



Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen
TECHNISCH RAPPORT



Instituut voor
Natuur- en Bosonderzoek

Hoofdstuk 22

Ecosysteemdienst regulering overstromingsrisico

*Anik Schneiders, Toon Spanhove, Jan Breine, Zainab Zomlot,
Boud Verbeiren, Okke Batelaan, Dominiek Decleyre*

Auteurs:

Anik Schneiders ,Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Toon Spanhove, Jan Breine, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Zainab Zomlot, Boud Verbeiren, Okke Batelaan, VUB, Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde
Dominiek Decleyre, ANB

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070
www.inbo.be

e-mail:

Anik.schneiders@inbo.be

Wijze van citeren:

Schneiders A., Spanhove T., Breine J., Zomlot Z., Verbeiren B., Batelaan O., Decleyre D. (2014). Hoofdstuk 22 - Eco-systeemdienst regulering overstromingsrisico. (INBO.R.2014.2001135). In Stevens, M. et al. (eds.), Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2014.1988582, Brussel.

D/2014/3241/168

INBO.R.2014.2001135

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:
Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Velpse Loksbergen: Molen gidsenstraat, VMM, 2002



Vrije Universiteit Brussel



Agentschap voor
Natuur en Bos

De andere hoofdstukken van het Natuurrapport 'Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen - Technisch rapport' kunt u raadplegen op www.nara.be.

Hoofdstuk 22 – Ecosysteemdienst regulatie overstromingsrisico

**Anik Schneiders, Toon Spanhove, Jan Breine, Zainab Zomlot,
Boud Verbeiren, Okke Batelaan, Dominiek Decleyre**

Hoofdlijnen

- Overstromingen zorgen wereldwijd voor rampen met een grote economische kost die bij een ongewijzigd beleid enkel nog dreigt toe te nemen. Het belang van het reguleren van overstromingsrisico's wordt wereldwijd erkend en maatregelenprogramma's worden Europees aangestuurd door de overstromingsrichtlijn.
- De geïntegreerde aanpak van overstromingen en verdroging volgens het principe 'vasthouden-bergen-afvoeren', is één van de krachtlijnen in de waterbeleidsnota Vlaanderen. Deze visie sluit nauw aan bij de ecosysteemdienstenbenadering.
- De belangrijkste drukken zijn klimaatverandering, bevolkingsgroei en verstedelijking, waardoor enerzijds de kans op overstromingen stijgt en anderzijds de schade die daarmee gepaard gaat toeneemt.
- Circa 30% van Vlaanderen is overstromingsgevoelig gebied. Onder het huidige waterbeheer is een groot deel daarvan ingedijkt. Ongeveer 4% overstroomt nog minstens eens op de 100 jaar. Binnen die 4% woont naar schatting 1% van de bevolking.
- Op dit ogenblik is ongeveer 0,8 % van Vlaanderen formeel aangeduid als overstromingsgebied.
- In een groot deel van de overstromingsgevoelige gebieden kan het huidige landgebruik en –beheer bijgestuurd worden, zodat het combineerbaar is met het heersende overstromingsregime. Een formele aanduiding van deze gebieden als overstromingsgebied zou kunnen helpen om lokale conflicten tussen berging en vraag naar beveiliging tegen overstromingen te verminderen.
- De keuzemogelijkheden tussen plan-/uitvoeringsalternatieven is mede afhankelijk van de solidariteit tussen de eigenaars en gebruikers van stroomop- en stroomafwaarts gelegen gebieden. Het solidariteitsprincipe 'stroomop-/stroomafwaarts' is essentieel en zou volgens de ecosysteemdienstenbenadering ingebouwd kunnen worden in het beleidsinstrumentarium.
- Overstromingsgebieden leveren een bundel van ecosysteemdiensten; hoe natuurlijker het overstromingsproces, hoe groter de combineerbaarheid met andere regulerende diensten en culturele diensten.
- Een toename in overstromingsoppervlakte, -frequentie en -duur verhoogt de kans op verder herstel van de aquatische fauna. Voor terrestrische plantengemeenschappen leidt het vaak tot verschuivingen naar meer voedselrijke systemen. De kwaliteit van het rivierwater speelt een belangrijke rol in de combineerbaarheid met bepaalde natuurtypen.
- Overgangszones van infiltratiegebieden naar valleigebieden hebben een belangrijke sponswerking. Ze kunnen een bijdrage leveren tot het verminderen van piekafvoeren en kunnen tevens een belangrijke waterzuiverende functie vervullen. De kwantitatieve bijdrage van deze waterconserveringsgebieden aan overstromingsrisicobeheersing door waterretentie, is slecht gekend.

