

De ruimtelijke invloed van klimaatsverandering op het watersysteem in het IJzerbekken

Barbara Vansompel

Promotor: prof. dr. ir. Renaat De Sutter

Begeleiders: Ruchita Ingle, dr. ir. Hans Leinfelder

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master in de ingenieurswetenschappen: bouwkunde

Vakgroep Civiele techniek

Voorzitter: prof. dr. ir. Julien De Rouck

Faculteit Ingenieurswetenschappen

Academiejaar 2009-2010



Voorwoord

De klimaatsverandering is tegenwoordig een actueel thema en is het onderwerp van steeds meer onderzoeksprojecten, ook in Vlaanderen. Deze thesis kadert in het Ccaspar-project dat de ruimtelijke gevolgen van de klimaatsverandering in Vlaanderen bestudeert en hierbij ook op zoek gaat naar ruimtelijke aanpassingsstrategieën.

In dit werk wordt eerst een algemeen beeld geschetst van de klimaatsveranderingen en vervolgens wordt gekeken wat de belangrijkste gevolgen hiervan zijn op het watersysteem in het IJzerbekken. Daar Vlaanderen een veel te grote regio met uiteenlopende kenmerken is voor één algemene studie, werd toegesplitst op één rivierbekken. Uit de verschillende gevolgen van de klimaatsveranderingen op het watersysteem wordt vermoed dat de wateroverlast het meest belangrijke knelpunt zal zijn in de toekomst. Daarom wordt een apart hoofdstuk gewijd aan de overstromingsproblematiek. Hierin wordt onder andere de huidige overstromingsproblematiek geanalyseerd, met als doel mogelijke maatregelen en adaptatiestrategieën te ontwikkelen om de problematiek te beperken.

Graag wens ik ook nog enkele personen te bedanken die me hebben geholpen met mijn masterproef. Vooreerst gaat mijn dank uit naar alle personen en organisaties die me geholpen hebben in mijn zoektocht naar informatie. Tevens wens ik ook mijn promotor, Prof. De Sutter, en mijn begeleidster, Ruchita Ingle, te bedanken aangezien ze mij alle kansen gaven om de doelstelling van mijn masterproef zo zelfstandig mogelijk te bereiken. Eveneens wens ik ook mijn medestudent Anke Herremans te bedanken voor de informatie-uitwisseling en het overleg rond onze thesisonderwerpen. Tenslotte wens ik ook iedereen te bedanken die onzichtbaar heeft bijgedragen tot het behalen van de doelstellingen van mijn masterproef.

Barbara Vansompel

Gent, mei 2010

Toelating tot bruikleen

De auteur geeft de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik.

Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

Barbara Vansompel

Gent, mei 2010

Overzicht

De ruimtelijke invloed van klimaatsverandering op het watersysteem in het IJzerbekken

Barbara VANSOMPEL

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van

MASTER IN DE INGENIEURSWETENSCHAPPEN: BOUWKUNDE

Academiejaar 2009-2010

Promotor: Prof. dr. ir. Renaat DE SUTTER.

Begeleiders: Ruchita INGLE, dr. ir. Hans LEINFELDER

Vakgroep Civiele techniek

Voorzitter: prof. dr. ir. Julien DE ROUCK

Faculteit Ingenieurswetenschappen

Universiteit Gent

Samenvatting

De aarde is onderhevig aan klimaatsveranderingen, dit uit zich onder meer in een temperatuurstoename, veranderingen in neerslag (zowel hoeveelheid als -frequentie) en extreme weersfenomenen. Deze klimaatsveranderingen brengen ook gevolgen met zich mee voor het watersysteem, in deze masterproef werden deze bepaald voor het IJzerbekken. De belangrijkste gevolgen in dit bekken zijn de toename van de periodes met wateroverlast, de toename van de periodes met watertekort, de verdere stijging van de zeespiegel (en bijhorende gevolgen), grotere variaties in de grondwatertafel, de grotere vraag naar drinkwater, de wijziging van de waterkwaliteit, de toename van de bodemerosie en de verandering in de biodiversiteit.

Aangezien de overstromingen in het IJzerbekken het belangrijkste huidige knelpunt is en verwacht wordt dat dit als gevolg van de klimaatsveranderingen ook zo zal blijven, werd deze problematiek nader onderzocht. Hierbij werden onder andere de overstromingskaarten per klimaatscenario en het overstromingsrisico door klimaatsverandering bij huidig en gewijzigd landgebruik besproken. Zo wordt voor beide zaken een afname verwacht in respectievelijk de oppervlakte van het overstromingsgebied en het overstromingsrisico voor het droge en gematigde klimaatsveranderingsscenario. Bij het natte scenario wordt voor beide zaken een toename verwacht. Hierbij kon ook vastgesteld worden dat de risico's bij alle drie de scenario's groter waren dan bij het huidig landgebruik.

De huidige overstromingsproblematiek werd vervolgens onderzocht aan de hand van een DPSI-R-analyse met als doel een duidelijk zicht te krijgen van de oorzaken van de overstromingen en hiervoor maatregelen te vinden om de hinder van de wateroverlast zoveel mogelijk proberen te beperken in de toekomst. Als voornaamste maatregel kwam hier het toepassen van de drietrapsstrategie “vasthouden-bergen-afvoeren” naar boven.

Trefwoorden

Klimaatverandering, overstromingsproblematiek, IJzerbekken

The spatial effects of climate change on the water system of the Yser basin

Barbara Vansompel

Supervisor(s): Renaat De Sutter, Ruchita Ingle

Abstract – In this paper, the effects of climate change in the Yser basin are studied. The change in climate parameters (temperature, precipitation and wind) has an impact on the water system of the Yser basin, more specific an increase of floods and periods of water shortage, the rise of the sea level,... Because the flood problem is assumed to be the biggest problem in the basin, this topic is examined more in detail.

Keywords – Climate change, floods, Yser basin

I. INTRODUCTION

The paper is within the framework of the Ccaspar-project. The aim of this project is a qualitative research for adaptation measures for changes in spatial structures in Flanders caused by climate change. This also includes a scientific evaluation of the existing planning policy in Flanders [1].

In this paper the effects of climate change in the Yser basin are studied. One of these effects (the one which is assumed to be the biggest problem) will be examined in detail with the aim to find adaptation measures which will reduce or solve the problem.

II. CLIMATE CHANGE

The climate on earth is changing, this can be observed by the increase in temperature, changes in precipitation (both quantity and frequency) and extreme weather phenomena (for example the increase of the number heatwaves). The change in these climate variables also has direct effects, such as the rise of the sea level and the increase in flooding. Apart from the direct effects, there are a lot of secondary effects which can be divided into economic, ecologic and social impacts. Some examples of this type of effects are the expected increase in tourism at the Belgian coast, more heat-related health disorders and the appearance of exotic plant and animal species in Flanders.

Researchers try to predict climate change through the development of climate change scenarios. Since greenhouse gas emissions are supposed to be one of the main causes of climate change, greenhouse gas emission scenarios (more specific the IPCC scenarios) have an important role in the development of climate change scenarios. In the CCI-HYDR-project 3 climate change scenarios with each a different hydrological impact (low, mean or high) are developed for Flanders. Because these scenarios are rather recent, in some projects which started earlier the Dutch KNMI-scenarios are used, but these KNMI-scenarios were extended with an extreme scenario which a sea level rise of 2m includes.

III. THE YSER BASIN

Because the size of Flanders is too big for one case study and also because Flanders is consisting of a lot of areas with different characteristics, this paper will only focus on one river basin, the Yser basin. This basin is situated in West Flanders and borders to France. The north side of this basin is located along the North Sea (Figure 1).



Figure 1 - Situation of the Yser basin

Before the effects of climate change in the Yser basin are determined, the existing bottlenecks are studied. The most important bottleneck is without a doubt the flood problem in the basin. Almost each year winter floods take place, summer floods also occur but they are more exceptional. However a summer flood has most of the time a higher impact, and causes more damage than a winter flood. Other existing bottlenecks in the Yser basin are periods of water shortage, the quality of the surface water, the soil erosion and sediment transport, the continuous decline of the groundwater table and the management of the water levels in the polder areas.

In the next step the effects of climate change on the water system in the Yser basin are determined. The most important expected effects are an increase in flood periods, an increase in periods of water shortage, a further rise of the sea level, higher variations in the groundwater table, an increased demand for drinking water, a change in water quality, increased soil erosion and a change in biodiversity. There can be concluded that some of the existing bottlenecks are strengthened as a result of climate change.

The sea level rise is a direct effect of the climate change, but this rise also has several consequences: a loss of the beach area, a higher flood risk in the coastal area, increased shoreline erosion, the intrusion of salt water in estuaries and aquifers and a shorter discharge time of water from the polders and rivers to the sea.

IV. THE FLOOD PROBLEM IN THE YSER BASIN

Because the flood problem is the most important existing bottleneck in the Yser basin and is assumed to stay the most important problem in the future as result of the climate change, this problem is examined more in detail.

For each climate scenario (low, mean and high) flooding maps are developed by the CCI-HYDR-project for the Yser basin for different return periods. There can be concluded that the flooding area will reduce in the low and the mean scenario compared with the actual flooding area. In the high scenario, which is the wet scenario, the flooding area will expand.

Some areas will have a higher loss than others as a result of floods, for example the flooding of buildings causes high damage while grassland will have limited or no loss. Therefore it is important to look at the flood risk of the Yser basin. The flood risk as result of climate change by the actual land use shows that the risk in 2100 reduces for the low and mean climate scenario, and increases with 34% for the high scenario. Not only the climate change determines the flood risk, there can be assumed that the land use is a factor of much more importance. Therefore the flood risk in 2100 as result of climate change by changing land use will give a better estimation of the future flood risk. For the changing of land use 2 MIRA-NARA-scenarios are used, the reference and the Europe scenario. This flood risk in 2100 also shows a reduce for the low and mean climate scenario, and an increase for the high scenario, but the risks for the 3 scenarios are higher than those by actual land use.

The next step is the analysis of the existing flood problem in the Yser basin. The aim of this study is to trace the different causes of this problem and finding adaptation measures, using this causes, to reduce or solve this flood problem. For the analysis of the problem, the DPSI-R-method is used (Figure 2).

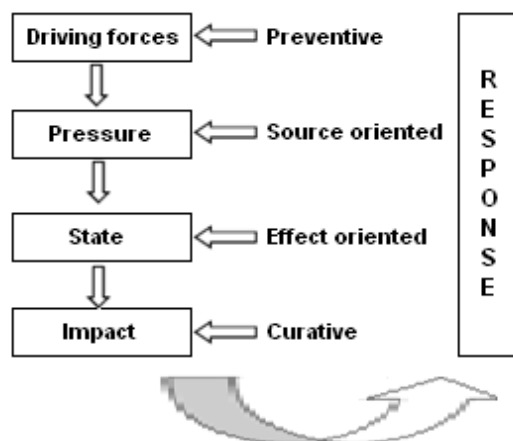


Figure 2 - The DPSI-R framework

The driving forces of the problem are assumed to be the land use, the population, the natural state of the surface and the agriculture. The next step, the pressure, contains all the elements (natural and anthropogenic) which cause an increased runoff and lead to a higher chance for flooding (state). Here the quasi impermeable soil in the south of the basin, the increase in paved surface, the decrease of the gradient of the Yser in Flanders,... can be listed. Also the change in precipitation as result of the climate change belongs to the pressure. When floods occur, the impact can be divided in 3 different categories, the economic, the ecologic and the social impact. The economic impact

contains all the elements which are influenced in a negative financial way by the floods, such as damage of the buildings, loss of crops in the agriculture sector,... For a typical winter flood the loss in the Yser basin is much smaller than those of an exceptional summer flood, because the majority of the area in the risk zone for floods is used for agriculture and these fields are barely cultivated in the winter because of the expected winter floods. The ecological impact refers to the (sometimes temporally) degradation of the nature, while the social impact concerns all the changes in terms of thinking, living, working of the population. Research showed that the Yser and Dender basin have the highest social vulnerability to flooding over the five analyzed Flemish flood-prone areas (Demer, Dender, Maas, Nete, and Yser). By the development of adaptation measures, the effectiveness of the measures decreases with the sequence of the DPSI-framework. The most important adaptation strategy in the Yser basin seems to be the three-stage strategy "hold-store-drain". The basic principles of the holding of water are the infiltration and the uncoupling of the precipitation discharge from the sewer. When the result of the holding of water is still insufficient, the concept of storing can be applied, this means creating extra buffer space for water. The best areas for buffering are the natural floodplains of the waterways. Only when it is impossible to give these plains back to the waterways, artificial buffer areas can be created. When the result is still insufficient the concept of draining can also be applied. The optimization of draining can be reached by the installation of pumps, dredging, the adjustment of weirs,...

For some of the waterways in the Yser basin some measures are developed and analyzed by water managers and engineering offices. Most of the measures are relating to the creation of extra buffer space and the optimization of the weirs. Generally there can be concluded that the effect of the measures is very local and separately they each are insufficient to eliminate the existing bottlenecks. However; a combination of several measures can be effective enough to minimize or even eliminate flooding in the bottlenecks.

V. REFERENCES

- [1] CcASPAR-project, *Introduction CcASPAR-project*, PowerPoint presentation, 2009.
- [2] Milieurapport Vlaanderen, *MIRA 2009 & NARA 2009 – Wetenschappelijk rapport Klimaatverandering en waterhuishouding*, 2009.
- [3] Bekkenbestuur IJzerbekken, *Het bekkenbeheerplan van het IJzerbekken*, 2008.
- [4] Katholieke Universiteit Leuven & Waterbouwkundig Laboratorium, *Climate change impact on hydrological extremes in Flanders: Regional differences*, 2008.
- [5] ADAPT-project, *Towards an integrated decision tool for adaptation measures- Case study: floods*, 2008

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Toelating tot bruikleen.....	ii
Overzicht	iii
Extended Abstract.....	v
Lijst van gebruikte afkortingen	x
1. CcASPAR-project	1
2. Klimaatsverandering	3
2.1. Inleiding.....	3
2.2. Oorzaken van klimaatsverandering	3
2.3. Bewijzen van klimaatsverandering	4
2.3.1. Temperatuur	4
2.3.2. Neerslag	6
2.3.3. Wind	8
2.3.4. Extreme weersfenomenen.....	8
2.4. Rechtstreekse gevolgen van klimaatsverandering.....	11
2.4.1. Stijging van het zeeniveau.....	11
2.4.2. Overstromingen	12
2.5. Secundaire gevolgen van de klimaatsverandering	13
2.5.1. Economische impact	13
2.5.2. Sociale impact	14
2.5.3. Ecologische impact.....	14
2.6. Klimaatsveranderingsscenario's.....	15
2.6.1. IPCC-broekagasemissiescenario's	15
2.6.2. Ontwikkeling van klimaatsveranderingsscenario's	17
2.6.3. Klimaatsveranderingsscenario's gebruikt in België.....	19
3. Het IJzerbekken	24
3.1. Situering	24
3.2. Watersysteem	25
3.2.1. Oppervlaktewater	25
3.2.2. Grondwater	26
3.2.3. Watergebruik	28
3.3. Bodem	29
3.3.1. Bodemtype	29

3.3.2.	Bodemgebruik	30
3.4.	Huidige knelpunten in het IJzerbekken	31
3.4.1.	Overstromingsgevaar	31
3.4.2.	Watertekort	32
3.4.3.	Waterkwaliteit	32
3.4.4.	Sedimenttransport	34
3.4.5.	Grondwater	35
3.4.6.	Peilbeheer in de poldergebieden	36
3.5.	Gevolgen van de klimaatsverandering in het IJzerbekken	36
3.5.1.	Impact van klimaatsverandering op rivierhydrologie en -hydrodynamiek in het zuidelijk deel van het IJzerbekken	36
3.5.2.	Toename van periodes met wateroverlast	40
3.5.3.	Toename van periodes met watertekort	41
3.5.4.	Stijging van de zeespiegel	41
3.5.5.	Grondwater	45
3.5.6.	Drinkwatervoorziening	45
3.5.7.	Wijziging van de waterkwaliteit	45
3.5.8.	Bodemerosie	46
3.5.9.	Biodiversiteit	46
4.	Overstromingen in het IJzerbekken	47
4.1.	Verschillende soorten overstromingen	47
4.2.	Europese richtlijn inzake de beoordeling en de aanpak van overstromingen	47
4.3.	Erkenning als natuurramp	48
4.4.	Inventarisatie van de overstromingsgebieden en -kaarten	49
4.4.1.	Van nature overstroombare gebieden	49
4.4.2.	Recent overstroomde gebieden	49
4.4.3.	Gemodelleerde overstromingsgebieden	49
4.4.4.	Federale kaart voor risicozones overstromingen	50
4.5.	Winter- en zomeroverstromingen	50
4.5.1.	Winteroverstroming november- december 2009	50
4.5.2.	Zomeroverstroming juli 2005	52
4.6.	De belangrijkste waterlopen in de recent overstroomde gebieden	53
4.6.1.	De IJzer	53
4.6.2.	De Handzamevaart	55

4.6.3.	De Poperingevaart	56
4.6.4.	De Grote Kemmelbeek	56
4.6.5.	De Ieperlee	56
4.6.6.	De Sint-Jansbeek/ Martjesvaart	57
4.7.	Overstromingskaarten per klimaatsveranderingsscenario	57
4.8.	Gebieden met overstromingsrisico door klimaatsverandering	58
4.8.1.	Overstromingsrisico door klimaatsverandering bij huidig landgebruik	58
4.8.2.	Landgebruikscenario's	60
4.8.3.	Overstromingsrisico door klimaatsverandering bij gewijzigd landgebruik	62
4.9.	Analyse van de overstromingsproblematiek	63
4.9.1.	Driving forces	64
4.9.2.	Pressure	65
4.9.3.	State	66
4.9.4.	Impact	66
4.9.5.	Response	72
4.10.	Mogelijke scenario's om de impact van overstromingen te beperken	81
4.10.1.	Langs de IJzer	81
4.10.2.	In het stroomgebied van de Handzamevaart	84
4.10.3.	In het stroomgebied van de Poperingevaart	84
4.10.4.	Maatregelen langs ander waterlopen	85
5.	Conclusie	86
	Bijlage A: NARA-landgebruikscenario's	88
	Bibliografie	89
	Lijst der figuren	92
	Lijst der tabellen	94

Lijst van gebruikte afkortingen

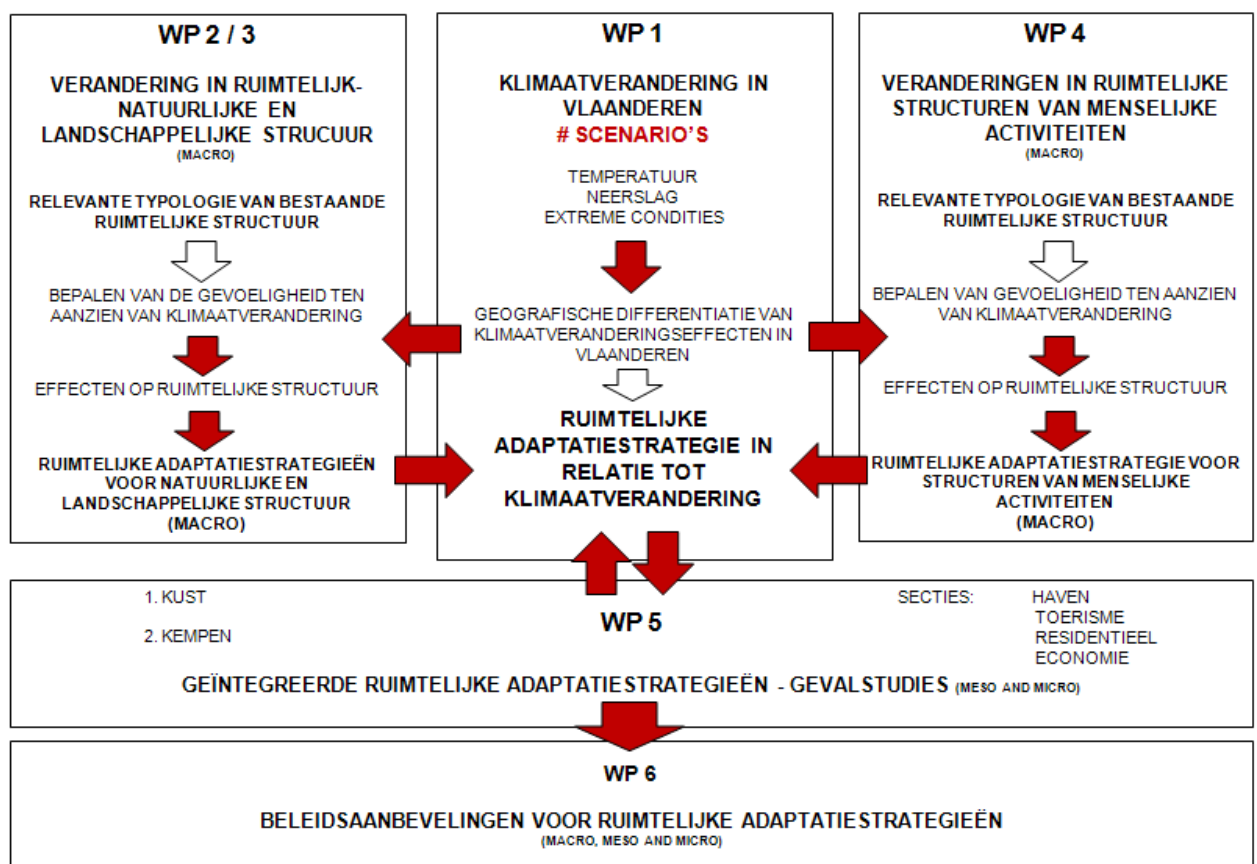
AGIV	Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen
BBI	Belgische Biotische Index
BZV	Biologisch zuurstofverbruik
CcASPAR	Climate change and changes in Spatial structures in Flanders
CCI-HYDR	Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems
CLIMAR	Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities
DHM	Digitaal hoogtemodel
ETo	Evapotranspiratie
IDF	Intensiteit-duur-frequentie
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWT	Agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie
IWVA	Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
KWZI	Kleinschalige waterzuiveringsinstallaties
MIRA	Milieurapport Vlaanderen
MOG	Gemodelleerd overstromingsgebied
NAO	North Atlantic Oscillation
NARA	Natuurrapport 2009
NOG	Van nature overstroombare gebied
ROG	Recent overstroomd gebied
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallaties
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VLM	Vlaamse Landmaatschappij
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VMW	Vlaamse Watermaatschappij

1. CcASPAR-project

Klimaatverandering is een thema dat de laatste tijd heel actueel is, er lopen dan ook veel onderzoeksprojecten in verband met de klimaatverandering. Deze thesis kadert in het IWT- project CcASPAR, wat staat voor Climate Change And changes in SPAtial structures in Flanders -Research project. Het project wordt uitgevoerd door een interdisciplinaire onderzoeksgroep die gecoördineerd wordt door de Universiteit Gent. De onderzoeksgroep bestaat uit onderstaande partners:

- Universiteit Gent – Afdeling Mobiliteit en Ruimtelijke Planning
- Universiteit Gent – Vakgroep Geografie
- Universiteit Antwerpen – Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer
- Katholieke Universiteit Leuven – Afdeling Bos, Natuur en Landschap
- Vrije Universiteit Amsterdam – Instituut voor Milieu Vraagstukken
- Hogeschool Gent – Departement Biowetenschappen en Landschapsarchitectuur
- Omgeving

Het project bestudeert de verwachte ruimtelijke gevolgen van de klimaatverandering in Vlaanderen en gaat hierbij ook op zoek naar globale ruimtelijke aanpassingsstrategieën. Het onderzoek wordt opgedeeld in 6 werkpakketten, die voorgesteld worden in het organigram van Figuur 1 (1).



Figuur 1 – Organigram van het onderzoeksproject

De basis van het onderzoek is het inschatten van de ruimtelijke impact van enkele klimatologische en hydrologische parameters zoals temperatuur en neerslag voor de verschillende klimaatsveranderingsscenario's. Dit gedeelte van het project, dat tot het werkpakket 1 behoort, wordt uitgevoerd door de Universiteit Gent en de Universiteit van Amsterdam. Hierbij hoort het bepalen van de geografische verschillen van primaire effecten en secundaire effecten op de wijzigingen in landgebruik in 2050 en 2100. Vervolgens wordt gezocht naar een ruimtelijke aanpassingsstrategie voor Vlaanderen. In de werkpakketten 2, 3 en 4 wordt de ruimtelijke invloed van de klimaatsveranderingen voor Vlaanderen ingeschat op niveau van de ruimtelijke-natuurlijke, de landschappelijke structuren en de ruimtelijke structuren van de menselijke activiteiten. Hierbij wordt eerst gezocht naar een relevante typologie van de bestaande structuur in functie tot de klimaatsverandering. Vervolgens wordt de gevoeligheid ten opzichte van de klimaatsverandering bepaald, om ten slotte een ruimtelijke aanpassingsstrategie te vinden voor het type structuur. In werkpakket 5 worden alle resultaten van de 4 vorige werkpakketten verzameld en deze worden gebruikt bij het uitvoeren van 2 casestudies, namelijk de Kempen en de Kust. In deze casestudies wordt zowel op regionaal (meso) als lokaal (micro) niveau gewerkt. De doelstelling voor het microniveau is het ontwerpen van concepten voor de planning van de ruimtelijke ontwikkeling van de havens, de residentiële en industriële zones. In werkpakket 6 worden tenslotte aanbevelingen gegeven voor het beleid inzake de ruimtelijke aanpassingsstrategieën met betrekking tot klimaatsverandering voor zowel het regionaal (of provinciaal) niveau als het lokaal niveau. Hierbij worden ook het bestaande beleid en de bestaande buitenlandse ruimtelijke aanpassingsstrategieën geanalyseerd (2).

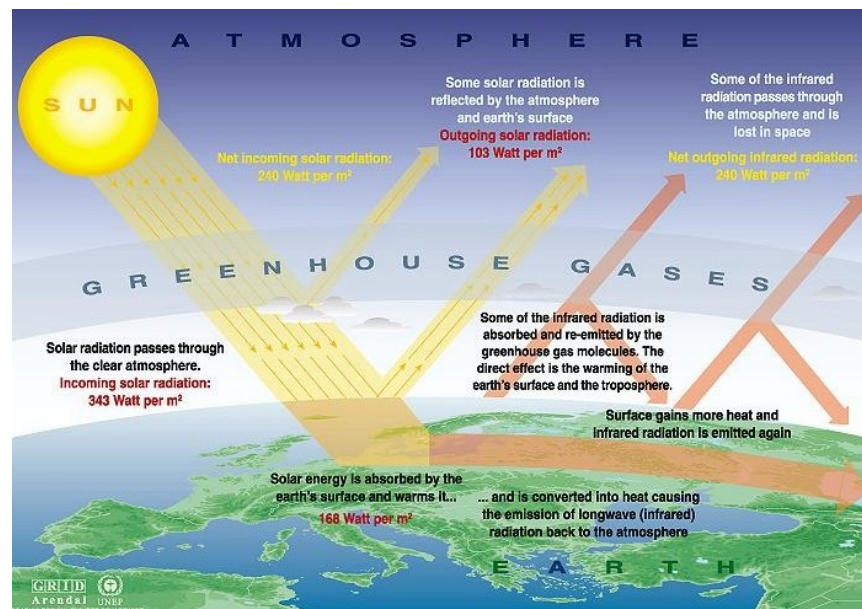
2. Klimaatsverandering

2.1. Inleiding

Het klimaat geeft het gemiddeld gedrag van de atmosfeer weer voor een specifiek gebied gedurende een bepaalde periode (meestal 30 jaar). Het gedrag van de atmosfeer slaat op het geheel van weersomstandigheden zoals temperatuur, wind en neerslag. Als het klimaat op aarde bekeken wordt over lange termijn, dan kan vastgesteld worden dat het aan veranderingen onderhevig is. Dit blijkt onder andere uit de stijging van de gemiddelde temperatuur en een toe- of afname van de gemiddelde hoeveelheid neerslag.

2.2. Oorzaken van klimaatsverandering

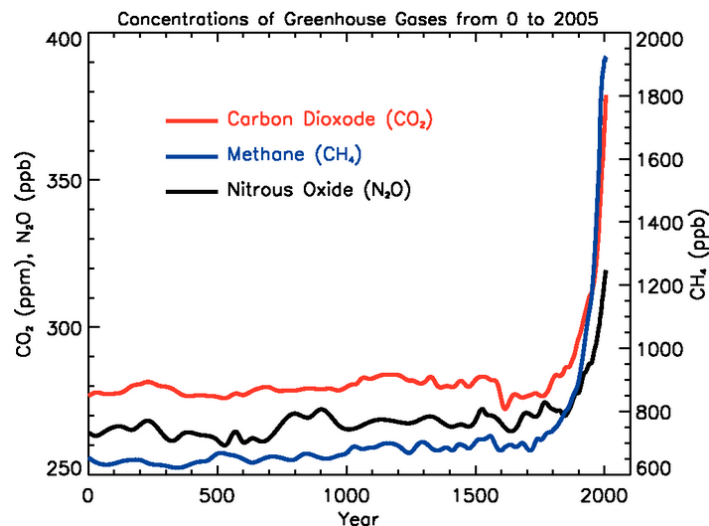
Het klimaatstelsel (Figuur 2) is een complex systeem met als belangrijkste schakel de zon. Deze zendt zonnestralen uit naar de aarde (3). Een deel hiervan wordt onmiddellijk gereflecteerd door de atmosfeer. Deze reflectie is voornamelijk het gevolg van de aanwezigheid van aerosolen in de atmosfeer, dit zijn kleine vaste of vloeibare deeltjes die zich in de atmosfeer bevinden. Een ander deel van het invallend zonlicht wordt gereflecteerd door het aardoppervlak. Het overige deel van het zonlicht wordt door de aarde geabsorbeerd en omgezet in warmte. Deze warmte (energie) wordt terug uitgezonden door de aarde onder de vorm van infraroodstraling. Een deel van deze uitgezonden straling slaagt erin de atmosfeer te verlaten, het overige deel van deze straling wordt door de broeikasgassen (bv. koolstofdioxide, methaan, stikstofdioxide, ozon, waterdamp) teruggestraald en door hogere lagen van de atmosfeer geabsorbeerd waardoor de atmosfeer gaat opwarmen.



Figuur 2- Het klimaatstelsel

De veranderingen in dit systeem, dit zijn de klimaatsveranderingen, hebben zowel natuurlijke als antropogene oorzaken. Voorbeelden van natuurlijke oorzaken zijn vulkaanuitbarstingen, waardoor er een toename van aerosolen in de atmosfeer is, en de variatie van zonneactiviteit, die een functie is van het aantal zonnevlekken. Bij de antropogene oorzaken kan de toename van aerosolen in de atmosfeer door luchtverontreiniging gecategoriseerd worden. De uitstoot van broeikasgassen door

menselijke activiteiten wordt verondersteld een belangrijke bijdrage te hebben tot de klimaatsveranderingen. De evolutie van de concentratie aan CO₂ in de atmosfeer over een tijdspanne van 2000 jaar wordt weergegeven in Figuur 3 (4). Hieruit blijkt dat de concentraties vooral tijdens de laatste eeuw heel sterk toegenomen zijn. Deze toename is voornamelijk het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen en veranderingen in landgebruik, zoals de ontbossing. Een plotselinge stop van het gebruik van broeikasgassen zou echter geen direct effect hebben op de klimaatswijzigingen, aangezien er een zekere vertraging is tussen de uitstoot en het effect op het klimaat.



Figuur 3 - Ontwikkeling van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer

2.3. Bewijzen van klimaatsverandering

Het klimaat is onderhevig aan veranderingen. Dit kan vastgesteld worden als de waarnemingen van verschillende oppervlaktevariabelen van een bepaalde regio over een zekere tijdspanne beschouwd worden. Het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België beschikt over reeksen met klimatologische waarnemingen (temperatuur, neerslag, wind,...) van een periode van meer dan 100 jaar voor de regio Brussel. De eerste waarnemingen hiervan werden in de oude Sterrenwacht van België in Sint-Joost-ten Node uitgevoerd, nadien in de nieuwe Sterrenwacht in Ukkel. Er zijn ondertussen meerdere plaatsen in België waar men klimatologische waarnemingen verricht, maar het aantal plaatsen dat beschikt over waarnemingen over een periode van meer dan 50 jaar is echter beperkt. Dat is dan ook de reden waarom de klimaatsverandering in België voornamelijk bestudeerd wordt aan de hand van de reeksen met waarnemingen die verricht werden in de regio Brussel.

2.3.1. Temperatuur

De opwarming van de aarde is vooral te wijten aan de stijgende concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer. Slechts een klein deel van de temperatuurstoename is het gevolg van de natuurlijke variatie van het klimaat, de al dan niet homogene reeks temperaturen, de verstedelijking, de zonneactiviteit en de aanwezigheid van stofdeeltjes in de atmosfeer. Zo veroorzaakt de elfjaarlijkse zonnevlekkencyclus temperatuursvariëaties van de orde van 0,2 °C in Ukkel (5).

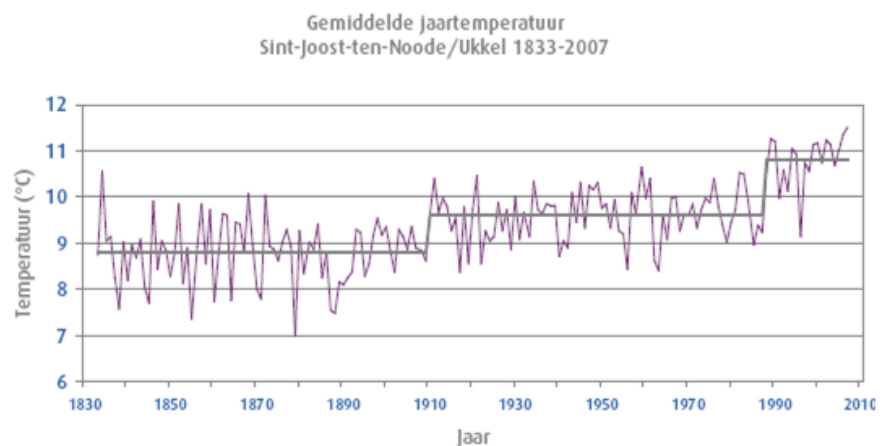
Uit de temperatuurwaarnemingen van de 20^{ste} eeuw (1906-2005) blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse temperatuur op aarde gestegen is met 0,74°C (± 0,18°C) (6). Hierbij is op te merken dat de globale opwarming van de laatste 50 jaar (0,13°C per 10 jaar) bijna het dubbelde is dan de gemiddelde opwarming van de afgelopen eeuw (7). Voor Europa ligt de stijging van de jaarlijkse gemiddelde

temperatuur zelfs hoger voor de 20ste eeuw, namelijk 0,95°C (8). Algemeen kan gesteld worden dat het noordelijk halfrond sterker opwarmt dan het zuidelijk halfrond.

De temperatuurstoename is eveneens ook afhankelijk van de invulling van het aardoppervlak. Zo is de toename boven grote wateroppervlakken kleiner dan deze op het vaste land omwille van het groot waterabsorberend vermogen van deze wateroppervlakken.

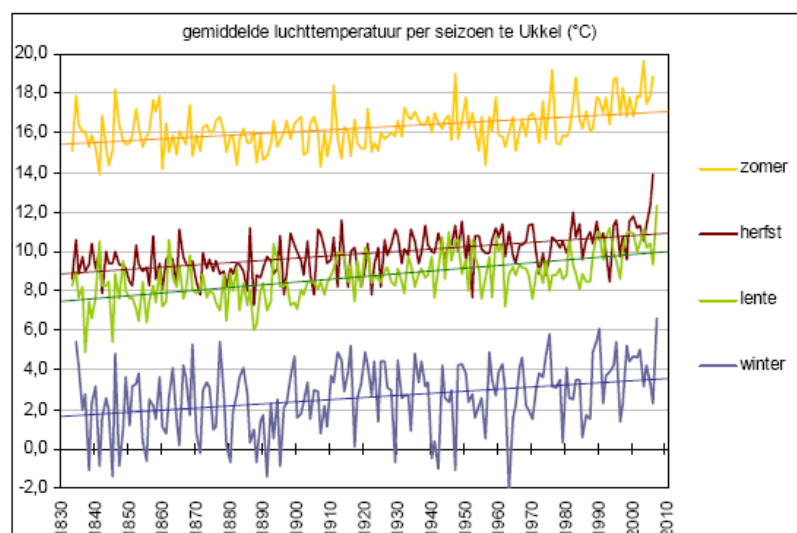
Temperatuur op het land

De gemiddelde jaartemperatuur op het land die opgemeten werd in de periode 1833-2007 in Ukkel wordt weergegeven in Figuur 4 (9). Er kan vastgesteld worden dat de temperatuurstoename niet lineair gebeurde, maar zich voordeed in twee sprongen van elk ongeveer 1°C met daartussen perioden met een relatief stabiele temperatuur.



Figuur 4 - Gemiddelde jaartemperatuur in Ukkel

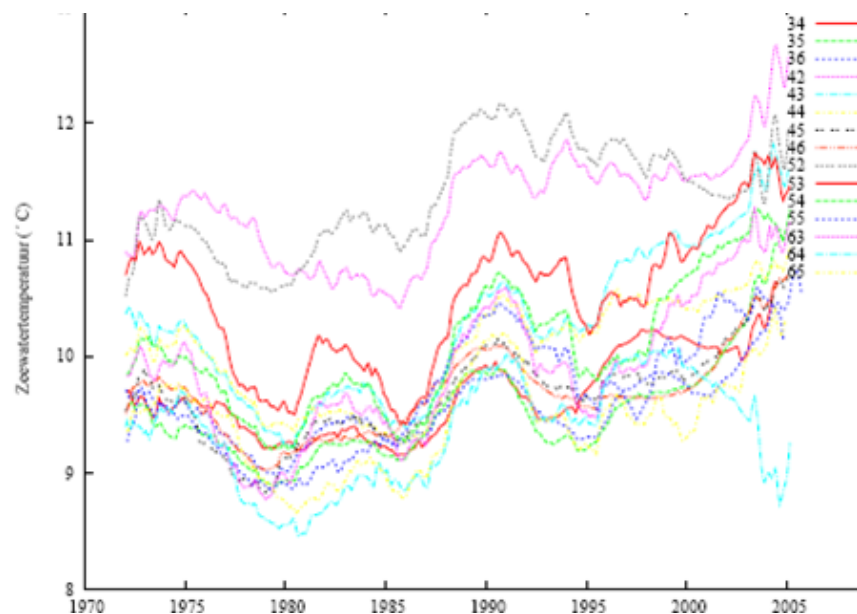
De stijging van de temperatuur blijkt ook seizoensgebonden te zijn. In Figuur 5, die de gemiddelde temperatuur per seizoen weergeeft, kan vastgesteld worden dat de temperatuur in ieder seizoen toeneemt. De grootste toename treedt op in de lente (0,14°C per decennium), terwijl de kleinste optreedt tijdens de zomer (0,09°C per decennium) (7). Een rechtstreeks gevolg van de stijging van de temperatuur is dat het aantal vorstdagen, dit zijn dagen met een minimumtemperatuur die lager is dan 0°C, afnemen.



Figuur 5 - Gemiddelde luchttemperatuur per seizoen in Ukkel

Temperatuur van het zeewater

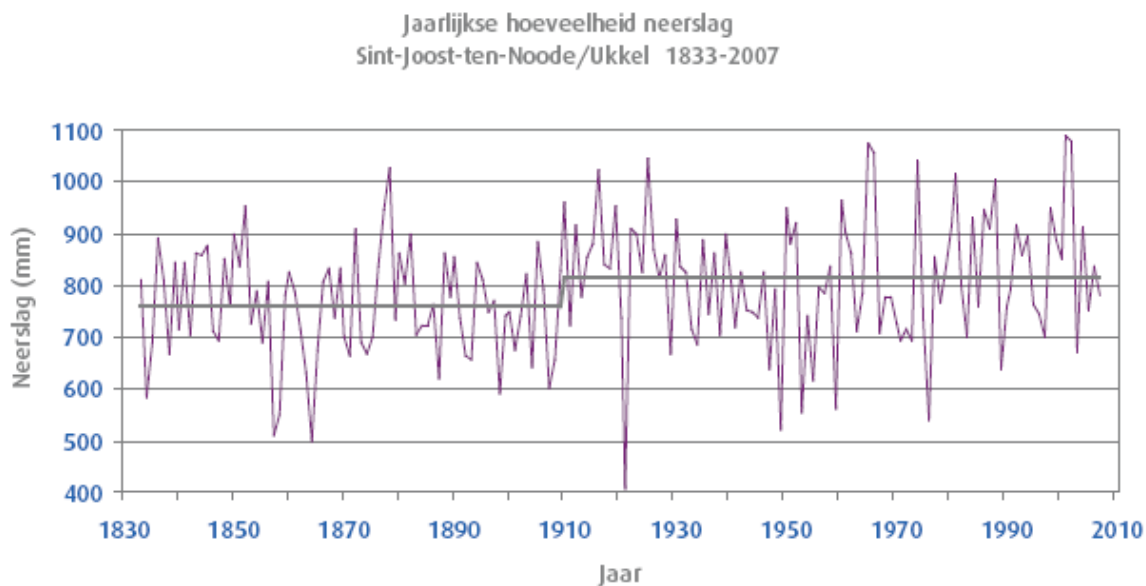
Zoals eerder vermeld zal de temperatuur van het zeewater ook toenemen, maar in mindere mate dan deze gemeten op het land omwille van het groot warmteabsorberend vermogen van water. De temperatuurstoename van het water is minstens tot een diepte van 3000 meter waarneembaar (6). Door het warmteabsorberend vermogen zal ook de globale temperatuurstoename in de atmosfeer vertraagd worden. In Figuur 6 wordt de langetermijntrend over 48 maanden van de maandelijks gemeten gemiddelde zeewatertemperaturen in de verschillende subgebieden van de Noordzee voorgesteld. Er kan vastgesteld worden dat de zeewatertemperatuur toeneemt in de tijd. Bovendien is op te merken dat er eveneens een natuurlijke variabiliteit optreedt met een periode van ongeveer 7 à 8 jaar. Een vermoeden is dat deze overeenkomt met de variabiliteit in de North Atlantic Oscillation Index. De North Atlantic Oscillation (NAO) is een quasi-periodieke schommeling in de gemiddelde weersomstandigheden in het noorden van de Atlantische Oceaan. De NAO-index is een maat voor de sterkte ervan en wordt afgeleid uit het verschil in luchtdruk op zeeniveau tussen de Azoren en IJsland. In de zone die zich het dichtst bij onze kust bevindt, wordt een temperatuurstoename van 0,034°C per jaar bekomen op basis van een lineaire regressie uit de waarden inclusief de natuurlijke variabiliteit(10). De temperatuur van het zeewater is een belangrijke parameter aangezien deze de densiteit van het water en daardoor ook de stromingen en het zeeniveau beïnvloedt.



Figuur 6 - Temperatuurstoename van het zeewater

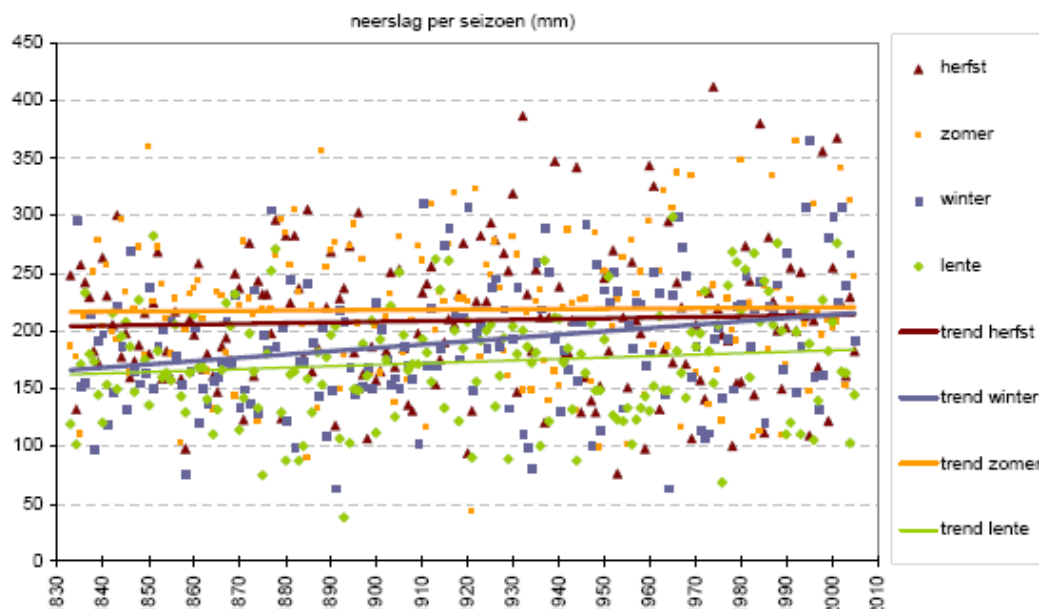
2.3.2. Neerslag

Uit de neerslagwaarnemingen van de 20ste eeuw blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheid in België gestegen is. In Figuur 7 wordt de jaarlijkse hoeveelheid neerslag weergegeven die opgemeten werd te Ukkel over een periode van 1833-2007. Opmerkelijk is dat de stijging min of meer in een sprong gebeurd is die zich situeert rond het jaar 1910. Deze sprong wordt gekenmerkt door een stijging die ongeveer gelijk is aan 7% van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid (9).



