dat de opleiding heeft gevolgd

Co-creatie

Thema	Wat	Omschrijving	Termijn	Indicator
Overkoepelend	Co-creatie met provinciale diensten	De komende twee jaar zullen minstens 6 co-creatiemomenten georganiseerd worden met een gebiedsgerichte en/of beleidsdomeinoverschrijdend insteek. Ze zijn bedoeld om te bepalen op welke wijze de provincie klimaatadaptatie verder zal 'vertalen' in de Beleids- en Beheercyclus 2019-2024. Minstens twee van deze co-creatiemomenten zullen, op participatieve wijze, gewijd zijn aan het uitwerken van een provinciaal ondersteuningsaanbod voor lokale besturen.	KT	Aantal co-creatiemomenten Aantal deelnemers

Coöpereren

Thema	Wat	Omschrijving	Termijn	Indicator
Overkoepelend	Oprichten (provinciaal) adaptatieforum	De provincie zal proactief de andere provincies, gemeenten, diensten van de Vlaamse overheid, universiteit en onderzoeksinstituten voorstellen om te streven naar één uniek adaptatieforum in Vlaanderen. Voor het adaptatieforum zijn kennisdeling en beleidsafstemming de beoogde doelstellingen.	KT	Het (provinciaal) adaptatieforum is opgericht
Overkoepelend	Begeleiden, monitoren en evalueren van het vervolgproces	De interne werkgroep die de opmaak van het klimaatadaptatieplan begeleidt, zal ook de volgende twee jaar het vervolgproces mee opvolgen. Waar mogelijk wordt de werking van deze werkgroep reeds geïntegreerd in de werkgroepen betrokken bij de uitvoering van het provinciaal klimaatplan.	KT	aantal bijeenkomsten van de interne werkgroep klimaatadaptatie

Bijlage : Rapport primaire klimaateffecten provincie Antwerpen

Kasteelpark Arenberg 40
3001 Heverlee (Leuven)

tel. 016 32 16 58
fax 016 32 19 89

Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be

bwk.kuleuven.be/hydr

Primaire klimaateffecten in Provincie Antwerpen

Deelrapport bij de studie “Opmaak van een risico- en kwetsbaarheidsanalyse in functie van klimaatadaptatie en uitwerken van adaptatiemaatregelen op maat van en voor de Provincie Antwerpen”

Uitvoerders deelstudie:

Prof. dr. ir. Patrick Willems (coördinatie deelstudie)

ir. Els Van Uytven (wetenschappelijk medewerker KU Leuven)

ir. Hossein Tabari (wetenschappelijk medewerker KU Leuven)

Studie i.s.m. Alterra & Climate Adaptation Services (CAS):

Ingrid Coninx (Alterra), coördinator studie

Hasse Goosen (Alterra)

Arjen Koekoek (CAS)

Luuk Massink (Alterra)

Rob Swart (Alterra)

Contactpersoon opdrachtgever:

Resi Pansaerts

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Methode voor afleiden primaire klimaateffecten	6
2.1	<i>Klimaatmodelresultaten</i>	6
2.1.1	Broeikasscenario's	6
2.1.2	Klimaatmodelresultaten.....	9
2.1.3	Statistische neerschaling.....	10
2.2	<i>Klimaateffecten op meteorologische variabelen (primaire klimaateffecten).</i>	11
2.3	<i>Klimaatscenario's.....</i>	12
3	Resultaten van primaire klimaateffecten.....	14
4	Referenties	15

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten van de deelstudie over het kwantificeren van de toekomstige klimaatomstandigheden voor de Provincie Antwerpen. Deze deelstudie maakt deel uit van de ruimere studie over “Opmaak van een risico- en kwetsbaarheidsanalyse in functie van klimaatadaptatie en uitwerken van adaptatiemaatregelen op maat van en voor de Provincie Antwerpen”, dat Alterra, Climate Adaptation Services (CAS) en KU Leuven uitvoeren voor de Provincie Antwerpen.

Deze deelstudie beoogde de toekomstige klimaatomstandigheden, de zogenaamde primaire klimaateffecten in kaart te brengen, specifiek voor het grondgebied van de Provincie Antwerpen. Dit gebeurde op basis van alle huidig beschikbare klimaatmodellen, conform het laatste (vijfde) klimaat rapport (*AR5*) van het Intergovernmental Panel on Climate Change (*IPCC*).

Hierna wordt eerst in Deel 2 de methode toegelicht die gevolgd werd bij de afleiding van de primaire klimaateffecten. Deze methode is consistent met deze die recent ook gehanteerd werd bij de opmaak van de Vlaamse klimaatscenario's in het kader van het MIRA klimaatrapport 2015 (MIRA, 2015) en de klimaatscenario's voor de Stad Antwerpen (Willems et al., 2015). Wel zijn ondertussen enkele bijkomende klimaatmodelsimulaties ter beschikking gekomen die bijkomend in de analyse werden betrokken. De resultaten van primaire klimaateffecten zelf zijn bijgevoegd bij dit rapport, zowel visueel in de vorm van figuren als digitaal in de vorm van tabellen.

2 Methode voor afleiden primaire klimaateffecten

2.1 Klimaatmodelresultaten

Voor het afleiden van de primaire klimaateffecten, d.i. de klimaatverandering voor de meteorologische variabelen, maakte deze studie gebruik van de bestaande relevante en meest recente simulatieresultaten met globale, regionale en lokale klimaatmodellen. Deze bestaan in hoofdzaak uit de nieuwste generatie klimaatsimulaties, op basis van het World Climate Research Programme – Phase 5 (CMIP5), zoals ook gebruikt aan de basis van het 5^{de} klimaatrapport van het IPCC. Per klimaatmodel zijn er meerdere simulaties beschikbaar. Deze bestaan uit historische controleruns en toekomstige klimaatprojectieruns voor een aantal broeikasgasscenario's; de zogenaamde scenario's RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 en RCP8.5. Deze RCP-scenario's zijn de nieuwste broeikasgasscenario's van het IPCC op basis van zogenaamde "Representative Concentration Pathways". Zij vervangen de vroegere "SRES" broeikasgasemissiescenario's van het IPCC, die tot het vorige (4^{de}) klimaatrapport van het IPCC gebruikt werden. De benaming "controlerun" verwijst naar de simulatie van historische klimaatcondities (voor een historische periode), die toelaat om het klimaatmodelresultaat te vergelijken met historische waarnemingen, dus om het model te valideren. De benaming "scenariorun" verwijst naar de simulatie van een bepaald scenario bij de toekomstige uitstoot van broeikasgassen. Zo worden vaak "projectieruns" genoemd omdat ze horen bij een bepaalde toekomstprojectie voor het klimaat. De naam "projectie" wordt bij voorkeur gebruikt i.p.v. "predictie" of "voorspelling" omdat men het toekomstig klimaat niet kan voorspellen; men gaat uit van een aantal mogelijke toekomsthypothesen of scenario's.