Inhoudsopgave

Hoofdpijnen.....	4
Inhoudsopgave	5
Leeswijzer	6
1. Inleiding	7
1.1. Definities.....	7
1.2. Focus rapport	8
1.3. Belang in Vlaanderen	8
2. ESD-cyclus	9
2.1. Het ecosysteem en de ecosysteemfuncties	10
2.2. De belanghebbenden	14
3. Gradiënt natuurlijk-technologisch.....	17
4. Toestand en trend	21
4.1. Toestand waterretentie	21
4.2. Toestand waterberging	25
4.3. Trend	36
4.4. Besluit	37
5. Maatschappelijk welzijn en waardering	38
5.1. Welzijns- en welvaartscomponenten	39
5.2. Waarderingsmethoden	40
5.3. Verdeling welzijn en welvaart	44
5.4. Besluit	44
6. Relatie biodiversiteit en ESD	45
6.1. Bijdrage biodiversiteit aan levering ESD	45
6.2. Impact ESD op biodiversiteit.....	46
6.3. Besluit	52
7. Drivers voor vraag en aanbod van de ESD.....	52
7.1. Mechanisme drivers.....	52
7.2. Impact directe drivers.....	57
7.3. Besluit	57
8. Interacties huidig en toekomstig ESD gebruik	59
8.1. Impact op de toekomstige levering.....	59
8.2. Link met de gradiënt natuurlijk-technologisch	62
8.3. Optimalisatie van de ESD	62
8.4. Limieten van de ecosysteemdienst	63
8.5. Besluit	63
9. Kennislacunes	64
Lectoren	66
Referenties.....	67
Bijlage 1 Ecosysteemfuncties en -processen	73
Bijlage 2 kaarten WetSpass	77
Bijlage 3 Waterdieptekaarten	80
Bijlage 4 Percentage bebouwde oppervlakte	81
Bijlage 5 Score landgebruik	82
Bijlage 6 Clustermethode rasterkaarten	85
Bijlage 7 Hoogwaterafvoeren	87
Bijlage 8 Waardering	88
Bijlage 9 ORBP	90
Bijlage 10 Effecten op biodiversiteit	91

Leeswijzer

Het thema voor het natuurrapport 2014 is ecosysteemdiensten. De doelstelling is om de toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten te beschrijven, te analyseren en waar mogelijk te karteren op schaal Vlaanderen.

Ecosysteemdiensten (ESD) zijn de voordelen die de samenleving van ecosystemen ontvangt onder de vorm van materiële en immateriële goederen en diensten. Door de maatschappelijke effecten van die stroom van goederen en diensten (voedsel, veiligheid, gezondheid, ...) beïnvloeden ecosysteemdiensten de omvang en de verdeling van onze economische welvaart en ons maatschappelijk welzijn. In zoverre ecosysteemdiensten onze welvaart en welzijn verhogen, spreken we van socio-economische baten. In zestien ESD-hoofdstukken worden vijf producerende diensten (productie van voedsel, hout, energiegewassen, water en wildbraad), tien regulerende diensten (reguleren van globaal klimaat, erosierisico, overstromingsrisico, kustbescherming, bodemkwaliteit, waterkwaliteit, luchtkwaliteit, geluid, bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding) en één culturele dienst (ruimte voor buitenactiviteiten) geanalyseerd. Voor elke dienst wordt heel de ESD-cyclus systematisch doorlopen en waar mogelijk ook gekarteerd op schaal Vlaanderen. De opmaak van ESD-kaarten is enerzijds een expliciete Europese taakstelling in het kader van de biodiversiteitsconventie (COM(2011) 244 final). Anderzijds is de kaartenset belangrijk om later – voor de 16 onderzochte ESD – de combineerbaarheid van ecosysteemdiensten te onderzoeken.

In dit hoofdstuk wordt de **ecosysteemdienst 'regulering van overstromingsrisico's'** beschreven, en dit zoveel mogelijk in overeenstemming met de analyses uitgevoerd in het kader van de overstromingsrichtlijn. Deze ecosysteemdienst is samen met 'regulering van erosierisico's', een buitenbeentje. Terwijl de baat bij de meeste ecosysteemdiensten een product of een dienst oplevert, is de baat hier het vermijden van negatieve effecten voor/door de mens (vermijden van schade door erosie of overstromingen).