Figuur 7 - Jaarlijkse hoeveelheid neerslag te Ukkel

Net zoals de temperatuuroename blijkt de neerslagvariatie ook seizoensgebonden te zijn. In Figuur 8 wordt de neerslaghoeveelheid per seizoen weergegeven die opgemeten werd in Ukkel over een periode van 1833 tot 2007 (7). Voor de opgemeten waarden per seizoen werd de trendlijn bepaald. Na analyse van deze trendlijnen blijkt dat de neerslaghoeveelheid in de zomer nagenoeg constant gebleven is, terwijl de grootste stijging waar te nemen is tijdens de winter. Deze waarden zijn geldig voor het binnenland (Ukkel). Maar er zijn ook regionale verschillen in België, zo is bijvoorbeeld gebleken dat voor ieder seizoen de neerslagverandering in de kuststrook hoger ligt dan in het binnenland.

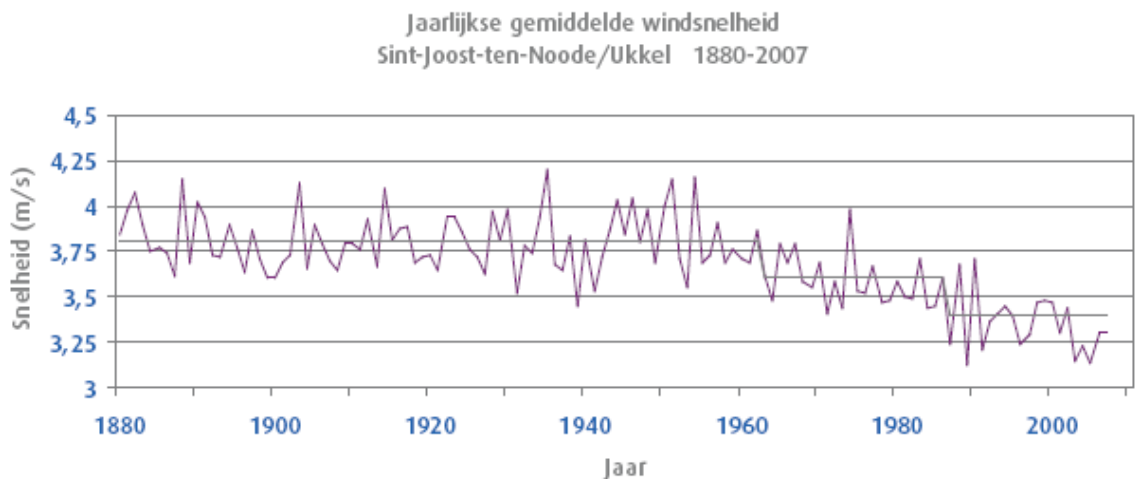


Figuur 8 - Neerslaghoeveelheid per seizoen te Ukkel

Naast de veranderingen op de jaarlijkse en seizoensgebonden neerslaghoeveelheid is het ook interessant om het aantal dagen met neerslag te bekijken. Zo telt Ukkel jaarlijks gemiddeld 201 dagen met een meetbare neerslag, dit zijn dagen met een hoeveelheid neerslag die minstens 0,1mm bedraagt. Dit aantal blijkt onderhevig te zijn aan een lichte toename (7). Als dit aantal nader bekeken wordt, dan kan vastgesteld worden dat het aantal dagen met meetbare neerslag nagenoeg constant gebleven is in de zomer en herfst en dat deze lichte toename dus gesitueerd is in de lente en de winter.

2.3.3. Wind

De windsnelheid wordt opgemeten met behulp van anemometers en is heel afhankelijk van de omgeving van de meetmast. In Figuur 9 wordt de jaarlijkse gemiddelde windsnelheid te Sint-Joost-ten-Noode/Ukkel grafisch voorgesteld voor de periode 1880-2007(7). Er kan vastgesteld worden dat tot ongeveer 1960 de windsnelheid nagenoeg constant gebleven is. Sinds 1960 is de windsnelheid afgenomen, dit deed zich zich voor in twee sprongen (rond 1960 en 1989) met daartussen perioden met een relatief stabiele snelheid. De windsnelheid is sedert 1960 afgenomen met ongeveer 10%.



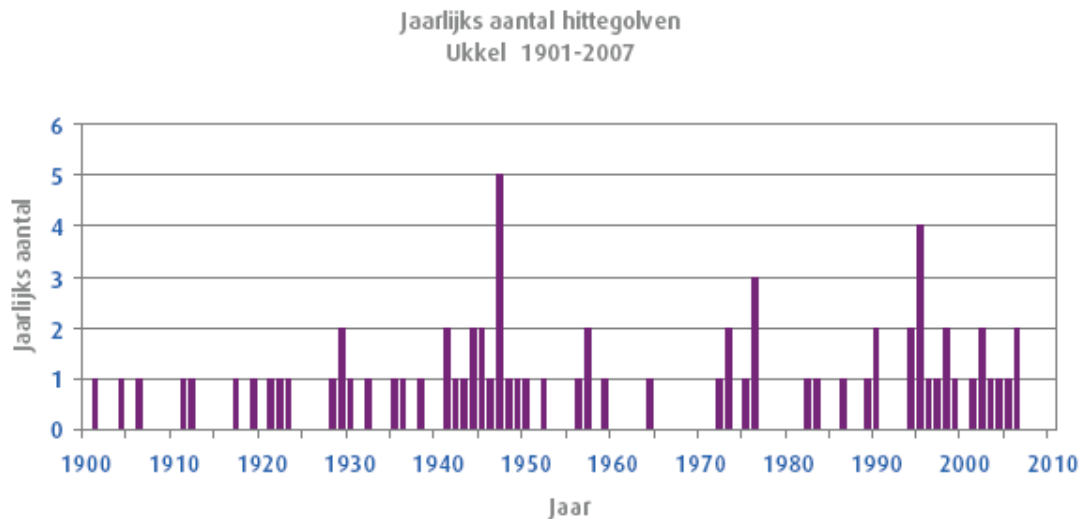
Figuur 9 -Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid te Sint-Joost-ten-Noode/Ukkel voor de periode 1880-2007

Indien de evolutie van windsnelheid per seizoen bekeken wordt, is er nagenoeg geen snelheidsverandering waargenomen in de winter, terwijl in de andere seizoenen een daling geconstateerd wordt (9).

2.3.4. Extreme weersfenomenen

Hittegolven

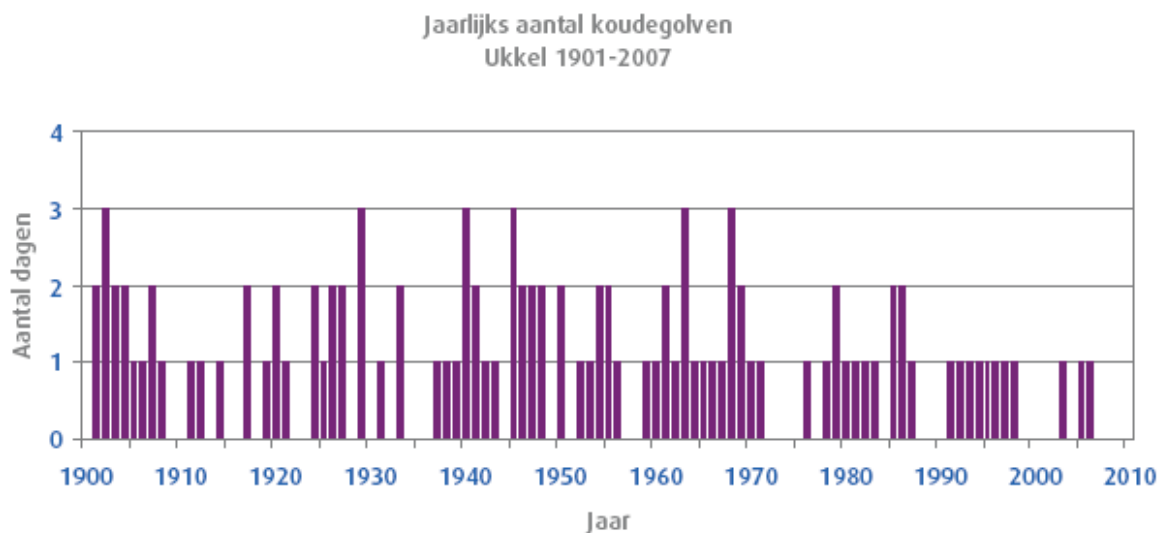
In Figuur 10 wordt het jaarlijks aantal hittegolven te Ukkel voorgesteld voor de periode 1901-2007 (9). In België en Nederland wordt een hittegolf gedefinieerd als een periode van vijf opeenvolgende dagen tijdens welke de maximumtemperatuur elke dag tenminste 25°C bedraagt en de maximumtemperatuur gedurende tenminste drie dagen 30°C of meer bedraagt. Er kan waargenomen worden dat het aantal hittegolven gedurende deze periode heel variabel is. Wel kan vastgesteld worden dat hittegolven frequenter optraden tussen 1940 en 1950 en sedert ongeveer 1995 is er opnieuw een stijgende trend waarneembaar.



Figuur 10 - Jaarlijks aantal hittegolven, te Ukkel tijdens de periode 1901-2007

Koudegolven

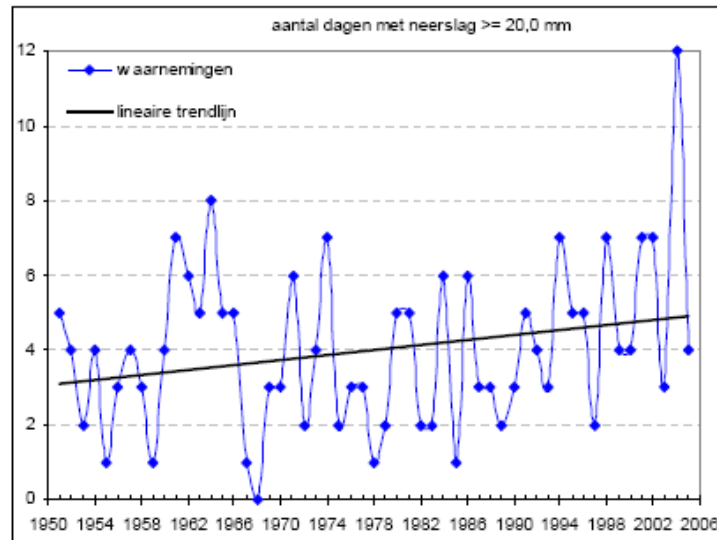
In Figuur 11 wordt het jaarlijks aantal koudegolven te Ukkel voorgesteld voor de periode 1901-2007 (9). In België wordt een koudegolf gedefinieerd als een periode van vijf opeenvolgende dagen waarvan de minimumtemperatuur van elke dag onder 0°C is en waarvan tenminste drie dagen een maximumtemperatuur hebben die eveneens onder 0°C gelegen is. Er kan waargenomen worden dat het aantal koudegolven heel variabel is. Wel kan vastgesteld worden dat het aantal koudegolven afgenomen is sinds 1970.



Figuur 11 - Jaarlijks aantal koudegolven, te Ukkel tijdens de periode 1901-2007

Zware neerslag

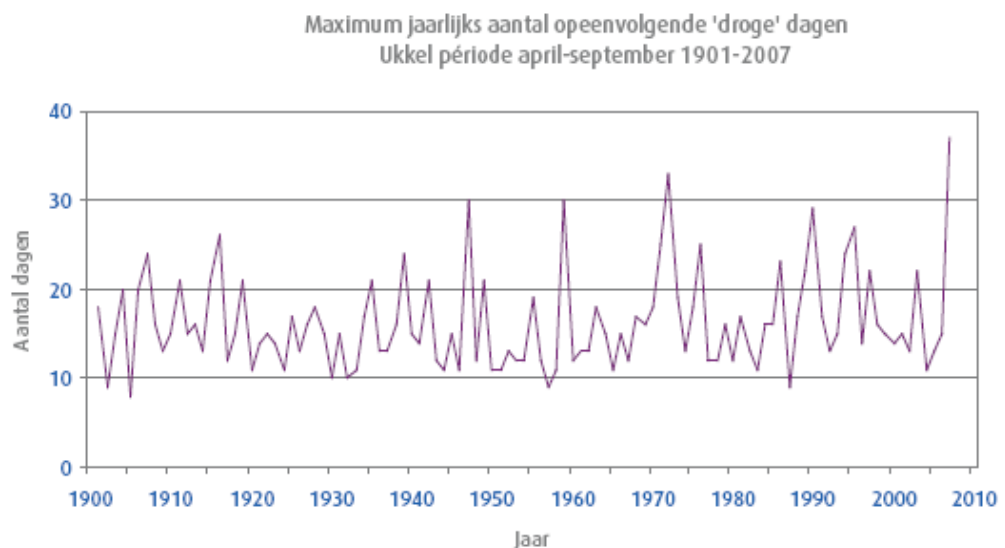
Net zoals er extreme temperatuursfenomenen voorkomen, kan er ook sprake zijn van extreme neerslagperiodes. Er wordt gesproken van dagen met zware neerslag als de neerslaghoeveelheid die dag groter of gelijk is aan 20mm. Uit Figuur 12 (7), waar het aantal dagen met zware neerslag te Ukkel over de periode 1951-2009 wordt weergegeven, blijkt dat dit aantal dagen toegenomen is in deze periode.



Figuur 12 - Aantal dagen met zware neerslag

Droogten

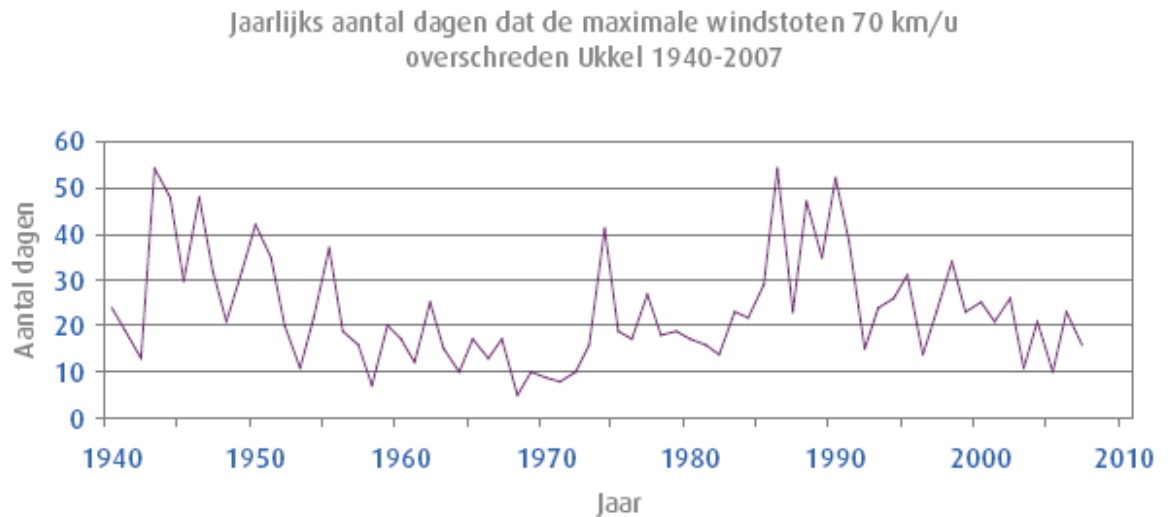
Het andere extreme neerslagscenario is de periode van droogte. In Figuur 13 wordt het maximum aantal opeenvolgende droge dagen per jaar voorgesteld te Ukkel voor de periode van april tot september van 1901 tot 2007 (9). Met droge dagen worden dagen zonder opvallende neerslag bedoeld, dit is wanneer de neerslaghoeveelheid minder dan 0,5mm bedraagt. Er kan vastgesteld worden dat er nagenoeg geen verandering in het aantal dagen opgetreden is gedurende de beschouwde periode. Een gelijkaardig besluit kan bekomen voor de koudere helft van het jaar.



Figuur 13 - Maximum jaarlijks aantal opeenvolgende 'droge' dagen in Ukkel voor de perioden april- september 1901-2007

Stormen

Een stormdag wordt gedefinieerd als een dag waarin windsnelheden van tenminste 70km/u optreden. In Figuur 14 wordt het aantal stormdagen te Ukkel grafisch weergegeven voor de periode 1940 tot 2007 (9). Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen significante evolutie waarneembaar is tijdens deze periode. Wel kan opgemerkt worden dat na de periode 1983-1990 die gekenmerkt wordt met een redelijk groot aantal stormdagen, het aantal stormdagen terug afgenomen is naar een relatief laag aantal.



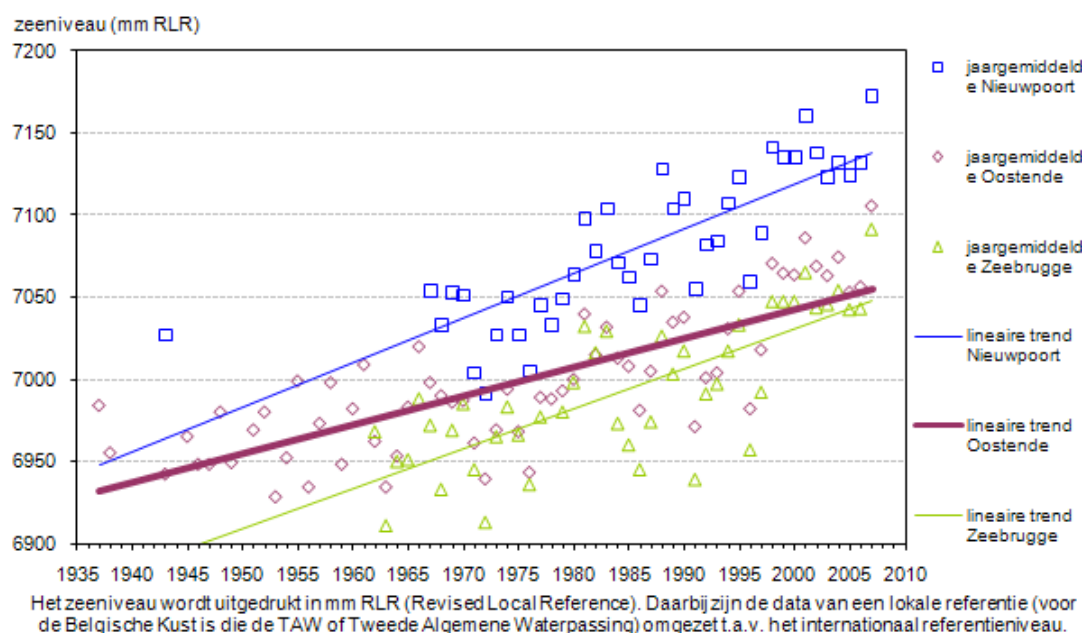
Figuur 14 - Jaarlijks aantal dagen dat de windsnelheid van 70km/u overschreden werd in Ukkel in de periode 1940-2007

2.4.Rechtstreekse gevolgen van klimaatsverandering

2.4.1. Stijging van het zeeniveau

Ten gevolge van een temperatuurstoename van het zeewater, zal er een thermische uitzetting van het water (volumetoename) plaatsvinden, wat een stijging van het zeeniveau tot gevolg heeft. Behalve de temperatuur zijn er ook nog andere factoren die een invloed hebben op het zeeniveau: namelijk de uitwisseling van de watermassa met (afsmeltende) ijskappen en gletsjers op het land en de veranderende opslag van water op het land.

Gedurende de 20ste eeuw werd waargenomen dat het zeeniveau wereldwijd stijgt, en dat deze stijging steeds sneller plaatsvindt. In Figuur 15, die het gemiddeld zeeniveau te Oostende, Zeebrugge en Nieuwpoort voorstelt over de periode van 1937 tot 2007, is deze stijgende trend duidelijk waarneembaar. Indien uitgegaan wordt van een lineaire trendlijn, wordt in Oostende een gemiddelde stijging van 1,7mm per jaar bekomen terwijl in Zeebrugge en Nieuwpoort de gemiddelde stijgingen 2,4 en 2,7 mm per jaar bedragen. Het verschil met Oostende kan verklaard worden door de latere start van de metingen, zodat men er reeds met een versnelde stijging te maken heeft. Indien voor de meetwaarden van Oostende een getrapte lineaire trendanalyse wordt gebruikt, wordt een tot 1992 een gemiddelde stijging met 1,4 mm/jaar gevonden, tegenover 4,4 mm/jaar in de jaren na 1992 (7).



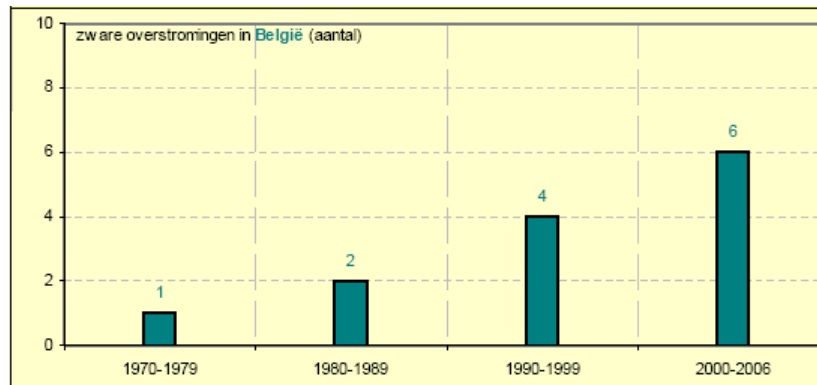
Figuur 15 - Gemiddeld zeeniveau te Oostende, Zeebrugge en Nieuwpoort

Uit een andere studie van getijdenmetingen aan de Belgische kust (Van Cauwenberghe ,2000) werd vastgesteld dat in de voorbije eeuw het relatieve zeeniveau 2mm per jaar steeg voor hoog water, 1,5mm per jaar voor gemiddeld zeeniveau en 1mm voor laag water. Hieruit blijkt dat de stijging van het zeeniveau hoger is voor hoog water dan voor laag water.

Aangezien 15% van de oppervlakte van Vlaanderen (Kustzone en Scheldepolders) zich minder dan 5 meter boven het gemiddeld zeeniveau bevindt, is het een heel kwetsbaar gebied voor overstromingen ten gevolge van een stijgend zeeniveau. Bovendien is de kustzone een gebied dat sterk bebouwd is: in 2000 bedroeg het percentage van bebouwing van een strook tot 10 km van de kustlijn 30% en voor een strook tot 1 km van de kustlijn zelfs bijna 50 % (7).

2.4.2. Overstromingen

In Europa zijn overstromingen de meest voorkomende natuurramp. Klimaatsveranderingen kunnen leiden tot een verhoogd risico op overstromingen, zowel wat de intensiteit als de frequentie betreft. Dit is een gevolg van een stijging van de zware regenval en een stijging van het zeeniveau. Aangezien deze factoren zich in een stijgende trend bevonden de voorbije eeuw, is het logisch dat het aantal overstromingen eveneens is toegenomen in deze periode. Dit wordt weergegeven in Figuur 16, waar het aantal zware overstromingen wordt voorgesteld in de periode van 1970 tot 2006. Klimaatsveranderingen zijn echter niet de enige oorzaak van overstromingen, het kanaliseren en rechte trekken van de rivieren, de toename van de verharde oppervlakken,... verhogen eveneens de kans op overstromingen.



Figuur 16 - Het aantal zware overstromingen in België

2.5. Secundaire gevolgen van de klimaatsverandering

Naast de rechtstreekse gevolgen van de klimaatsveranderingen, zoals de overstromingen en de stijging van de zeespiegel, bestaan er ook secundaire gevolgen van de klimaatsveranderingen. Deze laatste kunnen opgedeeld worden in drie categorieën, namelijk de economische, de sociale en de ecologische impact.

2.5.1. Economische impact

Klimaatsveranderingen hebben een impact op verschillende economische sectoren, bijvoorbeeld:

- **Bebouwing:** Zowel de industrieën als de gezinnen zijn meestal gevestigd in gebieden die een economische meerwaarde geven aan hun noden en behoeften. Maar soms zijn dit echter ook de gebieden die te kampen hebben met overstromingen, waardoor er schade kan ontstaan aan deze bebouwing, zodat bijgevolg de verzekeringssector aangesproken wordt. Doordat het aantal overstromingen zich in een stijgende trend bevindt, dit als gevolg van de klimaatsveranderingen en andere oorzaken zoals toenemende bevolking in risicozones, zal er aandacht besteed moeten worden om de schade ten gevolge van overstromingen zoveel mogelijk te beperken.
- **Energie- en watervoorziening:** Tijdens hittegolven is de vraag naar water en energie groter dan tijdens perioden met gemiddelde temperaturen. Dit is onder andere te verklaren door de extra hoeveelheden water en energie die nodig zijn voor afkoeling voor zowel de huishoudens als voor de industrie. Ook in de landbouwsector zal er meer water gebruikt worden om uitdroging van de gewassen tegen te gaan. Door dit grote energie- en waterverbruik kunnen problemen ontstaan in de voorziening van deze beide elementen.
- **Landbouw:** De landbouwsector zal door de opwarming van de aarde zowel positieve als negatieve aspecten kennen. Enerzijds zal er door de opwarming de mogelijkheid zijn tot het telen van nieuwe gewassen, terwijl andere gewassen moeilijker te telen worden. Ook zal de temperatuurstoename leiden tot een groter risico op ziekten zowel bij gewassen als bij het vee, dit door de verspreiding van insecten die enkel voorkomen bij hogere temperaturen en het overleven van deze insecten en virussen tijdens de winter door het zachter klimaat. Algemeen kan gesteld worden dat in de toekomst de beschikbaarheid van water de meest cruciale factor zal zijn in de landbouwsector.

- **Visvangst:** Doordat het zeewater eveneens een temperatuurstoename ondervindt, zal dit ook een invloed hebben op de diversiteit van de vissen. Er zullen namelijk andere types vissen (meer exotische) voorkomen, waardoor ook de visvangst beïnvloed zal worden.
- **Transport:** Hogere temperaturen kunnen aanleiding geven tot schade aan spoorweginfrastructuur en aan de oppervlakken van wegen. Maar ook het comfort van de reiziger zal hierdoor beïnvloed worden, er zal namelijk meer airconditioning voorzien moeten worden in voertuigen en bij het openbaar vervoer om het reizen aangenaam te maken. Extreme weerstoestanden kunnen bovendien ook het transport belemmeren. Enkele voorbeelden hiervan zijn het beperken van het gezichtsveld of het veroorzaken van overstromingen bij hevige regenval. Aan de ander kant heeft de opwarming ook een positief effect voor de transportsector. Zo zullen de winters zachter worden, zodat vorst en sneeuw minder zullen optreden waardoor de onderhoudskosten van de wegen tijdens het winterseizoen zullen afnemen.
- **Toerisme:** Toerisme is sterk afhankelijk van het klimaat, er kan zelfs gesteld worden dat temperatuur de meest cruciale factor is. Door de wereldwijde temperatuurstoename zullen de toeristische bestemmingen in België aantrekkelijker worden, zodat meer mensen hun vakantie in België zullen doorbrengen.

2.5.2. Sociale impact

De belangrijkste sociale impact van klimaatsverandering is de impact op de gezondheid van de bevolking. In de toekomst worden meer hittegerelateerde gezondheidsaandoeningen verwacht, zoals bijvoorbeeld oververhitting, zonnestlag en -allergieën maar mogelijks ook tot sterfte door hart- of ademhalingsproblemen. Ook zal er door de warmere en drogere zomers een verhoogde blootstelling zijn aan zonlicht en UV-straling, zodat het risico op huidkanker toeneemt. Door de verwachte temperatuurstoename zullen er echter ook meer teken en andere insecten voorkomen, wat aanleiding kan geven tot bepaalde ziektes, zoals de ziekte van Lyme ten gevolge van een tekenbeet. Ook extreme weersfenomenen, zoals bijvoorbeeld stormen, kunnen een invloed hebben op de gezondheid, aangezien ze aanleiding kunnen geven tot overlijden of verwonding.

2.5.3. Ecologische impact

Klimaatsveranderingen hebben ook een ecologische impact, welke afhankelijk zal zijn van de gevoeligheid van het heersende ecosysteem. Algemeen kan gesteld worden dat door de klimaatsveranderingen de biodiversiteit beïnvloed zal worden, waardoor nieuwe soorten van vegetatie en dieren zullen voorkomen, terwijl sommige van de huidige soorten zullen verdwijnen of migreren. De aanwezigheid van uitheemse plantsoorten wordt echter niet altijd als een verrijking van de natuur beschouwd, omdat ze meestal ten koste gaan van de inheemse planten. Er dienen dus maatregelen genomen te worden om de bedreigde inheemse plantensoorten in en rond het water te behouden. Typische inheemse soorten, zoals de boomsoorten eik en beuk, zullen na verloop van tijd als gevolg van de opwarming zich hier niet meer ontwikkelen (11). Bovendien zouden ze een groter risico lopen op parasieten of ziekten, vooral wanneer ze verzwakt zijn door (het toenemend aantal) hittegolven. De klimaatsverandering beïnvloedt dus ook de fauna en flora op vlak van ziektes. Andere voorbeelden hiervan zijn de exotische pestsoorten die de laatste jaren steeds meer bij de Europese ijsvogel vastgesteld wordt, terwijl bij schapen de Afrikaanse blauwtongziekte frequenter voorkomt (12).

De temperatuurstoename zal ook aanleiding geven tot een verandering in de lengte van het groeiseizoen voor de vegetatie, terwijl voor de dieren de voortplantingsperiode en de grootte van de populatie beïnvloed zullen worden. Sommige diersoorten passen zich ook aan aan het wijzigende klimaat, een voorbeeld hiervan zijn bepaalde soorten rupsen die vroeger uitkomen door het vroegere begin van de lente. Op dat moment staan er echter nog niet voldoende bladeren op de bomen, zodat de rupsen niet voldoende kunnen eten en er bijgevolg minder rupsen overleven. Dit leidt eveneens tot een verschuiving van biologische processen: zo zal de koolmees meer moeite hebben bij de zoektocht naar voedsel voor zijn jongen omdat het uitkomen van zijn eieren niet meer zal samenvallen met de piek in het rupsenaanbod (11).

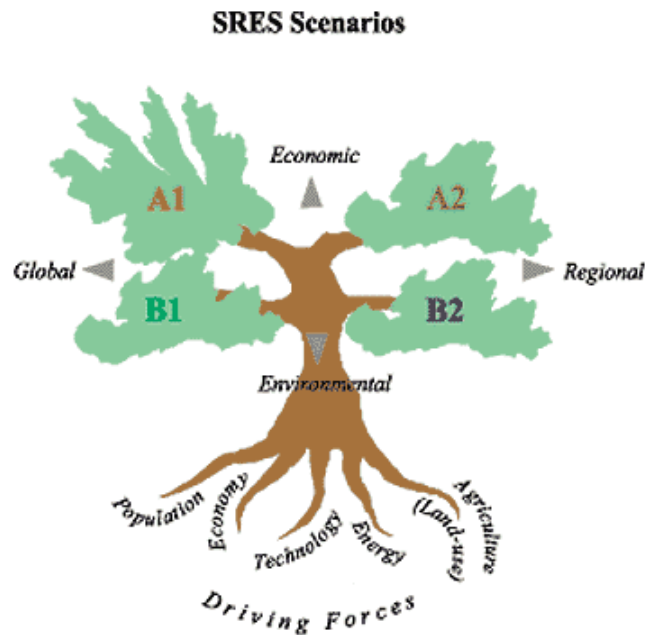
2.6.Klimaatsveranderingsscenario's

Klimaatsveranderingsscenario's zijn scenario's die een voorstelling geven van een mogelijk toekomstig klimaat, met andere woorden ze geven aan wat het gemiddeld klimaat zou kunnen zijn in de toekomst. Elk klimaatscenario geeft voor een bepaald jaar de veranderingen in de waarden voor de klimaatsvariabelen (temperatuur, neerslag, wind,...).

2.6.1. IPCC-broeikagasesmissiescenario's

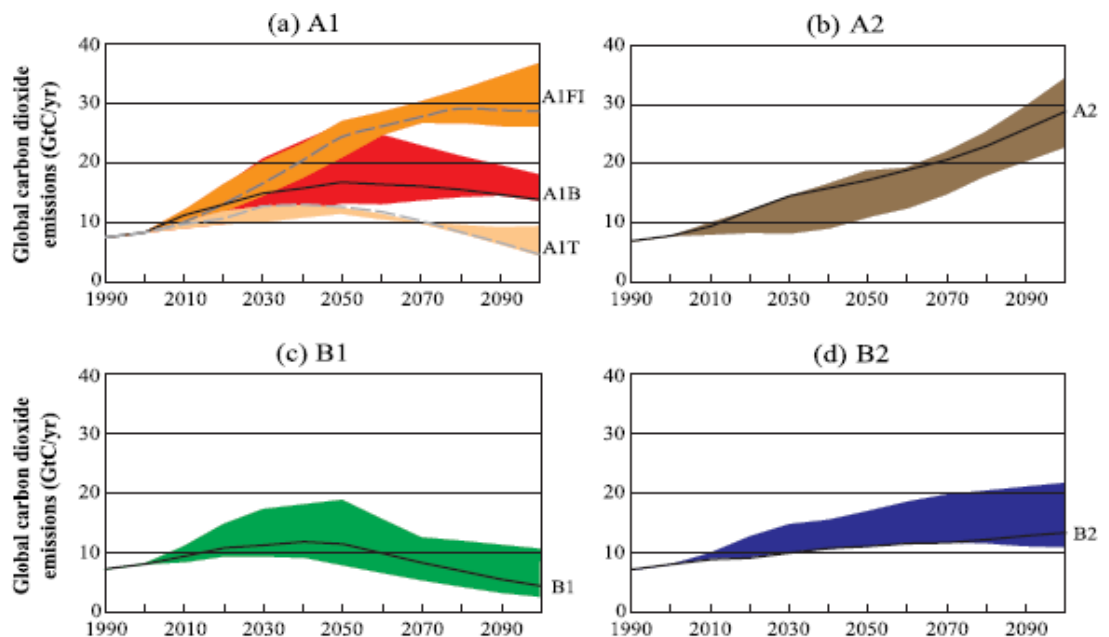
Toekomstscenario's voor de uitstoot van broeikasgassen werden opgesteld door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Deze scenario's zijn algemeen gekend als de welgenaamde Special Report on Emissions Scenarios (SRES) en zijn ontworpen aan de hand van de belangrijkste drijvende krachten van de (toekomstige) emissies, hierin zijn zowel de demografische, als de technologische en de economische ontwikkelingen omvat. De ontwikkelingen van deze factoren zijn echter niet op voorhand gekend. De scenario's geven daarom voorstellingen van hoe deze drijvende krachten zich zouden kunnen ontwikkelen in de toekomst en hoe ze daarbij de emissie van broeikasgassen beïnvloeden. Deze scenario's zijn de basis van de analyse van klimaatsveranderingen en de daarbij horende ontwikkeling van klimaatmodellen. Op te merken is dat de SRES geen scenario's omvatten die aan de uitvoering van het United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) of aan de emissiedoelstellingen van het Kyoto Protocol voldoen.

De SRES bestaan uit vier families van scenario's (A1, B1, A2, B2), welke schematisch voorgesteld worden in Figuur 17 (13). Aan de basis van iedere familie liggen verschillende demografische, sociale, economische, technologische en milieuontwikkelingen. Zo leggen de A-scenario's de nadruk op het menselijk vermogen en gaan uit van een verdere economische groei, terwijl bij de B-scenario's de nadruk ligt op de duurzaamheid en de eerlijke verdeling; meer bepaald wordt daar uitgegaan van een evolutie waarin de interacties tussen economie, sociale aspecten en de impact van het milieu centraal staan en die bovendien ook gekenmerkt wordt door een vermindering in het gebruik van materialen en de introductie van duurzame technologieën. In de 1-scenario's wordt een verdere globalisering van de wereldbevolking en -economie verondersteld, terwijl de 2-scenario's uitgaan van een regionalisering, met andere woorden een ontwikkeling van een meer lokaal georiënteerde wereldbevolking en -economie (10). De familie van scenario's A1 wordt op zijn beurt opgesplitst in drie verschillende groepen, afhankelijk van technologie van de energieopwekking: fossiele energiebronnen (A1FI), niet-fossiele energiebronnen (A1T) of een evenwicht tussen alle energiebronnen (A1B).



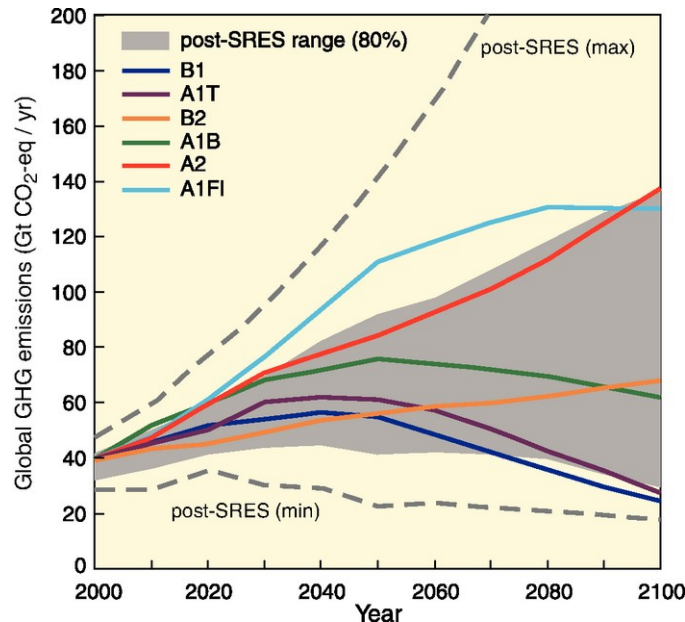
Figuur 17 - Schematische weergave van de SRES scenario's

Voor elke familie werden verschillende scenario's ontwikkeld aan de hand van verschillende modellen die gebruik maken van soortgelijke veronderstellingen over de drijvende krachten. Zo werd een totaal van 40 scenario's ontwikkeld. De drijvende krachten hebben een invloed op de emissie van alle broeikasgassen. Met uitzondering van de emissie van CO₂, zijn de relaties tussen de drijvende krachten en de emissie van de andere broeikasgassen over het algemeen complexer, minder bestudeerd en de gebruikte modellen voor de scenario's zijn minder verfijnd. Hierdoor zullen de onzekerheden in de SRES voor de emissie van deze broeikasgassen over het algemeen groter zijn dan die voor CO₂. Een voorbeeld van emissiescenario's wordt gegeven in Figuur 18, waar de totale, globale, jaarlijkse CO₂-emissie wordt voorgesteld afkomstig uit alle bronnen (energie, industrie en verandering van landgebruik) voor de periode 1990 tot 2100 (14).



Figuur 18 - Totale globale jaarlijkse CO₂-emissie afkomstig uit alle bronnen voor de periode 1990-2100

Om de totale globale jaarlijkse broeikasgasemissie te bekomen voor de periode 1990-2100, worden de broeikasgasemissies (hier: CO₂, CH₄, N₂O and F-gassen) omgezet naar een equivalente koolstofdioxidemissie, zodat deze opgeteld kunnen worden. Het bekomen resultaat voor de verschillende families wordt weergegeven in Figuur 19 (6). Er dient opgemerkt te worden dat deze figuur enkel geldig is voor de afwezigheid van een bijkomend klimaatbeleid.



Figuur 19 - Totale globale jaarlijkse broeikasgasemissie voor de periode 1990-2100

2.6.2. Ontwikkeling van klimaatsveranderingsscenario's

De basis voor de ontwikkeling van klimaatsveranderingsscenario's (bv. voor de temperatuur, de zeespiegelstijging of de neerslag) zijn de resultaten van simulaties met klimaatmodellen. Naargelang de te onderzoeken variabele en de gewenste nauwkeurigheid worden globale of regionale klimaatmodellen gehanteerd. De verwachte gemiddelde klimaatsverandering wordt beïnvloed door de emissies die optreden en zal bijgevolg dus afhankelijk zijn van de broeikasgasemissiescenario's.

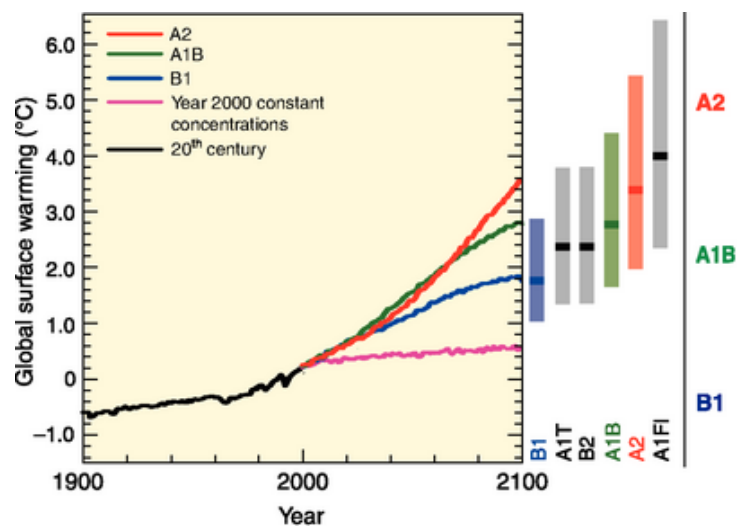
Er dient echter opgemerkt te worden dat de juistheid van de bekomen klimaatsveranderingsscenario's heel onzeker is, omdat in de bepaling ervan een groot aantal vereenvoudigingen werden toegepast omwille van onderstaande redenen:

- Er is nog steeds een onvolledige kennis van de atmosferische processen en hun interacties.
- De berekeningen zijn zodanig zwaar dat ze computers met een gigantische geheugen vergen
- Het globale klimaatstelsel heeft heel grote ruimtelijke dimensies.

Algemeen kan wel aangenomen worden dat de scenario's voor de temperatuur een grootteorde nauwkeuriger zijn dan deze voor de neerslag en de windsnelheid, aangezien de temperatuur lokaal minder aan variaties onderhevig is.

Globale klimaatmodellen

Voor de temperatuur en de zeespiegelstijging worden de globale klimaatsveranderingsscenario's verkregen als gemiddeld resultaat van simulaties met globale klimaatmodellen. Als voorbeeld wordt de verwachte gemiddelde globale opwarming van het aardoppervlak voor de 21ste eeuw gegeven in Figuur 20, waarin de temperatuursstijging van het aardoppervlak ten opzichte van de referentieperiode 1980-1990 voorgesteld wordt. De volle lijnen stellen hierbij het gemiddelde resultaat van de verschillende klimaatmodellen per scenario voor. De roze lijn daarentegen stelt de gemiddelde temperatuursstijging voor indien de concentratie aan broeikasgassen na 2000 constant blijft. De verticale balken rechts geven het waarschijnlijke temperatuurniveau (meer bepaald een kans >66%) in 2100 weer voor elk scenario, waarbij de donkere zone de best mogelijke inschatting voorstelt (6).



Figuur 20 - Verwachte gemiddelde globale opwarming van het aardoppervlak voor de 21ste eeuw

Regionale klimaatmodellen

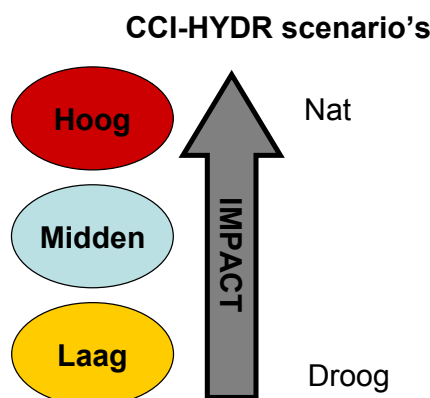
Algemeen is uit simulaties gebleken dat de neerslaghoeveelheden op globaal niveau in de 21^{ste} eeuw zullen stijgen. Er zijn echter gebieden die grote afwijkingen vertonen ten opzichte van deze globale verwachting, zo zal de neerslaghoeveelheid) voor de periode 2090-2099 ten opzichte van de referentieperiode 1980-1999 gemiddeld 20% toenemen in de evenaarszone en zal ze afnemen met 20% rond de Middellandse Zee (6). Om een beter regionaal beeld te krijgen is het daarom aan te raden om bij de ontwikkeling van klimaatsveranderingsscenario's over te schakelen tot het gebruik van regionale klimaatmodellen.

2.6.3. Klimaatsveranderingsscenario's gebruikt in België

CCI-HYDR- klimaatsveranderingsscenario's

Voor het project CCI-HYDR (Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems) werden klimaatsveranderingsscenario's voor neerslag en potentiële evapotranspiratie (ET_o) afgeleid voor België. Voor het project van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) dat handelt over de "Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen" werden deze klimaatsveranderingsscenario's verder uitgebreid voor de temperatuur en de windsnelheid.