2.1.1 Broeikasscenario's

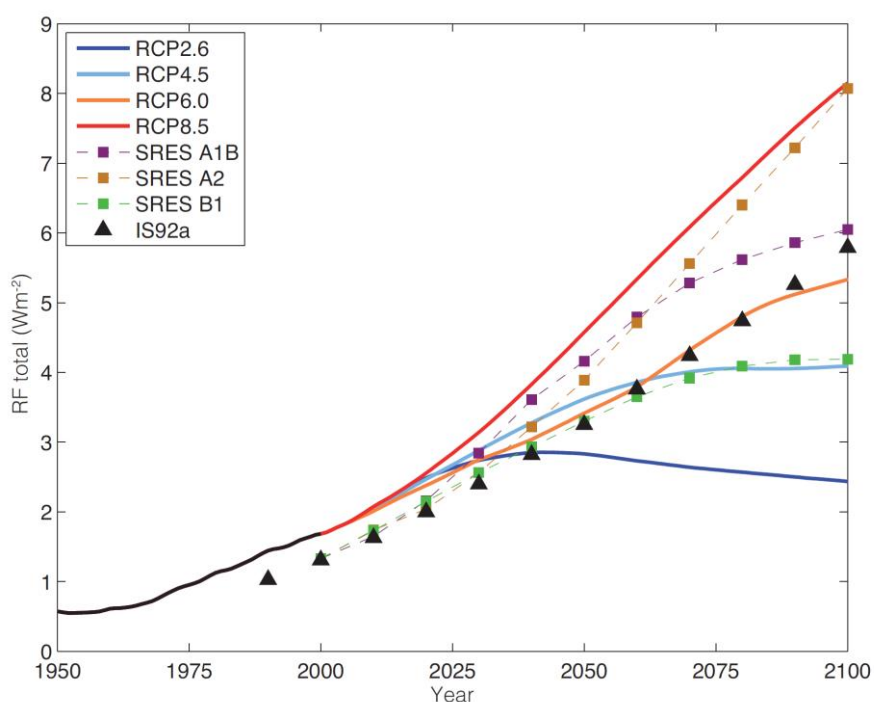
Vroeger (tot en met het vorige – 4^{de} – klimaatrapport van het IPCC) werden scenario's m.b.t. de toekomstige uitstoot en concentratie aan broeikasgassen gedefinieerd op basis van verschillende factoren zoals demografische, socio-economische, technologische en sociale ontwikkelingen, die op hun beurt leiden tot een verandering in de uitstoot van broeikasgassen en gepaarde klimaatverandering. De zogenaamde IPCC Special Reports on Emission Scenarios (*SRES*) vatten deze scenario's samen. Sensibilisering van de bevolking (resultierend in een verlaging van broeikasgassen) of een specifiek (overheids-)beleid ten aanzien van het terugschroeven van de broeikasgassen en andere mitigerende factoren worden hierbij niet in rekening gebracht.

In de aanloop van het huidige – 5^{de} – klimaatrapport (IPCC, 2013), heeft het IPCC deze aanpak veranderd, onder andere om aan hoger genoemde tekortkoming tegemoet te komen. Het concept van dit laatste rapport is een set van vier zogenaamde Representative Concentration Pathways (*RCP*). In tegenstelling tot de oude *SRES*-scenario's, zijn de *RCP*s niet gebaseerd op (achterliggende) ontwikkelingen die de uitstoot van broeikasgassen beïnvloeden. De *RCP*s zijn gedefinieerd op basis van een vastgelegde netto inkomende zonnestraling (zonnestralingsforcering genoemd) in het jaar 2100. Op basis van deze vastgelegde stralingsforceringen heeft men verhaallijnen gemaakt voor de verschillende factoren die de emissie van broeikasgassen beïnvloeden (zoals demografische, socio-economische, technische en sociale ontwikkelingen). De

stralingsforcering is de hoeveelheid extra energie beschikbaar gemaakt aan de top van de atmosfeer door verschillende factoren die het klimaat beïnvloeden. Wanneer bijvoorbeeld de concentratie van broeikasgassen stijgt, dan zal een groter deel van de warmtestraling die door het aardoppervlak wordt uitgezonden in de atmosfeer worden geabsorbeerd. Dit deel van de warmtestraling bereikt dus niet meer de top van de atmosfeer waardoor de totale uitgezonden warmtestraling door het systeem aarde inclusief de atmosfeer gereduceerd wordt. Dit resulteert in een positieve stralingsforcering, waardoor de aarde opwarmt.

Men kan stellen dat terwijl de SRES scenario's eerder een sequentiële aanpak volgden, de RCP scenario's eerder in parallel werken tussen de socio-economische invloedsfactoren, de uitstoot van broeikasgassen en de voorspelde klimaatsverandering. De oude SRES-scenario's gingen uit van een projectie van socio-economische factoren om zo de verandering in emissie van broeikasgassen te voorspellen (wat op zijn beurt leidt tot de klimaatsverandering). De RCP scenario's daarentegen stellen de broeikasgassen zelf centraal (uitgedrukt in een verandering in stralingsforcering). Van daaruit wordt in parallel gerekend naar klimaatsimpact aan de ene kant en verandering in de socio-economische factoren aan de andere kant.

Figuur 1 toont hoe de vier nieuwe RCP-scenario's en (enkele van) de oude SRES-scenario's zich tot elkaar verhouden, betreffende stralingsforcering. Men ziet duidelijk dat de nieuwe RCP-scenario's het volledige bereik van de oude SRES-scenario's omvat, waarbij bovendien één van de nieuwe RCP-scenario's in een daling in stralingsforcering voorziet. Zoals hoger al vermeld, hadden de SRES-scenario's zulk mitigatiescenario nog niet in rekening gebracht.



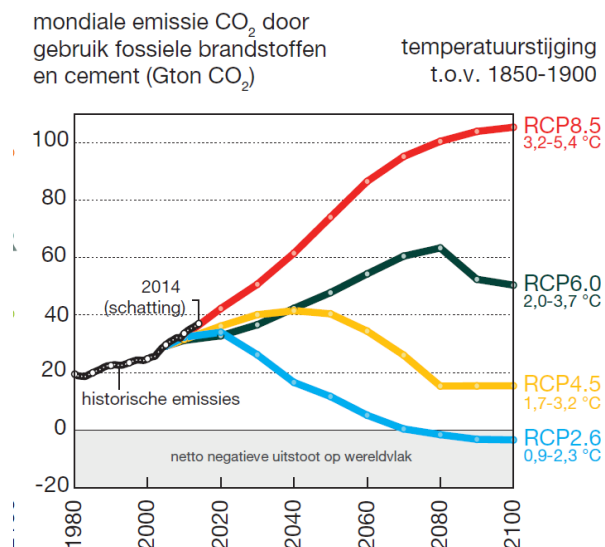
Figuur 1: Stralingsforcering van de oude SRES-scenario's in vergelijking met de nieuwe RCP-scenario's (bron: IPCC, 2013)

De vier RCP-scenario's worden als volgt beschreven:

1. RCP8.5: Dit scenario wordt gekenmerkt door groeiende broeikasgasemissies over de tijd resulterend in een stralingsforcering van 8.5 W/m^2 in 2100. Het scenario is representatief voor scenario's in de literatuur die leiden tot hoge broeikasgasconcentraties. RCP8.5 is een hoog energie-intensief scenario met een hoge groei van de wereldbevolking tot ongeveer 12 miljard in 2100 en een lage technologische ontwikkeling.
2. RCP6.0: Dit is een scenario waar de stralingsforcering vlak na 2100 stabiliseert tot 6.0 W/m^2 zonder overshoot. Dit scenario wordt gekenmerkt door een reeks aan technologieën en strategieën om energieverbruik en broeikasgasemissies te beperken. Er is echter nauwelijks een vermindering van de broeikasgasemissie per eenheid energie. In het scenario wordt een midden-projectie voor groei in de wereldbevolking tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen.
3. RCP4.5: Dit is een scenario waar de stralingsforcering vlak na 2100 stabiliseert zonder overshoot. Dit scenario wordt gekenmerkt door een grotere range aan technologieën en strategieën om broeikasgasemissies te beperken dan in RCP6. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. Het verschilt vooral van het RCP6.0 scenario, omdat dit scenario uitgaat van een sterke vermindering van de broeikasgasemissie per eenheid energie. Kenmerkend voor RCP4.5 is het verondersteld gebruik van bio-energie en koolstofopvang en -opslag.
4. RCP2.6 (of RCP3-PD): Dit scenario is een 'zogenaamd 'piek-en-afname' scenario, waar de stralingsforcering eerst piekt tot waarden van 3.1 W/m^2 en daarna afneemt tot 2.6 W/m^2 in 2100. Om deze niveaus te bereiken zijn substantiële reducties in de emissies van broeikasgassen noodzakelijk. In het scenario wordt een midden-projectie voor bevolkingsgroei tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. Kenmerkend voor RCP2.6 is dat emissies laag zijn door het gebruik van bio-energie en dat koolstofopvang en -opslag zal leiden tot negatieve emissies.