Water is een essentiële component in vrijwel alle ecosysteemprocessen en is dus ook voor elke ESD van belang. Regulering overstromingsrisico's, waterproductie en waterzuivering zijn echter drie watergebonden diensten die rechtstreeks gebruik maken van de processen in de hydrologische cyclus. Deze diensten zijn zo sterk met elkaar verweven, dat ze voorafgegaan worden door een inleidend hoofdstuk (Hoofdstuk: water en ecosysteemdiensten). Dat schetst de verwevenheid tussen de hydrologische processen in de watercyclus en de ecosysteemdiensten die hierop steunen. Daar wordt ook de focus van elk watergebonden ESD hoofdstuk gespecificeerd. In het hoofdstuk interacties zullen dan de mogelijke batencombinaties of trade-offs verder geanalyseerd worden.

In elke ESD staat de ecosysteembenadering centraal, maar 'het ecosysteem' kan naargelang de dienst anders afgebakend worden. In de ecologie verwijst een ecosysteem naar een samenhangend geheel van biotische en abiotische relaties binnen een afgebakende eenheid. Harde grenzen kunnen niet getrokken worden, omdat elk detailproces, elke populatie en elke interactie andere grenzen kent (Currie, 2011). Toch kunnen er grenzen aangegeven worden voor de dominante processen die je wenst te bestuderen. Naargelang het studieobject kan het ecosysteem variëren van een lokaal watersysteem, zoals een droogvallende plas, tot een boscomplex of de hele aarde, zoals in het kader van de klimaatadaptatie. Een ecosysteem kan ook sterk variëren in natuurlijkeheidsgraad. Zowel hoogveengebieden als maïsakkers of groendaken zijn ecosystemen. De menselijke bijdrage of impact kan sterk verschillen, wat meestal tot uiting komt in grote waardeverschillen voor de geleverde diensten.

Voor elke dienst wordt aangegeven binnen welk schaalniveau de ecosysteemprocessen en –functies het best aansluiten bij de te leveren diensten. Er wordt ook beschreven binnen welke 'natuurlijkeheidsgradiënt' de dienst zich afspeelt en hoe die zich verhoudt tot de geleverde ESD. Voor de regulatie van overstromingsrisico's staat het stroomgebied centraal, maar vanwege de beschikbare data wordt op bepaalde plaatsen het overstromingsgebied als ecosysteem meer in detail geanalyseerd. De volledige gradiënt van komgronden die op een natuurlijke manier zijn aangesloten op de rivier, tot een technische constructie met een gecontroleerde inlaat en pompsysteem, wordt beschreven.

Elk ecosysteemdienstenhoofdstuk omvat grotendeels dezelfde structuur. In paragraaf 1 worden de definities scherp gesteld en wordt de ecosysteemdienst gekaderd in de Vlaamse context. In paragraaf 2 wordt de ESD-cyclus doorlopen. Paragraaf 3 analyseert de gradiënt van een natuurlijke tot meer antropogene invulling van de ecosysteemdienst. Paragraaf 4 beschrijft de actuele toestand en trend van de ecosysteemdienst. Via kaartmateriaal trachten we een beeld te schetsen van de vraag, het aanbod en het gebruik van de dienst in Vlaanderen. Paragraaf 5 legt de link met

welvaart en welzijn. Hier worden een aantal mogelijke waarderingsmethoden aangereikt. In paragraaf 6 wordt dieper ingegaan op de relatie met biodiversiteit. Paragraaf 7 toont de 'drivers' die de ecosysteemdienst aansturen of inperken. In paragraaf 8 wordt aangegeven wat de te verwachten interacties zijn met de andere ecosysteemdiensten uit de 16 ESD hoofdstukken en met het toekomstige ESD-gebruik. Tenslotte schets paragraaf 9 enkele belangrijke kennislacunes.

1. Inleiding

Zowel binnen Europa als binnen Vlaanderen zijn overstromingen samen met stormen de natuurrampen die het grootste aantal slachtoffers en de grootste economische schade opleveren. Het reguleren van overstromingsrisico's wordt dan ook als één van de belangrijkste ecosysteemdiensten naar voor geschoven (MA, 2005).

Een overstroming of het tijdelijk buiten de oevers treden van een rivier is op zich een natuurlijk fenomeen. Er treedt vooral schade op doordat de mens de uitwijkmogelijkheden voor het water heeft ingepalmd en functies heeft ingeplant die onverenigbaar zijn met het overstromingsregime. Het overstromingsrisico duidt dan ook op de kans dat een overstroming zich voordoet in combinatie met de negatieve gevolgen ervan.