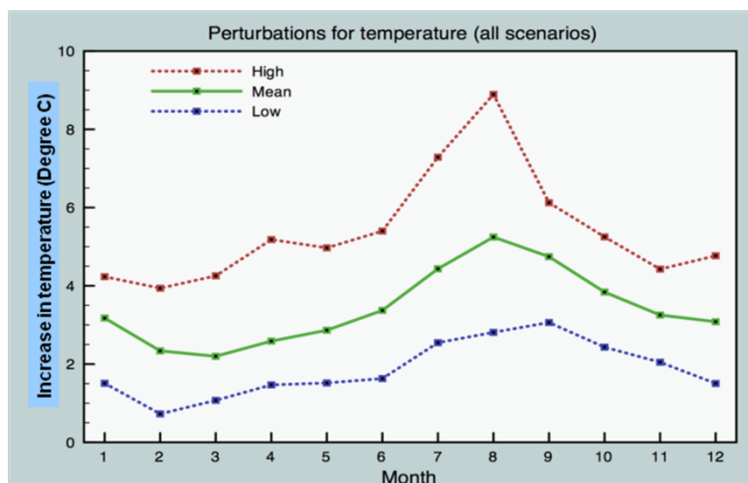
Het geheel van simulatieresultaten, dat bekomen werd aan de hand van 12 verschillende gekoppelde mondiale en regionale klimaatmodellen, werd herleid tot drie klimaatscenario's die een hoge, gemiddelde of lage hydrologische impact hebben (Figuur 21). Het klimaatscenario met een hoge hydraulische impact zal voor de neerslagdebieten, het hoogwater langs rivieren, de overstromingen, de bodemvocht- en grondwaterstanden in de natte wintermaanden aanleiding geven tot de meest nadelige impact, terwijl het klimaatscenario met een lage hydraulische impact de meest negatieve impact kent voor laagwater en grondwaterstanden tijdens droge zomerperioden (10).



Figuur 21 - Schematische voorstelling van de CCI-HYDR scenario's

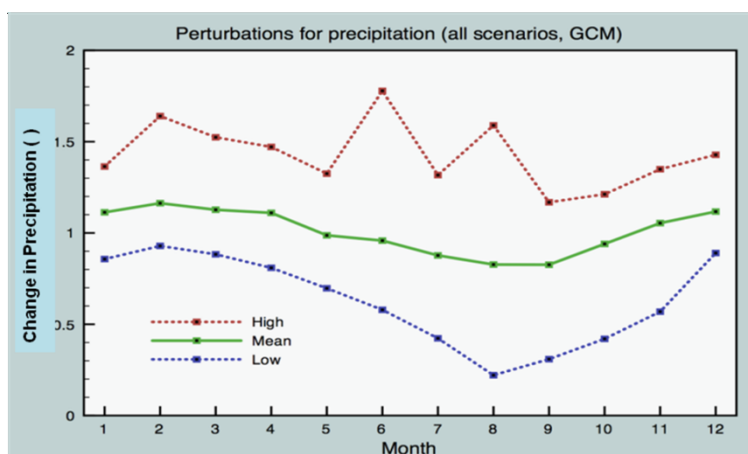
Voor iedere maand zijn er scenario's opgesteld voor zowel de gemiddelde waarden van de klimaatsvariabelen als voor de extremen.

Algemeen kan gesteld worden dat de gemiddelde temperatuur toeneemt in zowel de zomer als de winter. De veranderingen in maandgemiddelde temperatuur (ten opzichte van de referentieperiode 1961-1990) zijn voor Ukkel voor de scenarioperiode 2071-2100 terug te vinden in Figuur 23 (10). Er kan opgemerkt worden dat de grootste temperatuurstoenames zich voor alle drie de scenario's voordoen tijdens de zomermaanden (juli - augustus). De onzekerheden van de scenario's zijn een functie van de bandbreedte tussen het hoog- en het laag-klimaatsscenario en deze blijken eveneens in de zomermaanden juli en augustus grootst te zijn. De verandering in extremen wordt verkregen door de 10%- en de 90%-percentielwaarde van de maandgemiddelde temperatuur te bepalen, deze stellen respectievelijk de 10% koudste en de 10% warmste dag voor.

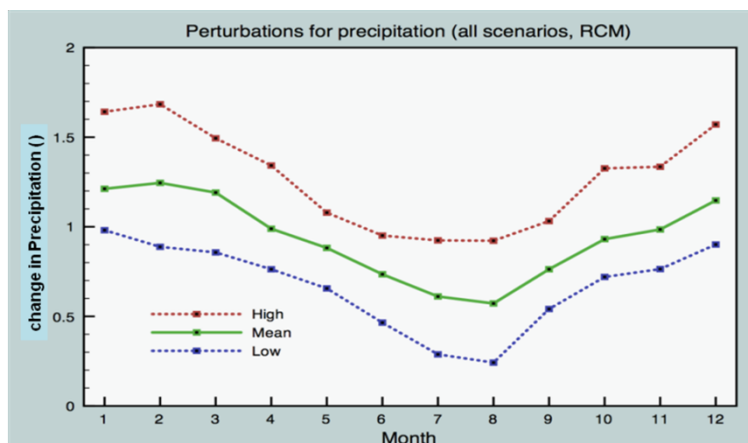


Figuur 22 - Gemiddelde maandelijkse temperatuur voor CCI-HYDR klimaatscenario's

Voor wat de neerslag betreft, werden twee verschillende sets van klimaatscenario's ontwikkeld voor de scenarioperiode 2071-2100 (referentieperiode 1961-1990). De eerste set van klimaatscenario's (Figuur 23) geeft de perturbatiefactor voor de maandgemiddelde neerslag te Ukkel voor alle emissiescenario's en op basis van mondiale klimaatmodellen, terwijl de tweede set (Figuur 24) ontwikkeld is voor de A2 en B2 emissiescenario's en op basis van regionale klimaatmodellen (10). Aangezien het bij de laatste gaat om regionale klimaatscenario's, zullen deze nauwkeuriger zijn dan de mondiale. Een negatief punt daarentegen is dat ze enkel ontwikkeld werden voor slechts twee emissiescenario's en niet voor allemaal. Uit beide figuren blijkt dat de neerslag in de zomermaanden gaat afnemen, met uitzondering van het hoge-klimaatscenario bekomen uit de mondiale klimaatmodellen.

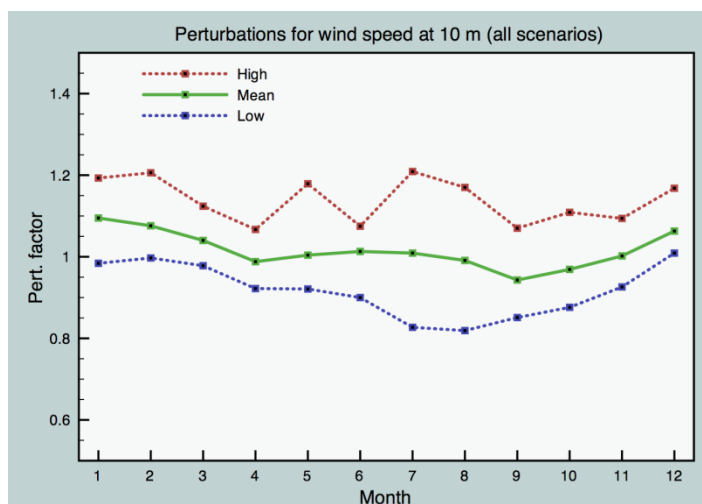


Figuur 23 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde neerslag te Ukkel voor alle emissiescenario's en op basis van mondiale klimaatmodellen



Figuur 24 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde neerslag te Ukkel voor de A2 en B2 emissiescenario's en op basis van regionale klimaatmodellen

In Figuur 25 (10) worden de perturbatiefactoren van de klimaatscenario's voor de maandgemiddelde windsnelheid voor de scenarioperiode 2071-2100 te Ukkel op een hoogte van 10m boven het aardoppervlak grafisch voorgesteld (referentieperiode 1961-1990). Er kan vastgesteld worden uit de 3 klimaatscenario's dat de windsnelheden de neiging hebben om tijdens de wintermaanden toe te nemen, terwijl in de zomermaanden de evolutie van de windsnelheid eerder afhankelijk is van het beschouwde klimaatscenario .



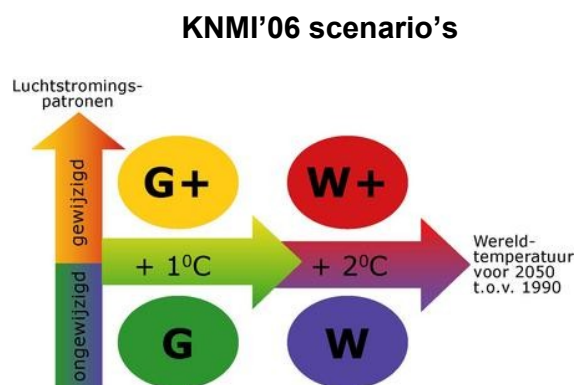
Figuur 25 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde windsnelheid te Ukkel op 10m hoogte

Nederlandse KNMI'06- scenario's en uitbreiding

In het CLIMAR-project (Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities) wordt de impact van de klimaatsverandering en mogelijke adaptatiemaatregelen voor het Belgisch deel van de Noordzee en kustzone onderzocht. Aangezien bij de start van het project nog geen specifieke klimaatsveranderingsscenario's beschikbaar waren, werden scenario's voor België afgeleid uit de Nederlandse KNMI'06 scenario's, omdat deze scenario's dezelfde bandbreedte omvatten van de in Vlaanderen verwachte evolutie (10).

De Nederlandse KNMI'06 scenario's zijn ontwikkeld uit de resultaten van zowel mondiale als regionale klimaatmodellen. Ze bestaan uit vier scenario's (Figuur 26), die afhankelijk zijn van de wereldwijde temperatuurstijging en van de veranderingen in de stromingspatronen van de lucht in West-Europa en de daarmee samenhangende veranderingen in de wind. De vier scenario's hebben onderstaande kenmerken (15):

- G (of M) Gematigd
Temperatuurstijging van 1°C op aarde in 2050 ten opzichte van 1990
Geen verandering in de luchtstromingspatronen in West-Europa
- G+ (of M+) Gematigd+
Temperatuurstijging van 1°C op aarde in 2050 ten opzichte van 1990
Zachtere maar nattere winters door meer westenwind
Warmere en drogere zomers door meer oostenwind
- W Warm
Temperatuurstijging van 2°C op aarde in 2050 ten opzichte van 1990
Geen verandering in de luchtstromingspatronen in West-Europa
- W+ Warm+
Temperatuurstijging van 2°C op aarde in 2050 ten opzichte van 1990
Zachtere maar nattere winters door meer westenwind
Warmere en drogere zomers door meer oostenwind



Figuur 26 - Schematische voorstelling van de Nederlandse KNMI'06-scenario's

De 4 scenario's afgeleid uit de Nederlandse KNMI'06-scenario's werden uitgebreid met een vijfde extreem scenario dat een lage kans heeft op voorkomen. Deze uitbreiding kwam er omdat meer recent bekomen gegevens aanleiding gaven tot een extremere impact. Dit extreem scenario is vergelijkbaar met het W+ scenario, maar gaat uit van een maximale zeespiegelstijging van 2m.

In Figuur 27 worden de vijf klimaatsveranderingsscenario's voor België zoals ze gehanteerd worden in het CLIMAR-project weergegeven voor de jaren 2040 en 2100. Deze werden ontwikkeld ten opzichte van het referentiejaar 1990 (10). Hieruit kan geconcludeerd worden dat er een opwarming van het aardoppervlak plaatsvindt, waardoor er zachtere winters en warme zomers zullen plaatsvinden. Daarnaast zullen de winters ook natter worden. Wat de zee betreft, kan opgemerkt worden dat zowel de zeewatertemperatuur als de zeespiegel aan een stijgende trend onderworpen is.

<i>Scenario's voor 2040</i>	M	M+	W	W+	Extreem
luchttemperatuur	+ 1 °C	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 2 °C	+ 2 °C
Luchtcirculatie	Neen	Ja	Neen	Ja	Ja
Winterneerslag	+ 4 %	+ 7 %	+ 8 %	+ 14 %	+ 14 %
Stormen	+ 0 %	+ 2 %	-1 %	+ 4 %	+ 4 %
Zomerneerslag	+ 3 %	-10 %	+ 6 %	-20 %	-20 %
Zeewatertemperatuur	+ 1,2 °C	+ 1,2 °C	+ 1,7 °C	+ 1,7 °C	+ 1,7 °C
Gemiddeld zeeniveau	30 cm	30 cm	40 cm	40 cm	50 cm

<i>Scenario's voor 2100</i>	M	M+	W	W+	Extreem
luchttemperatuur	+ 2 °C	+ 2 °C	+ 4 °C	+ 4 °C	+ 4 °C
Luchtcirculatie	Neen	Ja	Neen	Ja	Ja
Winterneerslag	+ 8 %	+ 14 %	+ 16 %	+ 28 %	+ 28 %
Stormen	+ 0 %	+ 4 %	- 2 %	+ 8 %	+ 8 %
Zomerneerslag	+ 6 %	-20 %	+ 12 %	-40 %	-40 %
Zeewatertemperatuur	+ 2,5 °C	+ 2,5 °C	+ 3,5 °C	+ 3,5 °C	+ 3,5 °C
Gemiddeld zeeniveau	60 cm	60 cm	90 cm	90 cm	200 cm

Figuur 27 - Klimaatsveranderingsscenario's voor 2040 en 2100

3. Het IJzerbekken

3.1.Situering

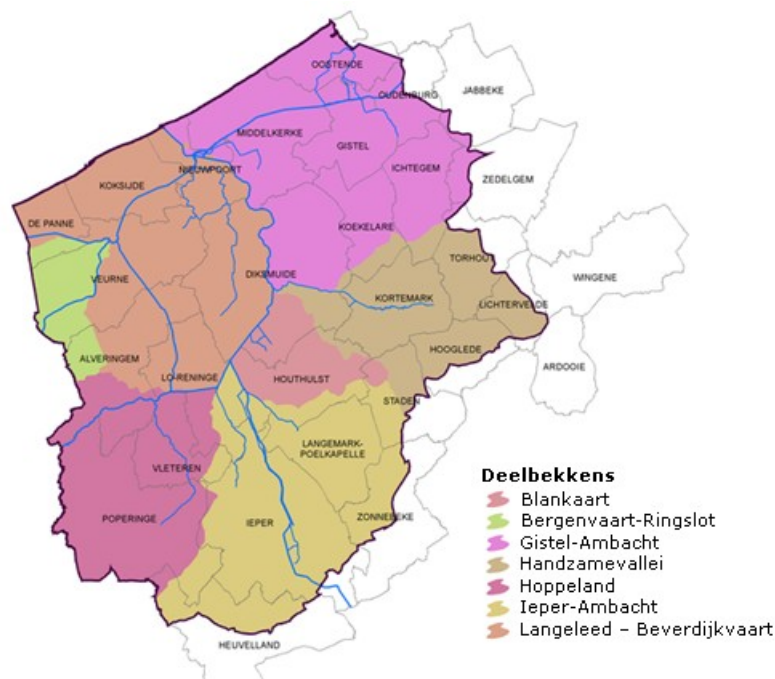
Het IJzerbekken is het meest westelijk gelegen bekken in Vlaanderen (Figuur 28). Het totale stroomgebied van het Vlaamse IJzerbekken omvat circa 1365 km² (inclusief de strandzone) en bevat 2/3 van het natuurlijke afwateringsgebied van de IJzer. Het overige derde van dit natuurlijk afwateringsgebied is gelegen in Frankrijk. Buiten het afwateringsgebied van de IJzer worden ook delen van de kustpolders die afwateren naar Nieuwpoort, Oostende of Frankrijk eveneens opgenomen in het IJzerbekken, dit om het aantal bekkens in Vlaanderen te beperken.



Figuur 28 - De verschillende bekkens in Vlaanderen

De afbakening van het bekken is deels natuurlijk, deels artificieel. De noordelijke grens wordt gevormd door de Noordzee, meer bepaald de gemiddelde laag-laagwaterlijn. De westelijke grens daarentegen is volledig artificieel en wordt gevormd door de landgrens met Frankrijk. De zuidelijke grens is een natuurlijke grens: de waterscheidingskam die gevormd wordt door de rij van getuigenheuvels (de Kemmelberg, de Scherpenberg, de Rodeberg en de Vidaigneberg). De Oostelijke grens is eveneens een natuurlijke grens en wordt gevormd door een gedeelte van de Centraal West-Vlaamse heuvelrug (van Wijtschate, Zandvoorde, Passendale naar Westrozebeke), die het IJzerbekken scheidt met het Leiebekken. Deze rug vertakt zich verder via Staden, Hoogdele en Lichtervelde naar Torhout. Deze vertakking vormt een deel van de grens met het Leiebekken en het bekken van de Brugse polders. De overige grens met het bekken van de Brugse polders wordt gevormd door het plateau van Wijnendale.

Het IJzerbekken omvat 27 gemeentes, waarvan 16 geheel en 11 gedeeltelijk, en wordt opgesplitst in 7 deelbekkens die door het West-Vlaamse provinciebestuur gecoördineerd worden (Figuur 29,(16)). Bestuurlijk is het IJzerbekken volledig gelegen in de provincie West-Vlaanderen, terwijl het administratief bij het stroomgebiedsdistrict van de Schelde gerekend wordt.



Figuur 29 - De deelbekkens van het IJzerbekken

3.2. Watersysteem

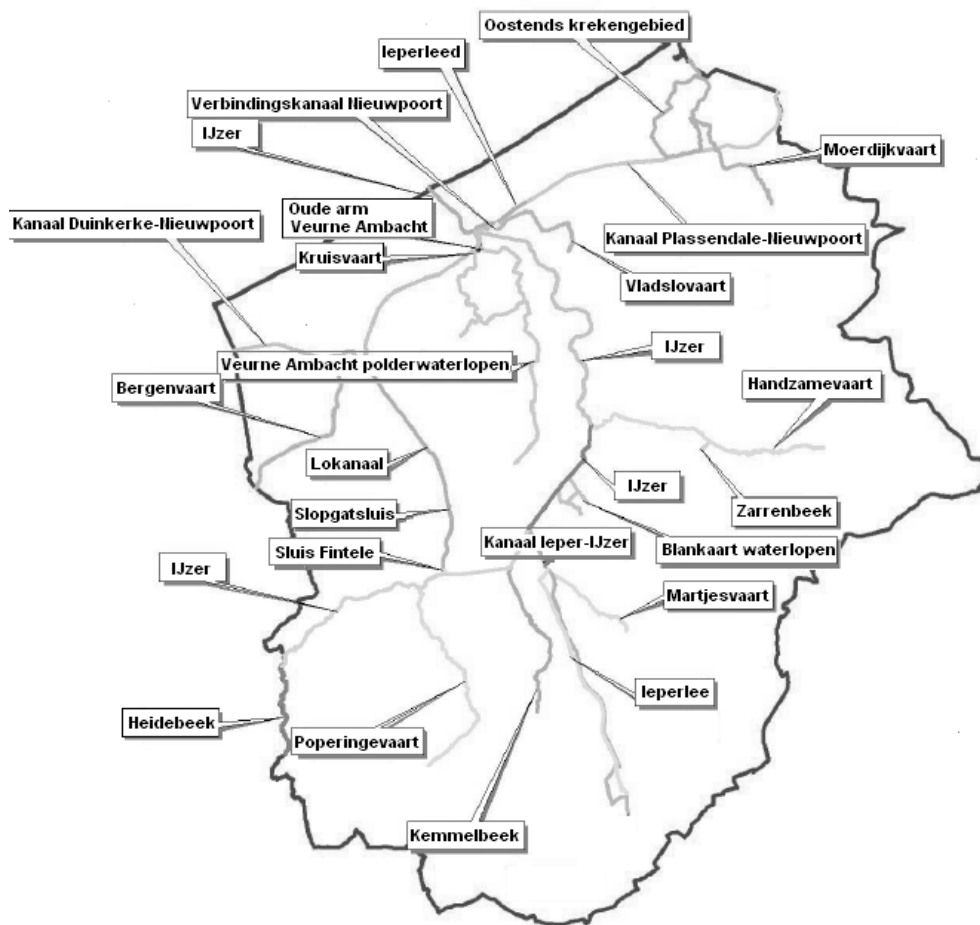
3.2.1. Oppervlaktewater

Het IJzerbekken telt 136,8km bevaarbare waterlopen, met als voornaamste waterlopen de IJzer, het Lokanaal, het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke, de Bergenvaart en het kanaal Plassendale-Nieuwpoort. Deze waterlopen staan onder het beheer van de nv Waterwegen en Zeekanaal, afdeling Bovenschelde. De onbevaarbare waterlopen worden opgesplitst in drie categorieën, waarbij de naam van de categorie aangeeft wie verantwoordelijk is voor het beheer en onderhoud van die waterloop. Onbevaarbare waterlopen van de 1^{ste} categorie worden beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en nemen in het IJzerbekken een totale lengte in van 138,5km. De onbevaarbare waterlopen van de 2^{de} en 3^{de} categorie, gelegen buiten de poldergebieden, worden respectievelijk beheerd door de provincie en de gemeente en hebben een totale lengte van respectievelijk 299km en 349km. Tenslotte bestaat er ook nog een 4^{de} categorie, dit zijn de niet-ingeschreven waterlopen. Het beheer van de onbevaarbare waterlopen van 2^{de}, 3^{de} en 4^{de} categorie die gelegen zijn in de polders worden beheerd door de polderbesturen zelf. In het IJzerbekken valt het beheer van de grootste aantal kilometers waterlopen in de handen van de polderbesturen, meer bepaald zijn ze verantwoordelijk voor 775km of 45,9 % van de waterlopen in het IJzerbekken (17). In Figuur 30 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste waterlopen die in het IJzerbekken gelegen zijn.

De heersende afwateringssystemen in het IJzerbekken wijken sterk af van de oorspronkelijke, natuurlijke systemen door de bouw van waterkerende dijken en het graven van verschillende kanalen en vaarten. Het IJzerbekken bestaat uit vier afwateringsgebieden:

- Afwateringsgebied van de IJzer en zijn bijrivieren en kanalen.
- Afwateringsgebied van de polderwaterlopen

- Afwateringsgebied richting Frankrijk. Dit gebied bestaat uit de Moeren, een deel van de Buitenmoeren en de Bergenvaart.
- Afwateringsgebied richting de haven van Oostende

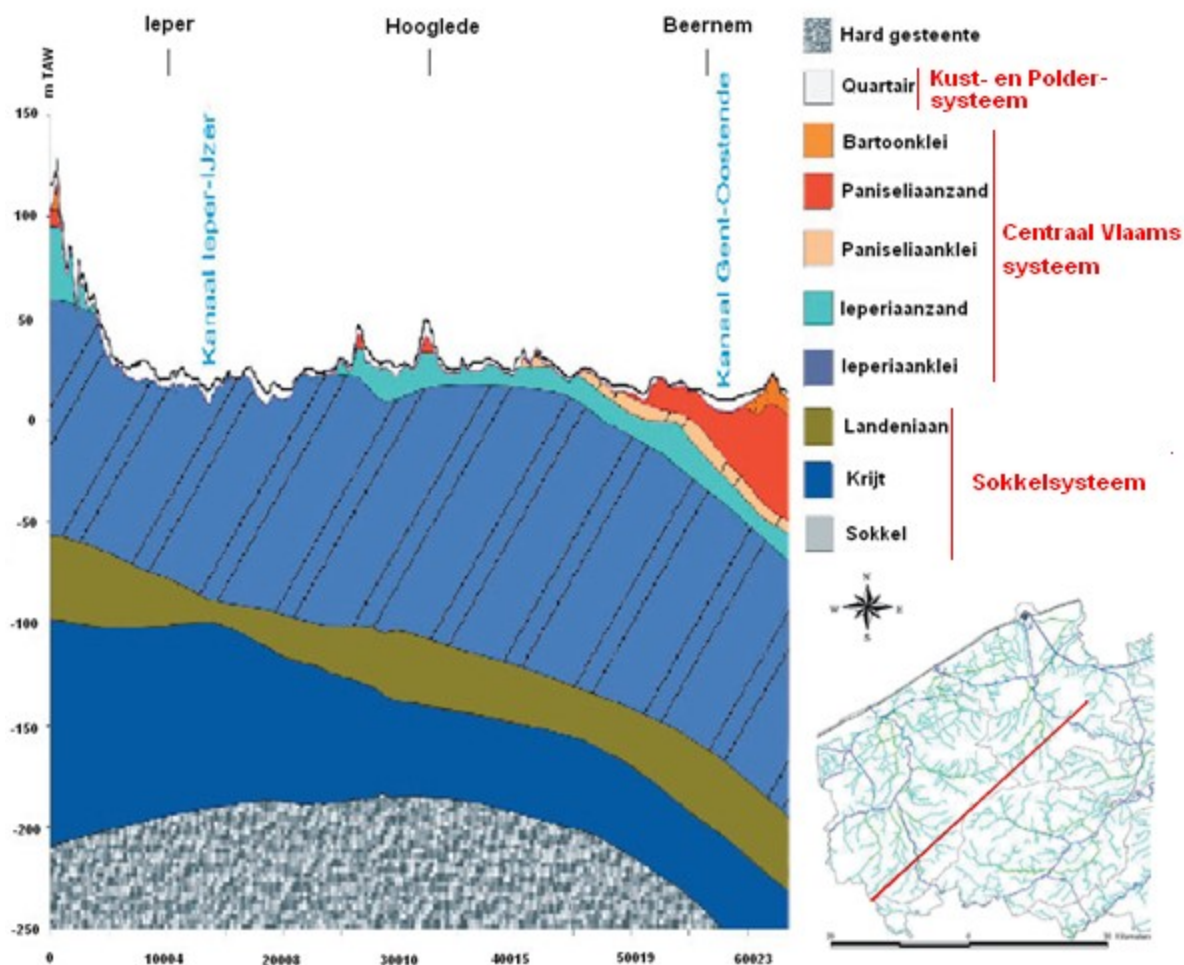


Figuur 30 - De belangrijkste waterlopen in het IJzerbekken

3.2.2. Grondwater

Het grondwatersysteem in het IJzerbekken bestaat uit het Kust- en Poldersysteem, het Centraal Vlaams Systeem en het Sokkelsysteem. Deze grondwatersystemen worden op hun beurt verder onderverdeeld in verschillende grondwaterlichamen. Grondwaterlichamen kunnen in twee types opgedeeld worden, namelijk de aquitards en de aquifers. Een aquitard, of soms ook afsluitende laag genoemd, is een slecht doorlatende gesteenteformatie. Een aquifer of watervoerende laag is een gesteenteformatie die wel goed doorlatend is. Dit type kan eveneens nog opgedeeld worden in 2 subtypes: freatische en afgesloten watervoerende lagen. Bij een freatisch watervoerende laag kan het grondwaterniveau vrij bewegen en wordt de laag onderaan begrensd door een slecht doorlatende laag. Afgesloten watervoerende lagen worden zowel boven- als onderaan begrensd door een slecht doorlatende laag.

Een voorbeeld van de ondergrond en bijhorend grondwatersysteem in het IJzerbekken wordt gegeven in Figuur 31, die de geologische ZW-NO doorsnede weergeeft tussen Ieper en Beernem (18).



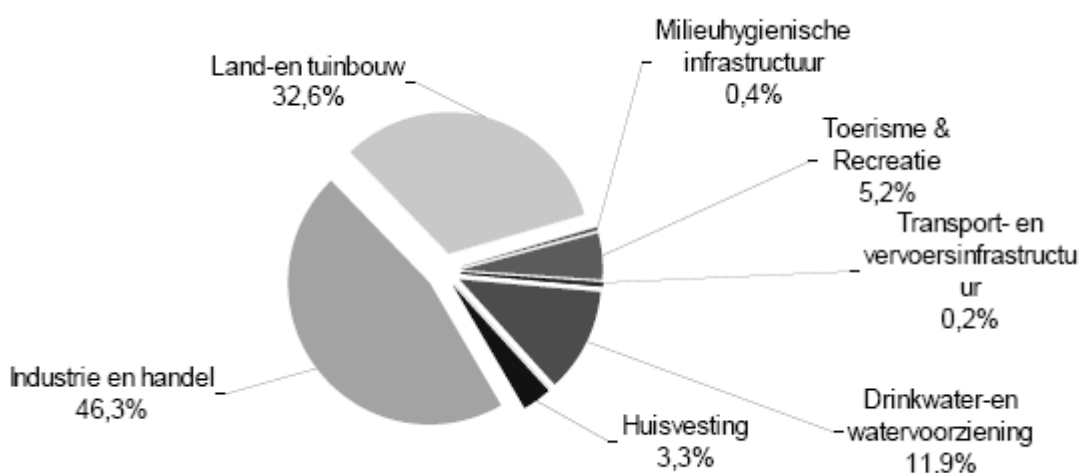
Figuur 31 - Geologische ZW-NO doorsnede tussen Ieper en Beernem

Het Kust- en Poldersysteem bevindt zich helemaal bovenaan in het IJzerbekken en is opgebouwd uit vijf grondwaterlichamen, die voornamelijk tot de Quartaire Aquifersystemen behoren. Aangezien het gaat om freatische grondwaterlichamen, kan besloten worden dat dit Kust- en Poldersysteem dan beïnvloed wordt door het watersysteem van het IJzerbekken. De grondwaterlagen die onder het Kust- en Poldersysteem gelegen zijn, het diepere grondwater, volgen niet allemaal dezelfde afbakening als deze van het IJzerbekken, maar strekken zich uit over een veel groter gebied. Voor deze grondwaterlagen is niet steeds een freatisch gedeelte in het IJzerbekken aanwezig zodat de aanvulling van deze lagen voornamelijk moet gebeuren door bovenliggende aquitards of via freatisch gedeelten die buiten het bekken gelegen zijn.

Het Centraal Vlaams Systeem bestaat uit 8 grondwaterlichamen waarvan een aantal van de grondwaterlichamen freatisch zijn en een aantal gespannen. Onder het Centraal Vlaams Systeem is het Sokkelsysteem gelegen. Dit bestaat uit de watervoerende lagen die zich onder het Ieperiaan Aquitardsysteem bevinden. Dit systeem, gebruikt voor de grondwaterwinning, bestaat uit 7 grondwaterlichamen waarvan het Landeniaan, het Krijt en de (Cambro-Silurische) Sokkel de voornaamste zijn.

3.2.3. Watergebruik

In het IJzerbekken wordt water gebruikt voor diverse sectoren: de drinkwatervoorziening, de handel en industrie, de land- en tuinbouw, de recreatie,... Een diagram met de verdeling van het waterverbruik over de verschillende sectoren wordt gegeven in Figuur 32 (19). In een onderzoek van de heffingsdatabank wordt het totale watergebruik in het IJzerbekken geschat op 41,98 miljoen m³/jaar, waarvan er 29,26 miljoen m³/jaar naar de grootverbruikers en 12,72 miljoen m³/jaar naar de kleinverbruikers gaat. Het water dat in de verschillende sectoren gebruikt wordt, is grondwater, hemelwater, oppervlaktewater, leidingwater (dat zelf gewonnen wordt uit oppervlakte- of grondwater) en ander water (meer bepaald het tweedecircuitwater). Uit de heffingsdatabank van grootverbruikers blijkt dat het grootste aandeel van het totale waterverbruik, meer bepaald 40,2% grondwater is. De percentages van oppervlaktewater en leidingwater bedragen respectievelijk 26,7% en 25,5%, terwijl het hemelwater en het ander water beide een aandeel hebben van 3,8%. Deze cijfers gelden voor de grootverbruikers, indien ze samen met de kleinverbruikers beschouwd worden, zal het aandeel van leidingwater hoger liggen.



Figuur 32 - Verdeling van het waterverbruik in het IJzerbekken

Ook al staat West-Vlaanderen bekend als de armste provincie op vlak van grondwater, toch worden er aanzienlijke hoeveelheden grondwater onttrokken. De totale jaarlijkse opgepompte hoeveelheid grondwater in het IJzerbekken wordt op 13,5 miljoen m³ geschat. Er wordt gesproken van een schatting, aangezien niet alle grondwaterwinningen gekend zijn, doordat ze niet-aangifteplichtig of illegaal zijn. Het merendeel van het opgepompte grondwater (ongeveer 43,3%) wordt in de land- en tuinbouwsector gebruikt. Door de drinkwatervoorziening wordt ongeveer 22,2% van het opgepompte grondwater gebruikt (19). In het IJzerbekken is één drinkwatermaatschappij actief die drinkwater wint uit het grondwater, namelijk de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) die ontgint in de duinen van De Panne en Koksijde. De derde belangrijkste sector voor gebruik van grondwater is de industrie en handel (21,7%).

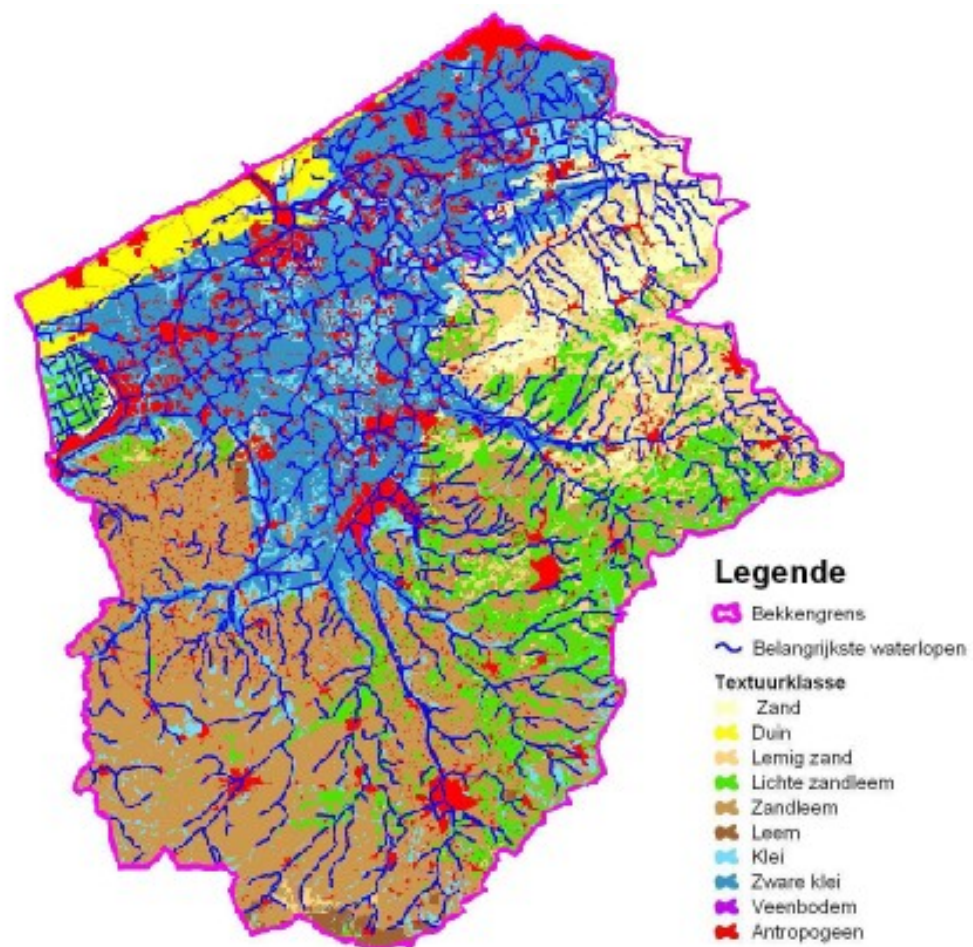
Het oppervlaktewatergebruik in het IJzerbekken is vooral bestemd voor de industrie, handel en de landbouwsector. Er zijn ook 2 drinkwatermaatschappijen actief die drinkwater produceren uit

oppervlaktewater, namelijk Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) en de Regie Stedelijke Waterdienst Ieper. De VMW produceert tot 67 000m³ drinkwater per dag uit het oppervlaktewater van de IJzer en de Blankaartvijver. De Regie Stedelijke Waterdienst Ieper wint drinkwater uit oppervlaktewater in de waterproductiecentra Dikkebus (Dikkebusvijver) en Zillebeke (Zillebekevijver met voeding uit het wacht- en spaarbekken Verdronken Weide).

3.3.Bodem

3.3.1. Bodemtype

Het watersysteem op een bepaalde plaats is onder andere afhankelijk van het bodemtype, aangezien ieder type over een verschillende capaciteit beschikt voor het opnemen en vasthouden van water in de bodem. De bodemkaart van het IJzerbekken wordt weergegeven in Figuur 33 en deze toont de textuur van de bodem tot op een diepte van 1,25m (18). Er kan vastgesteld worden dat de zandleem en puur alluviale bodems van klei, zware klei en veen de meest voorkomende bodemsoorten zijn (respectievelijk 29% of ongeveer 39 500ha en 28,5% of 39 000ha). De zandleembodem wordt voornamelijk teruggevonden in het zuidelijk en het zuidoostelijk deel van het IJzerbekken, terwijl de puur alluviale bodems van klei, zware klei en veen vooral terug te vinden zijn in de poldergebieden. Er kan gesteld worden dat er heel wat natte tot zeer natte bodems voorkomen in het IJzerbekken.

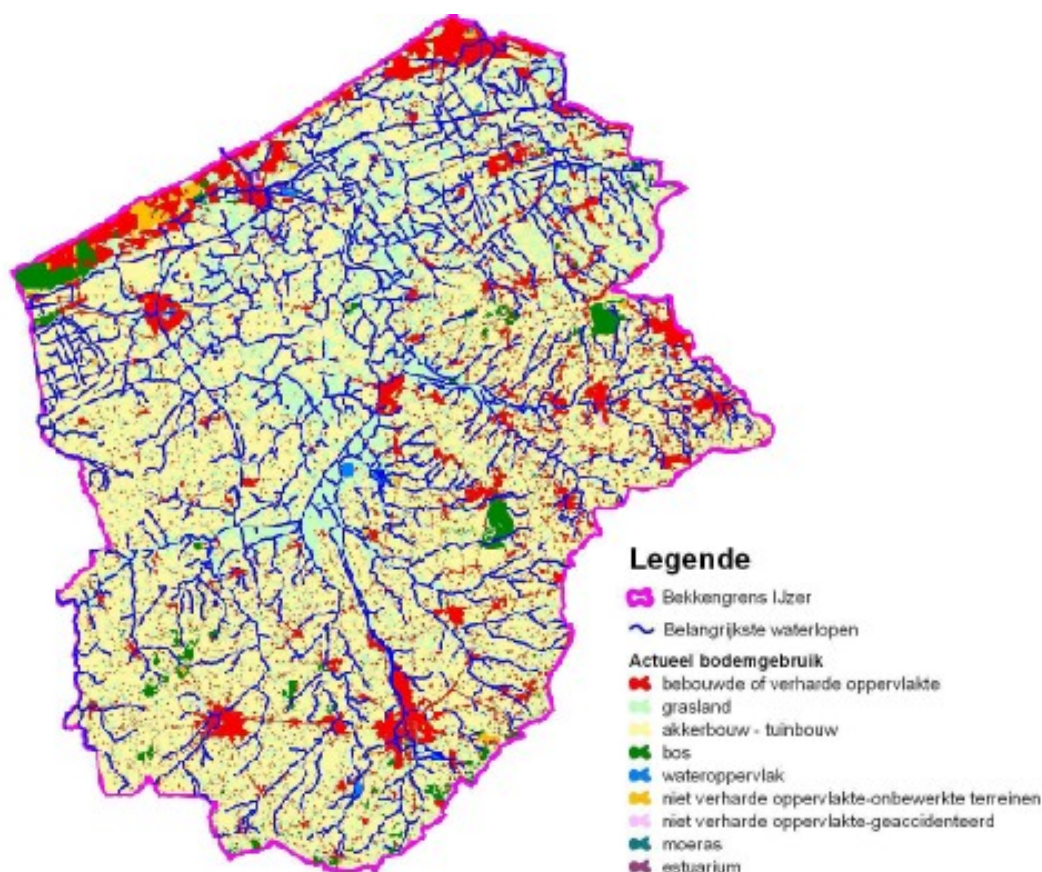


Figuur 33 - Bodemkaart van het IJzerbekken

3.3.2. Bodemgebruik

Het watersysteem wordt beïnvloed door het bodemgebruik en dit zowel op kwantitatief als kwalitatief vlak. Enkele voorbeelden op kwantitatief vlak zijn de hemelwaterafvoer, de voeding van de watervoerende pakketten en de verdamping, terwijl de productie van huishoudelijk afvalwater, industrieel afvalwater en uitspoeling van meststoffen voorbeelden zijn op kwalitatief vlak. Het bodemgebruik in het IJzerbekken wordt weergegeven in Figuur 34 (20).

Het bodemgebruik in het IJzerbekken is hoofdzakelijk agrarisch (80% van de bekkenoppervlakte) en wordt ingenomen voor de akker- en tuinbouw of grasland. Volgens de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) doet 31 060ha van het IJzerbekken dienst als permanent grasland en 5933ha is tijdelijk grasland. Deze zijn voornamelijk gelegen in de Handzame- en IJzervallei. De akker- en tuinbouw is vooral gesitueerd in de hoger gelegen gebieden en ten westen van de IJzer en neemt een oppervlakte van 68 427ha in beslag. De belangrijkste gewassen die in het IJzerbekken geteeld worden zijn maïs (17 760ha), wintertarwe (17 572ha), aardappelen (11 527ha), suikerbieten (8799ha), groenten voor de industrie (4837ha), erwten/bonen voor de industrie (1751ha) en vlas (1221ha). De veeteelt komt vooral voor in de Zandleem- en Zandstreek met Diksmuide, Ieper en Ichtegem als belangrijkste plaatsen. In de kuststreek is de landbouwsector maar beperkt vertegenwoordigd(19).



Figuur 34 - Bodemgebruik in het IJzerbekken

Ongeveer 13,5% van de oppervlakte van het bekken (of 18 500ha) behoort tot bebouwde of verharde oppervlakte. De bevolking is voornamelijk gevestigd in de kustgemeenten en in de gemeenten langs de oostelijke grens van het IJzerbekken. In het zuiden van het bekken is er een hoge bevolkingsdichtheid rond de stad Ieper. In de Westhoek, exclusief de kustzone, is de bevolkingsgraad eerder beperkt. Een deel van deze bebouwde oppervlakte wordt ingenomen door de industrie, meer bepaald 1640ha of ongeveer 300 bedrijven. Hoofdzakelijk (66,6% van de bedrijventerreinen) gaat het om milieubelastende industriegebieden, een klein deel (24,2% van de bedrijventerreinen) valt onder de categorie ambachtelijke bedrijven en KMO's en de rest wordt gecatalogeerd als lokaal of regionaal bedrijventerrein met openbaar karakter (19). Het merendeel van de bedrijven voeren activiteiten uit in de voedings-, drank- en tabakssector.

In het IJzerbekken bevinden er zich 15 Vlaamse natuurreservaten en 5 erkende natuurreservaten. De Vlaamse natuurreservaten hebben een totale oppervlakte van 1059,54ha en worden beheerd door het Agentschap voor Natuur en Bos. De erkende natuurreservaten worden daarentegen beheerd door lokale afdelingen van Natuurpunt. De grootste natuurreservaten zijn de Westhoek en de Blankaart. Er zijn ook 30 niet-erkende natuurreservaten gelegen in het IJzerbekken. Hiervan zijn de Houtsaegerduinen en de Verdrongen Weide de grootste. Enkele gebieden in het bekken zijn erkend als Vogelrichtlijngebied: de Westkust, de Handzame- en de IJzervallei. De IJzerbroeken zijn tevens ook erkend als Ramsargebied, net zoals de Blankaart en de Vlaamse Banken. De militaire domeinen, Munitiedepot Houthulst en Kamp Lombardsijde, hebben ook een belangrijke natuurfunctie. Het IJzerbekken is met zijn 2% bebossing één van de minst beboste gebieden van Vlaanderen en telt slechts één bosreservaat: het Wijnendaelebos (21).

3.4.Huidige knelpunten in het IJzerbekken

De knelpunten die nu reeds aanwezig zijn in het watersysteem van het IJzerbekken hebben hoofdzakelijk betrekking op het oppervlaktewater. Er kan algemeen aangenomen worden dat deze aanwezig zijn door een tekort aan efficiënte, brongerichte maatregelen. De belangrijkste knelpunten gerelateerd aan het oppervlaktewater zijn het overstromingsrisico bij intense regenval, het watertekort in droge periodes, een onvoldoende biologische kwaliteit van het water en ook hebben vele waterlopen te maken met een versnelde sedimenttoename. Op het vlak van grondwater kan vastgesteld worden dat het grondwaterniveau aan een dalende trend onderhevig is.

3.4.1. Overstromingsgevaar

Wateroverlast is het gevolg van een onevenwichtige waterbalans en is één van de belangrijkste knelpunten in het IJzerbekken. Deze overstromingsproblematiek heeft heel wat economische schade en menselijk leed tot gevolg. De meeste overstromingen vinden gedurende de wintermaanden plaats, uitzonderlijk komen ze ook voor tijdens de zomerperiode. De meest getroffen regio is het gebied langs de IJzer gelegen tussen de Franse grens en Diksmuide inclusief de benedenlopen van enkele zijrivieren van de IJzer (de Kemmelbeek, de Poperingevaart, de Ieperlee,...). Langs de Handzamevaart vinden ook geregeld overstromingen plaats, daar waar hij niet is ingedijkt, namelijk afwaarts van Kortemark. Het IJzerbekken is van nature een gebied dat gevoelig is voor overstromingen. Enkele ingrepen van de mens op het watersysteem hebben hierbij geleid tot een nog hogere kans op overstromingsgevaar. Enkele voorbeelden hiervan zijn de versnelde afvoer van het hemelwater door een verhoogde oppervlakteverharding en het kanaliseren van de waterlopen, de bouw van waterkerende dijken,...