De CO₂-uitstoot gelinkt aan bovenstaande scenario's wordt grafisch voorgesteld in Figuur 2. Uit de beschrijving in bovenstaande paragraaf kan men stellen dat RCP8.5 een extreem scenario is. Echter, wanneer men de historische waarden van CO₂ uitstoot naast de toekomstscenario's legt (Figuur 1), lijkt dit extreem scenario helemaal niet onrealistisch.

Het IPCC kent geen waarschijnlijkheid toe aan de verschillende broeikasgasscenario's, waardoor de vier scenario's met een gelijke kans moeten behandeld worden. De scenario's moeten dus alle vier doorgerekend worden, waarbij de realiteit, met hoge waarschijnlijkheid, ergens binnen het bereik van de vier scenario's zal liggen.



Figuur 2: Wereldwijde CO₂ uitstoot per RCP-scenario, samen met de historische waarden tot 2014 (bron: MIRA, 2015 o.b.v. Peters et al., 2013)

2.1.2 Klimaatmodelresultaten

Deze studie is gebaseerd op de nieuwste generatie mondiale klimaatsimulaties van het World Climate Research Programme – Phase 5 (CMIP5), statistisch geanalyseerd voor het studiegebied van de Provincie Antwerpen. Er zijn recent een groot aantal CMIP5-klimaatmodelruns op basis van de RCP-scenario's beschikbaar gekomen. Voor het studiegebied van de Provincie Antwerpen zijn er meer dan 200 simulaties met 34 verschillende mondiale klimaatmodellen van toepassing. Ze hebben evenwel niet allemaal resultaten beschikbaar voor elk van de meteorologische variabelen verwerkt voor deze studie (zie verder).

Binnen CMIP5 zijn voor bepaalde klimaatmodellen en bepaalde RCP-scenario's meerdere simulaties beschikbaar waarbij verschillende initiële modelcondities werden aangelegd. Deze simulaties laten toe om de potentiële verschillen in klimaatmodelresultaten te bestuderen als gevolg van interne (natuurlijke) variabiliteit van het klimaat, zoals weerspiegeld in het klimaatmodel.

De uitvoer van klimaatmodellen bestaat uit een groot aantal variabelen. Voor deze studie werden de volgende variabelen weerhouden: gemiddelde, minimale en maximale temperatuur, neerslag, luchtdruk, zonnestraling, windsnelheid en relatieve vochtigheid. Voor potentiële evapotranspiratie (ETP), een andere belangrijke variabele, werden de klimaatmodelresultaten in deze studie niet rechtstreeks gebruikt, alhoewel vele klimaatmodellen ETP ook als modeluitvoer ter beschikking stellen. Dit omwille van de ervaring in andere studies dat de ETP-berekeningsmethode gebruikt in verschillende klimaatmodellen niet consistent is en bovendien vaak systematisch afwijkt van de historische waarnemingen (Baguis et al., 2010). Daarom werden de ETP-resultaten in deze studie zelf berekend via de methode van Bultot (Bultot, 1983) o.b.v. de volgende meteorologische variabelen (telkens aan of in de onmiddellijk nabijheid van de oppervlakte): luchtdruk, zonnestraling, gemiddelde, maximale en minimale luchttemperatuur, windsnelheid, relatieve vochtigheid.

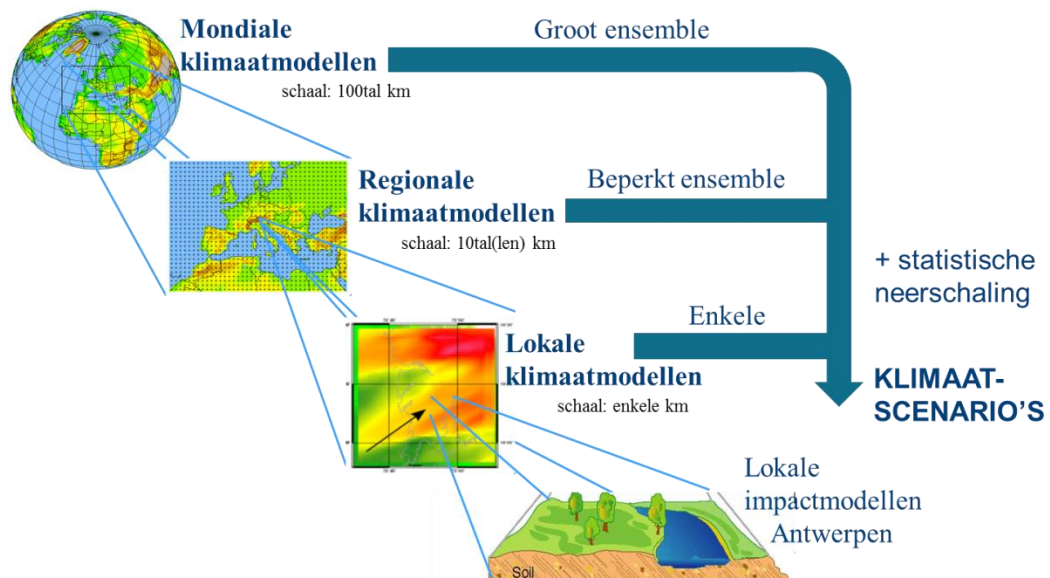
Voor elk van de beschikbare klimaatmodelruns en de hoger vermelde meteorologische variabelen werden de klimaatveranderingssignalen afgeleid door vergelijking van de toekomstprojecties met de klimaatmodellen voor de verschillende RCP-broeikasscenario's (de resultaten van de scenarioruns) met de resultaten van dezelfde klimaatmodellen maar voor de historische meteorologische condities (de resultaten van de controleruns).

2.1.3 Statistische neerschaling

Omdat de beschikbare klimaatmodellen een nog te grote/grove ruimtelijke resolutie hebben dan wat nodig is om de impact te berekenen voor heel wat van de sectoren (de secundaire klimaateffecten), is een verdere neerschaling van de klimaatmodelresultaten doorgevoerd op basis van statistische technieken. Deze stap wordt statistische neerschaling genoemd.

Er zijn een groot aantal technieken beschikbaar voor statistische neerschaling. Voor een uitgebreide technische beschrijving van de methoden wordt verwezen naar de literatuur (vb. Willems et al., 2012b). De uitvoerder van deze studie heeft zeer uitgebreide ervaring met deze methoden. In het verleden werden reeds vele methoden toegepast en onderling vergeleken/geëvalueerd; ook in het kader van internationale samenwerkingen (vb. Sunyer et al., 2015). Op basis van deze ervaring wordt de "kwantielperturbatiemethode" als een internationaal state-of-the-art methode naar voor geschoven (Willems & Vrac, 2011; Willems, 2013b; Ntegeka et al., 2015).