Een mogelijke oplossing voor het overstromingsgevaar kan gevonden worden in het onderhoud van de waterlopen (ruiming, baggeren, ...), de herstelling van de waterkerende dijken en het vertragen van de afvoer van het hemelwater door vasthouden en infiltratie ter plaatse. Algemeen wordt het concept “vasthouden-bergen-afvoeren” vooropgesteld, omdat hierbij het overstromingsgevaar niet verschoven wordt naar meer afwaartse gebieden. De efficiëntie is het grootst bij het vasthouden, omdat hierbij de bron wordt aangepakt, en is laagst bij het afvoeren. Daarom dient dan ook de voorkeur te gaan naar de meest efficiënte maatregelen en pas als deze niet mogelijk zijn of een onvoldoende effect hebben de andere maatregelen toe te passen.

Naast de overstromingen van de waterlopen ten gevolge van perioden met een intensieve neerslag, is ook de kustverdediging van uiterst belang. Het IJzerbekken is op dat vlak zeer kwetsbaar aangezien een derde van haar oppervlakte gelegen is onder de vloedlijn van de zee.

3.4.2. Watertekort

Niet alleen komen overstromingen voor in het IJzerbekken, ook het andere uiterste van een onevenwichtige waterbalans treedt soms op, namelijk een tekort aan water. Dit komt voor tijdens de zomermaanden in periodes van droogte en wanneer slechts kleine debieten aanwezig zijn in de waterlopen. Tijdens deze droge periodes is bovendien meer water vereist in de diverse sectoren. Zo is in de landbouwsector meer water nodig om verdroging van de landbouwgewassen tegen te gaan. Door watertekorten kunnen dus problemen ontstaan voor alle sectoren (bijvoorbeeld irrigatie van de landbouwgewassen, koelwater voor de industrie,...).

Bovendien neem in het IJzerbekken de aardappel- en groententeelt nog steeds toe, waardoor de vraag naar irrigatiewater nog steeds stijgende is. Dit kan het probleem van watertekort vergroten. Een andere factor die het watertekort in droge periodes in de hand werkt is dat in het verleden een groot deel van het IJzerbekken, ook gebieden die er niet voor geschikt waren, gedraineerd werden. De gedraineerde gebieden bevinden zich hoofdzakelijk in het noordelijk deel van het IJzerbekken.

Een mogelijke oplossing van dit probleem kan bekomen worden door de aanleg van nieuwe irrigatiebekkens, die kunnen aangevuld worden tijdens perioden met veel neerslag. Het concept “vasthouden-bergen-afvoeren” is dus zowel voor wateroverlast als watertekort van toepassing. Enkele bijkomende oplossingen (of eventueel alternatieven) zijn het hergebruik van het effluentwater van de bestaande rioolwaterzuiveringsinstallaties (in de mate van de geschiktheid van dit water) en de aanvoer van water uit andere bekkens.

3.4.3. Waterkwaliteit

De kwaliteit van het water in het IJzerbekken kent de laatste jaren een vooruitgang, maar een groot aandeel van de verschillende meetplaatsen voldoen nog steeds niet aan de kwaliteitsnormen. Zo wordt een beeld van de water- en biotoopkwaliteit gegeven door de Belgische Biotische Index (BBI), met andere woorden geeft deze zowel de relatieve gevoeligheid van bepaalde indicatorsoorten ten aanzien van verontreiniging als de verscheidenheid aan soorten weer. Op 69% van de meetplaatsen in het IJzerbekken vindt men nog steeds een BBI kleiner dan 7, terwijl de basiskwaliteitsnorm een BBI ≥ 7 vooropstelt. Wat de Prati-index voor opgeloste zuurstof (PIO) betreft, kan gesteld worden dat het IJzerbekken matig verontreinigd is. Ook voor de visindex (IBI) kan gesproken worden van een matige toestand. Een groter probleem voor de waterkwaliteit is nog steeds het nitraatgehalte, zo werd in de periode juni 2003-april 2004 vastgesteld dat 74% van de meetplaatsen niet voldeden aan de drempel van 50 milligram per liter (20).

Naast de kwaliteit van het water wordt ook de kwaliteit van de waterbodem bepaald. Dit gebeurt aan de hand van een triadebeschuwing. Deze combineert de resultaten van de fysisch-chemische, de biologische en de ecotoxicologische kwaliteit tot één specifieke klasse. Er zijn in totaal 4 mogelijke klassen, waarbij klasse 1 staat voor een zuivere waterbodem. In het IJzerbekken worden jaarlijks ongeveer 150 metingen uitgevoerd en hieruit is gebleken dat geen enkele meetplaats tot de klasse 1 behoort. Uit de metingen van de periode 2000-2003 blijkt dat 9,3% van de waterbodems licht verontreinigd is (klasse 2), terwijl 37,3% verontreinigd (klasse 3) is en 53,3% zelfs sterk verontreinigd (klasse 4).

De belangrijkste aanpak om waterverontreiniging tegen te gaan is de aanpak aan de bron: de verontreiniging veroorzaakt door puntlozingen dient teruggedrongen te worden, schadelijke stoffen moeten zoveel mogelijk geweerd worden en de lozingen van afvalwater moet op de draagkracht van het watersysteem afgestemd worden. Dit laatste gebeurt met behulp van modellen. Bij de aanpak van de puntlozingen spelen milieuvergunningen en handhaving belangrijke factoren. Tot de schadelijke stoffen behoren onder andere de chemische bestrijdingsmiddelen en meststoffen. De provincies en gemeenten gebruiken daarom de laatste jaren meer milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen en ook de huishoudens en landbouwers worden gestimuleerd om meer milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen en meststoffen te gebruiken.

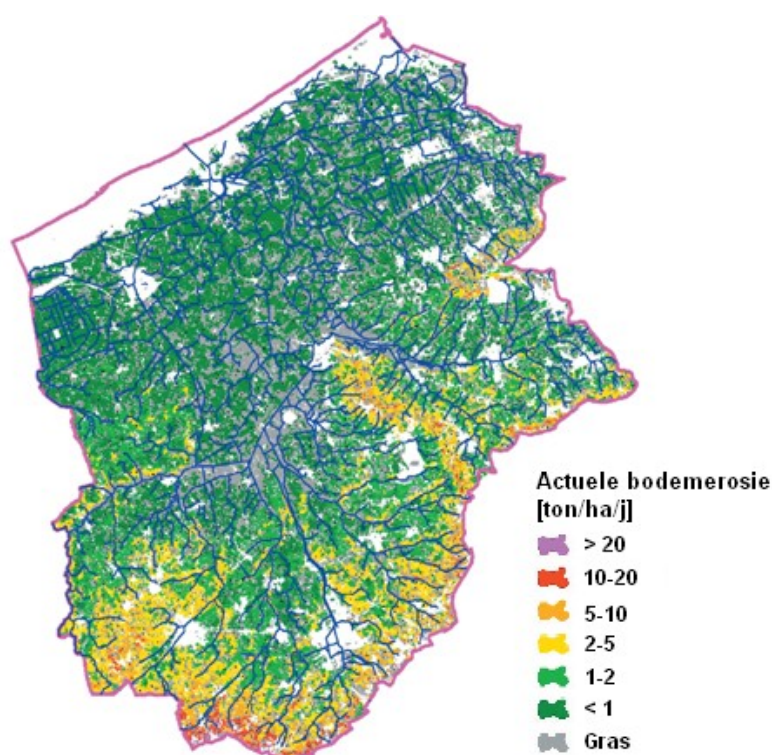
In het IJzerbekken is reeds enige riolerings- en waterzuiveringsinfrastructuur aanwezig (11 rioolwaterzuiveringsinstallaties met een capaciteit > 2000 IE en 16 kleinschalige waterzuiveringsinstallaties met een capaciteit < 2000 IE), maar de zuiveringsgraad van het water, dit is het aantal inwoners aangesloten op een RWZI of KWZI tot het totaal aantal lozende inwoners, is nog steeds onvoldoende. Zo bedroeg de zuiveringsgraad eind 2009 75,36% (22). Er kan dus gesteld worden dat de zuiveringsinfrastructuur nog niet voldoende is uitgewerkt. Er dient hierbij voornamelijk aandacht besteed te worden aan de lozingen van afvalwater van de huishoudens in het oppervlaktewater, aangezien de invloed hiervan veel groter is dan die van de lozingen van het afvalwater van de landbouwsector in het oppervlaktewater. Ook bestaan er nog veel knelpunten in de waterzuiveringsinfrastructuur. Hieronder worden de belangrijkste hieronder weergegeven:

- Het gebruik van overstorten op de waterlopen kan leiden tot grote vervuiling van het oppervlaktewater wanneer ze in werking treden. Er bestaat ook steeds een risico dat ze omgekeerd werken, namelijk dat oppervlaktewater in de riolering stroomt. Dit kan optreden bij hoge waterstanden van de waterlopen.
- Er bevinden zich vooral gemengde rioleringsstelsels in het IJzerbekken. Bij dit type riolering wordt zowel het afvalwater als het hemelwater afgevoerd via één enkele buis. Bij hevige regenval kan dit leiden tot een overbelasting van het rioleringsstelsel met het in werking treden van de overstorten of het blank staan van de straten tot gevolg. Maar een gemengd rioleringsstelsel geeft bij intense regenbuien ook aanleiding tot een sterke verdunning van het afvalwater, waardoor het zuiveren van het water moeilijker wordt als gevolg van een lage BZV-concentratie.

3.4.4. Sedimenttransport

Het sedimenttransport naar de waterlopen kent twee verschillende oorzaken. Als voornaamste oorzaak kan de bodemerosie op akkers beschouwd worden, maar de sedimenten kunnen ook afkomstig zijn van zwevende stoffen, die bijvoorbeeld afkomstig zijn van effluënten van rioolwaterzuiveringsinstallaties, riooloverstorten, niet aangesloten rioleringen en rechtstreekse lozingen door de industrie en door de huishoudens.

Typisch voor het IJzerbekken, vooral voor het zuidoostelijk deel, is de aanwezigheid van leem- en zandleembodems en grote reliëfverschillen. Deze twee factoren hebben een aanzienlijke bodemerosie tot gevolg. Zo kan zelfs gesteld worden dat op de flanken van het West-Vlaamse Heuvelgebied de bodemerosie een ernstig knelpunt vormt (Figuur 35, (18)). Daar heerst in de afwateringsgebieden van de Poperingevaart, de Grote Kemmelbeek en de Martjesvaart een bodemerosie van meer dan 20ton per ha per jaar.



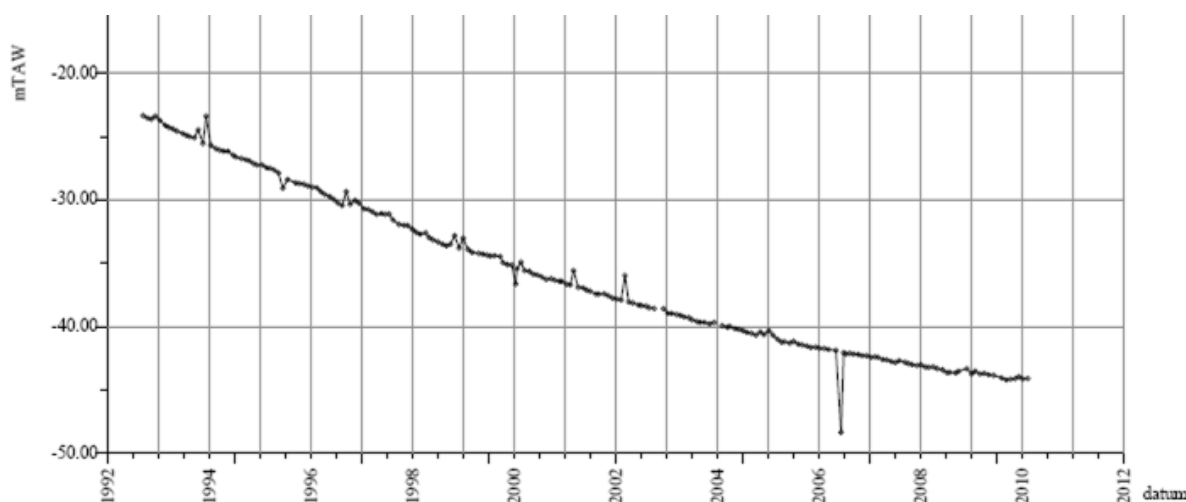
Figuur 35 - Actuele bodemerosie in het IJzerbekken

Door het transport van de sedimenten naar de waterlopen zal het sedimentgehalte in de waterlopen toenemen. Op bepaalde plaatsen in de waterlopen zullen de sedimenten zich afzetten, wat problematische gevolgen kan hebben voor de waterdoorvoer, de waterkwaliteit en de scheepvaart. Op deze plaatsen zullen baggerwerken soms een noodzaak zijn.

Een betere aanpak is het verhinderen dat deze geërodeerde bodemdeeltjes de waterloop bereiken. Dit kan bekomen worden (of alleszins toch verbeterd worden) door de aanleg van grasbufferstroken die het afstromend sediment en modder tegenhouden. De erosie kan ook bestreden worden door een aangepaste bodembewerking, directe inzaai of de aanleg van dammetjes toe te passen. Verschillende gemeenten in het IJzerbekken hebben een erosiebestrijdingsplan opgesteld, waarin men de landbouwers bijstaat met mogelijke maatregelen om erosie tegen te gaan (23).

3.4.5. Grondwater

West-Vlaanderen is de armste provincie op het vlak van grondwater. Een direct gevolg hiervan is dat er geen grote debieten onttrokken kunnen worden. Bij zowel het Centraal Vlaams Systeem als het Sokkelsysteem wordt een dalende trend in het grondwaterniveau van de gespannen grondwaterlichamen vastgesteld. Dit wordt veroorzaakt door een onevenwicht tussen de onttrekkingen en de aanvulling van het grondwatersysteem. In Figuur 36 wordt de daling van de stijghoogte in het Sokkel-aquifersysteem in Diksmuide (Woumen, putcode 3-0020) weergegeven voor de periode 1992-2010 (24). In deze periode is er een continue daling opgetreden van ongeveer 20m.



Figuur 36 - Stijghoogte in het Sokkel-aquifersysteem in Diksmuide (Woumen, putcode 3-0020)

Deze daling kan problematisch worden omdat het een kwaliteitsverlies van het grondwater tot gevolg kan hebben. Bij het Sokkelsysteem is het de oxidatie van de grond die leidt tot het kwaliteitsverlies. Wanneer de stijghoogte van het water onder de top van de watervoerende laag komt, wordt atmosferische lucht in het sokkelgesteente gezogen zodat er oxidatie optreedt. Zo kan bijvoorbeeld oxidatie van pyriet aanleiding geven tot een toename van het sulfaatgehalte, een afname van de pH-waarde en een toename van de mobiliteit van sporenelementen. Naast de oxidatie treedt ook nog een ander verschijnsel op dat de kwaliteit van het water nadelig beïnvloedt, namelijk opkwellend zout water dat zich op grote diepte bevindt. Aangezien het peil van de grondwaterlichamen in het Sokkelsysteem daalt, zal in de top van deze grondwaterlichamen een sterk verlaagde druk heersen, zodat zout water, dat onder druk zit in diepere zones, naar boven gestuwd zal worden. Deze verzilting vormt een ernstig probleem aangezien dit proces irreversibel is (18).

De daling van het grondwaterniveau heeft naast het kwaliteitsverlies ook andere negatieve gevolgen. Zo zal bijvoorbeeld het oppompen van water meer inspanning vragen. Ook zal de aard van het bodemgebruik beïnvloed worden: de landbouwsector zal te maken krijgen met droogteschade, maar meer algemeen zal er ook ecologische schade optreden waardoor een verschraving van het milieu zal plaatsvinden.

Bij de freatische grondwaterlichamen heerst er voornamelijk een stabiele toestand. Dit betekent dat de grondwaterstanden in het lichaam constant zijn, met andere woorden: de onttrekkingen zijn in

evenwicht zijn met de aanvulling. Bij het Kust- en Poldersysteem kan het grondwater ook aan kwaliteitsverlies onderhevig zijn, maar hier is de oorzaak eerder te vinden bij de aantrekking van zeewater of diepe zoutwaterlenzen, waardoor er verzilting plaatsvindt. Eveneens werd vastgesteld dat dit grondwater aangerijkt is met nitraat, dat afkomstig is van de uitspoeling van meststoffen.

3.4.6. Peilbeheer in de poldergebieden

Het huidige peilbeheer in de poldergebieden in het IJzerbekken bestaat uit het aanhouden van lage peilen in de winter en hoge peilen in de zomer. Veiligheidsoverwegingen en landbouweconomische beweegredenen liggen aan de basis van dit onnatuurlijk peilbeheer. De lage waterpeilen in de winter zorgen voor een grotere bergingsruimte in de waterlopen, zodat de winteroverstromingen beperkter zouden zijn van omvang en bijgevolg minder schade teweegbrengen. Bovendien zorgen lage grondwaterstanden in de winter ervoor dat de landbouwgebieden in de lente sneller bewerkt kunnen worden. Door de aannahme van hogere waterpeilen in de zomer wordt ervoor gezorgd dat er voldoende water aanwezig is voor de irrigatie van de landbouwgewassen, de drenking van het vee en de watervoorziening voor de industrie. Maar dit peilbeheer heeft niet voor alle belangengroepen een positief effect. Vanuit ecologische standpunt komt er tegenstand op dit huidige, onnatuurlijk peilbeheer. De lage winterpeilen zijn namelijk ongunstig voor de natuur, aangezien deze aanleiding geven tot een grotere kans op bevrozing van waterplanten en -dieren. De lage waterpeilen kunnen in de kustzone ook aanleiding geven tot een groter risico op verzilting van het grondwater doordat de lage waterstanden een stijging van het contactvlak tussen zoet en brak water in de bodem met zich meebrengen (23).

3.5. Gevolgen van de klimaatsverandering in het IJzerbekken

3.5.1. Impact van klimaatsverandering op rivierhydrologie en -hydrodynamiek in het zuidelijk deel van het IJzerbekken

In het kader van een studie voor de Vlaamse Overheid werd door een samenwerking tussen de Katholieke Universiteit Leuven en het Waterbouwkundig Laboratorium de impact bepaald van de klimaatsverandering op de rivierhydrologie en -hydrodynamiek van de verschillende hydrografische deelbekkens in Vlaanderen. In het IJzerbekken werd dit gedaan voor de zuidelijk gelegen deelbekkens, namelijk de Handzamevallei, de Blankaart, Ieper-Ambacht en het grootste deel van Hoppeland. In Figuur 37 wordt dit gebied voorgesteld, de rode lijn vormt de bovengrens van het gebied. Deze rode lijn valt deels samen met de loop van de IJzer. Het noordelijk deel van het IJzerbekken werd niet in de studie opgenomen, wegens het gebrek aan hydrologische modellen voor de waterlopen in dit gebied.



Figuur 37 - Bestudeerd deel van het IJzerbekken

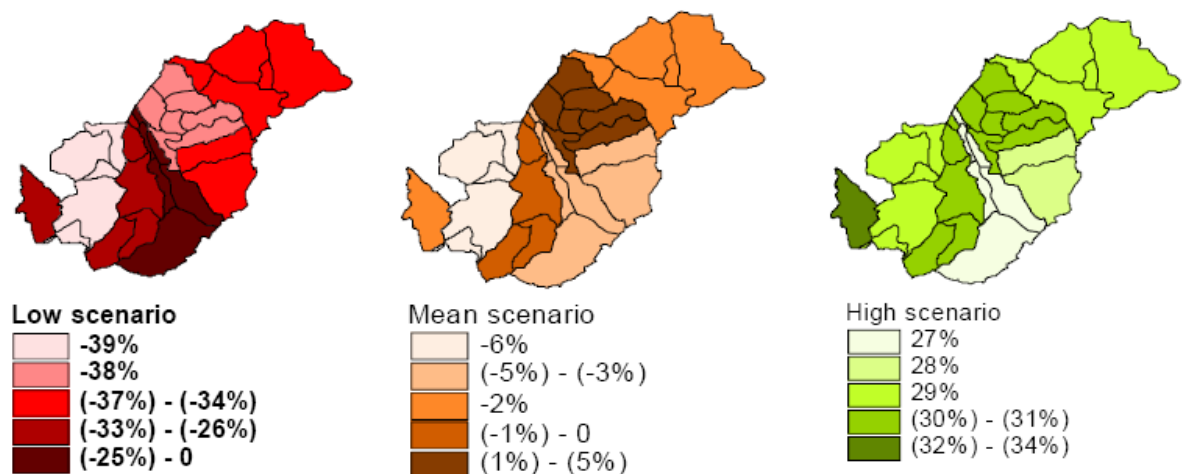
De impact van de klimaatsverandering werd bepaald via een combinatie van de klimaatmodellering en de hydrologische modellering. Er werd hiervoor gewerkt aan de hand van twee klimaatvariabelen, namelijk de neerslag en de potentiële evapotranspiratie (ET_o), aangezien dit de belangrijkste inputvariabelen zijn voor de hydrologische modellen. De 3 CCI-HYDR-klimaatsveranderingsscenario's (zowel de extremen als de gemiddelden) voor deze variabelen werden bestudeerd op hun afhankelijkheid van de tijdschaal (dag-, week-, maand- en seizoensschaal) en hieruit werd een uurlijkse tijdschaal geëxtrapoleerd. Met deze uurlijkse schaal werd de impact onderzocht voor de kans op watertekort en de overstromingskans aan de hand van respectievelijk de uurlijkse laagwaterdebieten en de uurlijkse piekdebieten. De impact op de cumulatieve neerslag-afstromingsvolumes, de oppervlakte-afstromingsvolumes en de evapotranspiratievolumes werden eveneens geanalyseerd. Er dient opgemerkt te worden dat de hele analyse werd gedaan aan de hand van het huidig landgebruik en bijgevolg dus enkel de invloed van de verwachte toekomstige klimaatsverandering werd bestudeerd (25).

In sommige gebieden waar men door een gebrek aan gegevens geen analyse kon maken, werd er geïnterpoleerd tussen specifieke omringende regio's om zo toch een schatting te kunnen maken van de invloed van de klimaatsveranderingen op het hydrologisch gedrag. Voor de interpolatie werd eerst nagegaan in welke mate de omliggende gebieden gelijkaardig zijn aan het te onderzoeken gebied. Indien er een omliggend gebied was dat in hetzelfde stroomgebied lag en min of meer dezelfde oppervlaktekenmerken, geotechnische kenmerken (bodemtype, dikte van de verschillende grondlagen,...) en bodemgebruik had, dan werd aangenomen dat het te onderzoeken gebied zich op hydraulisch vlak gelijkaardig zal gedragen. Echter, indien de omliggende gebieden heel verschillend waren ten opzichte van het te onderzoeken gebied, werd voor dit te onderzoeken gebied een gemiddelde genomen van deze gebieden.

Belangrijk om op te merken is dat voorzichtig met de resultaten dient omgegaan te worden, en dit op 2 verschillende niveaus. Op algemeen niveau is er de grote onzekerheid met betrekking tot de

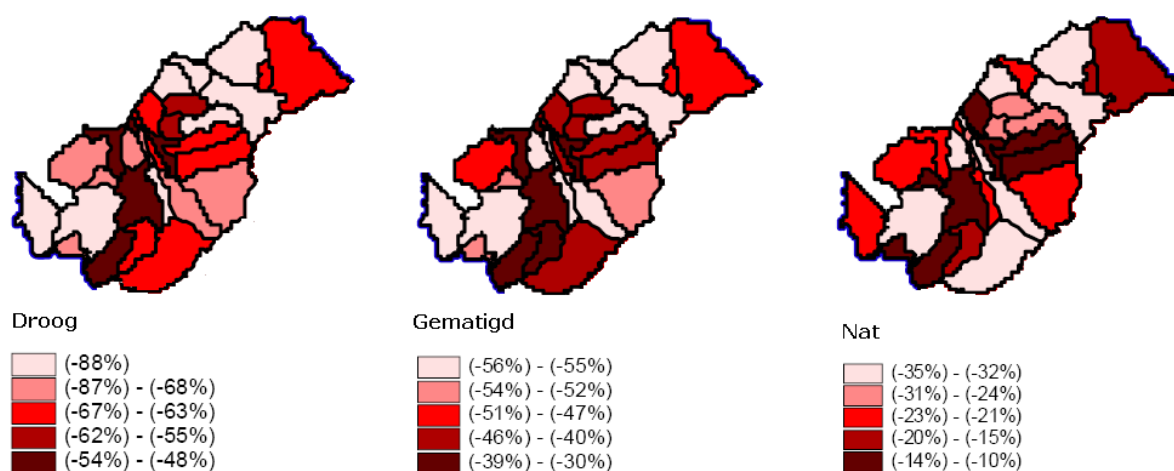
juistheid van de gebruikte klimaatsveranderingsscenario's. Op lokaal niveau kan soms vastgesteld worden dat er grote verschillen aanwezig zijn in de resultaten van naburige gebieden. Dit kan te maken hebben met verschillen in eigenschappen van de gebieden (zoals topografie, landgebruik en bodemtype), maar men dient hier steeds in het achterhoofd te houden dat deze grote lokale verschillen ook het gevolg kunnen zijn van het gebruik van verschillende soorten van hydrologische modellen.

In Figuur 38 wordt de verandering in op de uurlijkse piekafvoeren in het zuidelijk deel van het IJzerbekken bekeken. Deze afvoeren stellen de ruimtelijk gemiddelde neerslagafstromingsdebieten voor per hydrografisch deelbekken (25). Deze werden opgesteld voor de 3 klimaatsveranderingsscenario's met als referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100. Met neerslagafstroming wordt de afstroming van hemelwater langs de oppervlakte en langs de ondergrond naar de waterloop bedoeld. Het gematigde scenario benadert heel goed de huidige situatie, terwijl in het droge en natte scenario logischerwijze respectievelijk een daling en een stijging van de pieken waargenomen wordt. Voor het natte scenario zal deze stijging van de piekafvoeren aanleiding geven tot een grotere kans op overstromingen. Verwacht wordt dat de piekafvoer zal toenemen in gebieden met een grote verstedelijking, een leemachtige ondergrond bezitten in plaats van zand of een grote reliëf hebben, maar dit is niet altijd waarneembaar in de resultaten.



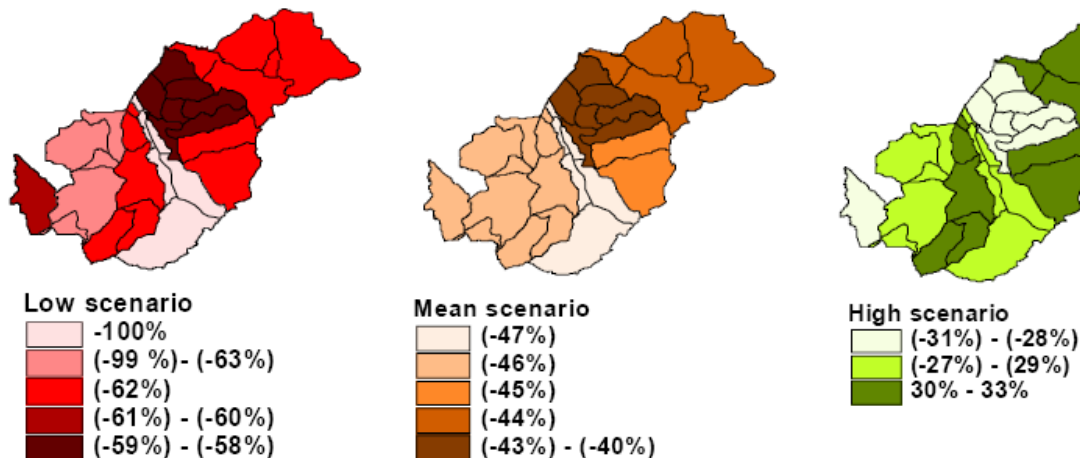
Figuur 38 - Verandering in uurlijkse piekafvoeren (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)

Naast de piekafvoeren die bepalend zullen zijn voor het al dan niet optreden van overstromingen, is ook het andere uiterste van belang, namelijk de laagwaterdebieten die op hun beurt aanleiding kunnen geven tot perioden met watertekort. De verandering in deze parameter voor de 3 klimaatveranderingsscenario's wordt weergegeven in Figuur 39 (25). In ieder scenario kan een daling van dit type afvoer waargenomen worden, in het meest pessimistische droge scenario is dit zelfs een daling met een gemiddelde van 70%. Er kan hieruit geconcludeerd worden dat de kans op perioden met watertekorten in de toekomst zal toenemen in het gehele bestudeerde deel van het IJzerbekken.



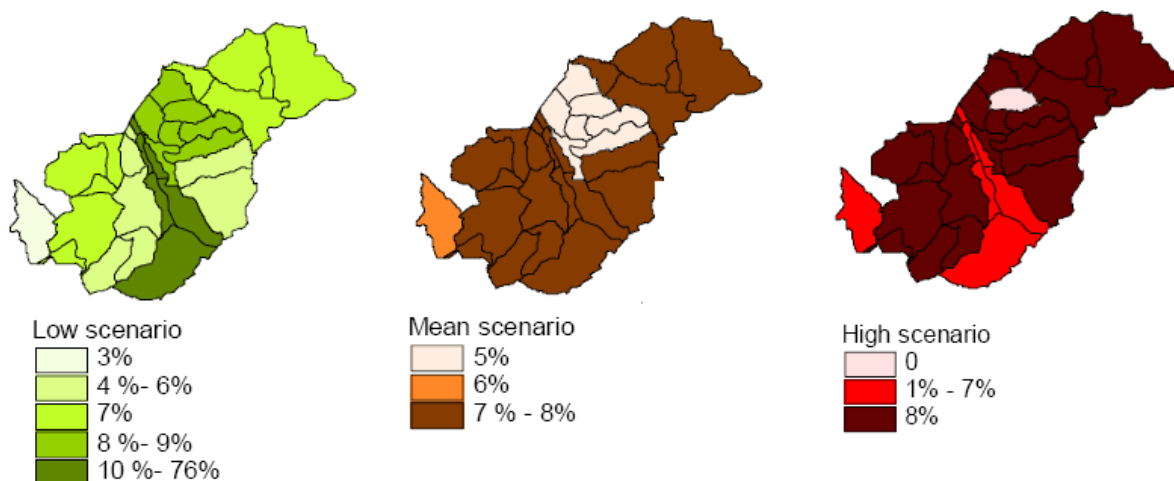
Figuur 39 - Verandering in uurlijkse laagwaterdebieten (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)

Een deel van de neerslagafstroming gebeurt over de oppervlakte, het andere deel via de ondergrond. De afstroming over de oppervlakte kan de kans op overstromingen beïnvloeden aangezien het water in vergelijking met water dat in de bodem is gedrongen versneld naar de rivieren wordt afgevoerd. In Figuur 40 wordt de verandering in de cumulatieve oppervlakteafstromingsdebieten per deelbekken weergegeven voor de 3 klimaatsveranderingsscenario's (25). Opmerkelijk is dat zowel in het droge als in het gematigde scenario een forse daling is van dit type afwatering. In het droge scenario zijn er bovendien grote lokale verschillen aanwezig (tot ongeveer 40%).



Figuur 40 - Verandering in cumulatieve oppervlakteafstromingsdebieten (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)

Ook de potentiële evapotranspiratie heeft een belangrijke invloed op het debiet van de rivier. In warme perioden kan deze mee bepalend zijn voor de kans op perioden met watertekort, terwijl een toename van de verdamping in de winter het risico op wateroverlast doet verkleinen. In Figuur 41 wordt de verandering in de cumulatieve potentiële evaporatievolumes weergegeven voor de 3 klimaat-veranderingsscenario's (25). Uit deze figuren blijkt dat de verdamping in ieder scenario gaat toenemen, waarbij de toename het geringst is in het natte scenario en het grootst is in het droge scenario.



Figuur 41 - Verandering in cumulatieve potentiële evapotranspiratievolumes (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)

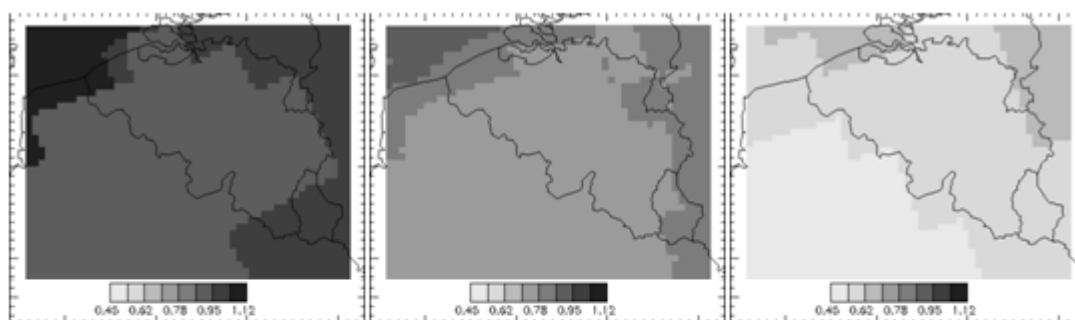
3.5.2. Toename van periodes met wateroverlast

Volgens de klimaatsveranderingsscenario's worden de winters gemiddeld natter. Nu reeds is er tijdens de wintermaanden een reëel overstromingsrisico in het IJzerbekken, wat in de periode van eind november- begin december nog maar eens tot uiting kwam. Doordat de winters natter worden, wordt eveneens verwacht dat het aantal overstromingen zal toenemen. Dit rechtstreeks door de grotere hoeveelheid neerslag, maar ook onrechtstreeks door een grotere hoeveelheid hemelwater dat versneld afgevoerd wordt over het oppervlak naar de dichtstbijzijnde waterloop. Dit laatste is te verklaren door de hogere grondwaterstand als gevolg van de neerslagtoename waardoor de bodem bijgevolg een kleinere capaciteit zal hebben om hemelwater op te nemen. De toename van het aantal overstromingen zal echter beperkt zijn omdat de toename van de winterneerslag gedeeltelijk gecompenseerd wordt door een toename van de verdamping. In de winter vinden de overstromingen vooral plaats langs de rivieren.

De klimaatsveranderingsscenario's voorspellen relatief drogere zomerperiodes, maar het aantal extreme neerslagperiodes wordt verwacht toe te nemen. Deze extreme neerslagfenomenen vergroten niet enkel het overstromingsrisico van de waterlopen maar ook van de riolering, dit komt voor als de riolen de hoeveelheid neerslag niet tijdig kunnen slikken waardoor de straten blank komen te staan. Riooloverstromingen hebben ook tot gevolg dat grote hoeveelheden afvalwater via overstorten rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd wordt, wat een ongunstige invloed heeft op de kwaliteit van dit oppervlaktewater.

De neerslagtoename is eveneens streekgeboden, zo wordt verwacht dat de toename in de kuststrook zo'n 10% hoger zal zijn dan in het binnenland. Deze regionale verschillen in neerslag worden in Figuur 42 voorgesteld voor de hydrologische zomer (april-september) en de winter (oktober-maart) aan de hand van de CCI-HYDR perturbatiefactor in seizoensgemiddelde neerslag te Ukkel (7). Zo blijkt dat in de zomer het noordelijk deel van het IJzerbekken meer neerslag kan verwachten dan het binnenland, in de winter wordt dit noordelijk deel van het IJzerbekken nog uitgebreid met het westelijk deel.

Zomer

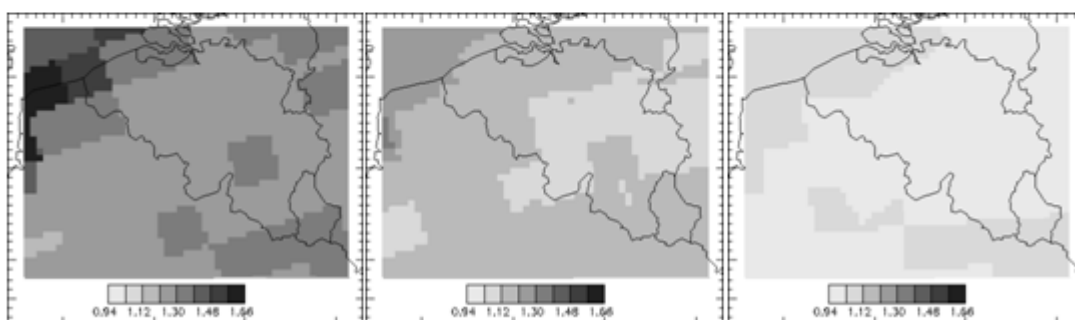


Hoog

Midden

Laag

Winter



Hoog

Midden

Laag

Figuur 42 - Regionale verschillen voor België van de CCI-HYDR perturbatiefactor in seizoensgemiddelde neerslag te Ukkel (referentieperiode 1961-1990 tot de scenarioperiode 2071-2100)

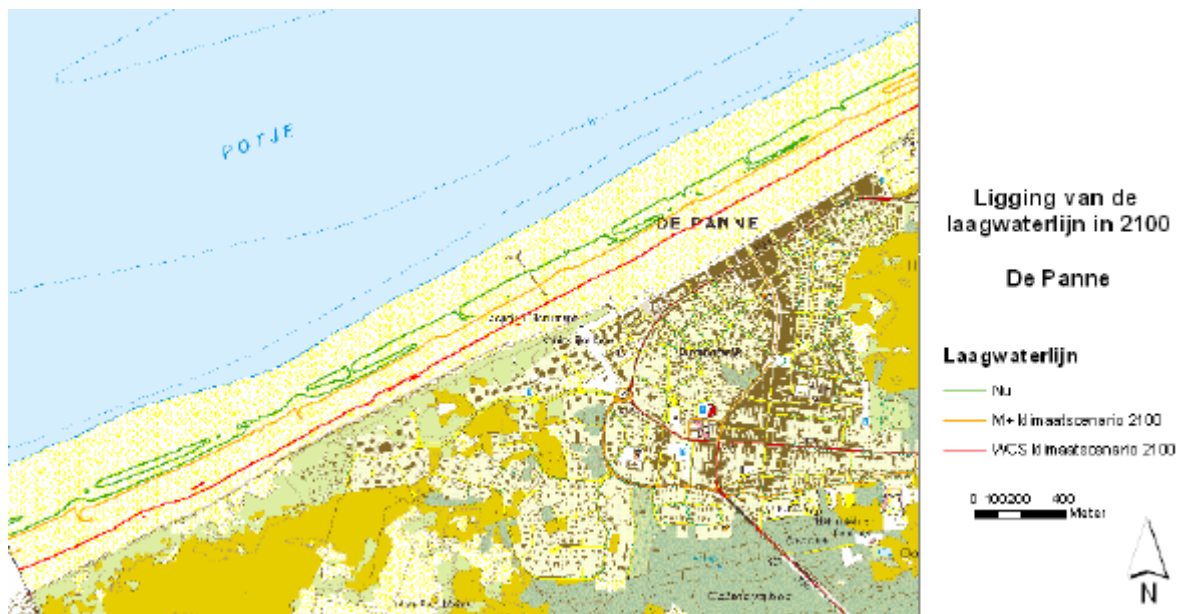
3.5.3. Toename van periodes met watertekort

Als de klimaatsveranderingsscenario's beschouwd worden, dan kan vastgesteld worden dat de gemiddelde neerslag tijdens de zomer aan een dalende trend onderhevig zou zijn in Vlaanderen, en dus ook in het IJzerbekken. Dit gecombineerd met een verwachte toename van de verdamping zou aanleiding kunnen geven tot perioden met watertekort in de zomer. Dit werd eveneens duidelijk uit Figuur 39 waaruit bleek dat de laagwaterdebieten tijdens droge zomers gemiddeld met 50% zouden dalen tegen het einde van de 21^{ste} eeuw. In het minst ongunstige scenario zou er slechts een daling zijn van ongeveer 20% terwijl in het meest ongunstige de daling 70% zou bedragen. Watertekort kan tot ernstige problemen leiden voor de irrigatie van de landbouw, het watergebruik van de industrie en de gezinnen, de scheepvaart, de waterkwaliteit, de natuur, de drinkwatervoorziening...

3.5.4. Stijging van de zeespiegel

Alle klimaatsveranderingsscenario's zijn het unaniem eens dat het zeespiegelniveau in de toekomst verder zal stijgen. In het meest ongunstige scenario wordt tegen 2100 een zeespiegelstijging van 2 meter en een toename van de windsnelheid van 8% verwacht voor de Belgische kust. Dit brengt meerdere gevolgen met zich mee: verlies aan strandoppervlakte, hoger overstromingsrisico, grotere erosie van de kustlijn, intrusie van zout water in de estuaria en de waterhoudende grondlagen, kortere afvoertijd van water uit de polders en rivieren naar zee,...

Als gevolg van de stijging van de zeespiegel zal een deel van de strandoppervlakte verloren gaan. In Figuur 43 wordt de ligging van de laagwaterlijn in De Panne weergegeven voor het jaar 2100 (26). De groene lijn op de figuur stelt de huidige situatie voor, terwijl de oranje en rode lijnen de situatie voorstellen onder respectievelijk het G+ en het extreem (worst-case) klimaatveranderingsscenario. Op de figuur kan vastgesteld worden dat een groot deel van het strand in de Panne verloren gaat. Meer specifiek gaat in het gematigd scenario 19% van de strandoppervlakte verloren, terwijl dit verlies in het extreem scenario 51% bedraagt. Over de hele kuststrook zijn deze waarden gemiddeld gelijk aan respectievelijk 17% en 48%.

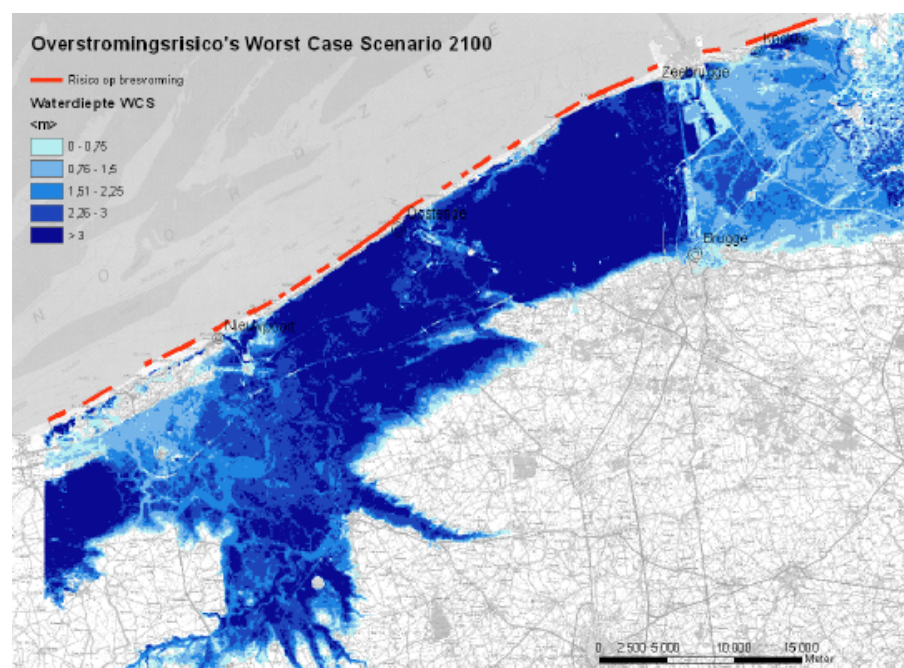


Figuur 43 - Ligging van de laagwaterlijn in De Panne in 2100

In het Belgisch kustgebied ligt meer dan 85% van de oppervlakte lager dan 5m boven het gemiddeld zeeniveau. Er kan zelfs gesteld worden dat België en Nederland de twee meest kwetsbare Europese landen zijn voor overstromingen vanuit zee. Er dient bijgevolg voldoende aandacht besteed te worden aan de stijging van de zeespiegel en de bijhorende stijging van het overstromingsrisico vanuit zee. Zo werd bepaald dat bij een zeespiegelstijging van een halve meter de overstromingsrisico's al met een factor 10 zouden toenemen in de Belgische kuststreek indien het strand en de vooroevers in de huidige toestand bleven. De belangrijkste adaptieve maatregelen, die reeds voorzien zijn door het Vlaamse Gewest, om deze overstromingen tegen te gaan, is de strandophoging en zandtoevoer op de vooroevers. Ook het verstevigen van de duinvoeten door beplantingen biedt mogelijkheden. Opdat deze maatregelen effectief zouden zijn, moet regelmatig (vaak om de vijf jaar) onderhoud voorzien worden. Tijdens dit onderhoud kunnen eveneens bijkomende aanpassingen plaatsvinden in functie van de verwachte stijging van het zeespiegelniveau.

Ten gevolge van de zeespiegelstijging zal de golfbelasting op de kust en de zeewering toenemen. Deze belasting in combinatie met de toename van het verschil tussen hoog en laag water zullen een grotere erosie van het strand en de duinen tot gevolg hebben. Ook het risico op bresvorming, dit is doorbraak van een dijk, zal hierdoor vergroten. Zo is bijvoorbeeld bij een superstorm die gemiddeld een keer per 17000 jaar optreedt in het huidige klimaat enkel bresvorming te verwachten in Wenduine, Oostende en Mariakerke, terwijl bresvorming in 2100 in het meest ongunstigste scenario van het toekomstige klimaat te verwachten zou zijn langs ongeveer de volledige kustlijn. De plaatsen

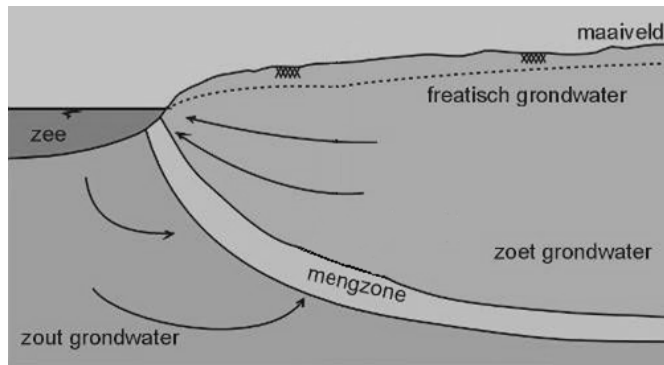
waar bresvorming zou optreden, worden weergegeven in Figuur 44 door de rode lijn (27). Ten gevolge van deze bresvorming zal de kuststrook aan overstromingen onderhevig zijn, waarbij de overstromingsdieptes op bepaalde plaatsen groter zullen zijn dan 3 meter (donkerblauwe zones). Momenteel wordt de zeewering langs de Belgische kust zodanig ontworpen dat bij een storm met een retourperiode van 1000 jaar zowel de schade als het risico op bresvorming minimaal is. Mogelijke aanpassingsstrategieën kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën: de structurele en de niet-structurele maatregelen. Enkele voorbeelden van structurele maatregelen zijn de aanleg van multifunctionele eilanden voor de kust, de aanleg van dammen in zee, de constructie van superdijken en het uitvoeren van enorme zandsuppleties. Tot de niet-structurele maatregelen kan het georganiseerd verlaten van de kustzone (wat niet realistisch is om overal toe te passen, enkel realistisch op lokaal niveau) en een goede voorbereiding om de gevolgen van overstroming door storm te beheersen (26).



Figuur 44 - Overstromingen vanuit zee ten gevolge van een storm in het extreem klimaatsveranderingsscenario voor 2100

De verdere intrusie van zout water in de estuaria en de waterhoudende grondlagen is een ander gevolg van de stijging van de zeespiegel. De intrusie van zout water in het zoete watersysteem veroorzaakt een kwaliteitsverlies van dit oppervlakte- en grondwater en is een nauwelijks omkeerbaar proces.

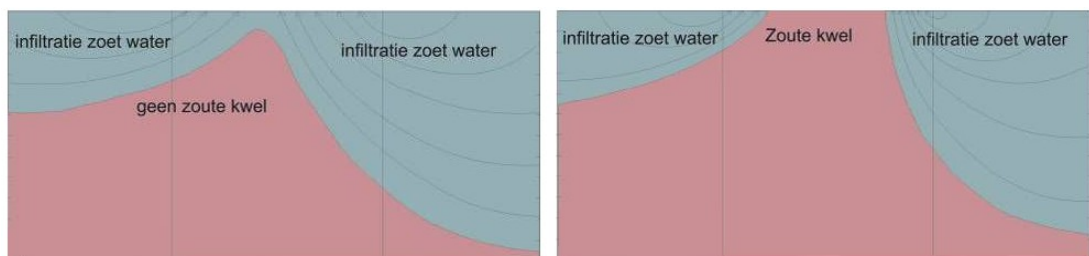
De stijging van de zeespiegel zal aanleiding geven tot een stijging van het grondwaterniveau in de kustgebieden. Het zoete grondwater in de duin- en poldergebieden is namelijk gelegen boven een dichte, landinwaarts bewegende zoutwaterwig (Figuur 45, (28)). Het evenwicht tussen deze lagen is er door het verschil in densiteiten van zoet en zout water. De overgangszone tussen deze lagen is geen duidelijke grens, maar een zone van brak water aangezien het zout en zoet water er vermengen. Door de zeespiegelstijging zal deze wig verder landinwaarts trekken en bijgevolg meer verdikken in de kustgebieden. Hierdoor zal het zoete grondwater ook opgestuwd worden waardoor er een hogere grondwatertafel zal heersen.



Figuur 45 - Intrusie van zout water in het grondwater

De zeespiegelstijging zal ook gevolgen hebben op de zoete grondwatervoorraad. Volgens de Badenghyben Herzberg relatie is er voor elke meter grondwater boven de zeespiegel veertig meter zoet water onder de zeespiegel. Hieruit volgt dat als de zeespiegel een halve meter zou stijgen en uitgaand van een onveranderd grondwaterniveau, de zoete grondwaterlaag onder de zeespiegel met 20m zou verdunnen (29).

In de laaggelegen polders kan de zeespiegelstijging bijgevolg aanleiding geven tot een toename van zoute kwel. Dit is het verschijnsel waarbij het zoute water aan de oppervlakte komt (Figuur 46, (28)). De verwachte drogere zomers kunnen dit verschijnsel nog meer versterken. De dunne zoetwaterlenzen, die normaal de gewassen voorzien in de waterbehoefte worden hierdoor dunner of kunnen zelfs volledig verdwijnen, waardoor het zoute water aan het oppervlakte zal verschijnen. De poldergebieden doen hoofdzakelijk dienst als landbouwgronden en het zoute water zou aanleiding kunnen geven tot grote schade voor de landbouwgewassen.



Figuur 46 - Het zoute kwelverschijnsel in de poldergebieden

Ook de afwatering naar zee zal beïnvloed worden door de zeespiegelstijging. Het gravitair afwateren van de polders of het afwateren van rivieren naar zee of naar een rivier die onderhevig is aan de getijdenwerking is afhankelijk van deze getijden. Zo gebeurt de afwatering van de IJzer via een stuw te Nieuwpoort. Er kan enkel water geloosd worden als het zee- of rivierpeil lager is dan het af te wateren lichaam en dit is dus slechts enkele uren per dag. Het gebeurt zelfs dikwijls dat deze lozingsperiode nog ingekort wordt omdat regenperioden meestal samen met westenwinden optreden, zodat het zeepeil voor de kust opgedreven wordt. Tijdens deze periodes kan dus geen water in zee geloosd worden, waardoor het overtollig water opgeslagen dient te worden in de waterlopen. Door de klimaatsveranderingen zal het zeespiegelniveau stijgen, waardoor de periode waarin het zeeniveau lager staat dan het af te voeren water zal verkorten.

3.5.5. Grondwater

In het binnenland wordt in het voorjaar een stijging van de grondwatertafel verwacht, als gevolg van de nattere winters. In de zomer daarentegen zal met grote waarschijnlijkheid een daling van de grondwaterstand optreden. Dit wordt verwacht doordat ten gevolge van de drogere zomers en de grotere verdamping de grondwatervoorraden niet voldoende zullen aangevuld, waardoor er zelfs plaatselijk tekorten kunnen ontstaan. De hogere grondwaterstanden in het voorjaar hebben een effect op de kwaliteit van het grondwater. Zo zal het denitrificatieproces verstrekt worden. In dit proces wordt het nitraat in de bodem omgezet in luchtstikstof N_2 dat opgenomen wordt in de atmosfeer (30). Hierdoor wordt de uitspoeling van nitraat naar grond- en oppervlaktewater gereguleerd en beperkt. Ook het fosfaatbindend vermogen van de bodem wordt beïnvloed, dit zal namelijk ten gevolge van de hogere waterstanden afnemen waardoor er uitspoeling van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater zal plaatsvinden.

3.5.6. Drinkwatervoorziening

Door de klimaatsverandering worden de zomermaanden zowel warmer als droger verwacht. Deze beide elementen hebben tot gevolg dat meer mensen hun vakantie zullen doorbrengen in eigen land, en vooral de kuststreek zal de meeste toeristen aantrekken. Dit heeft niet enkel te maken met het feit dat vakantie in eigen land goedkoper is, maar ook omdat de zuiderse landen eveneens een temperatuurstoename kennen en dit kan tot gevolg hebben dat de zomers er te warm zullen worden en dit niet meer als aangenaam zal ervaren worden. Niet enkel zal de Belgische kuststreek meer toeristen uit eigen land aantrekken, maar ook wordt verwacht dat mensen uit het buitenland naar de Belgische kust zullen trekken en dit omwille van het verwachte aangename klimaat. Meer toerisme betekent echter een grotere vraag naar water. Nu reeds is de vraag naar drinkwater seizoensgebonden in het IJzerbekken, met een piek in de zomerperiode onder andere veroorzaakt door het kusttoerisme die hedendaags een vertienvoudiging van de bevolking langs de kustlijn teweegbrengt, maar ook omdat de watervraag in het algemeen groter is tijdens de warme zomermaanden. Aangezien de winning van drinkwater in het IJzerbekken zelf niet voldoende is tijdens die periode wordt nu reeds drinkwater aangekocht door de IWVA. In de toekomst zal deze aankoophoeveelheid bijgevolg nog toenemen in kwantiteit door het stijgende toerisme. Extra drinkwater in het IJzerbekken onttrekken biedt geen mogelijkheid, aangezien de grondwatertafel nu al onderhevig is aan een dalende trend en dit zoveel mogelijk vermeden dient te worden.

3.5.7. Wijziging van de waterkwaliteit

De klimaatsverandering zal ook invloed hebben op de waterkwaliteit en dit zowel op fysisch (bv. temperatuur), chemisch (bv. zuurstofconcentratie) als biologisch (bv. algenbloei) vlak. De drie belangrijkste factoren van klimaatsveranderingen die invloed hebben op de waterkwaliteit zijn de temperatuur, de neerslag en de wind. Een temperatuurstijging van de lucht leidt tot een grotere warmte-uitwisseling aan het wateroppervlak. Deze opgenomen warmte wordt verder over het volledige water verdeeld door de wind en de stroming, zodat algemeen gesproken kan worden van een toename in de watertemperatuur. Dit leidt op zijn beurt tot een kleinere hoeveelheid zuurstof die kan oplossen in het water, wat een ongunstig effect kan hebben op de vissen. Een zuurstofgehalte lager dan 3mg per liter kan leiden tot vissterfte. Een ander gevolg van de watertemperatuurstoename is de toename van algengroei. Een hogere watertemperatuur heeft over het algemeen ook lagere stikstofconcentraties tot gevolg, terwijl toename van de neerslag juist een stijging van de stikstofconcentraties in het water tot gevolg heeft afkomstig van de uitspoeling van

landbouwgebieden. Een toename van de neerslag zal eveneens leiden tot een toename in fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater (31).

Naast bovenstaande zaken zullen drogere zomers nog een extra element hebben dat de waterkwaliteit ongunstig beïnvloedt, namelijk de verminderde verdunning van de lozingen. Een verhoging van de chlorideconcentratie is een voorbeeld van dit kwaliteitsverlies: er vindt een constante lozing plaats in de rivieren met een laag debiet als gevolg van de droogte waardoor de verdunning afneemt en de concentraties aan chloriden, bijgevolg groter zullen zijn.

Er wordt verwacht dat de extreme neerslagfenomenen zullen toenemen. Deze neerslag kan voor capaciteitsproblemen van de gemengde rioleringssystemen zorgen, waardoor de overstorten in werking zullen treden. Hierdoor komen grote hoeveelheden verdund, maar ongezuiverd afvalwater in de waterlopen terecht, wat een ongunstig effect heeft op de waterkwaliteit.

Niet alleen de temperatuur van het oppervlakte water neemt toe door de klimaatsverandering, ook de temperatuur van het grondwater neemt toe. Algemeen kan gesteld worden dat de grondwatertemperatuur gelijk is aan de jaargemiddelde luchttemperatuur + 1 °C.

3.5.8. Bodemerosie

De klimaatsveranderingsscenario's voorspellen nattere winters en meer extreme, intensieve regenbuien. Een groot deel van dit hemelwater wordt via het oppervlak afgevoerd naar de waterlopen. Hierdoor worden bodemdeeltjes en schadelijke stoffen, zoals meststoffen en chemische bestrijdingsmiddelen, mee afgevoerd naar de waterlopen. Aangezien er meer neerslag verwacht wordt in de winters, zal de bodemerosie bijgevolg ook toenemen.

De bodemerosie kan leiden tot een afname van de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. Ook zullen de bodemdeeltjes zich na verloop van tijd afzetten in de waterloop, waardoor baggerwerken soms noodzakelijk zullen zijn.

3.5.9. Biodiversiteit

Door de globale opwarming worden steeds meer uitheemse planten in het IJzerbeken aangetroffen. Dit wordt echter niet als een verrijking van de natuur beschouwd, omdat ze meestal ten koste gaan van de inheemse planten. Er dienen dus maatregelen genomen te worden om de bedreigde inheemse plantensoorten in en rond het water te behouden. Ook in diersoorten worden wijzigingen waargenomen, nieuwe uitheemse soorten verschijnen, andere soorten verdwijnen of migreren en nog andere soorten passen hun gewoontes aan. Naast de eerder vermelde soorten, worden nu nog enkele typische voorbeelden voor de kustzone gegeven. Een voorbeeld van een soort wiens verspreidingsgebied geleidelijk aan meer naar het noorden opschuift en daardoor in mindere mate aangetroffen wordt aan de Belgische kust is de garnaal. Andere soorten die normaal gezien meer in het zuiden van Europa voorkomen, zoals de sardine of de ansjovis, worden de laatste jaren steeds meer waargenomen nabij de Belgische kust (11). Dat deze vissoorten hier nu voorkomen is een gevolg van de temperatuurstoename van het zeewater.

4. Overstromingen in het IJzerbekken

Overstromingen zijn de meest voorkomende natuurrampen in Vlaanderen. Overstromingen maken zelden slachtoffers in Vlaanderen, maar ze hebben wel dikwijls grote economische schade tot gevolg. In het IJzerbekken vinden er bijna jaarlijks overstromingen plaats, voornamelijk in de winter. Dit werd in de periode tussen eind november, begin december 2009 nog maar eens duidelijk. Overstromingen tijdens de zomermaanden treden ook op, maar meer uitzonderlijk. De overstromingen van juli 2005 en juli 2007 zijn hier enkele recente voorbeelden van. Naar de toekomst toe wordt verwacht dat omwille van de klimaatsveranderingen dit overstromingsrisico nog kan toenemen zowel wat de intensiteit als het aantal overstromingen betreft. De achterliggende redenering hiervoor is dat een stijging van de neerslaghoeveelheid in de winters en een stijging van de extreme regenbuien verwacht wordt in de toekomst. De overstromingsproblematiek wordt dan ook gezien als het belangrijkste huidige en ook toekomstige knelpunt in het IJzerbekken. De klimaatsverandering is niet de enige factor die het aantal overstromingen bepaalt. Er kan zelfs aangenomen worden dat de klimaatsverandering slechts een kleine invloed heeft op het totale overstromingsrisico (hierin is ook de schade ten gevolge van de overstroming gevat) in vergelijking met het bodemgebruik en de bevolkingsaantallen.

4.1. Verschillende soorten overstromingen

Er bestaan vier verschillende soorten overstromingen (32), meer bepaald:

- Overstromingen veroorzaakt door de afvoer van een piekdebiet in de rivier, waardoor deze buiten zijn oevers treedt.
- Overstromingen veroorzaakt door stormvloed op zee.
- Overstromingen die het gevolg zijn van het niet snel genoeg kunnen afstromen van het hemelwater naar de dichtstbijzijnde waterloop of van de onmogelijkheid tot infiltratie in de grond door de verzadiging van de bodem.
- Overstromingen als gevolg van de overbelasting van het rioleringsstelsel. In dit geval kunnen de rioleringen het hemelwater niet tijdig verwerken waardoor het water zich op het oppervlak verzamelt. Deze vorm van wateroverlast is meestal terug te vinden in bebouwde gebieden met gemengde rioleringsstelsels.

De overstromingen die hier besproken worden behoren hoofdzakelijk tot de eerste categorie van overstromingen.

4.2. Europese richtlijn inzake de beoordeling en de aanpak van overstromingen.

In Europa werd omwille van het optreden van een groot aantal zware overstromingen een richtlijn (2007/60/EG) ingevoerd door het Europese Parlement inzake de beoordeling en de aanpak van overstromingen (33). De doelstelling van deze richtlijn is het beheersen en verkleinen van het overstromingsrisico langs rivieren en in de kustgebieden.

De voorgestelde preventie- en adaptatiemaatregelen dienen uitgevoerd te worden door de stroomgebiedsdistricten van alle lidstaten van de Europese Unie. De maatregelen bestaan uit de

voorlopige beoordeling van het overstromingsrisico, de opmaak van overstromingsrisicokaarten, de opmaak van overstromingsrisicobeheerplannen en de afstemming ervan met de Kaderrichtlijn Water.

Tegen 22 december 2011 wordt voor ieder stroomgebiedsdistrict verwacht dat er een voorlopige beoordeling van de overstromingsrisico's is opgesteld geworden. Deze beoordeling houdt een overzicht van de overstromingen in, maar ook de kans op toekomstige overstromingen en de verwachte impact ervan. Op basis hiervan kan besloten worden of er een potentieel overstromingsrisico aanwezig is, deze beoordeling dient om de 6 jaar herzien te worden.

Aan alle lidstaten wordt gevraagd om overstromingsrisicokaarten op te stellen tegen 22 december 2013. Bij ieder overstromingsgebied dient de waarschijnlijkheid van de overstroming en de te verwachten schade vermeld te worden. Deze kaarten dienen eveneens om de 6 jaar herzien te worden.

De lidstaten moeten bovendien ook overstromingsrisicobeheerplannen opstellen en uitvoeren. Een aantal belangrijke componenten in het beheerplan zijn: het beschermingsniveau, de voorgenomen maatregelen en de overstromingsrisicokaarten. De voorgenomen maatregelen moeten leiden tot een vermindering van de overstromingskans en de impact van de overstromingen. Bij het ontwikkelen van deze maatregelen dient ook rekening gehouden te worden met andere aspecten zoals waterbeheer, ruimtelijke ordening, landgebruik en natuurbehoud.

4.3. Erkenning als natuurramp

Na een overstroming wordt door de Provinciale dienst Rampenschade nagegaan hoeveel meldingen van schade er zijn gerapporteerd bij de verschillende gemeentebesturen van de provincie. Aan de hand van dit aantal en de omvang van de schademeldingen wordt een beslissing gemaakt of procedure voor erkenning van de overstroming als natuurramp kan opgestart worden. Als één enkele overstroming wordt de initiële overstroming en iedere overstroming die optreedt binnen de 168 uur na het zakken van het waterpeil of de terugkeer naar het normale peil van de waterloop, het kanaal, het meer, de vijver of de zee. Als mogelijke oorzaken van de overstroming worden aanhoudende atmosferische neerslag, het smelten van sneeuw of ijs, een natuurlijke dijkbreuk of een vloedgolf beschouwd. De procedure van erkenning als natuurramp is gebonden aan enkele wetenschappelijke criteria:

- Voor de overstromingen waarbij waterlopen die niet onderhevig zijn aan getijden, buiten hun oevers treden, dient het debiet van de waterloop minstens gelijk te zijn aan het debiet met een terugkeerperiode van minimum 20 jaar om erkend te worden als natuurramp.
- Voor de overstromingen waarbij waterlopen die wel onderhevig zijn aan getijden, buiten hun oevers treden, of overstromingen vanuit de zee, dient de hoogte van het water minstens gelijk te zijn aan de hoogte met een terugkeerperiode van minimum 20 jaar om erkend te worden als natuurramp.
- In geval de overstroming zich voordoet als gevolg van een natuurlijke dijkbreuk wordt de overstroming eveneens als natuurramp beschouwd.
- In alle andere gevallen dus ook wanneer de beschikbare statistische gegevens het niet mogelijk maken de terugkeerperiode te berekenen, wordt een vergelijking gemaakt met een gelijkaardige naburige situatie waarvoor wel gegevens beschikbaar zijn. Uit deze vergelijking

dient dan geconcludeerd te worden of de overstroming al dan niet in aanmerking komt voor een erkenning als natuurramp.

In het IJzerbekken worden de winteroverstromingen meestal niet als natuurramp gecatalogeerd. De minder vaak voorkomende, maar extremere zomeroverstromingen daarentegen krijgen dikwijls het label natuurramp opgespeld.

4.4. Inventarisatie van de overstromingsgebieden en -kaarten

4.4.1. Van nature overstroombare gebieden

De van nature overstroombare gebieden (NOG's) zijn gronden waar in het verleden overstromingen hebben plaatsgevonden en waar als gevolg hiervan sedimenten werden afgezet. Deze gronden werden afgebakend op basis van de bestaande digitale bodemkaart. De NOG's zijn niet steeds de gebieden met een actueel overstromingsrisico, het zijn de gebieden die onder een volledig natuurlijk watersysteem zouden overstroomden. Voornamelijk vallen de NOG's dus samen met de riviervalleien. Een deel van de NOG's zullen nu nog steeds te kampen hebben met periodes van overstromingen, maar dit is niet overal het geval meer doordat de mensen op bepaalde plaatsen het overstroomden van deze gebieden hebben verhinderd door het bouwen van dijken, het rechte trekken van de waterlopen,... De NOG-kaart kan echter wel van groot belang zijn in uitzonderlijke situaties zoals de doorbraak van een dijk. In dit geval kan aan de hand van de NOG-kaart bepaald worden in welke gebieden overstromingsgevaar zal ontstaan. Het IJzerbekken heeft 63 277ha van nature overstroombare gebieden, wat goed is voor ongeveer 46,44 % van de totale oppervlakte van het bekken.

4.4.2. Recent overstroomde gebieden

De recent overstroomde gebieden (ROG's) in het IJzerbekken zijn de gebieden die recent, meer bepaald gedurende de laatste 2 decennia (vanaf 1988), minstens één keer zijn overstroomd. De ROG-kaart wordt opgesteld aan de hand van luchtfoto's, televisiebeelden, terreinwaarnemingen,... en gebeurt in samenwerking met de lokale besturen en terreindeskundigen. De ROG-kaart is evenwel nooit volledig, aangezien het onmogelijk is om bij elke overstroming voor heel Vlaanderen waarnemingen te doen. Regelmatig vindt er een actualisatie van deze kaart plaats, hoofdzakelijk na het optreden van grote overstromingen. De ROG's overlappen voor het grootste deel met de van nature overstroombare gebieden. Een deel van de ROG's bevinden zich echter buiten de NOG's, dit kan een aantal verklaringen hebben. De natuurlijke loop van de waterlopen kan bijvoorbeeld gewijzigd zijn of het kan ook te wijten zijn aan het feit dat de piekdebieten in verloop van tijd zijn toegenomen. In het IJzerbekken behoort 4,55% van de totale oppervlakte tot de recent overstroomde gebieden, dit is gelijk aan een oppervlakte van 6197ha.

4.4.3. Gemodelleerde overstromingsgebieden

De gemodelleerde overstromingsgebieden zijn de overstromingsgebieden die gegenereerd worden op basis van de modellen van de waterlopen. Op deze kaarten wordt eveneens de overstromingsdiepte voorgesteld. De kaarten worden opgesteld voor verschillende terugkeerperiodes. In werkelijkheid zullen de overstromingsgebieden en -dieptes verschillen vertonen als deze gegenereerd door het model, aangezien de modellen een theoretische benadering zijn van de werkelijkheid. Maar deze kaarten geven wel een goede inschatting van de overstromingsgebieden.

4.4.4. Federale kaart voor risicozones overstromingen

Een andere soort van kaart is de Federale kaart voor risicozones overstromingen, ontwikkeld om als wettelijke basis te dienen voor verzekeringsmaatschappijen zodat deze hun verzekeringspremies kunnen laten variëren afhankelijk van de locatie. Meer specifiek kunnen de verzekeringsmaatschappijen de klant meer laten betalen of zelfs weigeren als ze zich in de risicozones bevinden. Een risicozone wordt gedefinieerd als een plaats die aan terugkerende en belangrijke overstromingen blootgesteld werd of kan worden. Een gebied wordt als risicozone beschouwd als de terugkeerperiode van de overstroming maximum 25 jaar is en dat de overstromingsdiepte minstens 30cm bedraagt.

Deze kaart werd opgesteld aan de hand van de MOG-kaarten die aan bovenstaande criteria voldoen. Op plaatsen die over geen MOG-kaarten bezitten, wordt beroep gedaan op de ROG-kaarten en het digitaal hoogtemodel (DHM) voor Vlaanderen. De Federale kaart voor risicozones overstromingen werd in september 2006 goedgekeurd door de Vlaamse Regering. Op federaal niveau kan deze kaart herzien worden op basis van een Koninklijk Besluit. Deze kaart is enkel van nut voor de verzekeringsmaatschappijen en wordt dus niet gebruikt door de waterbeheerders.

4.5. Winter- en zomeroverstromingen

In het IJzerbekken komen zowel winter- als zomeroverstromingen voor. De winteroverstromingen vinden bijna jaarlijks plaats en hebben een relatief kleine economische impact in vergelijking met de geringer optredende, maar meer extremere zomeroverstromingen. Hieronder worden korte uiteenzettingen gegeven van opgetreden winter- en zomeroverstromingen.

4.5.1. Winteroverstroming november- december 2009

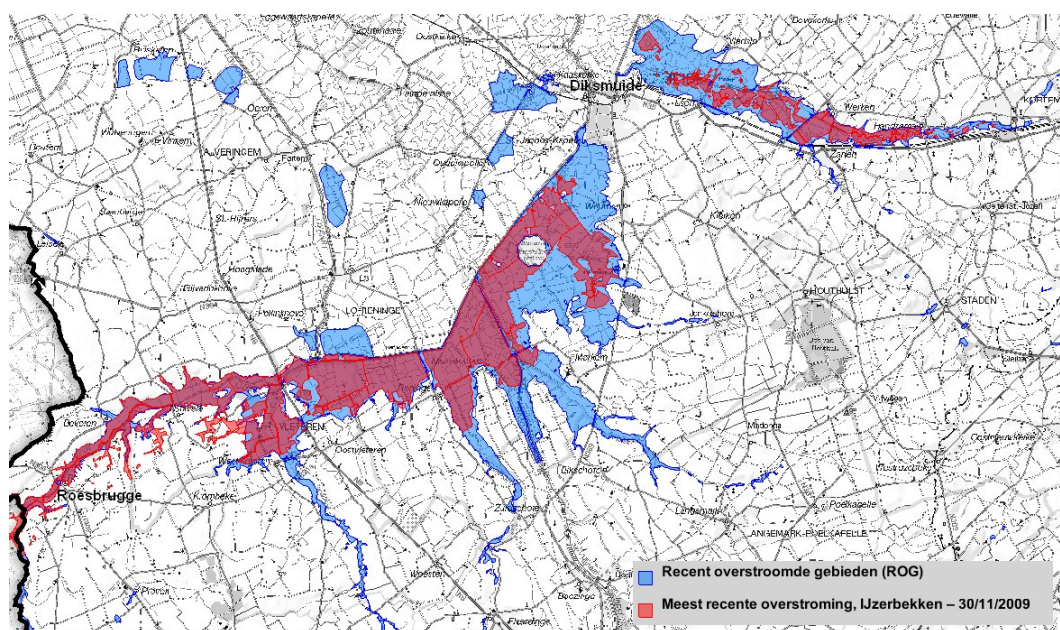
In de periode van 22 november tot 8 december 2009 viel een grote hoeveelheid neerslag (tussen de 145 en 185mm) in het IJzerbekken. Deze neerslag kan opgedeeld worden in 3 verschillende neerslagperiodes. In de eerste periode die zich uitstrekt van 22 november tot 23 november viel 35 tot 45mm neerslag, waarbij de maximale hoeveelheid in het Franse deel van het bekken van de IJzer viel. Deze eerste neerslagperiode zorgde voornamelijk voor een aanvulling van het grondwater. De tweede neerslagperiode (25 november tot 29 november) kende een neerslaghoeveelheid van 80-100mm, waarbij de maximale hoeveelheid opnieuw in Frankrijk terecht kwam. Tijdens deze periode werd een verzadiging van de bodem bereikt. De derde periode van 30 november tot 7 december werd gekenmerkt door een quasi continue, maar weinig intense, neerslag die in totaal 40mm bedroeg.

Deze totale neerslagperiode had het hoogste debiet dat ooit opgemeten is (1987-2009) op de IJzer te Roesbrugge tot gevolg. Hierdoor overstroomde de IJzer zowel op zijn linker- als rechteroever tussen Roesbrugge en Fintele. Afwaarts van Fintele tot in Diksmuide vonden de overstromingen enkel plaats op de rechteroever. De zijlopen van eerste categorie ondervonden beperkingen in hun afvoer door de hoge waterstand van de IJzer, met als gevolg dat ze ook buiten hun oevers traden. Uit de verschillende metingen van de waterstanden in deze periode is gebleken dat de hoogste piek in de IJzer zich voordeed in Roesbrugge-Haringe op 28/11/2009 om 21u30. Hierbij bedroeg de waterstand 6,16m TAW, wat overeenkomt met een terugkeerperiode van 60 jaar. Wat het debiet in deze periode betreft, werd een maximum debiet bereikt in Roesbrugge-Haringe van 83m³/s dezelfde dag om 17u bereikt. De terugkeerperiode hiervan bepalen is moeilijker aangezien de studie van IMDC in verband met de hydrologie en compositiehydrogrammen van de IJzer te Roesbrugge stelt dat de

terugkeerperiode zonder overstromingsinvloed ongeveer 90jaar bedraagt. Terwijl het piekdebiet van $83\text{m}^3/\text{s}$ met een terugkeerperiode van 4000jaar zou overeenkomen indien wel rekening wordt gehouden met overstromingsinvloed in het compositiehydrogram (dit is het afgetopt hydrogram). De uitkomst van deze extreme waarde doet al vlug vragen rijzen in verband met de juistheid van de afgetopte hydrogrammen en van het opgemeten piekdebiet. Algemeen kan wel besloten worden dat er een extreem hoog debiet plaatsvond waarvoor de terugkeerperiode minstens 90jaar bedraagt. De terugkeerperiodes van de zijwaterlopen van de IJzer waren eerder beperkt en bedroegen maximaal 5jaar, aangezien de neerslag daar niet zorgde voor heel extreme overstromingen (34).

Ook al had deze neerslagperiode het hoogste debiet dat ooit gemeten is op de IJzer, doch bleef de economische schade eerder beperkt. Volgens de Provinciale dienst Rampenschade van West-Vlaanderen werden slechts 67 schadegevallen gemeld, die samen voor een totale geraamde schade van 138 500 Euro zorgden. Op te merken is dat in dit aantal schadegevallen voor heel West-Vlaanderen geldt, dus ook in het bekken van de Brugse Polders waar zich lokaal ook enkele overstromingen voordeden. Dit aantal is echter niet volledig omdat niet iedereen melding maakt bij zijn gemeentebestuur van de opgelopen schade ten gevolge van de overstromingen en ook omdat sinds het in voege treden van de wet van 17 september 2005 de overstromingsschade gedekt wordt door de brandpolis 'eenvoudige risico's' waardoor de dienst rampenschade geen volledig beeld meer heeft van de schade aan particuliere goederen. Volgens de dienst rampenschade zal deze overstroming waarschijnlijk dan ook niet als natuurramp gecatalogeerd worden, aangezien er nagenoeg geen woningen getroffen werden door de overstroming en aangezien er ook weinig teeltschade was omwille van het jaargetijde. In de winter worden de akkers in mindere mate bewerkt uit vrees voor overstromingen. Enkele voorbeelden van winterteelten waarbij wel schade werd vastgesteld zijn wintertarwe, prei, spruiten,... .

Uit Figuur 47 die opgesteld werd door het Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen (AGIV) kan geconcludeerd worden dat de zones in het IJzerbekken die in november 2009 overstroonden (rode kleur) ongeveer samenvallen met de recent overstroemde gebieden (blauwe kleur).



Figuur 47 - Overstromingsgebieden in het IJzerbekken

4.5.2. Zomeroverstroming juli 2005

Aangezien er verwacht wordt dat het aantal extreme neerslagverschijnselen in de zomer zal toenemen in de toekomst als gevolg van de klimaatsveranderingen, kan er verwacht worden dat het aantal zomeroverstromingen in het IJzerbekken zal toenemen. Dit omdat de waterlopen, vooral de kleinere, niet in staat zijn om in korte tijd grote hoeveelheden water te verwerken. De zomerse overstromingen treden niet jaarlijks op, zo dateren de meest recente van juli 2005 en juli 2007. In juli 2005 waren deze overstromingen het omvangrijkst, deze overstromingen waren dan ook hoogst uitzonderlijk. In de nacht van 3 juli op 4 juli 2005 kreeg West-Vlaanderen en grote delen van Oost-Vlaanderen te kampen met grote hoeveelheden neerslag. Dit resulteerde in uitzonderlijke hoge waterpeilen en afvoeren langs de waterlopen die aanleiding gaven tot overstromingen.

In het IJzerbekken zelf werd in Zarren, dit is een deelgemeente van Kortemark, een hoeveelheid van 96,5mm neerslag waargenomen gedurende een periode van 18u. De herhalingsperiode die hiermee overeenstemt bedraagt meer dan 200 jaar. In het iets meer zuidelijker gelegen Ieper werd een gelijkaardige neerslaghoeveelheid opgemeten, namelijk 90mm op 16u tijd. Dit komt eveneens overeen met een herhalingsperiode van meer dan 200jaar. In de kuststreek daarentegen was de neerslag minder intens, zo viel in Sint-Joris, een deelgemeente van Nieuwpoort, een hoeveelheid van 55mm gedurende 15u, wat overeenstemt met een herhalingsperiode van 25 jaar (35).

De overstromingen, plaatselijk soms heel zware overstromingen, situeerden zich vooral rond de kleinere, onbevaarbare waterlopen, aangezien ze niet in staat zijn om grote hoeveelheden neerslag in korte tijd te verwerken. Vaak kunnen ze niet meer dan 5m³/s verwerken. Bij de bevaarbare waterlopen was er minder wateroverlast, omdat deze grotere hoeveelheden water op korte tijd kunnen verwerken en ze veel trager reageren op een hevige regenbui.

Bij een zelfde neerslaghoeveelheid zijn overstromingen in de zomer over het algemeen erger dan overstromingen in de winter, aangezien de zomerbegroeiing in de bovenlopen zorgt voor een extra opstuwing en vertraging van het water. Tijdens de winter zou de schade langs de middenlopen echter groter kunnen zijn ten gevolge van de versnelde afwaartse afvoer.

Langs de IJzer zelf kwamen opwaarts van Diksmuide de broekgebieden onder water te staan. In vergelijking met de winteroverstromingen langs de IJzer zijn de waterpeilen lager, doch voor de zomer zij deze hoogst uitzonderlijk. De belangrijkste onbevaarbare waterlopen die buiten hun oevers traden, waren de Handzamevaart, de Heidebeek, Grote Kemmelbeek, de Poperingevaart, de Martjesvaart, de Ieperlee,... Naast overstromingen als gevolg van rivieren die buiten hun oevers traden, vonden er ook talrijke riooloverstromingen plaats. In vergelijking met de winteroverstromingen van eind november- begin december 2009 waar bijna geen woningen getroffen werden door wateroverlast, was het aantal getroffen woningen in juli 2005 wel tamelijk groot. Er kan besloten worden dat het overstromingsgebied van juli 2005 groter is van omvang dan dit van de winteroverstromingen van eind november- begin december 2009. Het overstromingsgebied zal veeleer samenvallen met de blauwe zone, dit zijn de recent overstroomde gebieden, op de kaart van Figuur 47.

Als de totale schade ten gevolge van deze overstromingen bekeken wordt voor heel West-Vlaanderen, dan blijkt dat meer dan 4200 schadedossiers ingediend werden, wat zorgde voor een totale schade van meer dan 15 miljoen euro. Ongeveer 45% van alle dossiers had betrekking op

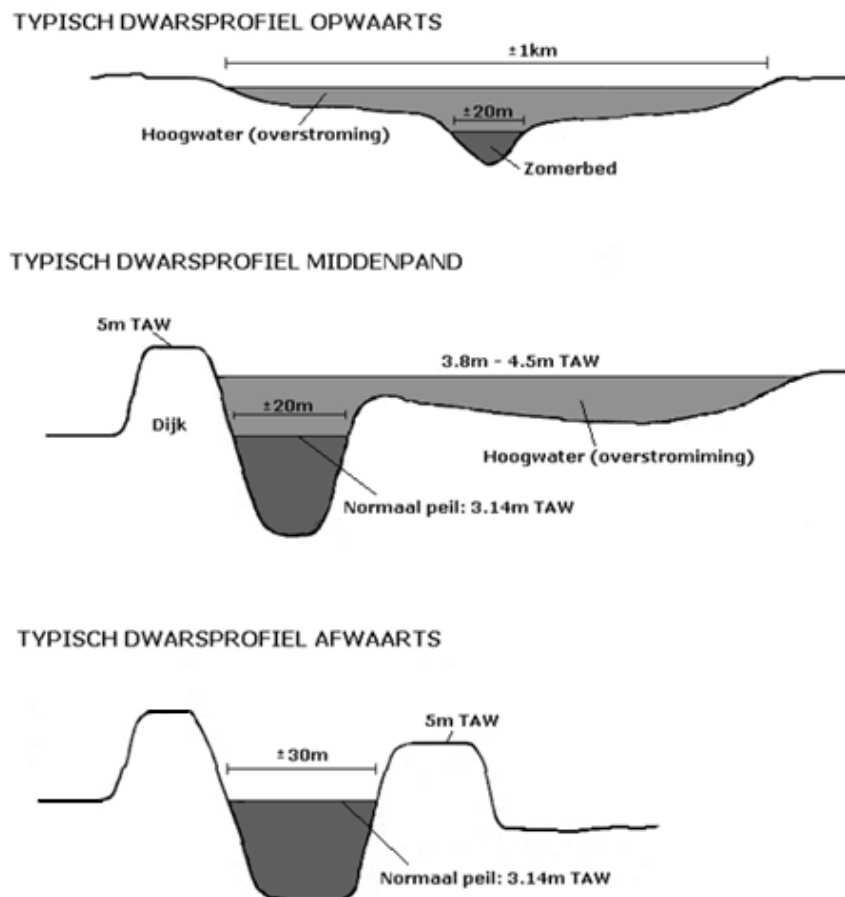
particuliere schade of bedrijfsschade, de overige 55% was voor schade aan de landbouwgewassen (36).

4.6. De belangrijkste waterlopen in de recent overstromde gebieden

De overstromingen in het IJzerbekken vinden hoofdzakelijk plaats in het gebied langs de IJzer gelegen tussen de Franse grens en Diksmuide inclusief de benedenlopen van enkele zijrivieren van de IJzer (de Kemmelbeek, de Poperingevaart, de Ieperlee,...) en langs het gedeelte van de Handzamevaart dat niet ingedijkt is. In dit deel worden de belangrijkste waterlopen in dit overstromingsgevoelige gebied besproken.

4.6.1. De IJzer

De IJzer is een grotendeels gekanaliseerde, typische regenrivier met grote debietveranderingen die zowel door Frankrijk als België loopt. Hij heeft een totale lengte van 78km waarvan ruim 47km op Vlaams grondgebied gelegen is en zorgt voor de waterafvoer van een gebied van 1100km². De bron van de IJzer is gelegen nabij het Noord-Franse Lederzele en mondt uit in de Noordzee ter hoogte van Nieuwpoort door middel van het sluiscomplex de Ganzepoot. In het brongebied is de rivier diep ingesneden in het maaiveld en is slechts enkele decimeters breed. Het verval in dit gebied bedraagt ongeveer 1,5 meter per kilometer. Ter hoogte van de Franse grens is de breedte al toegenomen tot 8 à 10m, terwijl het verval afzwakt tot ongeveer 0,1 meter per kilometer. Verder afwaarts wordt de stroom steeds breder en in de omgeving van de monding in Nieuwpoort bedraagt de breedte zo'n 25 à 30m (37).

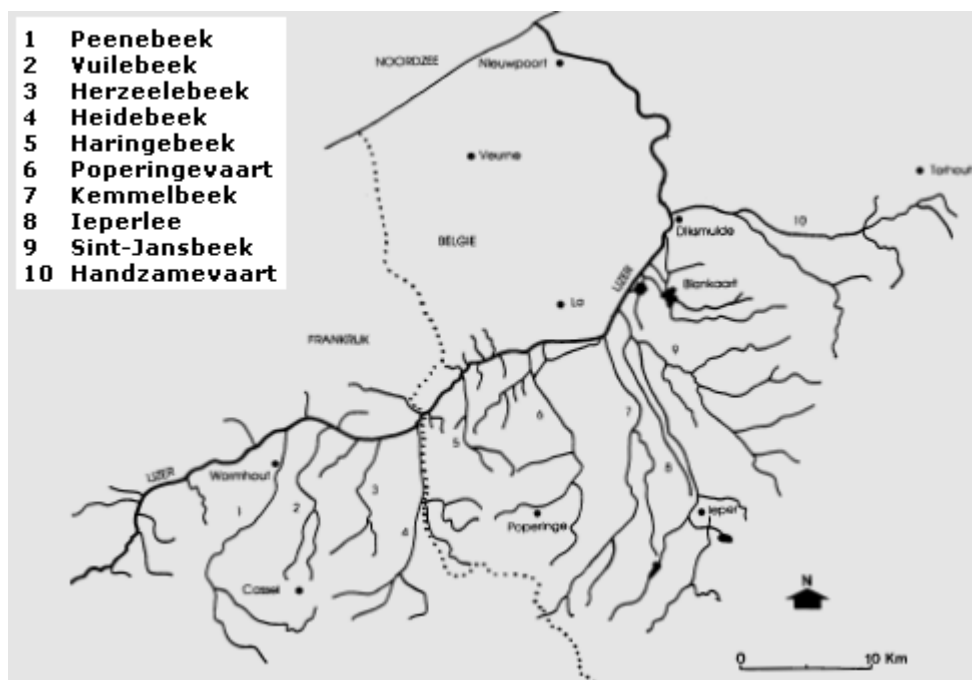


Figuur 48 - Typische dwarsprofielen van de IJzer

In Figuur 48 worden typische dwarsprofielen van de IJzer weergegeven. De bovenste figuur is een typisch dwarsprofiel voor de IJzer stroomopwaarts van Lo-Fintele. De IJzer volgt er nog min of meer haar natuurlijke loop in een relatief smalle vallei. Hier kent de rivier nog geen echte oeverwallen, waardoor het water zich lang beide kanten van de rivier zal uitstrekken in het geval van overstromingen. De middelste figuur stelt een typisch dwarsprofiel voor van het middenpand, meer bepaald het gedeelte van de IJzer tussen de Lo-Fintele en Diksmuide. De rivier heeft er langs de linkerzijde een dijk en langs de rechterzijde is hij begrensd door een oeverwal. Bij overstromingen zal dan ook eerst de rechteroever van de rivier onder water komen te staan. Tussen Oostvleteren en Diksmuide wordt deze overstromingsgebieden op de rechteroever, die bestaan uit laaggelegen drassige weiden, de IJzerbroeken genoemd (Westbroek, broeken van Reninge-Noordschote, Merkembroek, Rillebroek, broeken van Woumen). De onderste figuur is een typisch dwarsprofiel voor het gedeelte van de IJzer afwaarts van Diksmuide. Daar is de rivier langs beide zijden begrensd door een dijk en mondt er ook geen enkele waterloop meer uit in de IJzer (38).

Wat de structuurkwaliteit betreft kan de IJzer als waardevol beschouwd worden in het Franse deel van zijn natuurlijk bekken. Waterlopen worden als structureel goed gekwalificeerd als de waterloop nog over zijn oorspronkelijk meanderend karakter beschikt, er een variatie is in de hoogte van de oevers, de breedte van de waterloop varieert en er holle oevers en steile oeverwanden voorkomen. Een goede structuurkwaliteit is tevens de basis voor de ontwikkelingsmogelijkheden van de fauna en flora in en rond de waterloop. Tussen de Franse grens en Elzendamme is de IJzer gedeeltelijk rechtgetrokken, waardoor de structuurkwaliteit voor een deel verloren gegaan is.

De IJzer wordt gevoed door heel wat andere geklasseerde en niet-geklasseerde onbevaarbare waterlopen, de belangrijkste zijrivieren worden weergegeven in Figuur 49 (37). Er kan in deze figuur vastgesteld worden dat alle bijrivieren uitmonden in het gedeelte van de IJzer stroomopwaarts van Diksmuide. Stroomafwaarts van deze stad is de IJzer volledig ingedijkt, de afwatering van de afwaarts gelegen gebieden gebeurt daarom via afzonderlijke waterwegen via eigen stuwen in Nieuwpoort.



Figuur 49 - De IJzer en zijn bijrivieren

Ter hoogte van Nieuwpoort wordt het bovendebiet van de IJzer door middel van het sluizencomplex de Ganzepoot in de Noordzee geloosd. Dit kan enkel gebeuren als het water van de Noordzee een lager peil heeft dan het peil van de IJzer, meer bepaald tijdens de laagwaterperiode. Bij normale weersomstandigheden is dit ongeveer 5 à 7 uur per laagwaterperiode. Bij stormen daarentegen kan het zeewater opgestuwd worden waardoor de lozingstijd korter zal zijn. Het gemiddeld jaardebiet ter hoogte van de monding bedraagt ongeveer 6 à 7 m³/s. Dit debiet kent grote veranderingen doorheen het jaar, die afhankelijk zijn van de hoeveelheid neerslag. Niet enkel de neerslag, maar ook de verdamping zorgt ervoor dat het debiet heel sterk seizoensgebonden is, met maximale waarden in de winter en minimale tijdens de zomermaanden. Vlak voor de sluis is een spaarbekken gelegen met een oppervlakte van ongeveer 0,3 km². Dit spaarbekken fungeert als waterberging gedurende perioden wanneer niet in de zee kan geloosd worden.