Het proces van neerschaling van de mondiale en regionale schaal van de beschikbare klimaatmodellen naar de lokale impactschaal voor de Provincie Antwerpen wordt hierna schematisch samengevat in Figuur 3.



Figuur 3: Simulatiere resultaten van de verschillende klimaatmodellen gecombineerd met statistische neerschaling om te komen tot specifieke klimaatscenario's voor de Provincie Antwerpen

Van de lokale klimaatmodellen voor België zijn er slechts enkele beschikbaar bij het KMI en de KU Leuven (de modellen ALARO en CCLM). Omdat dit aantal te klein is om de totale onzekerheid in de toekomstige klimaatprojecties te bestrijken, wordt bijkomend gebruik gemaakt van een ruimere set (ensemble) van Europese regionale klimaatmodellen. Deze regionale klimaatmodellen maken aan de rand van het Europese gebied gebruik van (zijn “genest” zijn) in mondiale klimaatmodellen, waarvan een nog veel ruimer ensemble beschikbaar is. Uiteraard moet bij het analyseren van de resultaten van deze verschillende typen klimaatmodellen rekening worden gehouden met het verschil in schaalgrootte en resolutie van de modellen. Ook hier speelt de statistische neerschalingstechniek een belangrijke rol.

2.2 Klimaat effecten op meteorologische variabelen (primaire klimaat effecten)

In deze studie werden de klimaatmodelresultaten geanalyseerd voor de volgende meteorologische variabelen:

- **Temperatuur:**
 - maandgemiddelde temperatuur
 - maandgemiddelde minimale dagtemperatuur
 - maandgemiddelde maximale dagtemperatuur
 - aantal vorstdagen (waarbij een vorstdag gedefinieerd is als een dag met de minimale dagtemperatuur $<0^{\circ}\text{C}$)
 - aantal hittedagen (waarbij een hittedag gedefinieerd is als een dag met de maximum dagtemperatuur $>30^{\circ}\text{C}$)
- **Neerslag:**
 - maandgemiddelde neerslag
 - aantal buien per maand
 - extreme neerslagintensiteit voor 20-jarige bui (d.i. een bui waar rioleringen typisch voor gedimensioneerd worden)
 - voortschrijdend neerslagtekort/overschot (d.i. cumulatie van de maandneerslag min de maand-PET vertrekkend van de start van het hydrologisch seizoen)
- **Verdamping:** maandgemiddelde potentiële evapotranspiratie (PET)
- **Relatieve vochtigheid:** maandgemiddelde relatieve vochtigheid
- **Zonnestraling:** maandgemiddelde zonnestraling
- **Windsterkte:** maandgemiddelde windsterkte

Dit gebeurde voor al deze klimaat effecten voor de verandering van het huidig klimaat tot het klimaat in 2030, 2050 en 2100, en afzonderlijk voor elk van de 4 RCP broeikas scenario's. De klimaat effecten zijn weergegeven als relatieve verandering (% verandering t.o.v. huidig klimaat) of als absolute verandering (vb. wijziging in aantal $^{\circ}\text{C}$, in aantal meter, in aantal dagen).

De resultaten kunnen ook geïnterpreteerd worden als de klimaatverandering over periode van 30, 50 en 100 jaar in de toekomst. Als referentieperiode werd de laatste 30 jaar beschouwd. Klimaat wordt immers gedefinieerd als de statistiek van het weer over een periode van (minstens) 30 jaar. Vermits er (uiteraard) geen metingen zijn in de toekomst,

wordt klassiek de laatste 30 jaar beschouwd als beste benadering van het huidig klimaat. Enkel de metingen van 2015 nemen zou inderdaad geen goed idee zijn. Vermits het jaar 2000 middenin die periode van de laatste 30 jaar ligt, komt “30, 50 en 100 jaar in de toekomst” (t.o.v. de referentie van de laatste 30 jaar) op hetzelfde neer als 2030, 2050 en 2100 (als de “middenjaren” van de beschouwde 30-jarige perioden).

2.3 Klimaatscenario's

Omdat de klimaatveranderingen, na statistische neerschaling en verwerking, niet voor alle klimaatmodelsimulaties identiek zijn, dient rekening gehouden met de onzekerheid op de primaire klimaateffecten. In voorgaande studies (MIRA, VMM, Stad Antwerpen) gebeurde dat via de afleiding van zogenaamde “klimaatscenario's”. Ze werden benoemd als “hoog”, “midden” en “laag”, overeenkomstig de bovengrens, mediaan en ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval berekend voor de klimaateffecten op basis van al de beschikbare klimaatmodelruns. Dit gebeurde voor elke van de bestudeerde meteorologische variabelen per maand en per RCP-scenario (of voor alle RCP-scenario's samen). Voor de klimaatatlas van de Provincie Antwerpen werd de verwerking en visualisatie, na overleg met Alterra en CAS, verder vereenvoudigd op de volgende twee manieren:

- Via aggregatie in de tijd: de klimaateffecten worden niet per maand voorgesteld, maar per seizoen (typisch gebruikt men dan de wintermaanden DJF en de zomermaanden JJA; afhankelijk van het type effect is een ander seizoen relevant), of per jaar (het aantal hittegolven en vorstdagen zijn sowieso enkel per jaar gegeven).
- Via aggregatie voor broeikasscenario's: de klimaateffecten worden niet voor alle RCP-scenario's weergegeven, maar enkel voor de broeikasscenario's RCP4.5 en RCP8.5. Het zeer onwaarschijnlijke RCP2.6 scenario wordt dan weggelaten en het RCP6.0 scenario bevindt zich tussen de andere scenario's RCP4.5 en RCP8.5. Het broeikasscenario RCP4.5 komt overeen met een “matige klimaatverandering” en het scenario RCP8.5 met een “sterke klimaatverandering”.

Het verschil tussen “matige klimaatverandering” (RCP4.5) en “sterke klimaatverandering” (RCP8.5) weerspiegelt de onzekerheid op de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen, welke zeer sterk afhankelijk is van de toekomstevolatie inzake wereldwijde bevolkingsaan groei, energiegebruik, materialengebruik, inzet van technologieën, mondialisering, enz. Het verschil in klimaateffecten tussen “matige klimaatverandering” (RCP4.5) en “sterke klimaatverandering” (RCP8.5) geeft ook het belang aan van klimaatmitigerende maatregelen (beperken van de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen).

Naast deze onzekerheid in de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen is er ook de onzekerheid op de klimaateffecten zelf per broeikasscenario. De klimaatmodelresultaten zijn immers niet perfect nauwkeurig en kunnen verschillen van klimaatmodel(simulatie) tot klimaatmodel(simulatie). Deze laatste onzekerheid in de klimaatmodelresultaten wordt in deze studie weergegeven via box-plots. Deze plots geven de grenzen weer waarbinnen alle klimaatmodelresultaten (met en zonder statistische uitbijters) zich bevinden, alsook

de grenzen waaronder 25%, 50% en 75% van de klimaatmodelresultaten zich bevinden. Het zijn deze laatste 25%, 50% en 75% grenzen die door CAS in de klimaatatlas voor de Provincie Antwerpen zijn gebruikt.