Behalve de afvoer van water naar de Noordzee heeft de IJzer nog tal van andere functies. Zo zorgt hij ook voor de afvoer van sedimenten, wordt hij gebruikt voor de scheepvaart, de irrigatie van landbouwgewassen en de productie van drinkwater. Wat de scheepvaart betreft, is de IJzer bevaarbaar tot Diksmuide voor schepen tot 500ton en tot Fintele voor schepen tot 300ton.

4.6.2. De Handzamevaart

De Handzamevaart is een typische regenrivier met grote debietveranderingen die uitmondt in de IJzer ter hoogte van Diksmuide. Het afwateringsgebied van deze waterloop bedraagt 17 320ha, wat overeenkomt met ongeveer 12% van de totale oppervlakte van het IJzerbekken. Deze vaart, die ontspringt op de grens van Lichtervelde en Koolskamp, kent vele andere namen langs zijn traject. Nabij de bron wordt er gesproken van de Drielindenbeek, vanaf de monding van de Kasteelbeek tot de grens met Torhout wordt ze ook Zwanebeek genoemd. Het volgende gedeelte van de vaart staat de beek gekend als Bakvoorbeek, vanaf de monding van de Paleputbeek wordt gesproken van de Spanjaardsbeek. In Kortemark krijgt de vaart de naam Krekelbeek en uiteindelijk wordt ter hoogte van het dorpje Handzame gesproken van de Handzamevaart. De totale lengte van de waterloop bedraagt ongeveer 28,6 kilometer. De vaart kent tientallen zijbeken, met als belangrijkste de Zarrenbeek.

In het stroomgebied van de Handzamevaart is de landbouw dominerend, 48% van de oppervlakte wordt ingenomen door akkerbouw en 37% door weiland en grasland. De bebouwing en industrie is eerder beperkt aanwezig (12% van de oppervlakte).

Op het vlak van structuurkenmerken haalt de Handzamevaart een matig tot slechte beoordeling. Afwaarts van Kortemark werd de vaart volledig gekanaliseerd. Stroomopwaarts heeft de vaart nog zijn oorspronkelijk meanderend verloop. Het gedeelte van de waterloop opwaarts van Kortemark over een lengte van 2 kilometer wordt zelfs als structureel zeer waardevol beschouwd, omwille van het oorspronkelijke meanderend karakter, de afwisseling van hoge en lage oevers en een variërende breedte. Eveneens stroomopwaarts van Kortemark heeft de vaart een redelijk groot verval. Stroomafwaarts is dit verval eerder gering, waardoor het water vanaf deze gemeente trager stroomt.

In het stroomgebied van de Handzamevaart is er jaarlijks een gemiddelde neerslag van 801mm en bedraagt het debiet in de waterloop gemiddeld 0,61 m³/s (gemeten over de periode 1994-1999). Zoals eerder vermeld is deze vaart een typische neerslagrivier, waardoor het debiet sterk seizoensgebonden is. Zo bedraagt de gemiddelde winterafvoer 0,97 m³/s, terwijl de gemiddelde zomerafvoer eerder beperkt is, namelijk 0,26 m³/s.

In het deel van de Handzamevaart tussen Werken en de monding kan de vaart niet meer overstromen doordat de oevers kunstmatig werden opgehoogd. Stroomopwaarts van Werken is de relatie tussen de vallei en de vaart nog intact gebleven. Bij hevige regenval is daardoor de kans dat in de stroomafwaartse gebieden overstromingen zullen voorkomen. Deze treden hoofdzakelijk op in de laagst gelegen gebieden van de Handzamevallei, meer bepaald de Handzamebroeken. Dit overstroombare broekgebied kent nagenoeg geen bebouwing en doet voornamelijk dienst als weiland. Deze broeken vormen dan ook een belangrijk element in de bescherming van de woongebieden tegen overstromingen. Voor de ontwatering van de broeken wordt gebruik gemaakt van 2 pompstations, aangezien deze gebieden lager gelegen zijn dan de Handzamevaart zelf.

4.6.3. De Poperingevaart

De Poperingevaart is een waterloop eerste categorie en mondt uit in de IJzer ter hoogte van de Elzendammebrug in Oostvleteren. De vaart is de benedenloop van de Vleterbeek die ontspringt aan de Catsberg in Frankrijk. Ter hoogte van het centrum van Poperinge, waar de Bommelaarsbeek-Hipshoekbeek in de Vleterbeek mondt, krijgt de vaart de naam Poperingevaart. De waterloop heeft een lengte van ruim 14km en een afwateringsgebied van 10760 ha. De Poperingevaart heeft over het algemeen een matig goede structuurkwaliteit. Het verhang varieert langs het traject van de rivier, het opwaartse gedeelte heeft een redelijk groot verhang in vergelijking met het afwaartse deel.

De belangrijkste functie van de Poperingevaart is de piekafvoer. In perioden van hevige neerslag en bijgevolg dus grote debieten kunnen bepaalde delen van de vallei overstromen, die vooral gesitueerd zijn in de beneden- en middenloop. De Boezingegracht vormt een verbinding tussen de IJzer en de Poperingevaart. Enkel in tijden van hevige neerslag wordt een deel van het water van de Poperingevaart via de Boezingegracht naar de IJzer afgevoerd.

4.6.4. De Grote Kemmelbeek

De bron van de Grote Kemmelbeek is gelegen op de flanken van de Mont Noir en de Mont Kokereel in Frankrijk en mondt uit in de IJzer ter hoogte van Reninge. De totale afwateringsoppervlakte van deze beek bedraagt ongeveer 8500ha op Vlaams grondgebied. Vanaf Elverdinge is de beek gecatalogeerd als een eerste categorie waterloop, dit gedeelte heeft een lengte van ruim 10km. In het brongebied kent deze beek een redelijk groot verval en vanaf Westouter heeft hij een verval van ongeveer 1,5m op 100m. De Kemmelbeek is grotendeels rechtgetrokken, ten behoeve van de landbouw en de woonkernen. Hierdoor is de structuurkwaliteit eerder gering tot matig. Door het verdwijnen van zijn natuurlijke, meanderende loop, zijn ook de natuurlijke bufferbekkens en overstromingsgebieden verdwenen. Het gevolg hiervan is dat bij hevige regenval overstromingen kunnen voorkomen in het stroomgebied van de Kemmelbeek, zo zijn de gemeenten Vlamertinge en Reningelst gevoelig aan wateroverlast. De belangrijkste functies van de Kemmelbeek zijn de piekafvoer en het bergen. De benedenloop van de beek, die gesitueerd is in het valleigebied van de IJzer, heeft in perioden van wateroverlast een bergende functie. De beek treedt er regelmatig buiten zijn oevers.

4.6.5. De Ieperlee

De Ieperlee ontspringt op de West-Vlaamse Heuvelrug in Wijtschate-Kemmel en mondt uit in het Kanaal Ieper-IJzer ter hoogte van de herberg De Drie Grachten in Noordschote. Het afwateringsgebied van de Ieperlee heeft een oppervlakte van ongeveer 6600 ha. Het stroomopwaartse gedeelte van de Ieperlee in Ieper wordt de Bollebaertbeek genoemd, die ontstaat

uit een samenvloeiing van de Haringsebeek, Wijtschatebeek en de Kleine Waterloop. Het stroomafwaartse gedeelte wordt gecatalogeerd als een eerste categorie waterloop, dit gedeelte heeft een lengte van ongeveer 17km. De Ieperlee heeft tal van zijwaterlopen, zoals de Pollepelbeek, de Vijverbeek, de Augustinusbeek,...

De structuurkwaliteit van de Ieperlee is eerder zwak tot zeer zwak, vanaf Ieper tot de monding is de waterloop volledig rechtgetrokken en in Ieper zelf is de waterloop zelfs volledig ingebuisd. De bovenloop van de Ieperlee, de Wijtschaatsebeek, daarentegen bezit vanaf de samenvloeiing met de Haringsebeek wel nog over goede structuurkenmerken. De waterloop is er diep ingesneden en kent er nog steeds een meanderend verloop.

In het stroomgebied van de Ieperlee is de landbouwfunctie dominerend, meer bepaald wordt ruim 79% van de oppervlakte gebruikt als landbouwgebied (met een overheersing van de akkerbouw ten opzichte van weiland). Slechts 10% van het afwateringsgebied wordt ingenomen door bebouwing.

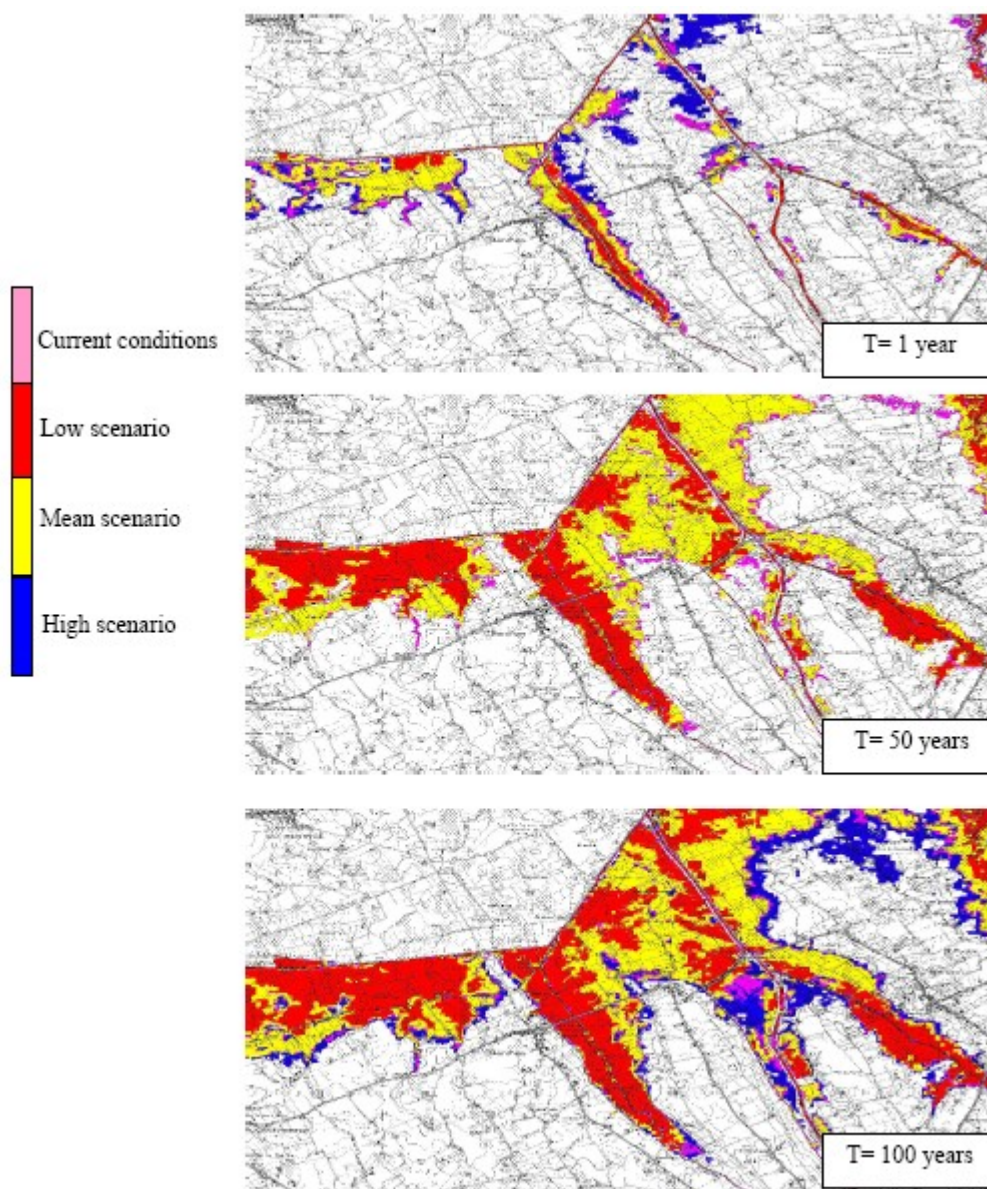
Bepaalde plaatsen langsheen de loop van de Ieperlee zijn gevoelig voor overstromingen. Zo zijn de broeken ter hoogte van de monding van de Ieperlee het natuurlijk overstromingsgebied van de IJzer.

4.6.6. De Sint-Jansbeek/ Martjesvaart

De Martjesvaart/Sint-Jansbeek mondt uit in het Kanaal Ieper-IJzer ter hoogte van de Driegrachtenbrug van Merkem. De Martjesvaart ontstaat uit de samenvloeiing van de Broenbeek en de Steenbeek. Vanaf dit punt dat gesitueerd is in de regio Langemark-Poelkapelle wordt gesproken van een eerste categorie waterloop, die een lengte heeft van ruim 6 km. Het afwateringsgebied van de Martjesvaart/Sint-Jansbeek heeft een totale oppervlakte van 19600ha. De vallei van de Martjesvaart bestaat voornamelijk uit laaggelegen, vlakke weilanden, die dienst doen als buffergebied in tijden van hevige regenval. De belangrijkste functie van de waterloop is de waterafvoer. Bij grote debieten kan de snelle water niet alleen aanleiding geven tot overstromingen in de vallei maar ook buiten de dijken.

4.7. Overstromingskaarten per klimaatsveranderingsscenario.

Aan de hand van de resultaten voor de verandering in neerslagafstromingspieken, oppervlakteafstroming en potentiële evapotranspiratie, die reeds eerder besproken werden, kunnen overstromingskaarten per klimaatsveranderingsscenario met een verschillende retourperiode opgesteld worden voor het bestudeerd deel van het IJzerbekken. In Figuur 50 worden de overstromingskaarten voor de verschillende scenario's met een retourperiode van 1, 50 en 100 jaar weergegeven voor de scenarioperiode 2071-2100 (25). Hieruit kan vastgesteld worden dat de overstromingsgebieden voor het droge en gemiddelde klimaatsveranderingsscenario minder uitgestrekt zullen zijn dan in de huidige toestand. In het natte scenario daarentegen worden de huidige overstromingsgebieden uitgebreid.



Figuur 50 - Overstromingskaarten per klimaatsveranderingsscenario

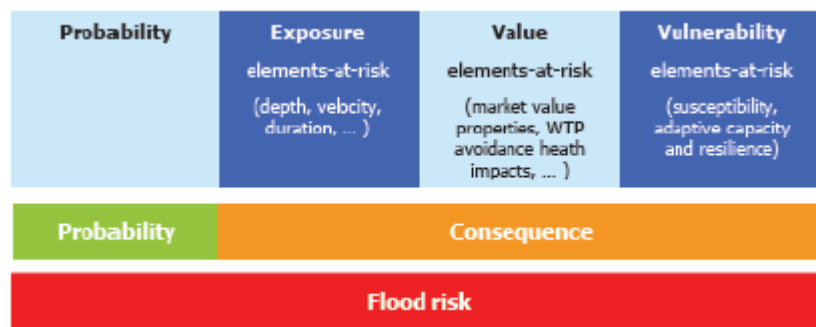
4.8. Gebieden met overstromingsrisico door klimaatsverandering

Het overstromingsrisico in het IJzerbekken onder de klimaatsverandering zal afhankelijk zijn van het klimaatsveranderingsscenario. In hetgeen volgt wordt dit overstromingsrisico op twee verschillende manieren bekeken, namelijk bij huidig en gewijzigd landgebruik. De risicoberekeningen werden uitgevoerd in het kader van de Milieuverkenning 2030 van het Milieuraapport Vlaanderen.

4.8.1. Overstromingsrisico door klimaatsverandering bij huidig landgebruik

Het begrip risico wordt algemeen gedefinieerd als de kans dat een gebeurtenis (hier een overstroming) plaatsvindt, vermenigvuldigd met het gevolg van die gebeurtenis (hier is dit de schade). De schade als gevolg van overstromingen is afhankelijk van 3 componenten (39): de blootstelling, de waarde en de kwetsbaarheid van het element (Figuur 51). De blootstelling heeft betrekking op de kenmerken van de overstroming zoals de duur, de snelheid en de overstromingsdiepte. De waarde van het element is niet altijd even gemakkelijk om te bepalen,

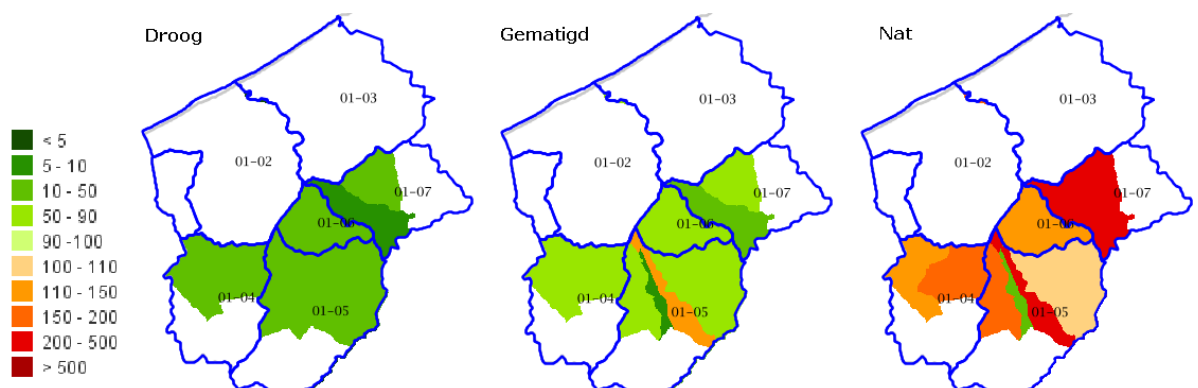
aangezien het niet altijd gaat om materiële zaken (waaraan een financiële waarde gebonden kan worden). Het kan bijvoorbeeld ook gaan om de waarde van een belangrijk ecosysteem. De laatste component, de kwetsbaarheid, bestaat op zijn beurt ook uit 3 componenten: de gevoeligheid, het aanpassingsvermogen en het vermogen om zich te herstellen na een overstroming. Elementen die niet gevoelig zijn aan overstromingen, zijn bijgevolg niet kwetsbaar en zullen dan ook niet bijdragen tot het overstromingsrisico. Met het aanpassingsvermogen wordt gekeken naar de systemen of deze zich na verloop van tijd zullen aanpassen aan de overstromingen en met andere woorden hun gevoeligheid voor overstromingen verkleinen.



Figuur 51 - Overstromingsrisico

Aangezien de schade hoofdzakelijk afhankelijk is van het bodemgebruik (zo zal bijvoorbeeld de schade groter zal zijn in bebouwde gebieden dan in natuurgebieden), zal het risico dus ook sterk afhankelijk zijn van dit bodemgebruik. Het overstromingsrisico is dus de gemiddelde verwachte schade per oppervlakte en per tijdseenheid en wordt uitgedrukt in euro per m² en per jaar.

Per klimaatscenario (nat, gematigd en droog) werd een kaart met het overstromingsrisico ontwikkeld op basis van overstromingskaarten per klimaatscenario en de landgebruikskaart van de huidige situatie, dit was het jaar 2005. In de overstromingskaarten werd geen rekening gehouden met de stijging van de zeespiegel, er werd enkel uitgegaan van wijzigingen in de neerslag- en verdampingspatronen. In Figuur 52 wordt de verhouding van het overstromingsrisico voor het jaar 2100 voor ieder klimaatscenario weergegeven ten opzichte van het referentiejaar 2005 (40). Er dient hierbij opgemerkt te worden dat de bekomen resultaat niet op gemeentelijk niveau mag geïnterpreteerd worden, maar op een hoger niveau aangezien voor het opstellen ervan gebruik gemaakt werd van sterk veralgemeende hydrologische, hydraulische, klimaat- en landgebruiksmodellen.



Figuur 52 - Overstromingsrisico door klimaatsverandering - ratio schade 2100 t.o.v. 2005

In Figuur 53 worden ook waarden aan dit overstromingsrisico voor het IJzerbekken gebonden (10). Uit deze beide figuren blijkt dat het overstromingsrisico tegen 2100 fors daalt in het IJzerbekken voor het droge klimaatsveranderingsscenario. Deze daling kan verklaard worden via het feit dat de piekafvoeren en bijgevolg ook de overstromingsgebieden veel kleiner zullen zijn in het droge scenario dan in de huidige situatie. In het gematigd klimaatsveranderingsscenario is er nog steeds een daling voor het overstromingsrisico, maar in het nat scenario daarentegen stijgt het risico met 34% ten opzichte van de huidige situatie. De stijging is het gevolg van een uitbreiding van de overstromingsgebieden ten opzichte van de huidige situatie door de grotere piekafvoeren.

	huidige situatie	laag scenario 2100		midden scenario 2100		hoog scenario 2100	
	risico (10 ³ €/jaar)	risico (10 ³ €/jaar)	ratio laag/ huidig (%)	risico (10 ³ €/jaar)	ratio Midden/ Huidig (%)	risico (10 ³ €/jaar)	ratio hoog/ huidig (%)
IJzerbekken	1 565	445	28	994	64	2 102	134

Figuur 53-Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij het huidige bodemgebruik tegen 2100

4.8.2. Landgebruikscenario's

Vooraleer het overstromingsrisico voor de verschillende klimaatsveranderingsscenario's bij gewijzigd landgebruik besproken wordt, wordt eerst dieper ingegaan op de landgebruikscenario's. Zoals eerder vermeld is het landgebruik ook een belangrijke factor die bijdraagt tot de grootte van het overstromingsrisico. Dit landgebruik kan zelf ook onderhevig zijn aan veranderingen, zo wordt bijvoorbeeld verwacht dat steeds meer gebieden bebouwd zullen worden.

In het kader van het milieuraapport MIRA 2009 werden 3 landgebruikscenario's ontwikkeld die verschillen op basis van hun invloed op de milieudruk (41):

- In het referentiescenario (REF) blijft het huidig milieubeleid (per 1 april 2008) behouden en worden alle voorliggende maatregelen uitgevoerd.
- In het Europa-scenario (EUR) worden aan het huidig beleid bijkomende maatregelen en instrumenten toegevoegd om tegen 2020-2030 aan de Europese milieudoelstellingen te voldoen. In dit scenario worden ook alle technisch haalbare maatregelen toegepast.
- In het visionair scenario (VISI) wordt nagegaan welke ingrijpende maatregelen ingevoerd moeten worden om de langetermijndoelstellingen op niveau van duurzaamheid te halen, zoals de halvering van de broeikasgasemissies van 2030 ten opzichte van 1990 en een koolstofarme economie.

Een verdere opsplitsing van het Europa- en het referentiescenario voor landgebruik werd gemaakt in het kader van het Natuurrapport 2009 (NARA) van Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. De MIRA-scenario's worden onderverdeeld in een NARA-referentie-, een NARA-scheidings- en een NARA-verwevingsscenario die elk over een verschillende beleidsstrategie beschikken (41):

- In het NARA-referentiescenario wordt uitgegaan van een verderzetting van het huidig beleid (uit de periode 2000-2007).

- In het NARA-scheidingsscenario wordt de open ruimte verdeeld tussen de verschillende landgebruiksvormen in verschillende homogene clusters.
- In het NARA-verwevingsscenario maakt de zorg voor de natuur integraal deel uit van alle landgebruiksvormen van de open ruimte. In dit scenario zijn deze gebruiksvormen door elkaar verweven.

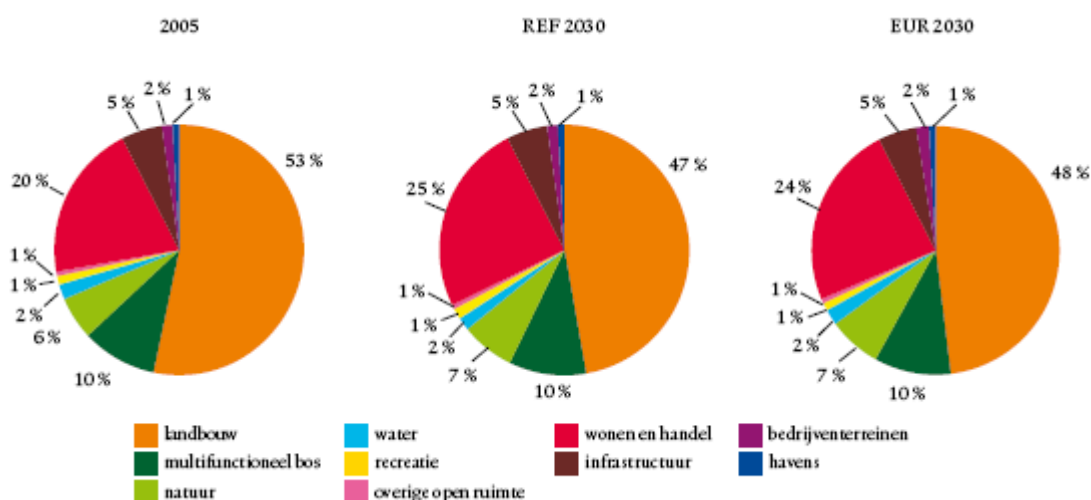
De 6 verschillende landgebruiksscenario's worden weergegeven in Tabel 1. In Bijlage A is de evolutie van het landgebruik in het IJzerbekken in 2030 ten opzichte van 2005 terug te vinden voor de zes scenario's. Hieruit blijkt dat voor alle scenario's de belangrijkste wijziging ten opzichte van het huidige landgebruik de uitbreiding van de kernen met een residentiële en commerciële functie is.

Slechts 2 van deze scenario's worden weerhouden in de context van het toekomstig landgebruik en dat zijn het RR- en het ER-scenario. Meer algemeen worden deze ook respectievelijk het REF- en EUR-scenario genoemd, welke de algemene benamingen zijn van de MIRA-scenario's.

MIRA-NARA-scenario	MIRA-beleidsscenario	NARA-beleidsscenario
RR	Referentie	Referentie
RS	Referentie	Scheiden
RV	Referentie	Verweven
ER	Europa	Referentie
ES	Europa	Scheiden
EV	Europa	Verweven

Tabel 1 - De verschillende MIRA-NARA-landgebruiksscenario's

De belangrijkste wijzigingen in het landgebruik van de verschillende sectoren in Vlaanderen in het jaar 2030 (ten opzichte van 2005) worden voor het EUR- en REF-scenario weergegeven in Figuur 54 (42). De grootste veranderingen worden waargenomen in het landgebruik voor wonen en handel. Hier wordt in beide scenario's een stijging waargenomen, die voornamelijk ten koste gaat van de landbouwgebieden. De lichtjes grotere stijging van de bebouwing in het REF-scenario is te verklaren, doordat de bijkomende bouwgronden in het EUR-scenario kleiner verondersteld worden. Samengevat kan gesteld worden dat in het referentiescenario voor 2030 6,4% van de oppervlakte in Vlaanderen een andere functie krijgt ten opzichte van 2005, in het Europa-scenario is dit 5,5 %.



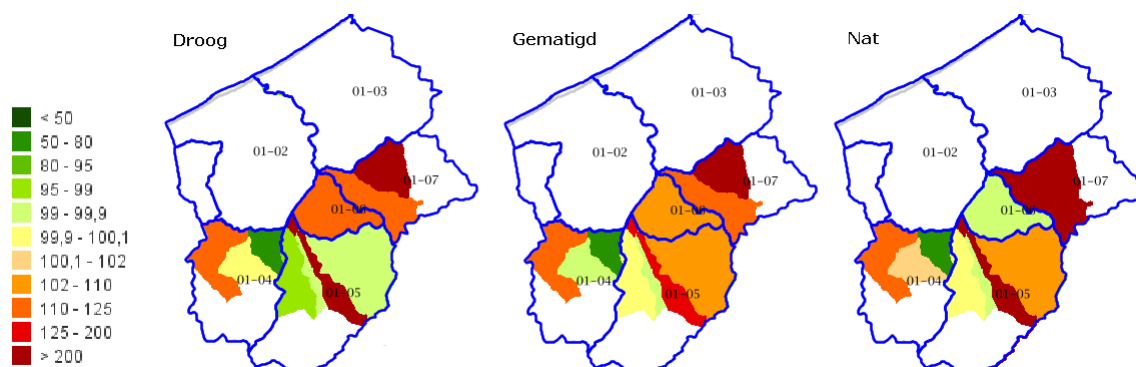
Figuur 54 - Landgebruik in REF- en EUR-scenario voor Vlaanderen

4.8.3. Overstromingsrisico door klimaatsverandering bij gewijzigd landgebruik

Klimaatsverandering en wijziging in het landgebruik zijn beide belangrijke factoren die bijdragen tot de grootte van het overstromingsrisico. Daarnet werd het overstromingsrisico door klimaatsverandering bij huidig landgebruik bekeken, maar een beter resultaat wordt bekomen door zowel de klimaatsverandering en het gewijzigd landgebruik in rekening te brengen. Het overstromingsrisico van de gebieden in het IJzerbekken werd door het MIRA bepaald op basis van het RR-scenario (het MIRA-referentiescenario gecombineerd met NARA-referentiescenario) en het ER-scenario (het MIRA-Europa-scenario gecombineerd met NARA-referentiescenario).

In het Milieuraapport Vlaanderen worden de overstromingsrisico's voor het bestudeerde zuidelijk deel van het IJzerbekken gegeven voor 2100 voor de 6 verschillende combinaties van de klimaat- en landgebruikscenario's. Aangezien de landgebruikscenario's maar opgesteld zijn tot het jaar 2030, werd aangenomen dat het landgebruik in de periode 2030 tot 2100 ongewijzigd blijft. Er dient opgemerkt te worden dat het gewijzigd landgebruik niet in rekening gebracht werd bij het opstellen van de hydrologische modellen en de overstromingskaarten, maar enkel voor het bepalen van de schade.

In Figuur 55 worden de overstromingsrisico's voor de verschillende klimaatscenario's voorgesteld bij bodemgebruik volgens het referentiescenario (40). Hierbij wordt de verhouding van het risico in 2100 bij de 3 klimaatsveranderingsscenario's en het referentiescenario vergeleken met het risico van het huidig klimaat en het huidig landgebruik.



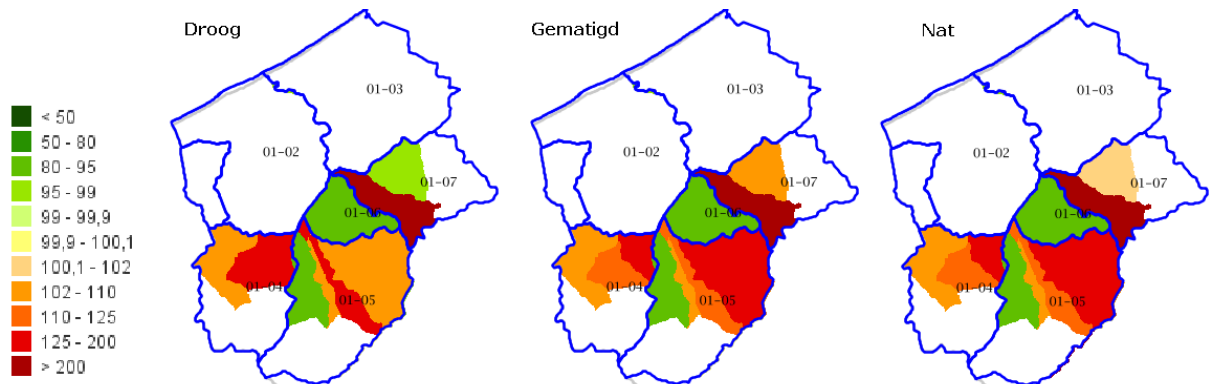
Figuur 55 -Overstromingsrisico bij landgebruik volgens REF-scenario - ratio schade 2100 t.o.v. 2005

In Figuur 56 worden de overstromingsrisico's weergegeven en vergeleken voor de 3 klimaatsveranderingsscenario's voor het landgebruik in 2005 en het landgebruik in het referentiescenario (10). Hieruit blijkt dat in alle drie de scenario's bij het gewijzigd landgebruik het risico fors toegenomen is. Dit is te verklaren door het feit dat verwacht wordt dat de bebouwing (zowel industriële als residentiële) in de toekomst zal toenemen in de overstromingsgevoelige gebieden. Deze bebouwing zal ten koste gaan van natuur- en landbouwgebieden, die een lager risico hebben op schade ten gevolge van overstromingen.

	actueel risico (bij huidig klimaat en huidig landgebruik) (10 ³ €/jaar)	risico in 2100 bij landgebruik gelijk aan 2005			risico in 2100 bij landgebruik volgens RR-scenario			risicoratio landgebruik RR / landgebruik 2005		
		Laag (10 ³ €/jaar)	Midden (10 ³ €/jaar)	Hoog (10 ³ €/jaar)	Laag (10 ³ €/jaar)	Midden (10 ³ €/jaar)	Hoog (10 ³ €/jaar)	Laag (%)	Midden (%)	Hoog (%)
IJzerbekken	1 565	445	994	2 102	530	1 265	3 466	119	127	165

Figuur 56 - Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij huidig bodemgebruik en bodemgebruik volgens REF-scenario tegen 2100

In Figuur 57 worden de overstromingsrisico's voor de verschillende klimaatscenario's voorgesteld bij bodemgebruik volgens het Europa-scenario (40). Hierbij wordt de verhouding van het risico in 2100 bij de 3 klimaatsveranderingsscenario's en het Europa-scenario vergeleken met het risico van het huidig klimaat en het huidig landgebruik.



Figuur 57 - Overstromingsrisico bij landgebruik volgens EUR-scenario - ratio schade 2100 t.o.v. 2005

In Figuur 58 worden de overstromingsrisico's weergegeven en vergeleken voor de 3 klimaatsveranderingsscenario's voor het landgebruik in 2005 en het landgebruik in het Europa-scenario (10). Hier kan eveneens een stijging van het risico waargenomen worden bij alle 3 de klimaatsveranderingsscenario's van het Europa-scenario ten opzichte van het huidig landgebruik, maar deze stijging is minder sterk dan in het referentiescenario. In het Europa-scenario zou de toename van bebouwing in de overstromingsgebieden eerder licht dalen in plaats van stijgen, terwijl dit in het referentiescenario niet het geval is. De kleine toename in het Europa-scenario is toe te schrijven aan de overgang van weiland naar akkerland waar de kans op schade ten gevolge van overstromingen groter is.

	actueel risico bij huidig klimaat en huidig landgebruik (10 ³ €/jaar)	risico in 2100 bij landgebruik gelijk aan 2005			risico in 2100 bij landgebruik volgens ER-scenario			risicoratio landgebruik ER / landgebruik 2005		
		Laag (10 ³ €/jaar)	Midden (10 ³ €/jaar)	Hoog (10 ³ €/jaar)	Laag (10 ³ €/jaar)	Midden (10 ³ €/jaar)	Hoog (10 ³ €/jaar)	Laag (%)	Midden (%)	Hoog (%)
IJzerbekken	1 565	445	994	2 102	471	1 047	2 190	106	105	104

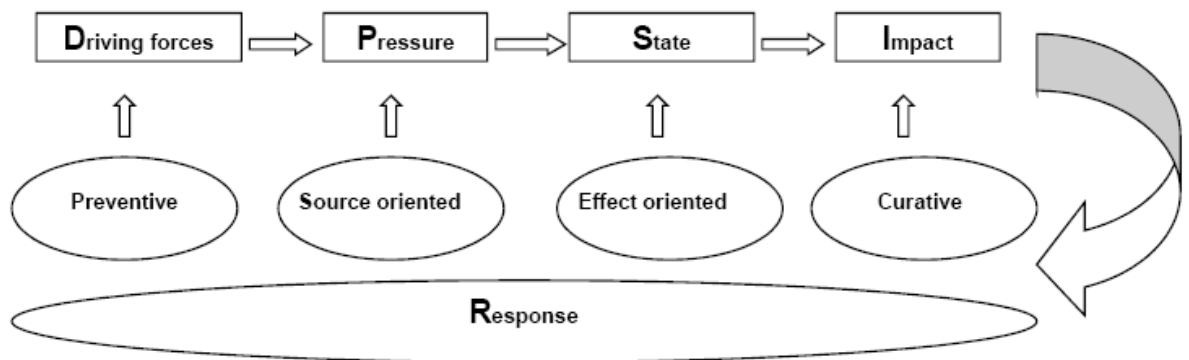
Figuur 58 - Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij huidig bodemgebruik en bodemgebruik volgens EUR-scenario tegen 2100

4.9. Analyse van de overstromingsproblematiek

Aangezien de overstromingsproblematiek in de toekomst nog steeds een belangrijk knelpunt zal zijn in het IJzerbekken, is het nuttig om de huidige overstromingsproblematiek te analyseren en hieruit conclusies te trekken voor mogelijke maatregelen en adaptatiestrategieën om de wateroverlast te beperken in de toekomst. Een veel gebruikte en internationale methode voor het analyseren van een milieuproblematiek, en dus ook de overstromingsproblematiek, is het gebruik van het DPSI-R model. In dit model, dat ook gekend staat als de milieuverstoringsketen, wordt aan de hand van 5 stappen op zoek gegaan naar de oorzaken, de gevolgen en eventuele maatregelen voor het specifieke probleem (Figuur 59, (39)):

- **Driving forces:** In een eerste fase wordt gezocht naar de onderliggende oorzaken van het probleem als gevolg van maatschappelijke activiteiten (bijvoorbeeld op vlak van industrie, landbouw, recreatie,...). Ook algemene factoren zoals demografie of natuurlijke fenomenen worden tot de “driving forces” gerekend, aangezien ze direct of indirect het milieu kunnen beïnvloeden.
- **Pressure:** In de tweede stap wordt gezocht naar de zaken die druk uitoefenen op het milieu. Deze kunnen zich bijvoorbeeld op niveau van brongebruik of emissies situeren. Met milieu wordt vooral de bodem, de lucht en het water bedoeld.
- **State:** Met de state wordt de resulterende, verstoorde toestand van de verschillende milieucomponenten (lucht, water en bodem) bedoeld.
- **Impact of gevolgen:** In deze stap worden mogelijke negatieve gevolgen van de milieukwaliteit voor de mens, de natuur en de economie opgesteld.
- **Response of reacties:** Als laatste stap in de analyse worden mogelijke strategieën ontwikkeld die tot een oplossing zouden kunnen leiden voor het specifiek probleem. Deze oplossingen kunnen betrekking hebben op elk van de vier vorige stappen in de analyse. De meest effectieve oplossing is meestal deze waarin men door preventieve maatregelen het probleem kan voorkomen. Algemeen kan gesteld worden dat de effectiviteit van de oplossingen daalt naargelang men zich verder begeeft in de keten.

In deze analyse wordt er vooral op de IJzer geconcentreerd en in mindere mate op de onbevaarbare zijwaterlopen.



Figuur 59 - Schema van het DPSI-R model

4.9.1. Driving forces

Tot de driving forces van de overstromingsproblematiek behoren tal van uiteenlopende zaken, zowel natuur gerelateerde als antropogene zaken. Enkele voorbeelden hiervan zijn de klimaatsverandering, de natuurlijke toestand van het aardoppervlak zelf, het veranderend landgebruik, de landbouw, de bebouwing, de bevolking,...

4.9.2. Pressure

De factoren die het overstromingsrisico beïnvloeden kunnen ook zowel natuurlijke als antropogene achtergronden hebben.

Eén van de natuurlijke oorzaken is te vinden bij de klimaatsverandering zelf. Zoals eerder vermeld, wordt verwacht dat de neerslag in de winter zal toenemen alsook de extreme, intense regenbuien. De riolen en rivieren zullen bijgevolg een grotere hoeveelheid hemelwater moeten verwerken en dus neemt het risico op overstroming daardoor toe. Maar de klimaatsverandering is niet de enige factor die het overstromingsrisico beïnvloedt.

Het verhang van de IJzer is eveneens een natuurlijke factor. In Frankrijk is de IJzer een eerder smalle rivier met een verhang van ongeveer 1,5m op 1km, terwijl dit verhang ter hoogte van de Franse grens al is afgenomen tot slechts 0,1m per kilometer. Bij intense regenbuien wordt het water daardoor versneld afgevoerd vanuit Noord-Frankrijk, waardoor de IJzer op Vlaams grondgebied wordt opgestuwd. Niet alleen het verhang van de rivier zelf zorgt voor een versnelde waterafvoer, ook het reliëf van het IJzerbekken speelt een rol. In gebieden die over een zeker reliëf beschikken, wordt het water bij een hevige regenbui deels door de zwaartekracht afgevoerd over het maaiveld naar de dichtstbijzijnde waterloop. Hier kan dus ook over een versnelde afvoer van het hemelwater gesproken worden.

Een laatste natuurlijke factor die aanleiding geeft tot een verhoogd overstromingsrisico is het type bodem dat in het IJzerbekken aanwezig is. Uit Figuur 33, die het bodemtype in het IJzerbekken weergeeft, kan waargenomen worden dat in een groot gedeelte van het IJzerbekken een (zware) kleibodem terug te vinden is. Langs de IJzer is dit bodemtype stroomafwaarts vanaf Elzendamme terug te vinden. De aanwezigheid van deze bijna ondoordringbare kleilaag aan de oppervlakte is ongunstig voor de infiltratie van hemelwater in de bodem. Bij hevige regenval raken de bovenste lagen snel verzadigd als gevolg van dit ondoordringbaar karakter van de grond. Hierdoor wordt het merendeel van de neerslag afgevoerd naar de waterlopen over het maaiveld. Er kan hier dus ook gesproken worden van een versnelde afvoer van het hemelwater. Slechts in een beperkt gedeelte, zoals de duinen en de zandgronden, van het IJzerbekken is infiltratie mogelijk.

De evolutie van het bodemgebruik draagt ook bij tot het overstromingsrisico. Hierbij zijn twee factoren van belang: de toenemende verharding en de toename van bodemerosie. Door de jaren is de verharde oppervlakte in het IJzerbekken toegenomen als gevolg van toenemende residentiële bebouwing en industriële activiteiten. Door de verharding kan het hemelwater onmogelijk de grond indringen, waardoor het over het oppervlak afgevoerd wordt. Dit zorgt voor een versnelde afvoer naar de waterlopen en leidt eveneens tot grotere hoeveelheden water die door de waterlopen dienen verwerkt te worden. Een deel van dit water dat over het oppervlak afstroomt komt bovendien in het rioleringsstelsel terecht. Deze zijn veelal niet gescheiden en voeren dus zowel het afvalwater als het hemelwater af. Bij intense regenbuien kan dit bijgevolg leiden tot capaciteitsgebrek van de rioleringen, zodat gesproken kan worden van riooloverstromingen. Een deel van het water wordt dan rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd via overstorten in plaats van eerst naar de waterzuiveringsinfrastructuur geleid te worden. Een bijkomende impact is dat hierdoor aan de kwaliteit van het water ingeleverd wordt. Wijziging van het type landbouwgrond heeft ook onrechtstreeks effect op het overstromingsrisico. De laatste jaren werden dikwijls weilanden herleid tot akkers. Het water dat over het maaiveld van de akkers stroomt, zal hierbij bodemdeeltjes

meenemen in zijn tocht naar de dichtstbijzijnde waterloop. Er kan dus gesproken worden van een toegenomen bodemerosie. Hierdoor is het transport van sedimenten in de IJzer eveneens toegenomen. Deze sedimenten gaan zich op bepaalde plaatsten in de rivier afzetten, met een geringere afvoercapaciteit van de IJzer tot gevolg. Bij weilanden wordt bodemerosie verhinderd door de aanwezigheid van grassen en andere planten die de bodemdeeltjes vasthouden.

De mens heeft de IJzer grotendeels gekanaliseerd ten behoeve van de scheepvaart. Hierdoor is het natuurlijke contact van de rivier en zijn vallei verloren gegaan. Enkel ter hoogte van de IJzerbroeken is dit natuurlijk contact nog terug te vinden. Ten gevolge van de kanalisatie is eveneens de bergingscapaciteit afgenomen: een kronkelende, meanderende rivier tussen 2 bepaalde punten kan namelijk meer water bergen dan een rechtgetrokken rivier tussen dezelfde punten. Niet alleen is de bergingscapaciteit afgenomen, het water wordt hierdoor tevens versneld afgevoerd.

In de loop der tijd is een evolutie in de grachten waargenomen: de grachten werden steeds meer uit het landschap verwijderd. Hierdoor gaat een deel van de natuurlijke buffercapaciteit verloren en kent het water een versnelde afvoer naar de waterlopen. Dikwijls worden de grachten ook vervangen door duikers of inbuizingen. Hierbij kunnen slecht onderhoud of een te kleine dimensionering aanleiding geven tot wateroverlast. Een goed onderhoud van de grachten is tevens ook van belang.

De IJzer mondt uit in de Noordzee door middel van een sluizencomplex. Door de getijdenwerking van de zee kan slechts gedurende laagwaterperioden in zee geloosd worden, als het zeeniveau lager staat dan het water in de IJzer. Dit is slechts 5 à 7 uur per laagwaterperiode. Gedurende de overige periode dient het water dus gestockeerd worden in de IJzer en het spaarbekken in de buurt van het sluizencomplex. Zoals eerder vermeld gaan perioden met intense regenbuien gepaard met een westenwind die aanleiding geeft tot opstuwing van de Noordzee. Hierdoor is de lozingsperiode van de IJzer in de Noordzee beperkter of slechts geheel onmogelijk. Dit geeft eveneens aanleiding tot een hogere kans op overstroming.