De volgende toelichting vat de vereenvoudigde scenario's samen zoals voorgesteld in de klimaatatlas van de Provincie Antwerpen:

- **Matige klimaatverandering:** De klimaatverandering die overeenkomt met een matige toename in de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (het zogenaamde RCP4.5 scenario, volgens een veronderstelde evolutie in stralingsforcering die kort na 2100 stabiliseert tot 4.5 W/m²). Dit scenario wordt gekenmerkt door een grote toekomstige inzet aan technologieën en strategieën om broeikasgasemissies te beperken. In het scenario wordt een midden-projectie voor populatie tot ongeveer 9 miljard in 2100 aangenomen. In vergelijking met het andere scenario met “sterke klimaatverandering” heeft dit scenario een sterkere vermindering van de broeikasgasemissie per eenheid energie. Kenmerkend is ook het verondersteld gebruik van bio-energie en koolstofopvang en -opslag. De resultaten zijn weergegeven voor de toekomsthorizons 2030, 2050 en 2100. De staafdiagrammen geven de 25%, 50% en 75% betrouwbaarheidsgrenzen aan, bepaald na statistische analyse van een groot aantal meest recente en beschikbare klimaatmodellen.
- **Sterke klimaatverandering:** De klimaatverandering die overeenkomt met een sterke “business-as-usual” toename in de toekomstige uitstoot aan broeikasgassen (het zogenaamde RCP8.5 scenario, volgens veronderstelde groeiende broeikasgasemissies over de tijd resulterend in een stralingsforcering van 8.5 W/m² in 2100). Het is een hoog energie-intensief scenario met een hoge groei van de wereldbevolking tot ongeveer 12 miljard in 2100 en een lage technologische ontwikkeling. De resultaten zijn weergegeven voor de toekomsthorizons 2030, 2050 en 2100. De staafdiagrammen geven de 25%, 50% en 75% betrouwbaarheidsgrenzen aan, bepaald na statistische analyse van een groot aantal meest recente en beschikbare klimaatmodellen.

3 Resultaten van primaire klimaateffecten

De resultaten van de primaire klimaateffecten, zoals bekomen via de methode die hiervoor in Deel 2 werd toegelicht, zijn bijgevoegd in Annex bij dit rapport in volgende formaten:

Figuren die per maand (voor de meeste variabelen) of per jaar en per RCP scenario de veranderingen visualiseren tot 2030, 2050 en 2100:

- Figuren klimaateffecten 30j.pptx
- Figuren klimaateffecten 50j.pptx
- Figuren klimaateffecten 100j.pptx

De bijhorende digitale waarden zijn bijgevoegd in volgende Excel-werkbladen:

- Veranderingen 30 jaar.xlsx
- Veranderingen 50 jaar.xlsx
- Veranderingen 100 jaar.xlsx

De verdere vereenvoudiging voor de klimaatatlas gebeurde door CAS.

4 Referenties

Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., 2010. Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium, *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 273-286.

Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G., 1983. Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. Publications/publicaties série/serie A, No/Nr 112, Institut Royal Météorologique de Belgique - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België , 28 p.

IPCC, 2013 *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsman, A., Martin, E., Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B. and Yiou, P., 2013. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research *Regional Environmental Change*, Springer Berlin Heidelberg, 2013, 1-16.

Kendon, E.J., Roberts, N.M., Senior, C.A., Roberts, M.J., 2012. Realism of rainfall in a very high-resolution regional climate model. *Journal of Climate*, 25(17), 5791-5806.

MIRA, 2015. MIRA Klimaatrapport 2015 (Brouwers et al.), VMM-MIRA.

Ntegeka, V., Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., 2014. Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments. *Journal of Hydrology*, 508C, 307-321.

Peters, G.P., Andrew, R.M., Boden, T., Canadell, J.G., Ciais, P., Quéré, C. Le, Marland, G., Raupach, M.R., Wilson, C., 2013. The challenge to keep global warming below 2°C. *Nature Clim. Change*, 3, 4-6.

Prein, A.F., Gobiet, A., Suklitsch, M., Truhetz, H., Awan, N.K., Keuler, K., Georgievski, G., 2013. Added value of convection permitting seasonal simulations. *Climate Dynamics*, 41, 2655-2677.

Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2014a. Bijsturing van de Vlaamse klimaatscenario's voor hydrologische en hydrodynamische impactanalyse inclusief hydrologische extremen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA 2014, door KU Leuven – Afdeling Hydraulica, november 2014, 106 p.

Sunyer, M.A., Hundecha, Y., Lawrence, D., Madsen, H., Willems, P., Martinkova, M., Vermoor, K., Bürger, G., Hanel, M., Kriaučiūnienė, J., Loukas, A., Osuch, M., Yücel, I., 2015. Inter-comparison of statistical downscaling methods for projection of extreme precipitation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 1827-1847.

Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2014b. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen – Technische Appendix 2: Nieuwe modelprojecties voor Ukkel op basis van globale klimaatmodellen (CMIP5). Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, KU Leuven, november 2014, 104 p.

Van Lipzig, N., Willems, P., 2014. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, KU Leuven i.s.m. KMI, november 2014.

Willems, P., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsson, J., Nguyen, V.T.V., 2012a. Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: methods and shortcomings. *Atmospheric Research*, 103, 106-118.

Willems, P., Olsson, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H., Nguyen, V-T-V., 2012b. Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage. IWA Publishing, 252p., Paperback Print ISBN 9781780401256; Ebook ISBN 9781780401263

Willems, P., De Niel, J., Tabari, H., 2015. Modelling en beleidsaanbevelingen ten aanzien van neerslag in Antwerpen, KU Leuven voor Stad Antwerpen, september 2015, 153 p.

AFDELING HYDRAULICA
Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448
3001 HEVERLEE (LEUVEN), BELGIË
tel. + 32 16 32 16 58
tel. secr. +32 16 32 14 74
fax + 32 16 32 19 89
Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be
bwk.kuleuven.be/hydr