4.9.3. State

Door de vele oorzaken die een versnelde afvoer van het hemelwater naar de dichtstbijzijnde waterloop veroorzaken en de verwachte toename van de winterneerslag en de extreme neerslagsevents ten gevolge van de klimaatsverandering zullen in de waterlopen hogere piekdebieten aanwezig zijn. Hierdoor zal de kans op overstromingen stijgen. Belangrijke kenmerken van een overstroming zijn de overstromingsdiepte, de duur van de overstroming en de snelheid waarmee ze optreedt.

4.9.4. Impact

De impact kan opgedeeld worden in drie verschillende categorieën, namelijk de ecologische, de economische en de sociale impact.

Economische impact

Overstromingen hebben dikwijls een economische impact, namelijk de schade aan bijvoorbeeld de bebouwing of landbouwgewassen veroorzaakt door de wateroverlast. Deze impact is hoofdzakelijk afhankelijk van het bodemgebruik in de overstroomde gebieden. Zo zal de impact in bebouwde gebieden groter zijn dan in natuurgebieden.

De meeste gebieden die onderhevig zijn aan overstromingen zijn landbouwgebieden, voornamelijk weilanden. Bij weilanden is de impact van een overstroming eerder gering in de winter. In de zomer

kunnen overstromingen van deze gebieden wel een ongunstig effect hebben op de hooiproductie. De overstromingen kunnen dan aanleiding geven tot het rotten van het hooi. Algemeen kan gesteld worden dat het gras meestal herstelt na een overstroming en er bijgevolg enkel een onderbreking van de groei plaatsvindt. De schade als gevolg van een overstroming is eveneens afhankelijk het groeistadium van het gras en de duur van de overstroming. In Tabel 2 wordt het gemiddeld verlies als gevolg van overstromingen weergegeven voor zowel intensief als extensief weiland (43). Intensief weiland is weiland waar alle andere planten, zoals bijvoorbeeld paardenbloemen ongewenst zijn en dus verwijderd worden. In extensief weiland daarentegen is er wel een variatie aan kruiden en grassoorten terug te vinden.

Seizoen	Duur overstroming	Inkomensverlies voor intensief weiland (euro/ha)	Inkomensverlies voor extensief weiland (euro/ha)
Winter (oktober-maart)	≤ 1week	23	19
	>1week en ≤ 2weken	47	39
	>2 weken	123	104
Zomer (april-september)	≤ 1week	142	120
	>1week en ≤ 2weken	242	204

Tabel 2 - Inkomensverliezen voor weilanden ten gevolge van overstromingen

Bij akkers zijn de gevolgen groter, de meeste landbouwgewassen zijn namelijk niet goed bestand tegen overstromingen of vochtige omstandigheden. Overvloedige blootstelling aan water kan leiden tot een grotere gevoeligheid aan ziekten, schimmels of het rotten en afsterven van de wortels. De optredende ziekten of schimmels zijn gerelateerd aan de waterkwaliteit. In periodes van overstromingen zijn de overstroomde landbouwgebieden bijgevolg ook niet bereikbaar of bewerkbaar. Aangezien de overstromingen in de winters bijna jaarlijks terugkeren, worden de gebieden om bovenstaande redenen tijdens deze periode niet of beperkt gebruikt, wat leidt tot een vermindering van de inkomsten van de landbouwers. In de zomerperiodes, als deze gronden wel bewerkt worden, kan een overstroming een verminderde of zelfs totaal mislukte oogst en bijgevolg een kleinere of geen opbrengst voor de landbouwer tot gevolg hebben. Over het algemeen kan gesteld worden dat de verliezen afhankelijk zijn van de periode waarin de overstromingen plaatsvinden. Gewassen zoals aardappelen, suikerbieten, groenten en fruit worden als verloren beschouwd als er overstromingen plaatsvinden tijdens hun groeiseizoen. In Tabel 3 worden de inkomensverliezen van de landbouwers weergegeven voor verschillende gewassen (43).

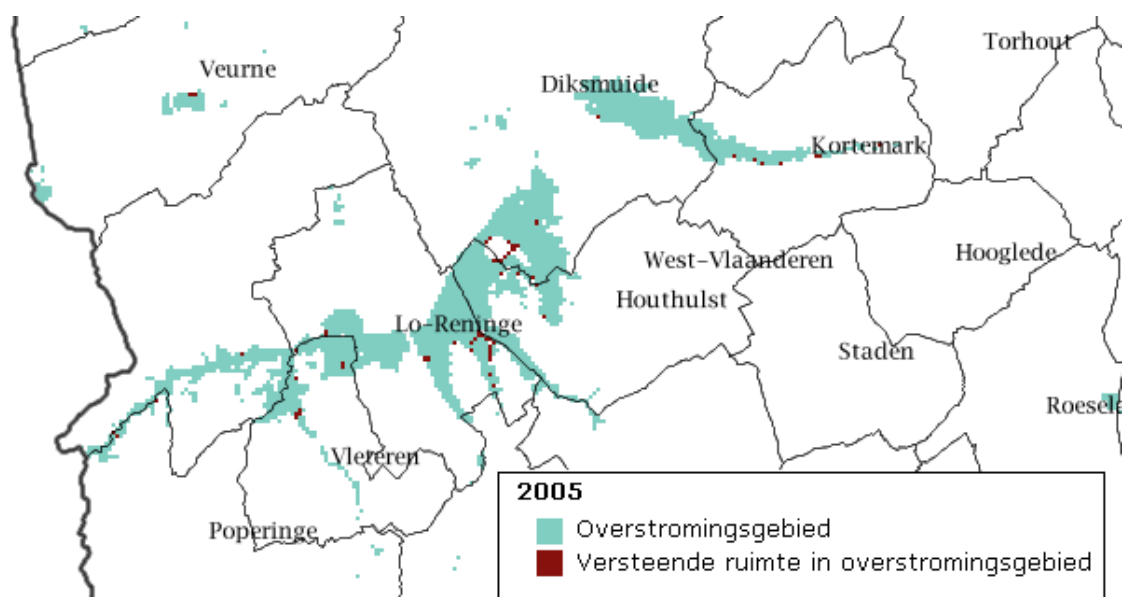
Gewas	Periode	Inkomensverlies (euro/ha)
Mais	Winter (oktober-maart)	-
	Zomer (april-september)	1159
Graan	Winter (oktober-maart)	998
	Zomer (april-september)	865
Fruit en bomen	Totaal	18818

Tabel 3 - Inkomensverliezen voor landbouwgewassen

In het IJzerbekken zijn ook enkele dorpskommen en andere bebouwing gelegen met een reëel gevaar op overstromingen (vb. Roesbrugge, Stavele, Elzendamme, Fintele,...). Maar zoals in Figuur 60 te zien is kan opgemerkt worden dat de verharde oppervlakte (residentiële/commerciële bebouwing, agrarische bebouwing, industrie, zeehavens, luchthavens en infrastructuur) in het overstromingsgebied van de IJzer eerder gering is. Volgens het scenario van de interactieve indicatorenatlas van de Milieu- en Natuurverkenning (40), zal de verharde oppervlakte in deze

risicozones voor overstromingen slechts gering toenemen tegen 2030 en dit voor alle landgebruikscenario's. De grootste toename wordt verwacht langs de Handzamevaart in de regio Kortemark.

Bij overstromingen zal de bebouwing echter een grotere schade ondervinden in vergelijking met natuurgebieden. Bij reëel overstromingsgevaar gaat men daarom de bebouwing zoveel mogelijk beschermen door andere het gebruik van zandzakjes.



Figuur 60 - De verharde oppervlakte in het overstromingsgebied van het IJzerbekken

Voor de impact, meer bepaald de schade, van overstromingen op bebouwing te bepalen, kan een beroep gedaan worden op verschillende schadefuncties. Een belangrijke factor hierbij is de waterdiepte en in sommige gevallen spelen ook andere factoren zoals de snelheid eveneens een rol in het bepalen van de schade. Deze andere factoren zijn meestal moeilijker om te bepalen of in te schatten, waardoor hoofdzakelijk enkel de overstromingsdiepte zal gebruikt worden bij het opstellen van de schadefuncties. In de literatuur zijn vele verschillende schadefuncties terug te vinden. Vooraleer men de schade aan de hand van een dergelijke functie wil voorspellen voor bebouwing in een specifiek gebied, dient men eerst na te gaan of de functie wel een goed beeld zal geven. Dit kan men doen door de schade te berekenen voor enkele reeds gebeurde overstromingen in dat gebied en de uitkomsten te vergelijken met de toen vastgestelde schade. Een illustratief voorbeeld van een schadefunctie is de "Rhine atlas". Of deze specifiek voor de overstromingen in het IJzerbekken geldig zijn dient dus eerst gecontroleerd te worden vooraleer ze gebruikt worden voor voorspellingen. Bij deze schadefunctie worden voor verschillende categorieën het percentage schade (y) gegeven in functie van de opgemeten overstromingsdiepte (x). In Tabel 4 worden de verschillende functies voorgesteld (43).

Categorie	Schadefunctie
Huizen, onroerend goed	$y = 2x^2 + 2x$
Huizen, roerend goed	$y = 11,4x + 12,625$
Industrie, onroerend goed	$y = 2x^2 + 2x$
Industrie, roerend goed	$y = 7x + 5$

Tabel 4 - Schadefuncties van de Rhine atlas

Ecologische impact

Met de ecologische impact van overstromingen worden de veranderingen in de fauna, flora en het ecosysteem bedoeld. Deze impact kan zowel positieve als negatieve effecten inhouden.

Overstromingen van landbouwgebieden, meer bepaald akkers, kunnen ook een ecologische impact hebben. Zo kunnen overstromingen er een ongunstige invloed op de waterkwaliteit hebben, omdat hierdoor stoffen die gebruikt worden voor de bemesting (zoals stikstof- en fosforverbindingen) van de akkers in het water opgenomen wordt. Behalve de invloed van een slechte waterkwaliteit op gewassen of andere planten, kan de waterkwaliteit nog een andere impact hebben. Bij een overstroming wordt een deel van het water opgenomen in de bodem, waardoor verontreiniging van het grondwater kan plaatsvinden. Indien het een periode van langdurige neerslag is en bijgevolg het water langere tijd in de overstromingsgebieden blijft, kan dit aanleiding geven tot het bezinken van vervuild slib in deze gebieden. Dit kan voor problemen zorgen bij het bodemgebruik na de overstroming.

Een andere ecologische impact, die reeds ook aan bod kwam bij de economische impact is het afsterven van planten. Deze kunnen als het ware verdrinken door een tekort aan zuurstof in de wortels van de plant. Overstromingen kunnen ook aanleiding geven tot andere processen die veranderingen in de abiotische toestand van het ecosysteem kunnen teweegbrengen. Deze wijzigingen zijn niet enkel afhankelijk van de overstroming, maar ook van de plaats waar de overstromingen plaatsvinden en de biotische eigenschappen van het ecosysteem zelf. Belangrijk bij de ecologische impact is de duur en de periode van de overstroming. Zo zullen overstromingen tijdens de wintermaanden een kleinere impact veroorzaken, doordat de watertemperatuur dan lager is. Een lagere temperatuur zorgt namelijk voor een hoger opgelost zuurstofgehalte en een lager microbiële zuurstofvraag, waardoor de kans op zuurstofgebrek in de wortels van de planten kleiner wordt. Vooral tijdens het groeiseizoen zijn de planten het meest gevoelig aan overstromingen. Ook de diepte van de overstroming kan de impact beïnvloeden, namelijk bij planten die in staat zijn om zuurstof te vervoeren naar hun wortels (zoals moerasgras en pitrus). Als het water bij deze planten hun hoogte overschrijden zal dit transportsysteem niet meer bruikbaar zijn (43). De tijd die planten nodig hebben om te herstellen van een overstroming hangt af van de soort plant. De retourperiode van overstromingen zal daardoor bepalend zijn voor de aanwezigheid van de plantensoorten.

Ook op de dierenwereld hebben overstromingen een impact. Er is vastgesteld dat muizen en insecten tijdelijk immigreren naar hoger gelegen plaatsen of bescherming zoeken in bomen. Doch een deel van de dieren zal echter verdrinken, vooral immobiele dieren zijn hiervoor heel kwetsbaar. Enkele voorbeelden van immobiele dieren zijn dieren in winterslaap of in het larvale stadium. Andere diersoorten daarentegen, zoals de vogels, ervaren de overstromingen als een positief fenomeen. De overstromingen vinden hoofdzakelijk tijdens de wintermaanden plaats, en oefenen daarbij een grote aantrekkingskracht uit op grote aantallen watervogels en steltlopers omdat de vochtige en drassige weilanden een bron van voedsel vormen. Dit aantal kan oplopen tot soms meer dan 80 000 vogels. Vooral enorme aantallen smienten, wintertalingen en kolganzen afkomstig uit het Noorden trekken naar de IJzervallei om de wintermaanden er door te brengen. De IJzerbroeken zijn bijgevolg ook aangeduid als Europees Vogelrichtlijn- en Ramsargebied. De Vogelrichtlijn heeft als voornaamste doel de leefgebieden van de in het wild levende vogelsoorten te beschermen. Het doel van de Ramsargebieden is min of meer hetzelfde, namelijk het behoud en het oordeelkundig gebruik van alle watergebieden, in het bijzonder de gebieden die dienst doen als woongebied van watervogels,

en dit door middel van locale, regionale, nationale en internationale maatregelen, acties en samenwerking.

Sociale impact

Een laatste soort van impact van overstromingen is de sociale impact die alle veranderingen inhoudt op vlak van het denken, leven, werken en organiseren van de bevolking. Deze kunnen zowel op individueel, huishoudelijk als maatschappelijk niveau ervaren worden. De sociale effecten van overstromingen zijn immateriële zaken, waar moeilijk een waarde aan te geven zijn. Desondanks zijn ze toch van groot belang en dient er rekening mee gehouden worden bij de aanpak van de overstromingsproblematiek. Enkele mogelijke sociale effecten van overstromingen zijn de aantasting van de gezondheid, de verstoring van de financiële situatie en migratie uit het overstroomd gebied. Overstromingen kunnen zowel op de fysieke als de mentale gezondheid een invloed hebben. Voorbeelden op fysiek niveau zijn verwondingen, irritaties van de huid, ademhalingsaandoeningen. Ook kunnen overstromingen aanleiding geven tot de dood. Niet enkel dood als gevolg van verdrinking komt voor bij overstromingen, volgens een onderzoek van Jonkman en Kelman (2005) zijn er nog 5 andere doodsoorzaken bij overstromingen, namelijk dood als gevolg van elektrocutie, een hartaanval, fysisch trauma, CO₂vergiftiging en brand. Het sterftecijfer tengevolge van verdrinking is heel laag tot zelfs nul in het IJzerbekken, meer algemeen zelfs voor Vlaanderen. Voorbeelden op mentaal niveau zijn de continue angst bij de heersende bevolking voor nieuwe overstromingen en het emotionele verlies. Na een overstroming geeft de confrontatie met de schade aan het huis, de meubels, de toestellen en een omgeving vol modder en ander vuil velen een gevoel van onrechtvaardigheid en hulpeloosheid. De verstoringen op financieel vlak zijn de laatste jaren kleiner geworden aangezien de schade aan bebouwing gedekt wordt door de brandverzekering. Sinds 2005 zijn de verzekeringsmaatschappijen namelijk verplicht om in alle brandverzekeringen de risico's op natuurrampen (grondverzakkingen, aardbevingen, overstromingen,...) op te nemen. Een brandverzekeringpolis is echter niet verplicht, in België hebben momenteel 95 procent van de eigenaars en 89 procent van de huurders een brandverzekering. Maar binnenkort zal de polis wel verplicht worden, de ministerraad heeft naar aanleiding van de gasexplosie en het instorten van een appartementsgebouw in Luik een wetsontwerp goedgekeurd dat een brandverzekering verplicht zal maken. Er kan besloten worden dat de financiële storingen nog steeds aanwezig zijn, maar meestal een tijdelijk karakter hebben, namelijk de tijd die nodig is om het schadedossier te behandelen. Met de financiële tegemoetkoming kan men de beschadigde goederen vervangen door nieuwe, maar de emotionele waarde die gehecht wordt aan bepaalde beschadigde goederen is oncompenseerbaar en onvervangbaar. Tijdens de overstroming verlaten de mensen het overstromingsgebied op eigen krachten of worden ze geëvacueerd. De meesten keren na de overstromingen terug, terwijl sommigen eerder zullen besluiten om te migreren naar ergens anders.

De manier waarop de bevolking een overstroming ervaart, wordt bepaald door een combinatie van de kenmerken van de overstroming, de blootstelling en de kwetsbaarheid van de bevolking. Met de kenmerken van de overstroming die een invloed hebben op de sociale effecten wordt de overstromingsdiepte, de watersnelheid, de snelheid van de stijging van het water en de duur van de overstroming bedoeld. De meest bepalende factor is de overstromingsdiepte. Er is gebleken dat het risico op sociale effecten het grootst is als de overstromingsdiepte meer dan 30cm bedraagt, de snelheid minstens 0,5m/s is, het water plots stijgt en de overstroming minstens 12u duurt. Wat de blootstelling betreft kan gesteld worden dat mensen die langer blootgesteld zijn geweest aan het water een hoger risico lopen op sociale effecten, vooral dan op vlak van gezondheid. Op vlak van

kwetsbaarheid kan gesteld worden dat sommige bevolkingsgroepen meer gevoelig zijn voor overstromingen dan anderen. Er bestaan verschillende oorzaken van deze grotere kwetsbaarheid, zoals bijvoorbeeld het gebrek aan financiële middelen, een beperkte toegang tot de nodige informatie en kennis, de zwakheid van bepaalde individuen als gevolg van ziekte of leeftijd, zwakke gebouwen,... Zo kan dus gesteld worden dat ouderen, zieken, immigranten en kansarme mensen over het algemeen meer gevoelig zijn aan overstromingen dan anderen. In België wordt de kwetsbaarheid van bepaalde bevolkingsgroepen voor overstromingen uitgedrukt door middel van de Belgische sociale kwetsbaarheidsindex voor overstromingen. De indicatoren van deze kwetsbaarheidsindex voor de verschillende bevolkingsgroepen worden weergegeven in Tabel 5. Aan de hand van deze index kunnen gebieden met een hoge kwetsbaarheid vastgesteld worden, deze gebieden worden de sociale hotspot gebieden genoemd. Deze gebieden dienen voldoende aandacht te krijgen in de aanpak van de overstromingsproblematiek. Uit onderzoek (44) is gebleken dat het bekken van de IJzer en de Dender over de hoogste sociale kwetsbaarheid voor overstromingen beschikken, bekeken over de vijf onderzochte overstromingsgevoelige gebieden (Demer, Dender, Maas, Nete, en IJzer).

Bevolkingsgroep	Kenmerken	Indicator
Ouderen	- Zwakke gezondheid - Beperkt sociaal netwerk	Percentage inwoners ouder dan 75 jaar
Zieken	- Zwakke gezondheid - Beperkt sociaal netwerk - Gebrek aan financiële middelen	- Mobiliteitsproblemen: percentage van mensen die lijden aan beperkingen in hun dagelijkse activiteiten als gevolg van langdurige ziekte, handicap of chronische ziekten - Psychische angst: percentage van mensen die lijden aan psychische angst
Alleenstaande ouders	- Beperkte financiële middelen - Beperkte vrije tijd	- Percentage alleenstaande ouders
Immigranten	- Taal onbekwaamheid resulteert in gebrek aan informatie - Gebrek aan bewustzijn - Bepaalde overtuigingen en gebruiken	Percentage immigranten (gebaseerd op de etnische-strata theorie van, Verhoeven H. en Martens A., 2000)
Financieel kansarme mensen	- Beperkte financiële middelen - Beperkte vermogen om zich te beschermen	- Geen basis comfort: Cobb-Douglas berekening van de woningen zonder toilet, badkamer of centrale verwarming - geen autobezit: aandeel van de autoloze woningen - geen huisbezit: aandeel van de huurhuizen
Mensen die uitsluitend op het gelijkvloers wonen (bungalows)	- Zwakke woningen	Percentage van mensen die uitsluitend op het gelijkvloers wonen

Tabel 5 - Belgische sociale kwetsbaarheidsindex voor overstromingen

4.9.5. Response

De visie op de overstromingen is afhankelijk van de belangengroep, soms kunnen deze visies dan ook tegenstrijdig zijn. Zo vindt de sector waterbeheersing het uiterst belangrijk dat de IJzerbroeken dienst doen als buffergebied voor de IJzer. Op deze manier worden de afwaarts gelegen gebieden beter tegen wateroverlast beveiligd. Voor de landbouwers is van groot belang dat de zomerse overstromingen van de IJzerbroeken vermeden worden, aangezien deze grote schade aan hun gewassen kunnen veroorzaken. Vanuit ecologisch en zoölogisch standpunt zou men het hoge waterniveau in de IJzerbroeken willen behouden. Als algemene visie stelt men dan ook dat de veiligheid van het grootste belang is, hiermee wordt bedoeld dat wateroverlast in bewoonde en industriegebieden en op bebouwde akkerlanden zo veel mogelijk dient vermeden te worden. De weilanden in de overstromingsgebieden daarentegen, moeten overstroombaar blijven.

Vroeger werd uitgegaan van het standpunt dat zo weinig mogelijk land mocht overstromen, met als gevolg dat langs de rivieren hoge dijken werden geconstrueerd, wat een drastische aanpassing was voor de rivier en zijn natuurlijke omgeving. Momenteel is men eerder van deze visie afgestapt en gaat men ervan uit dat extreme afvoeren en de bijhorende overstromingen natuurlijke verschijnselen zijn die niet vermeden kunnen worden. In deze nieuwe strategie staat het minimaliseren van de schade tengevolge van overstromingen dan ook centraal. Er wordt gesproken van minimaliseren omdat het voorkomen van schade geen economisch haalbare oplossing is. Deze strategie om de wateroverlast aan te pakken kan opgesplitst worden in drie verschillende stappen, namelijk het vasthouden, bergen en afvoeren van water. Bij de aanpak van de wateroverlast zullen effectieve oplossingen die aansluiten bij het natuurlijke watersysteem voorrang krijgen. Enkel indien deze aanpak niet mogelijk is zal men overgaan tot de eerder technische maatregelen. Maar vooraleer deze strategie besproken wordt, wordt eerst gekeken of er eventueel ook preventieve maatregelen zijn die een gunstig effect hebben op de overstromingsproblematiek.

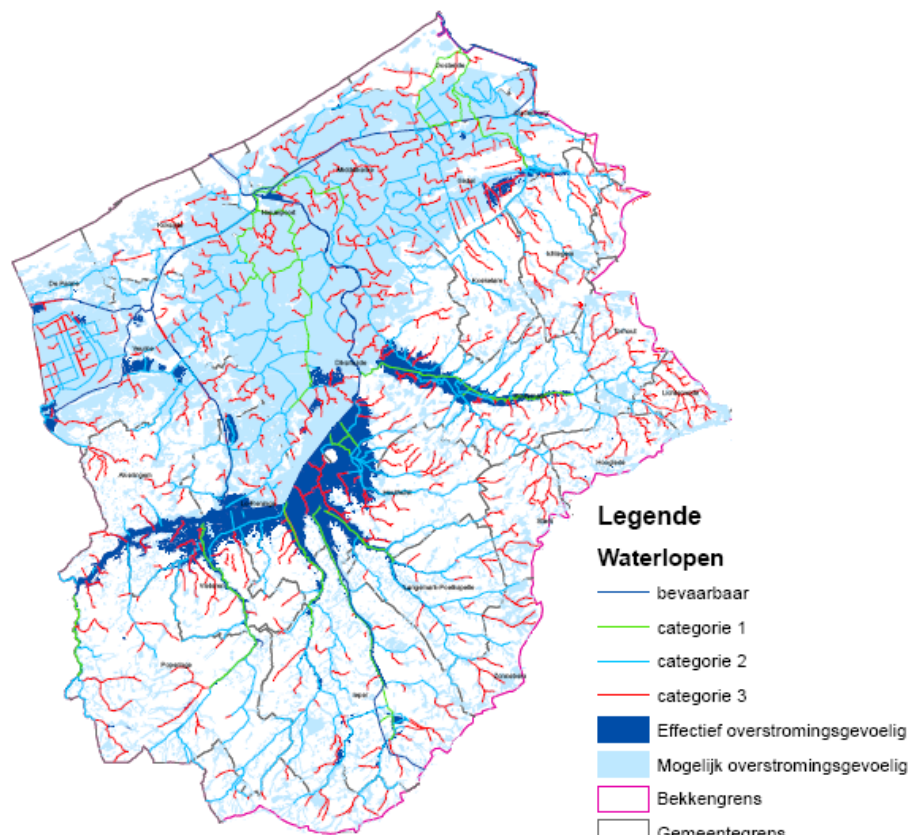
Preventieve maatregelen

Preventieve maatregelen kunnen heel effectief zijn voor de aanpak van overstromingen, aangezien ze het probleem van bij de wortel aanpakken. Hoe dicht er bij de wortels aangegrepen wordt, hoe effectiever de maatregelen zijn.

Een preventieve maatregel is de watertoets, die als doel heeft de schadelijke effecten van menselijke ingrepen op het watersysteem te voorkomen. De watertoets werd in november 2003 ingevoerd met het in werk treden van het decreet Integraal Waterbeleid. Elke nieuwe aanvraag voor een vergunning en elk plan of programma die een impact kunnen hebben op het watersysteem, dient onderworpen te worden aan de watertoets vooraleer ze goedgekeurd wordt. Op basis van deze watertoets kunnen maatregelen opgelegd worden of in het slechtste geval kan zelfs de vergunning, het plannen of het programma geweigerd worden.

De watertoets bestaat uit 7 verschillende kaarten, één daarvan is de watertoetskaart met de overstromingsgevoelige gebieden (Figuur 61). De donkerblauwe zones stellen gebieden voor die effectief overstromingsgevoelig zijn, de lichtblauwe staan voor mogelijke overstromingsgevoelige gebieden. In principe zal er in overstromingsgevoelige gebieden niet meer gebouwd mogen worden. Hierop kunnen enkele uitzonderingen gemaakt worden waarvoor alsnog een vergunning wordt goedgekeurd. Een voorbeeld hiervan is dat een nieuwbouw in een bijna volgebouwde verkaveling die gelegen is in effectief overstromingsgevoelig gebied toch toegelaten kan worden, maar dan wel

onder strikte voorwaarden. In deze situatie is het uiterst belangrijk om in het ontwerp van de nieuwbouw rekening te houden met mogelijke overstromingen en het verlies in waterbergingsruimte te compenseren zodat de overstromingen in de omgeving zeker niet zullen toenemen (45).



Figuur 61 - Watertoetskaart voor overstromingsgevoelige gebieden

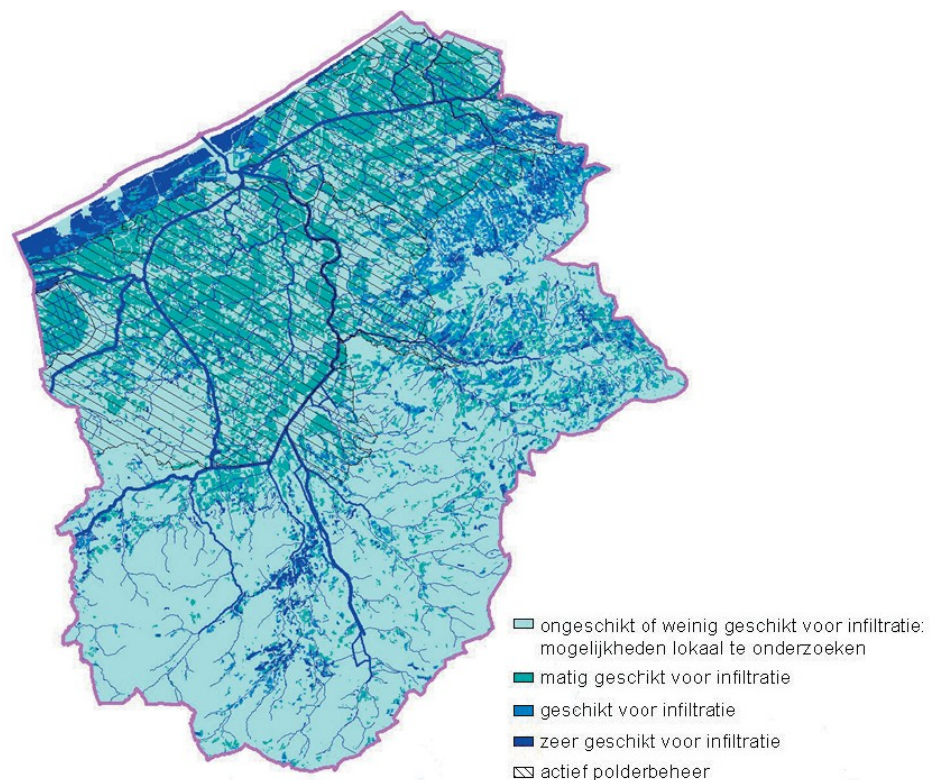
Vasthouden

Water vasthouden is één van de belangrijkste schakels in de strijd tegen overstromingen, omdat hiermee de afwatering naar de waterlopen wordt verminderd of vertraagd. Het vasthouden van water kan op meerdere manieren gedaan worden:

- Om de afvoer van het hemelwater richting dichtstbijzijnde waterloop te vertragen, moet aan het water de mogelijkheid gegeven worden om in de bodem te kunnen dringen. Dit heeft ook tal van andere voordelen. Zo worden de grondwatervoorraden aangevuld en zal verdroging minder vlug plaatsvinden. Ook zal er minder erosie en bijgevolg ook toevoer van sedimenten naar de waterlopen plaatsvinden waardoor minder baggerwerken in de waterlopen nodig zullen zijn. Infiltratie kan bevorderd worden door het ontharden van het oppervlak of door gebruik te maken van waterdoorlatende verhardingen. In landbouwgebieden daarentegen kan infiltratie bijvoorbeeld bevorderd worden door het toepassen van aangepaste teelt- en bewerkingstechnieken.

Bij niet-verharde oppervlakte wordt de infiltratiecapaciteit hoofdzakelijk bepaald door het bodemtype en de grondwaterstand. Zo zal een bodem met een luchtige structuur meer geneigd zijn om water op te nemen dan een bodem met een dichte structuur. Het grondwaterniveau zal hierbij bepalen hoeveel water er in de bodem kan infiltreren. Voor het

IJzerbekken werd een waterkansenkaart voor infiltratie opgesteld (Figuur 62, (46)). Een waterkansenkaart is een kaart waar de mogelijke kansen worden afgebeeld voor een watersysteemfunctie of een sectoractiviteit in een bepaald gebied. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de huidige ruimtelijke situatie. Hieruit blijkt dat slechts 35,8% van de oppervlakte van het IJzerbekken matig tot zeer geschikt is voor infiltratie. Opvallend hierbij is dat in het zuidelijk deel van het IJzerbekken infiltratie slechts beperkt mogelijk tot zelfs onmogelijk is. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan de aanwezigheid van een bijna ondoordringbare kleilaag. Er dient wel opgemerkt te worden dat de bodemkaart die gebruikt werd voor het opstellen van deze kaart slechts tot een diepte van 1,25m gaat, terwijl voor infiltratie ook de onderliggende grondlagen belangrijk zijn.



Figuur 62 - Waterkansenkaart voor infiltratie

- De meeste rioleringen in het IJzerbekken en meer algemeen in Vlaanderen behoren tot de gemengde stelsels, die zowel afval- als hemelwater afvoeren. Bij hevige neerslag kan dit leiden tot situaties waar de riolering het water niet tijdig kan verwerken, waardoor de straten onder water komen te staan. Ook zullen de rioleringen die voorzien zijn van overstorten, in deze situaties via deze overstorten verdund afvalwater op de oppervlaktewateren lozen, wat de waterkwaliteit ongunstig zal beïnvloeden. Tegenwoordig tracht de waterzuiveringsinfrastructuurbeheerder Aquafin zoveel mogelijk voor de gescheiden stelsel te kiezen, of toch tenminste voor gedeeltelijk gescheiden stelsels. Bij dit laatste type wordt het hemelwater dat op de wegverhardingen valt van de riolering afgekoppeld en laat men dit water zoveel mogelijk in de bodem dringen of loost men dit in een plaatselijke gracht. Algemeen kan dus gesteld worden dat het hemelwater zoveel mogelijk afgekoppeld moet worden van de riolering en eventueel hergebruikt moet worden. Huishoudens kunnen hier ook aan meehelpen door de installatie van een regenwaterput. Dit

is reeds verplicht sinds 1 februari 2005 bij nieuwbouw waarbij het dakoppervlakte minstens 75m² bedraagt en bij verbouwingen waar minder dan 60% van de buitenmuren blijven staan of het dak met minstens de helft wordt uitgebreid. Uitzonderingen hierop zijn gebouwen met rieten daken, groendaken en sommige landbouwbedrijven.

- Ook dienen de waterconserveringsgebieden beschermd en hersteld te worden. Waterconservering betekent het gebiedseigen water vasthouden voordat het via het oppervlaktewater afgevoerd wordt. Bijgevolg draagt waterconservering ook bij tot de afvlakking van piekdebieten. Belangrijke factoren bij de waterconservering zijn de aanvoer van kwelwater, het vasthoudend vermogen van de bodem en de helling. In Figuur 63 wordt de geschiktheidskaart voor de consensusgebieden voor waterconservering in het IJzerbekken gegeven (46). De geschiktheidskaart wordt opgesteld op basis van een waterkansenkaart en een of meer praktische randvoorwaardenkaarten. De waterkansenkaart wordt op haar beurt opgesteld aan de hand van de bodemkaart en de hellingskaart. De praktische randvoorwaarden omvatten de kaart met waterafhankelijke terrestrische ecosystemen en de kwetsbaarheidskaart voor verdroging. De beschermingsstatus van de natuurgebieden werd ook in rekening gebracht bij het opstellen van de geschiktheidskaart. Uit deze geschiktheidskaart blijkt dat 39,7% van de oppervlakte van het IJzerbekken consensusgebied is voor waterconservering. Hieruit blijkt ook eveneens dat vooral de valleigebieden geschikt zijn voor waterconservering, wat uiteraard logisch is. Ook kan vastgesteld worden dat een groot deel van de laaggelegen poldergebieden als waterconserveringsgebied aangeduid wordt. In deze actieve bemalen gebieden wordt echter het waterbeheer in functie van de landbouw uitgevoerd.



Figuur 63 - Geschiktheidskaart voor waterconservering (consensusgebieden)

Het bodembebruik in de waterconserveringsgebieden dient, in de mate dat dit mogelijk is, zoveel mogelijk afgestemd te worden op een natuurlijk grondwaterpeil en ook moet de versnelde afvoer van water er tegengegaan te worden. Het weiland dient zoveel mogelijk behouden te worden en waar mogelijk het bodembebruik naar weiland te veranderen.

Er dient in de toekomst verhinderd te worden dat de oppervlakte van de waterconserveringsgebieden niet gaat afnemen. Zo dient vermeden te worden dat nog niet bebouwde gebieden die in waterconserveringsgebieden gelegen zijn en die op het gewestplan als woongebied, woonuitbreidingsgebied, industriegebied, uitbreidingsgebieden industrie, verblijfsrecreatie, handel en gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut aangeduid staan, bebouwd of verhard worden. Deze gebieden worden op Figuur 64 (46) weergegeven als de rode zones. Er kan geconcludeerd worden dat deze slechts een beperkte oppervlakte innemen.



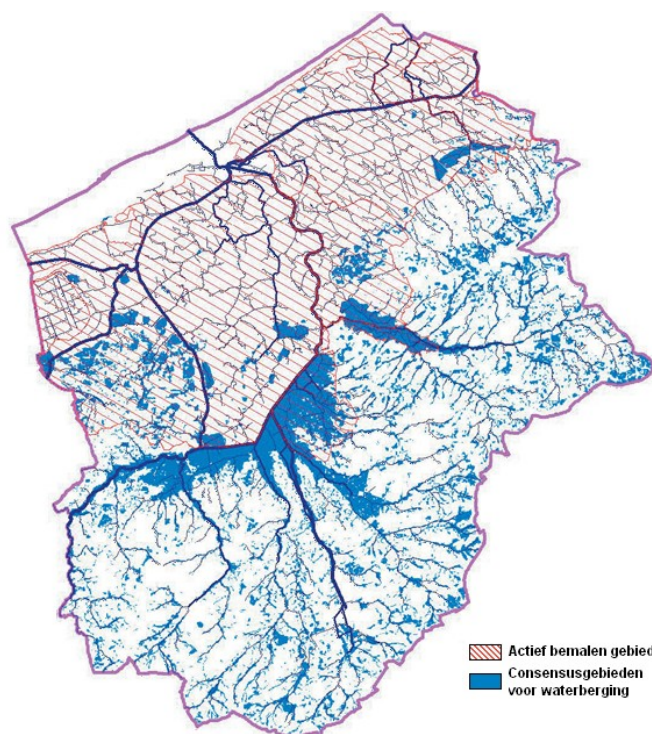
Figuur 64 - Niet bebouwde gebieden met bestemming wonen, industrie of handel op gewestplan en gelegen in waterconserveringsgebieden

Bergen

Dikwijls is het vasthouden van hemelwater niet voldoende of kan men dit maar in beperkte mate doorvoeren, met als gevolg dat er gebieden nodig zijn waar het overtollig water tijdelijk geborgen kan worden. Op die manier wordt dus gepoogd om de overstromingen zo gecontroleerd mogelijk te laten plaatsvinden, meer bepaald op plaatsen waar de schade minimaal is. Daarom wordt er nu meer gezocht naar mogelijkheden om de natuurlijke overstromingsgebieden terug te geven aan de rivier. De onbebouwde valleigebieden van het IJzerbekken moet men daarom dus trachten bouwvrij te houden in de toekomst. Indien de teruggave van de natuurlijke overstromingsgebieden niet mogelijk is, door bijvoorbeeld de aanwezigheid van bebouwing in deze gebieden, dient gezocht te worden naar andere, meestal kunstmatige gebieden waar men in tijden van hoge afvoer water kan bergen. Kunstmatige wachtbekkens hoeven niet expliciet in een overstromingsgevoelige gebied aangelegd te worden en kunnen bijgevolg overal langsheen de waterlopen aangelegd worden. Een voordeel van

een kunstmatig wachtbekken is dat het eveneens kan dienen voor de watervoorziening van landbouwers. Maar er zijn ook nadelen aan verbonden, meer bepaald het hoge prijskaartje en de verstoring van de natuur. Doordat de IJzer op bepaalde plaatsen werd rechtgetrokken verloor hij een deel van zijn natuurlijke bergingsruimte. Ook werden de grachten de laatste jaren dikwijls uit het landschap verwijderd. Door de meanders terug te herstellen en de grachten te herwaarderen, zal eveneens bijgedragen worden tot de bergingscapaciteit.

Voor de waterberging werd ook een geschiktheidskaart opgesteld voor het IJzerbekken (Figuur 63). De waterkansenkaart die hiervoor gebruikt is, geeft een overzicht van de overstroombare gebieden met uitsluiting van de antropogene invloeden en werd opgesteld aan de hand van de van nature overstroombare gebieden, de hoogteligging van de gebieden ten opzichte van de waterloop, de recent overstroomde gebieden en het risico op overstroming. De praktische randvoorwaardenkaart bestaat uit een combinatie van de sectorvisie en de huidige ruimtelijke situatie. In de sectorvisiekaart staat het streven om de waterloop zo veel mogelijk ruimte te geven centraal en deze wordt bijgevolg opgemaakt aan de hand van de van nature overstroombare gebieden en de risicokaart voor overstromingen. De verstedelijkte gebieden die binnen deze sectorvisie vallen, dienen verwijderd te worden uit de uiteindelijke visie. Gebieden met ander bodemgebruik zoals landbouw kunnen eventueel wel deel uitmaken van de uiteindelijke visie aangezien landbouw soms te combineren valt met waterberging. Uit de geschiktheidskaart voor waterberging blijkt dat 15,9% van de oppervlakte van het IJzerbekken geschikt is als consensusgebied. Deze gebieden zijn hoofdzakelijk gesitueerd in de valleigebieden en de bovenlopen en komen grotendeels overeen met de consensusgebieden voor waterconservering. Dit zijn hoofdzakelijk ook de actuele waterbergingsgebieden, de overige waterbergingsgebieden die verspreid liggen over het gehele IJzerbekken zijn de potentiële waterbergingsgebieden. Hier geldt ook dezelfde opmerking over de laaggelegen en actief bemalen poldergebieden als bij de waterconserveringsgebieden: het waterbeheer staat in deze gebieden volledig ter beschikking van de landbouw.



Figuur 65 - Geschiktheidskaart voor waterberging (consensusgebieden)

Ook bij de waterbergingsgebieden dient verhinderd te worden dat de oppervlakte van deze gebieden niet afneemt in de toekomst. Net zoals bij de waterconserveringsgebieden dient verhinderd te worden dat nog niet bebouwde gebieden die in waterbergingsgebieden gelegen zijn en die op het gewestplan als woongebied, woonuitbreidingsgebied, industriegebied, uitbreidingsgebieden industrie, verblijfsrecreatie, handel en gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut aangeduid staan, bebouwd of verhard worden.

Afvoeren

Soms kan het zijn dat de combinatie van het vasthouden en het bergen van water nog steeds onvoldoende is om de wateroverlast te beperken. In dit geval moet men toezien dat de afvoer van het water op een vlotte en veilige manier kan verlopen. Hiervoor kan het noodzakelijk zijn dat één of meerdere van de onderstaande acties nodig zullen zijn (23):

- de installatie van pompen
- het aanpassen van stuwen
- het verbreden van de waterlopen met flauwe natuurtechnische taluds
- de aanleg van afleidingskanalen
- het uitvoeren van ruimings- of baggerwerken

Vooraleer één van bovenstaande acties uitgevoerd wordt, dient nagegaan te worden dat hierdoor andere gebruiksfuncties van de rivier (bv. scheepvaart, landbouw, recreatie,...) niet in het gedrang komen.

Indien bebouwde gebieden dan nog steeds gevoelig zouden zijn aan overstromingen, dienen deze gebieden bijkomend beschermd te worden door bijvoorbeeld toch over te gaan tot de constructie van dijken. Hierbij dienen de dijken zo beperkt mogelijk te blijven en bij voorkeur voldoende ver van de waterloop zodat zoveel mogelijk ruimte voor het water beschikbaar blijft.

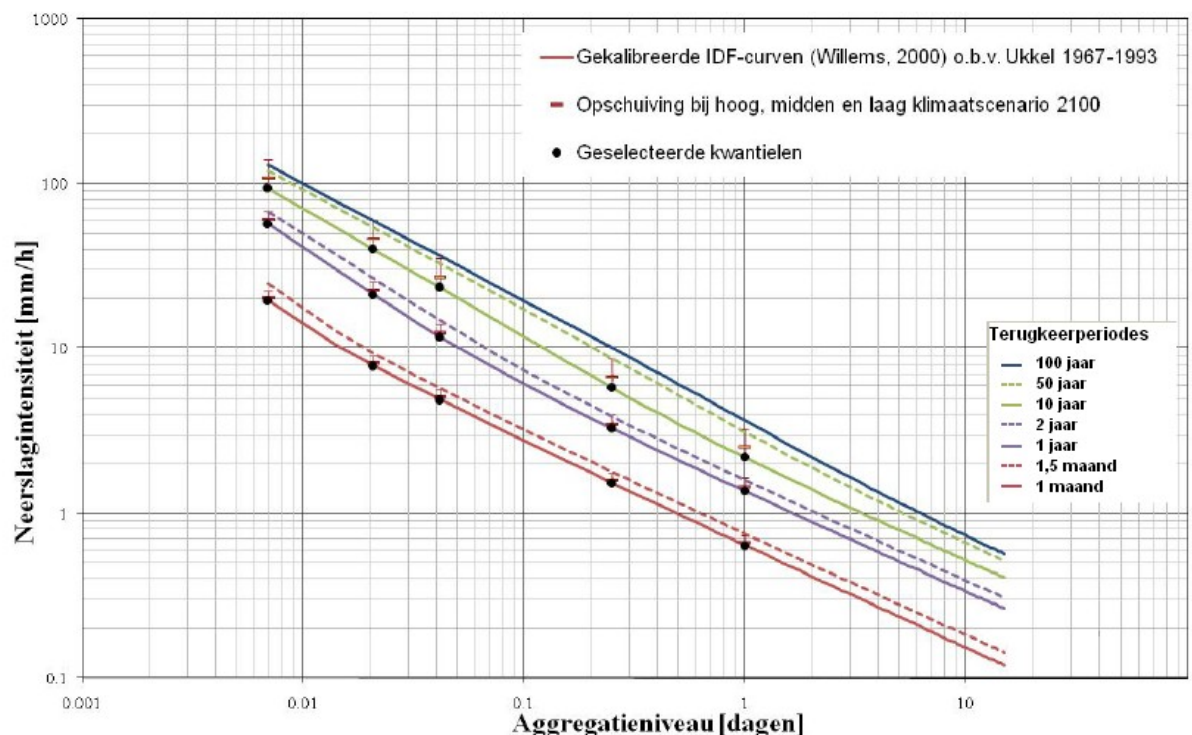
Voorspellings- en waarschuwingssystemen

In gebieden met een overstromingsrisico is het ook belangrijk dat er een waarschuwings- en alarmsysteem aanwezig is dat gebruik maakt van accurate voorspellingsmethoden. In 2009 heeft de Vlaamse Milieumaatschappij een overstromingsvoorspeller ontwikkeld en in werking gesteld. In dat jaar kreeg dit alarmsysteem al direct zijn eerste vuurdoop met de overstromingen van eind november. Bij de overstromingsvoorspeller zijn 2 waterpeilen van belang, namelijk het waakpeil en het alarmpeil. Het waakpeil is het peil waarbij overstromingen in niet-kritieke gebieden kunnen optreden, terwijl het alarmpeil het peil is waarbij de overstromingen in bebouwde gebieden kunnen plaatsvinden. De voorspeller geeft ieder uur een voorspelling van de te verwachten waterstanden voor de twee daaropvolgende dagen. Dit gebeurt op basis van neerslagverwachtingen en -metingen, klepstanden, en andere actuele lokale informatie. Het bekomen resultaat, dat bestaat uit het overstromingsrisico, de waterstanden en de voorspelde neerslaghoeveelheden, wordt afgebeeld op topografische kaarten en deze worden voor iedereen ter beschikking gesteld via een website. Wanneer dit programma kritieke overstromingen voorspelt verwittigt de VMM de waterbeheerders en hulp- en crisisdiensten, zodat tijdig preventieve maatregelen kunnen genomen worden (zoals het uitdelen van zandzakjes) om de schade te beperken. Uit de overstromingsvoorspeller kan ook afgeleid worden hoe de stuwen en andere waterbeheersingskunstwerken moeten bijgesteld worden om de schade zo klein mogelijk te houden (47).