Literatuur

- Amelung, B., & Moreno, A. (2011). Costing the impact of climate change on tourism in Europe: results of the PESETA project. *Climatic Change*, 112(1), pp. 83-100.
- Amelung, B., Nicholls, S., & Viner, D. (2007). Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality. *Journal of Travel Research*, 45(3), pp. 285-296.
- AMICE (2013) Quantification of the impacts of future low-flows on the economy in the transnational Meuse Basin. WP1 Report. Action 7. http://www.amice-project.eu/docs/pa1_pr104_1393533045_etiage.pdf
- Analitis, A., Katsouyanni, K., Biggeri, A., Baccini, M., Forsberg, B., Bisanti, L., Michelozzi, P. (2008). Effects of Cold Weather on Mortality: Results From 15 European Cities Within the PHEWE Project. *American Journal of Epidemiology*, 168(12), pp. 1397-1408.
- André, G., Engel, B., Berentsen, P. B. M., Vellinga, T. V., & Oude Lansink, A. G. J. M. (2011). Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science*, 94(9), pp. 4502-4513.
- Ayers, J. et al., 2012, CARE participatory monitoring, evaluation, reflection & learning (PMERL) for community-based adaptation (CBA), manual. CARE. Available from: www.seachangecop.org/node/564
- Baccini, M., Kosatsky, T., Analitis, A., Anderson, H. R., D'Ovidio, M., Menne, B., Biggeri, A. (2011). Impact of heat on mortality in 15 European cities: Attributable deaths under different weather scenarios. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65(1), pp. 64-70.
- Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., 2010. Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium, *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 273-286.
- BELSPO. Emerging diseases. Retrieved 06/03/2016, 2016, from <http://eoedu.belspo.be/en/profs/vgt-europe-diseases.asp?section=1.3.4>
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Graber, Y. (1985). Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*, 68(6), 1488-1495.
- Bours, D., McGinn, C., & Pringle, P. (2014b). Guidance note 1: Twelve reasons why climate change adaptation M&E is challenging. Phnom Penh, Cambodia: SEA Change Community of Practice, and Oxford, United Kingdom: UK Climate Impacts Programme (UKCIP). Retrieved from <http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/MandE-Guidance-Note1.pdf>
- Bours, D., McGinn, C., Pringle, P., (2015) Editors'note. *New Directions for Evaluation*. 147 . pp1 – 12.
- Brimblecombe, P., Grossi, C. M., & Harris, I. (2006). Climate change critical to cultural heritage. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Heritage, Weathering and Conservation, HWC.
- Brolsma, R., Buma, J., van Meerten, H., Dionisio, M., Elbers, J., (2012) Effect van droogte op stedelijk gebied. Kennisinventarisatie. Deltares. Utrecht.
- Brouwers, J., Peeters, B., Van Steertegem, M., Van Lipzig, N., Wouters, H., Beullens, J., Demuzere, M., Willems, P., De Ridder, K., Maiheu, B., De Troch, R., Termonia, P., Vansteenkiste, T., Craninx, M., Maetens, W., Defloor, W., Cauwenberghs, K. (2015). MIRA Klimaatrapport 2015. Over waargenomen en toekomstige klimaatveranderingen. Vlaamse Milieumaatschappij. Aalst. 147p.
- Bultot, F., Coppens, A., Dupriez, G., 1983. Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. *Publications/publicaties série/serie A, No/Nr 112, Institut Royal Météorologique de Belgique - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België* , 28 p.
- Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B. M., & Davison, J. B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*, 42(10), 1582-1591.
- Cheng, V., Steemers, K., Montavon, M., Compagnon, R., (2006) Urban form, density and solar potential. PLEA2006 - The 23rd Conference on passive and low energy architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- Colette, A. et al., (2009) Case Studies on Climate Change and World. UNESCO. Paris. 82p.
- Coninx I. (2011). Tastbaar maken wat ontastbaar is: de sociale overstromingsimpact-methodiek. *Ruimte en Maatschappij*, 3(1), 93-120.
- Coninx I., Luttik J., (2013) Contribution of natural heritage to regional economic prosperity: Preliminary assessment and an introduction to the WECAN tool. Alterra Wageningen UR. Wageningen.
- Coninx, I., & Bachus, K. (2009). Exploring social flood impacts. Delphi study results. (pp. 42). Leuven: HIVA, KU Leuven.

- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, (s.d.) Beleidsinstrumenten.
<http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/beleidsinstrumenten/signaalgebieden>. Website geraadpleegd op 4 juli 2016.
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2013). Methodiek selectie signaalgebieden. CIW.
<http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/beleidsinstrumenten/signaalgebieden/werkdocumenten/beslissingstraject-signaalgebieden>
- De Nocker L., Joris, I., Janssen L., Smolders R., Van Roy, D., Vandecasteele, B., Meiresonne, L., Van der Aa, B., De Vos, B., De Keersmaeker, L., Vandekerkhove, K., Gerard, M., Backx, H., Van Balleer, B., Van Hove, D., Meire, P., Van Huylenbroeck, G., Bervoets, K., (2007) Multifunctionaliteit van overstromingsgebieden: wetenschappelijke bepaling van de impact van waterberging op natuur, bos en landbouw. Eindrapport. In opdracht van VMM.
<https://www.milieuinfo.be/dms/d/d/workspace/SpacesStore/75ad42af-2774-4c3c-8954-374c906c4f48/Eindrapport.pdf>
- DeRedactie. 31 juli 2015. Een kwart meer mensen overleden tijdens hittegolf. VRT. Brussel.
<http://deredactie.be/cm/vrtnieuws/binnenland/1.2403963>
- Doulos L., Santamouris M., Livada I. (2004) Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. In *Solar Energy*, 77 (2) pp. 231-249
- EEA, (2016) Urban adaptation to climate change in Europe 2016. Transforming cities in a changing climate. EEA. Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016>
- Euripidou E. & Murray V., (2004) Public health impacts of floods and chemical contamination. In *Journal of Public Health*. 26 (4). Pp. 376 – 383.
- European Commission, 2013, Building a green infrastructure for Europe. European Union. Brussels.
http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf
- European Environment Agency (2014) Adaptation of transport to climate change in Europe. Challenges and options across transport modes and stakeholders. Publications Office of the European Union. Luxemburg. 64p.
- FAO. (s.d.). Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock. Geraadpleegd op 6 maart 2016. <http://www.fao.org/docrep/003/x6909e/x6909e08.htm>
- Gago E.J., Roldan J., Pacheco-Torres R., Ordonez J., (2013) The city and urban heat islands: a review of strategies to mitigate adverse effects. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 25. pp. 749-758.
- Gehrels, H., van der Meulen, S., Schasfoort F. (eds) (2016) Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. <http://www.adaptivecircularcities.com/wp-content/uploads/2016/03/Designing-green-and-blue-infrastructure-to-support-healthy-urban-living.pdf>
- Gobin A., (2012) Impact of heat and drought stress on arable crop production in Belgium. In *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 12 (6). Pp. 1911-1922.
- Haines A., Kovats R.S., Campbell-Lendrum D., Corvalan C., (2006). Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. In *Public Health*. 120 (7) pp. 585-596.
- Heusinkveld, B.G., Van Hove, L.W.A., Jacobs, C.M.J., Steeneveld, G.J., Elbers, J.A., Moors, E.J., Holtslag, A.A.M. (2010). Use of a mobile platform for assessing urban heat stress in Rotterdam. *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*. Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 12-14 April 2010. Pp. 433-438. <http://www.meteo.uni-freiburg.de/forschung/publikatione/berichte/index.html>
- Heyndrickx, C., (2015) Resilience of the transport sector as a condition for climate change adaptation. Session at The European Climate Change Adaptation Conference. 2015. Copenhagen. Denmark.
- Horwood, K. (2011). Green infrastructure: reconciling urban green space and regional economic development: lessons learnt from experience in England's north-west region. *Local Environment*, 16(10), pp. 963-975.
- Hove van, L.W.A., Jacobs, C.M.J., Heusinkveld B.G., Elbers, J.A., van Driel, B.L., and Holtslag, A.A.M. (2015). Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. *Building and Environment*.
- Hübler, M., Klepper, G. & Peterson, S. (2008) Costs of climate change—the effects of rising temperatures on health and productivity in Germany. *Ecological Economics*. 68, pp.381–393.
- IPCC, 2013 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In IPCC (Ed.), (pp. 151pp.). Geneva, Switzerland.
- IRCELINE (Cartographer). (2015a). Ozon jaargemiddelde.
<http://www.irceline.be/nl/luchtkwaliteit/metingen/ozon/historiek>

- IRCELINE, s.d. Waarom zijn de ozonconcentraties hoger op het platteland dan in de steden? IRCELIEN. <http://www.irceline.be/nl/documentatie/faq/waarom-zijn-de-ozonconcentraties-hoger-op-het-platteland-dan-in-de-steden>. (website geraadpleegd op 10 mei, 2016)
- IRCELINE. (2015b). Welke gezondheidseffecten veroorzaken te hoge ozon waarden? Retrieved 6 maart 2016, 2016, from <http://www.irceline.be/nl/documentatie/faq/welke-gezondheidseffecten-veroorzaken-te-hoge-ozon-waarden>
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsmann, A., Martin, E., Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B. and Yiou, P., 2013. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research Regional Environmental Change, Springer Berlin Heidelberg, 2013, 1-16.
- Joint Research Centre (2014). New study quantifies the effects of climate change in Europe. [Press release]. Retrieved from https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/jrc_20140625_newsrelease_climate-change_en.pdf
- Jolly W.M., Cochrane M.A., Freeborn P.H., Holden Z.A., Brown T.J., Williamson G.J., Bowman D.M.J.S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 6. P. 7537.
- Kamburow C., (2011). Climate change adaptation at European railway infrastructure companies. Results of the UIC ARISCC project. Second session of Group of Expert on climate change impacts and adaptation for international transport networks, UNECE. Geneva. 8 November 2011. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp5/ECE-TRANS-WP5-GE3-02-PPP-03-UIC_ARISCC.pdf
- Kendon, E.J., Roberts, N.M., Senior, C.A., Roberts, M.J., 2012. Realism of rainfall in a very high-resolution regional climate model. *Journal of Climate*, 25(17), 5791-5806.
- Klemm, W., Lenzholzer, S., Heusinkveld, B., Hove, B. van (2014, in review). Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort. *Landscape and Urban Planning*
- Klemm, W.; Heusinkveld, B. G.; Lenzholzer, S.; Jacobs, M. H.; Van Hove, B. (2014). Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in the Netherlands. *Building and Environment* 82.
- Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat, (2008) Klimaatverandering en gezondheid. Oploopebat georganiseerd door Klimaat voor Ruimte en Kennis voor Klimaat. 18 september 2008. Amsterdam. <http://docplayer.nl/10119044-Klimaatverandering-en-gezondheid.html>
- KMI, Wat zijn de voorwaarden voor een hittegolf? <http://www.meteo.be/meteo/view/nl/68771-FAQ's+over+het+weer.html?view=3269224>
- Koppe C., Kovats S., Jendritzky G., & Menne B. (2004). Heat-waves: risks and responses. In WHO (Ed.), *Health and Global Environmental Change*. WHO, Copenhagen. 2. pp. 124).
- Kovats RS, Hajat S, Wilkinson P. (2004). Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med* 61. Pp. 893-898.
- Kwadijk, J. C. J., M. Haasnoot, J. P. M. Mulder, M. M. C., Hoogvliet, A. B. M. J., Jeuken, R. A. A. van der Krogt, N. G. C. van Oostrom, H. A. Schelfhout, E. H. van Velzen, H. van Waveren, and M. J. M. de Wit. 2010. Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1(5):729-740.
- Lauwaet D., Maiheu B., Aertsens J., De Ridder K., (2014) Opmaak van een hittekaart en analyse van het stedelijk hitte-eiland effect voor Antwerpen. VITO. Mol. http://ecohuis.antwerpen.be/docs/Stad/Bedrijven/Stadsontwikkeling/SW_Ecohuis/plannen_presentaties/Hittekaart_Antwerpen_Eindrapport_samenvatting.pdf en <http://ecohuis.antwerpen.be/Ecohuis/Ecohuis-Hoofdnavigatie/Milieuplannen/Milieuplannen-Hittekaart.html>
- Maerivoet, S. (2015) Files kosten ons elke dag minstens 600.000 euro, *Het Nieuwsblad / De Standaard / deredactie.be*, 21 april 2015.
- Meyer, V., & Messner, F. (2005). National Flood Damage Evaluation Methods. A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. UFZ. Leipzig. pp. 49.
- MIRA, 2015. MIRA Klimaatrapport 2015 (Brouwers et al.), VMM-MIRA.
- NASA. (2016, Jan 20, 2016). NASA, NOAA analysis reveal record-shattering global warm temperatures in 2015. Geraadpleegd op 24 mei 2016. <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-analyses-reveal-record-shattering-global-warm-temperatures-in-2015>
- Neiryck J., Stevens M. (2014). Hoofdstuk 19- Ecosysteemdienst regulatie van luchtkwaliteit. (INBO.R.2014.1986607). In Stevens, M. et al. (eds.), *Natuurrapport - Toestand en trend ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen*.

- Nowak, D., Crane, D., & Stevens, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), pp. 115-123.
- Ntegeka, V., Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., 2014. Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments. *Journal of Hydrology*, 508C, 307-321.
- Paerl, H. W., & Huisman, J. (2009). Climate change: A catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*, 1(1), pp. 27-37.
- Peters, G.P., Andrew, R.M., Boden, T., Canadell, J.G., Ciais, P., Quéré, C. Le, Marland, G., Raupach, M.R., Wilson, C., 2013. The challenge to keep global warming below 2°C. *Nature Clim. Change*, 3, 4-6.
- Poelmans, L., Van Rompaey, A., & Batelaan, O. (2010). Coupling urban expansion models and hydrological models: How important are spatial patterns? *Land Use Policy*, 27, pp. 965-975.
- Prein, A.F., Gobiet, A., Suklitsch, M., Truhetz, H., Awan, N.K., Keuler, K., Georgievski, G., 2013. Added value of convection permitting seasonal simulations. *Climate Dynamics*, 41, 2655-2677.
- Provincie Antwerpen, (2011) Klimaatplan. Provincie Antwerpen. Antwerpen.
<http://www.provincieantwerpen.be/aanbod/dlm/duurzame-organisatie/klimaatneutrale-provincie0/klimaatplan.html>
- Provincie Antwerpen, (2011) Land- en tuinbouwsector in de Provincie Antwerpen in Cijfers. Provincie Antwerpen.
- Provincie Antwerpen, (2014) Provincie ondertekent Mayors Adapt. Provincie Antwerpen.
http://www.provincieantwerpen.be/aanbod/dlm/duurzame-organisatie/nieuwsoverzicht-duurzame-provincie.masterdetail.html/p_detail_url/nl/dlm/dienst-duurzaam-milieu--en-natuurbeleid/nieuws/duurzame-organisatie/provincie-ondertekent-mayors-adapt.html
- Provincie Antwerpen, In welk landschapsbeeld woon jij? Provincie Antwerpen.
<http://www.provincieantwerpen.be/aanbod/dlm/biodiversiteit/landschapsbeelden-biodiversiteit/in-welk-landschapsbeeld-woon-jij-.html> (Website geraadpleegd op 10 mei 2016)
- Santamouris M. (2014) Cooling the cities. A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*. 103. Pp. 682-703.
- Scholz, M., Grabowiecki p. (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and Environment*. 42. Pp. 3830 - 3836
- Schwartz J, Samet JM, Patz JA. (2004). Hospital admissions for heart disease: The effects of temperature and humidity. *Epidemiology* 15. pp. 755-761.
- Staes, J., Willems, P., Marbaix, P., Vrebos, D., Bal, K., Meire, P., (2011). Impact of climate change on river hydrology and ecology: a case study for interdisciplinary policy oriented research. SUDEM-CLI. Final Report. Brussels: Belgian Science Policy.
http://www.belspo.be/belspo/ssd/science/reports/finalreport_canevasweb_ml.pdf
- Steenefeld, G.J., Koopmans, S., Heusinkveld, B.G., van Hove, L.W.A., Holtslag, A.A.M. (2011). Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. *J. Geophys. Res.* 116, D20129, 14pp.
- Stewart, I. D., Oke, T. R., & Kravtsov, E. S. (2014). Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, 34(4), pp. 1062-1080.
- Sunyer, M.A., Hundsdoerfer, Y., Lawrence, D., Madsen, H., Willems, P., Martinkova, M., Vermoor, K., Bürger, G., Hanel, M., Kriaučiūnienė, J., Loukas, A., Osuch, M., Yücel, I., 2015. Inter-comparison of statistical downscaling methods for projection of extreme precipitation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 1827-1847.
- Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2014a. Bijsturing van de Vlaamse klimaatscenario's voor hydrologische en hydrodynamische impactanalyse inclusief hydrologische extremen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA 2014, door KU Leuven – Afdeling Hydraulica, november 2014, 106 p.
- Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2014b. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen – Technische Appendix 2: Nieuwe modelprojecties voor Ukkel op basis van globale klimaatmodellen (CMIP5). Studie uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Operationeel Waterbeheer van de Vlaamse Milieumaatschappij en MIRA, KU Leuven, november 2014, 104 p.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, The Paris Agreement. UNFCCC.
http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php
- Van Alebeek, F., (2007) Hoe werkt natuurlijke plaagbestrijding? *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. Wageningen UR.
- Van de Ven, F., Buma J., Vos, T., (2014). Handreiking voor de uitvoering van een stresstest klimaabestendigheid. Deltaprogramma Nieuwbouw en herstructurering.
http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/l/nl/library/download/urn:uuid:cf3cc550-a321-47ce-98a4-9fe66831b0c5/handreiking_stresstest.pdf
- Van der Aa, B., Vriens, L., Van Kerckvoorde A., De Becker, P., Roskams, P., De Bruyn, L., Denys, L., Megeay, J., Raman, M., Van den Bergh, E., Wouters, J., Hoffmann, M., (2015) Effecten van klimaatverandering op bos en natuur in Vlaanderen. INBO, Brussel.