Ontwerp van rioleringsstelsels

Door de verwachte toename van de extreme neerslagperioden als gevolg van de klimaatsverandering, zullen de piekdebieten in de rioleringsstelsels en kleinschalige buffervoorzieningen ook aan een stijging onderhevig zijn. Indien men hiermee geen rekening houdt bij de dimensionering van beide elementen, wordt dan ook verwacht dat in de toekomst de rioleringen de neerslag niet tijdig kunnen verwerken, met overstromingen van de straten tot gevolg en ook zullen de overstorten van de buffervoorzieningen meer in werking treden.

Voor de dimensionering van rioleringsstelsels dient een aangepaste ontwerpneerslag gebruikt te worden. In het kader van de studie “Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de ontwerp-Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringsystemen” werden nieuwe intensiteit-duur-frequentie-curven (IDF-curven) voor het gematigde en het natte klimaatsveranderingsscenario ontwikkeld (Figuur 66). De IDF-curven geven de intensiteit van de neerslagbui weer in functie van het aggregatieniveau voor verschillende terugkeerperiodes. De volle en onderbroken lijnen stellen de huidige gekalibreerde IDF-curven voor die ontwikkeld werden aan de hand van de meetgegevens te Ukkel voor de periode 1967 tot 1993. De boxplots die waar te nemen zijn ter hoogte van de zwarte punten, geven de verwachte verandering weer in neerslagintensiteit ten gevolge van de klimaatsverandering. De box geeft hierbij de verwachtingen weer voor het matige klimaatsveranderingsscenario, de bovenliggende whisker staat voor deze van het natte klimaatsveranderingsscenario(48).



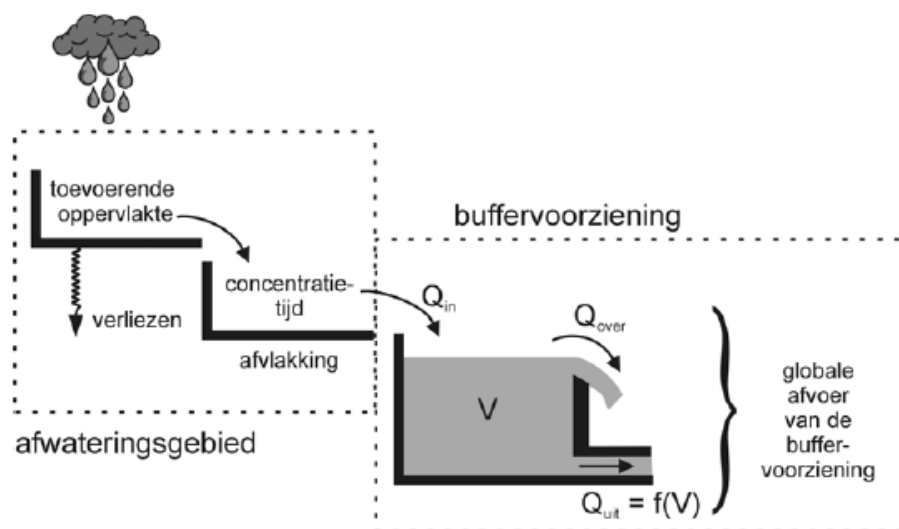
Figuur 66 - Aangepaste IDF-curve voor het gematigde en natte klimaatsveranderingsscenario

Uit de IDF-curven kunnen de composietbuien (ontwerpneerslag) afgeleid worden die gebruikt worden bij de dimensionering van de riolering. Voor het natte klimaatsveranderingsscenario is gebleken dat voor eenzelfde ontwerpneerslag de terugkeerperiode in dit natte scenario ongeveer gehalveerd is ten opzichte van de huidige situatie. Uit Tabel 6 blijkt deze vaststelling niet meer geldig te zijn voor grotere terugkeerperiodes (48).

Terugkeerperiode huidige situatie	Overeenstemmende terugkeerperiode nat klimaatsveranderingsscenario
1,5 maand	1 maand
2 jaar	1 tot 1,5 jaar
5 jaar	2 maand
50- 100 jaar	10 jaar

Tabel 6 - Terugkeerperiodes voor eenzelfde ontwerpneerslag in huidig en nat klimaatsveranderingsscenario

In dezelfde studie werd de invloed van de klimaatsverandering op de dimensionering van kleinschalige buffervoorzieningen als bronmaatregelen bij rioleringsstelsels onderzocht. Deze studie werd gedaan aan de hand van het continu “bakken”- simulatiemodel van Vaes (Figuur 67). Hieruit is gebleken dat indien de buffervoorzieningen niet aangepast worden de terugkeerperiode van de overstorten voor de meest gangbare doorvoerdebieten en de maximale bergingswaarden halveren voor het hoge klimaatsveranderingsscenario voor 2100, met andere woorden zullen de buffervoorzieningen dubbel zoveel overlopen dan in de huidige situatie. Om dezelfde terugkeerperiodes te behouden werd gevonden dat voor een constant veronderstelde doorvoer de capaciteit van de buffervoorzieningen gemiddeld 20 tot 30% hoger dient te zijn voor het hoge klimaatsveranderingsscenario voor 2100 (48).



Figuur 67 - Simulatiemodel voor buffervoorzieningen als bronmaatregel bij rioleringsstelsels

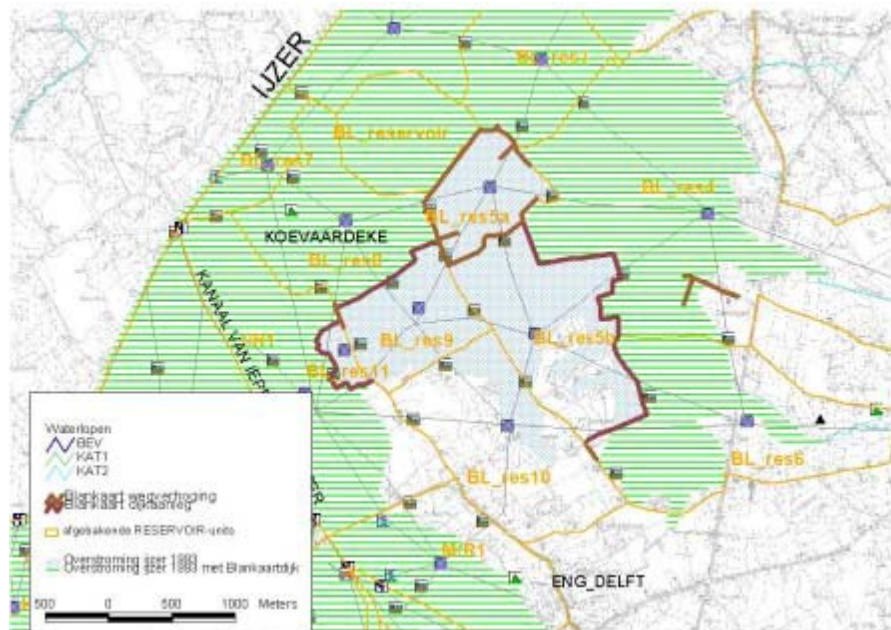
4.10. Mogelijke scenario's om de impact van overstromingen te beperken

In dit onderdeel worden mogelijke maatregelen en hun impact op de overstromingen besproken. Dit wordt gedaan voor verschillende waterlopen in de risicovolle overstromingsgebieden in het IJzerbekken. De scenario's langs de IJzer worden uitvoerig besproken, langs de andere waterlopen wordt een overzicht gegeven van geplande, uitgevoerde of zinvolle maatregelen.

4.10.1. Langs de IJzer

Indijkingswerken in het Blankaartgebied

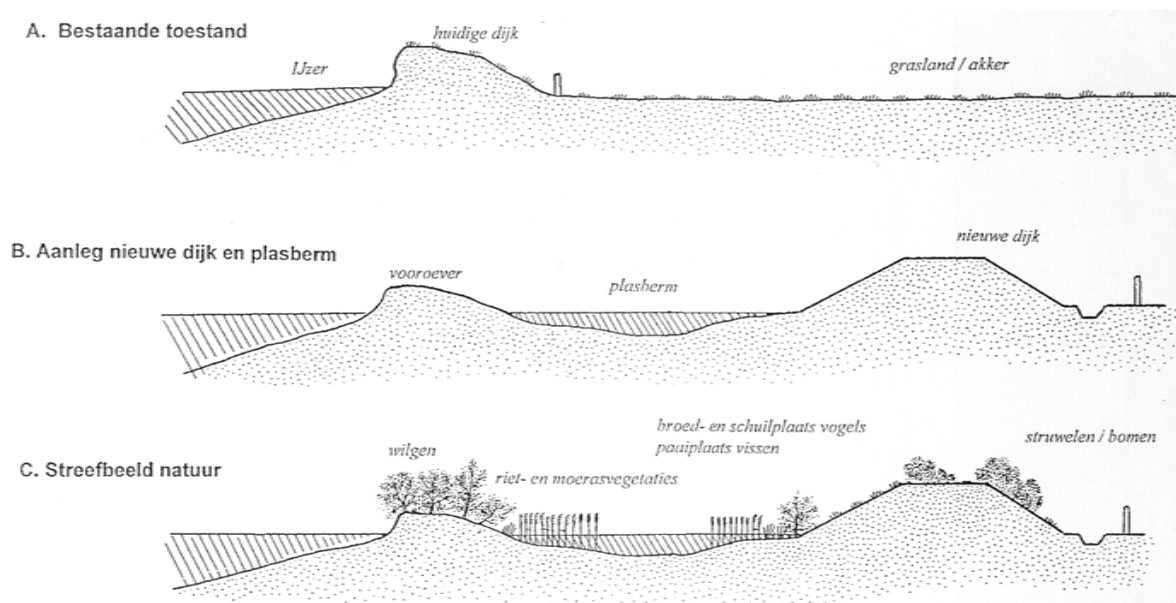
In het Blankaartgebied zijn enkele woningen en hoeven gelegen die af en toe te kampen hebben met wateroverlast. Om deze bebouwing en hun inwoners te beschermen tegen overstromingen, zou een indijking en wegverharding rond het te beschermen gebied uitgevoerd kunnen worden. In Figuur 68 wordt een mogelijke configuratie van deze dijk en wegverhoging voorgesteld door de bruine lijnen. In de simulatie met het hydrodynamisch model werden aan deze dijken een hoogte van 5,5m TAW gegeven. In de simulatie werd deze nieuwe toestand vergeleken met de huidige voor de was van 1993. Uit de berekening werd geconcludeerd dat de woningen beschermd blijven tegen eventuele wateroverlast, bij een was met een grootteorde die vergelijkbaar is met deze van 1993. Er blijkt eveneens dat de aanleg van deze dijken en wegophoging een beperkte invloed hebben op het waterniveau van het Blankaartbekken en de IJzer (38).



Figuur 68 - Indijkingsscenario in het Blankaartgebied

Het aanleggen van plasbermen

De aanleg van plasbermen kan een mogelijke maatregel zijn om de overstromingen te verminderen, aangezien deze plasbermen extra ruimte creëren. Deze bermen zijn eveneens positief voor de natuurontwikkeling. Bij de plasberm wordt meer landinwaarts een nieuwe dijk gebouwd en tussen de rivier en de nieuwe dijk wordt een natte zone gecreëerd. Deze natte zone wordt van de eigenlijke rivier gescheiden door een vooroever die de erosiekracht van het water opvangt. De plasbermen kunnen in open contact staan met de rivier aan de hand van openingen. In de ondiepe natte zone is er een tragere stroomsnelheid en bevinden zich de plaatsen waarin water- en moerasvegetatie tot ontwikkeling kunnen komen.



Figuur 69 - Voorstelling van de plasbermen

In een studie werd nagegaan wat de effecten op het waterpeil zijn door de aanleg van plasbermen verspreid over het gedeelte van de IJzer tussen Diksmuide en Nieuwpoort. In het geanalyseerde scenario werd het hydrologische model uitgebreid met plasbermen waar 1 opening in de vooroever voorzien is om de 80m. Als breedte van de opening werd 8m genomen. Er werden twee verschillende scenario's geanalyseerd, namelijk één met 4 plasbermen (scenario 1) en één met 7 plasbermen (scenario 2). De kenmerken van de plasbermen in beide scenario's worden gegeven in Tabel 7 (38).

Scenario 1				
Naam	Victoriakleiputten	Schoorbakke	Mannekensvere	Stuivenkenskerke
Oppervlakte	13,6ha	4,2ha	3,8ha	0,4ha
Lengte	930m	1000m	900m	200m
Max breedte	130m	25m	25m	20m
Max diepte	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW
Vooroever	3,5-4m TAW	4m TAW	4m TAW	3,5m TAW

Scenario 2							
Naam	Diksmuide	Beerstblote	Victoriakleiputten	Schoorbakke	Stuivenskerke	Blauwhof	Mannekensvere
Oppervlakte	11,2ha	11,1ha	31ha	7,1ha	0,4ha	9ha	6,7ha
Lengte	830m	1280m	2150m	1700m	200m	950m	1600m
Max breedte	120m	70m	300m	25m	20m	100m	25m
Max diepte	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW	1,6m TAW
Vooroever	3,5-4m TAW	4m TAW	4m TAW	4m TAW	3,5-4m TAW	4m TAW	4m TAW

Tabel 7 - Kenmerken van de plasbermen in de scenarioanalyses

Uit het hydrologische model is gebleken dat bij een grote was, het waterniveau slechts weinig daalt in vergelijking met de huidige situatie. Een verlaging van het waterpeil houdt in dat de overstromingsgebieden die gravitair naar de IJzer afwateren minder lang onder water zullen staan. De daling is het grootst op de plaatsen waar de plasbermen worden geconstrueerd en opwaarts is het effect van de plasberm zo goed als verwaarloosbaar, op sommige plaatsen is er zelfs een kleine stijging van het waterpeil waar te nemen. De peilverlagingen als gevolg van het aanleggen van plasbermen worden weergegeven in Tabel 8 voor verschillende plaatsen langsheen het traject van de IJzer (38).

Plaats	Peilverlaging [cm]	
	Scenario 1	Scenario 2
Roesbrugge-Haringe	0,5	0,5
Stavelebrug	0,6	0,7
Elzendamme	0,4	0,5
IJzer: Fintele	0	0,2
IJzer: Kemmelbeek	-1,4	-1,1
IJzer: Ieper-IJzer	-1,3	-1,0
IJzer: Stenensluisvaart	-0,9	0,1
Diksmuide	0	1,8
Tervatebrug	6,1	1,1
Nieuwpoort	4,6	10,9

Tabel 8 - Peilverlaging als gevolg van de aanleg van plasbermen

Het verbreden van de IJzer tussen Diksmuide en Nieuwpoort

Momenteel is de IJzer tussen Diksmuide en Nieuwpoort volledig ingedijkt, waardoor overstromingen in deze zone bijna niet voorkomen. Aan de hand van het hydrologische model werd nagegaan wat het effect zou zijn op de overstromingen indien de IJzer langs beide zijden verbreed zou worden, zodat de totale breedte tussen 50 en 100m varieert. Zo blijkt dat deze verbreding kan leiden tot peilverlaging van bijna een halve meter ter hoogte van Diksmuide. Opwaarts van Diksmuide zijn de peilverlagingen eerder beperkt, zo zou de peilverlaging in Roesbrugge-Haringe slechts 1,3cm bedragen. De peilverlagingen op verschillende plaatsen langsheen het traject van de IJzer worden weergegeven in Tabel 9 (38).

Plaats	Peilverlaging [cm]
Roesbrugge-Haringe	1,3
Stavelebrug	2,8
Elzendamme	4,2
IJzer: Fintele	5,0
IJzer: Kemmelbeek	13,0
IJzer: Ieper-IJzer	22,4
IJzer: Stenensluisvaart	32,6
Diksmuide	46,5
Tervatebrug	42,8
Nieuwpoort	22,3

Tabel 9 - Peilverlaging als gevolg van verbreden van de IJzer

4.10.2. In het stroomgebied van de Handzamevaart

Naar aanleiding van de overstroming in juli 2005 werden verschillende maatregelen gepland om de impact van de wateroverlast langs de Handzamevaart te beperken. Zo is er in Kortemark een verhoging van de beschermingsdijk op- en afwaarts van de koker onder het centrum gepland om deze gemeente zelf te beschermen. Uit onderzoek aan de hand van het hydrologisch model van de Handzamevaart voor de storm van juli 2005 is gebleken dat afwaarts van de koker een dijkhoogte van 8,5m TAW volstaat voor de bescherming van Kortemark, terwijl opwaarts van de koker de dijkhoogte 10m TAW dient te bedragen.

Een andere maatregel die onderzocht werd en door zijn significant gunstig effect dan ook gepland staat is het vergroten van de capaciteit van het wachtbekken van de provincie. Meer specifiek gaat het om een verdubbeling van de capaciteit, wat een totale capaciteit van ongeveer 100 000m³ oplevert.

4.10.3. In het stroomgebied van de Poperingevaart

Naar aanleiding van de zomeroverstromingen van juli 2005 en juli 2007 werden tal van mogelijke maatregelen ontwikkeld met als doel de impact van de wateroverlast te beperken in de omgeving van de Poperingevaart. Een deel van de maatregelen bleek nauwelijks of zelfs een verwaarloosbaar effect te hebben. In totaal werden ruim 30 maatregelen ontwikkeld en geanalyseerd met behulp van de hydraulische modellen van de Poperingevaart en zijn zijwaterlopen voor de storm van juli 2007. Slechts enkele van deze maatregelen werden reeds uitgevoerd en een paar andere staan nog gepland om uitgevoerd te worden. Deze geplande of uitgevoerde maatregelen worden weergegeven in Tabel 10 (49). Als deze maatregelen afzonderlijk beschouwd worden, blijkt dat de wateroverlast op kritieke plaatsen niet opgelost kan worden. Maar de combinatie van de maatregelen kan daarentegen wel leiden tot een oplossing voor het grootste deel van de knelpunten.

Plaats	Maatregel	Specifiek doelstelling
Havermuis (gelegen langs de Vleterbeek)	Weghalen stuw en vistrap	Verkleinen van de wateroverlast ter hoogte van de woningen nabij Havermuis
Bufferbekken langs de Vleterbeek	Uitdiepen van het bufferbekken	
Op de rechteroever van de Vleterbeek opwaarts van de Westlaan en afwaarts van de Boesscheepseweg	Creatie van nieuw bufferbeken met een capaciteit van 120 000m ³	
Langs de winterbeek	Creatie van een nieuw bufferbekken	Bescherming van de militaire begraafplaats en zijn toegangsweg
Langs de Bommelaersbeek opwaarts van de Oostlaan	Uitbreiding van het huidig bufferbekken met capaciteit van 36 000m ³ naar 73 000m ³ en optimalisatie en automatisering van de schuifconstructie	
Langs de Hipshoek - en de Eikhoekbeek (einde ringlaan-Provenseweg)	Creatie van een nieuw bufferbekken met een capaciteit van 46 000m ³	Verkleinen van de wateroverlast in de stad Poperinge
Langs de Hipshoekbeek opwaarts van Diepemeers	Waterkering aan de hand van een schuifconstructie	
Langs de Poperingevaart	Oeverzoneproject met onder andere de creatie van extra bufferruimte tussen de Switchroad en de Oostlaan	Verkleinen van de wateroverlast ter hoogte van de woningen nabij Switchroad

Tabel 10 - Geplande of uitgevoerde maatregelen in het stroomgebied van de Poperingevaart

4.10.4. Maatregelen langs ander waterlopen

Ook langs de andere waterlopen die af en toe te maken hebben met overstromingen werd het effect van een aantal potentiële maatregelen onderzocht via het hydraulisch model van de waterloop en een reeds opgetreden was (veelal is dit de storm van juli 2005). Zo werd langs de Kemmelbeek de invloed van de stand van de Bernardplasstuw te Boezinge en extra bufferruimte ter hoogte van Vlamertinge onderzocht. De onderzochte maatregelen langs de Ieperlee hadden ook hoofdzakelijk betrekking op extra bufferruimte en de optimalisering van de stuwen.

Algemeen kan besloten worden dat het effect van de maatregelen eerder heel lokaal is en dat ze elk afzonderlijk niet volstaan om de knelpunten weg te werken. Een combinatie van meerdere maatregelen daarentegen kan wel voldoende effectief zijn om de wateroverlast in de knelpunten te minimaliseren of zelfs volledig weg te werken.

5. Conclusie

De aarde is onderhevig aan klimaatsveranderingen, dit uit zich onder meer in de globale opwarming van de aarde. Naast deze temperatuurstoename kunnen ook veranderingen in neerslag (zowel hoeveelheid als -frequentie) en extreme weersfenomenen waargenomen worden. De verandering in deze klimaatvariabelen kent ook rechtstreekse gevolgen, zoals de stijging van de zeespiegel en de toename van het aantal overstromingen. Naast de rechtstreekse gevolgen zijn er ook nog de secundaire gevolgen die opgedeeld kunnen worden in de economische, ecologische en sociale impact. Enkele voorbeelden van dit type gevolgen zijn de verwachting van een stijging van het toerisme in de Belgische kustzone, meer hittegerelateerde gezondheidsaandoeningen en de verschijning van meet uitheemse planten- en diersoorten in Vlaanderen.

Onderzoekers trachten de klimaatsverandering te voorspellen via klimaatsveranderingsscenario's. Aangezien de uitstoot van broeikasgassen als één van de belangrijkste oorzaken van klimaatsverandering verondersteld wordt, is de basis van de klimaatsveranderingsscenario's te vinden bij de broeikasgasemissiescenario's, met als voornaamste deze opgesteld door het IPCC. Voor Vlaanderen wordt hoofdzakelijk gewerkt met de 3 klimaatsveranderingsscenario's (nat, gematigd en droog) die opgesteld werden in kader van het CCI-HYDR-project. Aangezien deze scenario's nog vrij recent zijn, werd bij sommige voorgaande onderzoeken gebruik gemaakt van de Nederlandse KNMI-scenario's die uitgebreid werden met een extreem scenario waarin uitgegaan wordt van een zeespiegelstijging van 2m.

Aangezien Vlaanderen een te grote omvang heeft om als één geheel te bestuderen en tevens uit gebieden bestaat met heel uitlopende kenmerken, werd er in deze masterproef toegespitst op één rivierbekken, namelijk het IJzerbekken. Na een algemeen beeld te schetsen over het IJzerbekken volgde een bespreking van de belangrijkste huidige knelpunten van het bekken. De overstromingsproblematiek bleek hierbij het belangrijkste huidige knelpunt te zijn, andere knelpunten zijn periodes met watertekort, de waterkwaliteit, de bodemerosie en het sedimententransport, de continue daling van de grondwatertafel en het peilbeheer in de poldergebieden. Vervolgens werd gezocht naar mogelijke gevolgen van de klimaatsverandering op het watersysteem. Een deel van de huidige knelpunten bleken als gevolg van de klimaatsverandering nog versterkt worden. De belangrijkste gevolgen van klimaatsverandering op het watersysteem in het IJzerbekken zijn de toename van de periodes met wateroverlast, de toename van de periodes met watertekort, de verdere stijging van de zeespiegel, grotere seizoensgebonden variaties in de grondwatertafel, de grotere vraag naar drinkwater, de wijziging van de waterkwaliteit, de toename van de bodemerosie en de verandering in de biodiversiteit. De stijging van de zeespiegel heeft op zijn beurt meerdere gevolgen: een verlies aan strandoppervlakte, een hoger overstromingsrisico, een grotere erosie van de kustlijn, de intrusie van zout water in de estuaria en de waterhoudende grondlagen, een kortere afvoertijd van water uit de polders en rivieren naar zee,...

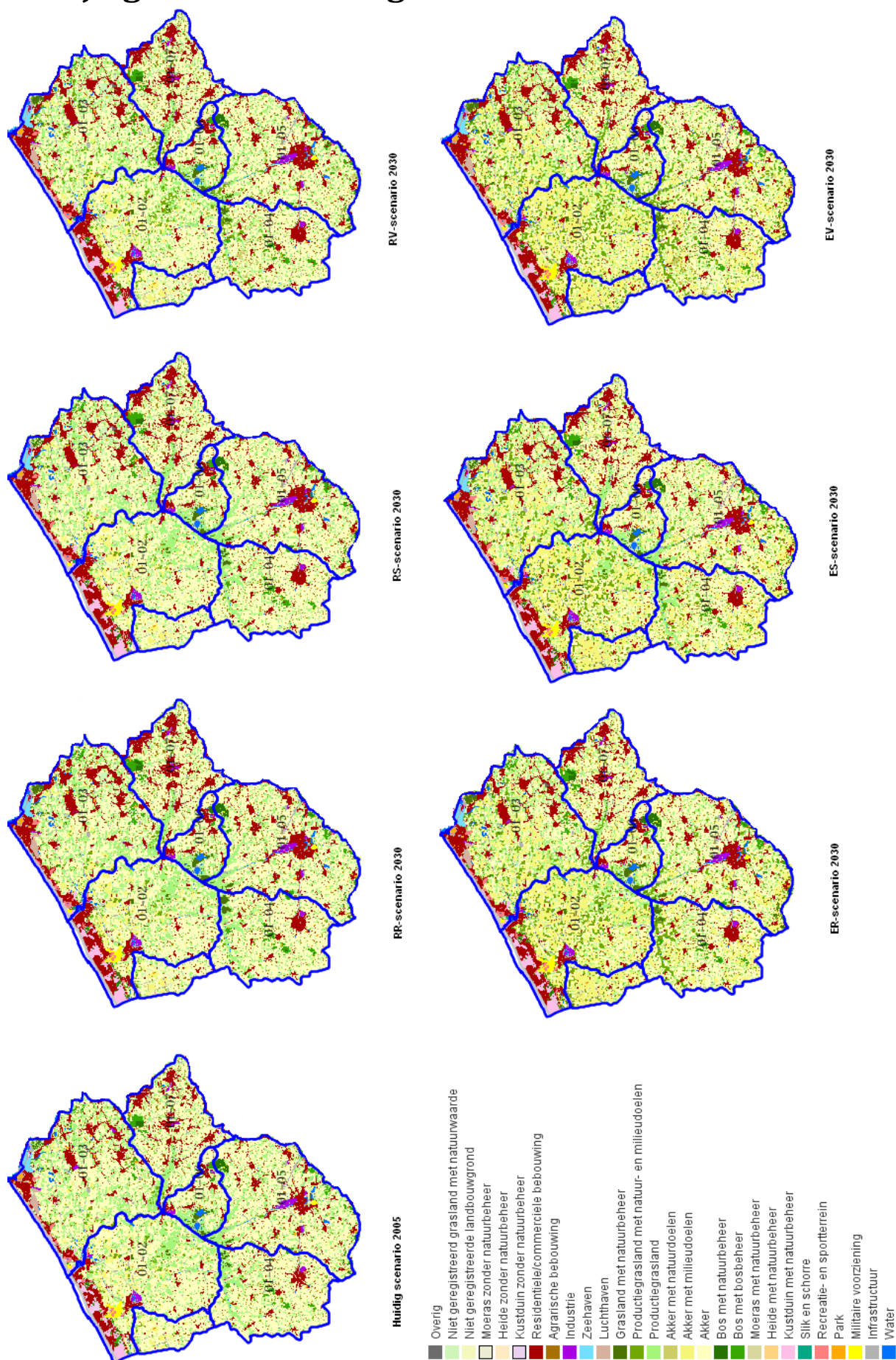
Aangezien de overstromingen in het IJzerbekken het belangrijkste huidige knelpunt is en verwacht wordt dat dit als gevolg van de klimaatsveranderingen ook zo zal blijven, werd deze problematiek nader onderzocht. Bijna jaarlijks vinden winteroverstromingen plaats in het IJzerbekken, uitzonderlijk kunnen ook meer extremere zomeroverstromingen optreden. Hierbij werden onder andere de overstromingskaarten per klimaatscenario en het overstromingsrisico door klimaatsverandering bij

huidig landgebruik besproken. Zo wordt voor beide zaken een afname verwacht in respectievelijk de oppervlakte van het overstromingsgebied en het overstromingsrisico voor het droge en gematigde klimaatsveranderingsscenario. Bij het natte scenario werd voor beide zaken een toename verwacht. Aangezien het landgebruik een nog groter belang heeft dan de klimaatsverandering bij de bepaling van het overstromingsrisico, werd eveneens het overstromingsrisico door klimaatsverandering bij gewijzigd landgebruik besproken. Hier bleek ook enkel een stijging te zijn van het overstromingsrisico voor 2100 ten opzichte van 2005 voor het natte klimaatsveranderingsscenario. Wel kon vastgesteld worden dat de risico's bij alle drie de scenario's groter waren dan bij het huidig landgebruik.

De huidige overstromingsproblematiek werd vervolgens onderzocht aan de hand van een DPSI-R-analyse met als doel een duidelijk zicht te krijgen van de oorzaken van de overstromingen en hiervoor maatregelen te vinden om de hinder van de wateroverlast zoveel mogelijk proberen te beperken in de toekomst. Als voornaamste maatregel kwam hier het toepassen van de drietrapsstrategie "vasthouden-bergen-afvoeren" naar boven.

Tenslotte werden een aantal onderzochte maatregelen (zoals de aanleg van plasbermen, bufferbekkens en de optimalisatie van stuwen) besproken langs bepaalde waterlopen in het IJzerbekken. Algemeen kon hierbij besloten worden dat het effect van de maatregelen eerder heel lokaal was en dat ze elk afzonderlijk niet volstonden om de knelpunten weg te werken. Een combinatie van meerdere maatregelen daarentegen zou wel voldoende effectief kunnen zijn om de wateroverlast in de knelpunten te minimaliseren of zelfs volledig weg te werken. Bepaalde van de aangehaalde maatregelen werden reeds uitgevoerd of staan gepland.

Bijlage A: NARA-landgebruikscenario's



Bibliografie

1. **CcASPAR-project**. Introductie CcASPAR-project (PowerPoint presentatie). 2009.
2. **FRIS**. CcASPAR: Climate change and changes in Spatial structures in Flanders. *FRIS Research Portal*. [Online] www.researchportal.be.
3. **De Federale Dienst Klimaatverandering** . Klimaat. [Online] www.klimaat.be.
4. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report on Climate Change: The Physical Science Basis*. 2007.
5. **Dewitte, S.** Zon en aerosolen bestudeerd door het KMI. *Space Connection* 61. oktober 2007, 2007.
6. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. *Climate Change 2007: Synthesis Report - Summary for policymakers*. 2007.
7. **Vlaamse Milieumaatschappij**. *Milieurapport Vlaanderen - Achtergronddocument thema klimaatverandering*. 2008.
8. **The ADAPT project** . *Towards an integrated decision tool for adaptation measures*. 2008.
9. **Koninklijk Meteorologisch Instituut van België**. *Oog voor het klimaat*. 2008.
10. **Vlaamse Milieumaatschappij**. *MIRA 2009 & NARA 2009 - Wetenschappelijk rapport: Klimaatverandering en waterhuishouding*. 2009.
11. **Greenpeace en Katholieke Universiteit Leuven**. *Impact van de klimaatverandering in België*. 2004.
12. **WWF België**. Getuigenissen - Wanneer het klimaat verandert, verander alles! [Online] www.wwf.be.
13. **Lenntech BV**. IPCC scenario's voor klimaatverandering. [Online] www.lenntech.nl/broeikaseffect/ipcc-sres-scenarios.htm.
14. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. *IPCC Special Report - Emissions Scenarios*. 2000.
15. **Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut**. KNMI Klimaatscenario's - Klimaatscenario's voor Nederland. [Online] www.knmi.nl.
16. **Coördinatiecommissie Integraal Waterbeheer**. De deelbekkens van het IJzerbekken . [Online] www.bekkenwerking.be.
17. **IMDC**. *Sectorale analyse van het IJzerbekken- Deelrapport 13: Waterbeheersing en veiligheid*. 2003.
18. **Bekkenbestuur IJzerbekken**. *Achtergrondrapport Bekkenbeheerplan IJzerbekken: Omgevingsanalyse Watersystemkenmerken*.

19. **Integraal waterbeleid IJzerbekken.** *Achtergrondrapport Bekkenbeheerplan IJzerbekken: Sectorale Analyse.*
20. **Bekkenbestuur IJzerbekken.** *Bekkenbeheerplan van het IJzerbekken.* 2006.
21. **IMDC.** *Sectorale analyse va het IJzerbekken - Deelrapport 11: Natuur, bos en landschap.* 2003.
22. **Aquafin nv.** *Jaarverslag 2009.*
23. **Bekkenbestuur IJzerbekken.** *Vol van water... - De waterbeheerplannen in openbaar onderzoek: IJzerbekken.* 2006.
24. **Databank Ondergrond Vlaanderen.** Grondwatermeetnet.
[Online] dov.vlaanderen.be.
25. **Katholieke Universiteit Leuven en Waterbouwkundig Laboratorium.** *Climate change impact on hydrological extremes in Flanders:Regional differences.* 2008.
26. **CLIMAR.** Resultaten CLIMAR onderzoek "Veilig wonen aan de kust tot 2100"
(PowerPoint presentatie). 2010.
27. **CLIMAR.** Klimaatverandering en overstromingen - Workshop "De kust op maat van het klimaat"
(PowerPoint presentatie). 2008.
28. **TNO Bouw en ondergrond.** *Monitoring zoutwaterintrusie naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water "verzilting door zoutwaterintrusie en chloridevervuiling".* 2006.
29. **CLIMAR-project.** *Impacts of climate change on the physical and chemical parameters of the North Sea (literature study).* 2007.
30. **Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.** *Verwachte Klimaatverandering, gevolgen voor landbouw in Vlaanderen.* 2005.
31. **FutureWater.** *Klimaatverandering en waterkwaliteit.* 2006.
32. **Coördinatiecomissie Integraal Waterbeleid.** *De waterbeheerskwesties in Vlaanderen.*
33. **Europese Unie.** Flood management and evaluation. *Europe - Summaries of EU legislation.*
[Online] europa.eu/legislation_summaries.
34. **Waterbouwkundig Laboratorium.** *Was IJzer November-December 2009 - Samenvatting en hydrologische gebeurtenissen.* 2010.
35. **Vlaamse Milieumaatschappij.** *Verslag van de overstromingen van juli 2005 in West-Vlaanderen.* 2006.
36. **Provincie West-Vlaanderen Dienst Communicatie.** *Persbericht - Meer dan 15 miljoen euro toegekend aan slachtoffers natuurrampen in de provincie.* 2006.
37. **Provoost, T.** *De IJzer: een kleine stroom met een groot verleden.* 1997.

38. **IMDC.** *Interreg II beheerssysteem IJzerbekken - Uitbreiding hydrodynamisch model, Scenarioberekeningen natuurfunctie IJzer.* 2003.
39. **ADAPT-project.** *Towards an integrated decision tool for adaptation measures - Case study : floods.* 2008.
40. **VMM, Inbo en Vito.** Milieu- en natuurverkenning: Interactieve indicatorenatlas.
[Online] <http://rma.vgt.vito.be/verkenner>.
41. **VMM en Inbo.** *MIRA 2009 en NARA 2009 - Wetenschappelijk rapport Landgebruik in Vlaanderen.* 2009.
42. **VMM.** *Milieuverkenning 2030.* 2009.
43. **ADAPT.** *Final report - Towards an integrated decision tool for adaptation measures - Case study: floods.* 2010.
44. **Ingrid Coninx en Kris Bachus.** *Social vulnerability assessment of flood prone areas in Flanders.* 2009.
45. Watertoets.
[Online] www.watertoets.be.
46. **Bekkenbestuur IJzerbekken.** *Achtergronddocument Bekkenbeheerplan IJzerbekken: Visieondersteunende analyses.*
47. **Stadsomroep.com.** *Overstromingsvoorspeller IJzerbekken voorgesteld.*
[Online] <http://www.stadsomroep.com>.
48. **K.U.Leuven -Afdeling Hydraulica.** *Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringsystemen (Powerpoint Presentatie).* 2009.
49. **VMM.** *Actieplan tegen wateroverlast in het stroomgebied van de Poperingevaart.* 2008.
50. **Jonkman S.N. en Kelman I.** *An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths.* 2005.
51. **Verhoeven H. en Martens A.** *Arbeidsmarkt en diversiteit ...over de vreemde eend in de bijt.* 2000.
52. **VMM.** *Handzamevaart en Krekelbeek: optimalisatie van de waterhuishouding broeken en Kortemark.* 2005.
53. **Instituut voor Natuurbehoud.** *Verkenkende ecologische gebiedsvisie voor de IJzervallei.* 2001.

Lijst der figuren

Figuur 1 - Organigram onderzoeksproject.....	1
Figuur 2- Het klimaatsysteem (1)	3
Figuur 3 - Ontwikkeling van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer	4
Figuur 4 - Gemiddelde jaartemperatuur in Ukkel	5
Figuur 5 - Gemiddelde luchttemperatuur per seizoen in Ukkel	5
Figuur 6 - Temperatuurstoename van het zeewater	6
Figuur 7 - Jaarlijkse hoeveelheid neerslag te Ukkel.....	7
Figuur 8 - Neerslaghoeveelheid per seizoen te Ukkel	7
Figuur 9 -Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid te Sint-Joost-ten-Noode/Ukkel voor de periode 1880-2007	8
Figuur 10 - Jaarlijks aantal hittegolven, te Ukkel tijdens de periode 1901-2007	9
Figuur 11 - Jaarlijks aantal koudegolven, te Ukkel tijdens de periode 1901-2007	9
Figuur 12 - Aantal dagen met zware neerslag	10
Figuur 13 - Maximum jaarlijks aantal opeenvolgende 'droge' dagen in Ukkel voor de perioden april-september 1901-2007	10
Figuur 14 - Jaarlijks aantal dagen dat de windsnelheid van 70km/u overschreden werd in Ukkel in de periode 1940-2007	11
Figuur 15 - Gemiddeld zeeniveau te Oostende, Zeebrugge en Nieuwpoort.....	12
Figuur 16 - Het aantal zware overstromingen in België	13
Figuur 17 - Schematische weergave van de SRES scenario's.....	16
Figuur 18 - Totale globale jaarlijkse CO ₂ -emissie afkomstig uit alle bronnen voor de periode 1990-2100	16
Figuur 19 - Totale globale jaarlijkse broeikasgasemissie voor de periode 1990-2100.....	17
Figuur 20 - Verwachte gemiddelde globale opwarming van het aardoppervlak voor de 21ste eeuw .	18
Figuur 21 - Schematische voorstelling van de CCI-HYDR scenario's.....	19
Figuur 22 - Gemiddelde maandelijkse temperatuur voor CCI-HYDR klimaatscenario's	20
Figuur 23 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde neerslag te Ukkel voor alle emissiescenario's en op basis van mondiale klimaatmodellen	20
Figuur 24 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde neerslag te Ukkel voor de A2 en B2 emissiescenario's en op basis van regionale klimaatmodellen	21
Figuur 25 - Perturbatiefactor voor de maandgemiddelde windsnelheid te Ukkel op 10m hoogte	21
Figuur 26 - Schematische voorstelling van de Nederlandse KNMI'06-scenario's	22
Figuur 27 - Klimaatveranderingsscenario's voor 2040 en 2100	23
Figuur 28 - De verschillende bekkens in Vlaanderen	24
Figuur 29 - De deelbekkens van het IJzerbekken	25
Figuur 30 - De belangrijkste waterlopen in het IJzerbekken	26
Figuur 31 - Geologische ZW-NO doorsnede tussen Ieper en Beernem.....	27
Figuur 32 - Verdeling van het waterverbruik in het IJzerbekken	28
Figuur 33 - Bodemkaart van het IJzerbekken	29
Figuur 34 - Bodemgebruik in het IJzerbekken	30
Figuur 35 - Actuele bodemerosie in het IJzerbekken	34
Figuur 36 - Stijghoogte in het Sokkel-aquifersysteem in Diksmuide (Woumen, putcode 3-0020).....	35

Figuur 37 - Bestudeerd deel van het IJzerbekken	37
Figuur 38 - Verandering in uurlijkse piekafvoeren (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)	38
Figuur 39 - Verandering in uurlijkse laagwaterdebieten (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)	39
Figuur 40 - Verandering in cumulatieve oppervlakteafstromingsdebieten (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)	39
Figuur 41 - Verandering in cumulatieve potentiële evapotranspiratievolumes (met referentieperiode 1961-1990 en scenarioperiode 2071-2100)	40
Figuur 42 - Regionale verschillen voor België van de CCI-HYDR perturbatiefactor in seizoensgemiddelde neerslag te Ukkel (referentieperiode 1961-1990 tot de scenarioperiode 2071- 2100).....	41
Figuur 43 - Ligging van de laagwaterlijn in De Panne in 2100.....	42
Figuur 44 - Overstromingen vanuit zee ten gevolge van een storm in het extreem klimaatveranderingsscenario voor 2100.....	43
Figuur 45 - Intrusie van zout water in het grondwater	44
Figuur 46 -Het zoute kwelverschijnsel in de poldergebieden	44
Figuur 47 - Overstromingsgebieden in het IJzerbekken.....	51
Figuur 48 - Typische dwarsprofielen van de IJzer.....	53
Figuur 49 - De IJzer en zijn bijrivieren.....	54
Figuur 50 - Overstromingskaarten per klimaatveranderingsscenario.....	58
Figuur 51 - Overstromingsrisico	59
Figuur 52 - Overstromingsrisico door klimaatverandering - ratio schade 2100 t.o.v. 2005	59
Figuur 53-Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij het huidige bodemgebruik tegen 2100	60
Figuur 54 - Landgebruik in REF- en EUR-scenario voor Vlaanderen.....	61
Figuur 55 -Overstromingsrisico bij landgebruik volgens REF-scenario - ratio schade 2100 t.o.v. 2005	62
Figuur 56 - Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij huidig bodemgebruik en bodemgebruik volgens REF-scenario tegen 2100.....	62
Figuur 57 - Overstromingsrisico bij landgebruik volgens EUR-scenario - ratio schade 2100 t.o.v. 2005	63
Figuur 58 - Overstromingsrisico voor de klimaatscenario's bij huidig bodemgebruik en bodemgebruik volgens EUR-scenario tegen 2100	63
Figuur 59 - Schema van het DPSI-R model	64
Figuur 60 - De verharde oppervlakte in het overstromingsgebied van het IJzerbekken	68
Figuur 61 - Watertoetskaart voor overstromingsgevoelige gebieden	73
Figuur 62 - Waterkansenkaart voor infiltratie.....	74
Figuur 63 - Geschiktheidskaart voor waterconservering (consensusgebieden)	75
Figuur 64 - Niet bebouwde gebieden met bestemming wonen, industrie of handel op gewestplan en gelegen in waterconserveringsgebieden.....	76
Figuur 65 - Geschiktheidskaart voor waterberging (consensusgebieden)	77
Figuur 66 - Aangepaste IDF-curve voor het gematigde en natte klimaatveranderingsscenario.....	79
Figuur 67 - Simulatiemodel voor buffervoorzieningen als bronmaatregel bij rioleringsstelsels	80
Figuur 68 - Indijkingsscenario in het Blankaartgebied	81
Figuur 69 - Voorstelling van de plasbermen.....	82

Lijst der tabellen

Tabel 1 - De verschillende MIRA-NARA-landgebruikscenario's.....	61
Tabel 2 - Inkomensverliezen voor weilanden ten gevolge van overstromingen.....	67
Tabel 3 - Inkomensverliezen voor landbouwgewassen.....	67
Tabel 4 - Schadefuncties van de Rhine atlas	68
Tabel 5 - Belgische sociale kwetsbaarheidsindex voor overstromingen	71
Tabel 6 - Terugkeerperiodes voor eenzelfde ontwerpneerslag in huidig en nat klimaatveranderingsscenario	80
Tabel 7 - Kenmerken van de plasbermen in de scenarioanalyses.....	82
Tabel 8 - Peilverlaging als gevolg van de aanleg van plasbermen.....	83
Tabel 9 - Peilverlaging als gevolg van verbreden van de IJzer.....	83
Tabel 10 - Geplande of uitgevoerde maatregelen in het stroomgebied van de Poperingevaart	84