- van Hooff T, Blocken B, Hensen JLM, Timmermans HJP, (2014). On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings. *Building and Environment* 82, pp. 300-316
- Van Lipzig, N., Willems, P., 2014. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, KU Leuven i.s.m. KMI, november 2014.
- van Vliet, M. T. H., Wiberg, D., Leduc, S., & Riahi, K. (2016). Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. *Nature Climate Change*. 6. pp. 375-380.
- van Ypersele J.-P. & P. Marbaix (2004). Impact van de klimaatverandering in België. Rapport op vraag van Greenpeace, Brussel. 44p.
- Vanlaer E., & Tuytens F. (2013). Heeft Belgisch rundvee nood aan beschutting op de weide? Geraardpleegd op 6 maart 2016 op Heeft-Belgisch-rundvee-nood-aan-beschutting-op-de-weide
- Vansteenkiste, Th., Tavakoli, M., Ntegeka, V., De Smedt, F., Batelaan, O., Pereira, F., Willems, P. (2014), 'Intercomparison of hydrological model structures and calibration approaches in climate scenario impact projections', *Journal of Hydrology*, 519, 743-755.
- Vansteenkiste, T.; Holvoet, K.; Willems, P.; Vanneuville, W.; Deckers, P.; Mostaert, F. (2009). Effect van klimaatwijzigingen op afvoerdebieten in hoog- en laagwatersituaties en op de globale waterbeschikbaarheid: gevalstudie voor de Maas. Versie 2.0. WL Rapporten, 706_13a. Katholieke Universiteit Leuven (KUL)/Waterbouwkundig Laboratorium. Antwerpen. 14 pp.
- Viaene P., & Deutsch F. (2014). Opmaak van een indicator voor ozonschade aan vegetatie in Vlaanderen via uitbouw van een ozonfluxmodel. In VMM (Ed.), *Vlaamse Milieumaatschappij*. Aalst. pp. 56.
- Villanueva, P.S., (2011). The Learning to ADAPT principles, presentation. www.seachangecop.org/node/109
- Vlaams Klimaatadaptatieplan (2013) Departement LNE, Brussel.
<https://www.lne.be/themas/klimaatverandering/vlaams-klimaatbeleidsplan-2013-2020/eerste-ontwerp/eerste-ontwerp-vlaams-klimaatbeleidsplan-2013-2020>
- Vlaamse Milieumaatschappij (2010). Milieurapport 2010. Waterbeschikbaarheid. VMM. Aalst
<http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/waterkwantiteit/beschikbaarheid-van-water/waterbeschikbaarheid/>
- Vlakwa (2015). The socio-economic importance of water in Flanders; summary. Online:
http://www.vlakwa.be/fileadmin/media/pdf/20150605_samenvatting.pdf
- VMM (2015). Hoog water zonder kater. VMM. <https://www.vmm.be/water/overstromingen>
- Vreke J., Salverda I.E., Langers, F., (2010). Niet bij rood alleen: buurtgroen en sociale cohesie. Alterra Wageningen UR. Wageningen.
- Waterwegen en Zeekanaal, NV. (s.d). Geactualiseerd Sigmaplan: beter beschermd. Waterwegen en Zeekanaal NV. <http://www.wenz.be/nl/projecten/Sigmaplan/>
- Werners, S. E., M. Bindi, T. Bölscher, J. Hinkel, M. Moriondo, A. Oost, A. Patt, S. Pfenninger, E. van Slobbe, and G. Trombi.(2012). Adaptation turning points: identification of impact thresholds, key risk factors and potential adaptive responses. Deliverable D2.3. MEDIATION Project, Wageningen, Netherlands.
- Willems P., (s.d.). Invloed van klimaatverandering op hoog-en laagwater in Vlaanderen. KU Leuven.
<http://www.kuleuven.be/hydr/cci/reports/Water%20en%20klimaatverandering%20PWillems.pdf>
- Willems, P., (2015). Effecten van de klimaatverandering op de laagwaterproblematiek van de Maas. Presentatie tijdens het Symposium 20 jaar Maasafvoerdrag. 23 november 2015.
<http://www.kuleuven.be/hydr/cci/reports/Symposium20jMaasafvoerdrag-PWillems.pdf>
- Willems, P., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsson, J., Nguyen, V.T.V., 2012a. Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: methods and shortcomings. *Atmospheric Research*, 103, 106-118.
- Willems, P., De Niel, J., Tabari, H., 2015. Modelling en beleidsaanbevelingen ten aanzien van neerslag in Antwerpen, KU Leuven voor Stad Antwerpen, september 2015, 153 p.
- Willems, P., Olsson, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., Madsen, H., Nguyen, V-T-V., 2012b. Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage. IWA Publishing, 252p., Paperback Print ISBN 9781780401256; Ebook ISBN 9781780401263
- World Health Organization. Regional Office for Europe. Climate change. Data and Statistics. WHO.
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/data-and-statistics>
- Zander K.K., Botzen, W.J.W., Oppermann E., Kjellstrom T, Garnett, S.T. (2015). Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. In *Nature Climate Change*. 5. Pp. 647-651.

COLOFON

leden van de provinciale werkgroep Adaptatie:

Tine Loomans (Ruimtelijke planning)
Nieuwborg Herlinde (PIH, Natuur)
De Mol Michiel (Integraal Waterbeleid)
Boonen Ruben (Landbouw en Platteland)
Baets Jerina (Groendomeinen Mechelen)
Vonck Mariska (Welzijn)
De Vries Gitte (Economie)
Meyns Katrien (Vastgoed)
Resi PANSAERTS (Duurzaam milieu- en Natuurbeleid)
Van Praet Els (Duurzaam milieu- en Natuurbeleid)
Dirk Vandenbussche (Duurzaam milieu- en Natuurbeleid, VZ)

De deputatie van de provincie Antwerpen

Voorzitter: Cathy Berx, gouverneur
Leden:
Luk Lemmens
Ludwig Caluwé
Inga Verhaert
Bruno Peeters
Peter Bellens
Rik Röttger
Provinciegriffier: Danny Toelen

Eindredactie en vormgeving Resi PANSAERTS

Projectcoördinator Dirk VANDENBUSSCHE