Vooral in valleigebieden kan door bebouwing en bodemafdichting, door industriële activiteiten of onaangepaste landbouw- en bosbouwpraktijken, de schade voor de maatschappij en voor de individuele eigenaar of beheerder hoog oplopen. Bovendien creëert een dergelijke ramp vaak een blijvend onveiligheidsgevoel, waardoor de vraag naar snelle en zichtbare oplossingen op het terrein groeit. De problematiek kan lokaal aangepakt worden door een reeks technische ingrepen, zoals de aanleg van dijken, het installeren van pompinstallaties of het rechtekken van de rivier, of kan aangepakt worden door meer op bekkenniveau na te gaan in hoeverre natuurlijke hydrologische functies, zoals waterretentie en komberging, hersteld kunnen worden. Het langer vasthouden van regenwater in retentiezones of het vertraagd afvoeren in de rivierbedding kan de overstromingskansen elders doen dalen. Daarnaast kan door het herstel van de natuurlijke komberging meer overstromingswater gestockeerd worden, zodat elders overstromingsschade vermeden wordt.

De lokale aanpak zorgde in het verleden vaak voor grotere problemen elders in het stroomgebied. Door het verplaatsen en vergroten van de overstromingsproblematiek, groeit het maatschappelijk draagvlak voor een meer integrale benadering die meer steunt op het bewaren en herstellen van de natuurlijke relaties tussen de rivier en het overstromingsgebied met een meer natuurlijke oplossing waar het kan en een eerder technologische oplossing waar het moet. De meer natuurlijke oplossingen zijn duurzamer en verhogen de combineerbaarheid met andere ecosysteemdiensten, zoals recreatie en waterzuivering, alsook de kansen op herstel van de aquatische biodiversiteit. De effecten op de terrestrische diversiteit zijn wisselend en worden sterk bepaald door de schaalgrootte van het project, door het actuele beheer en door de frequentie, duur, periode en waterdiepte van de overstroming.

In dit rapport wordt deze verhaallijn aan de hand van een ecosysteemdienstencyclus verder uitgediept en gelinkt aan beschikbaar kaartenmateriaal voor Vlaanderen.

1.1. Definities

Vooraleer deze cyclus beschreven kan worden, dienen eerst een aantal begrippen gedefinieerd te worden. Waar mogelijk worden de definities overgenomen uit de Europese overstromingsrichtlijn (Flood Directive – 2007/60/EG).

Een **overstroming** wordt hier, overeenkomstig de Europese overstromingsrichtlijn (2007/60/EG), gedefinieerd als: *het tijdelijk onder water staan van land - vanuit de zee, beken en rivieren (met mogelijke uitsluiting van overstromingen door rioolstelsels) - dat normaliter niet onder water staat.*

Overstromingsrisico is de kans dat zich een overstroming voordoet in combinatie met de negatieve gevolgen van een overstroming voor de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid (2007/60/EG).

Het **reguleren van overstromingsrisico's** is het onder controle houden van het overstromingsrisico door een adequate zonering van waterretentie en (tijdelijke) waterberging in een stroomgebied en dit in relatie tot de rivierafvoer.

Deze definitie sluit volledig aan bij de basisprincipes van het integraal waterbeleid in Vlaanderen “vasthouden, bergen en afvoeren”, waarbij eveneens op bekkenniveau gezocht wordt naar duurzame en meer natuurgerichte oplossingen (CIW, 2013a).

Waterretentie is het vasthouden en vertraagd afvoeren van regenwater, grondwater en rivierwater. **Waterberging** is het tijdelijk bergen van overstromingswater vanuit de rivier in de vallei of de rivier, waardoor overstromingsrisico's elders verminderd worden.

Het '**ecosysteem**' dat het beste aansluit bij deze ecosysteefuncties is het stroomgebied. Binnen het stroomgebied kan er meer in detail gekeken worden naar de rol en de functies van een deelgebied. Zo kan een specifiek overstromingsgebied ook als ecosysteem gewaardeerd worden om de diensten die het levert, maar dan steeds in relatie tot het stroomgebied. De waarde van een overstromingsgebied wordt mede bepaald door de schade die elders vermeden wordt.

In deze tekst wordt een onderscheid gemaakt tussen overstromingsgevoelig gebied en overstromingsgebied. Een **overstromingsgevoelig gebied** is een gebied dat een bepaalde kans heeft om te overstromen, los van de schade die daaraan gekoppeld wordt. Een **overstromingsgebied** is een gebied met een waterbergingsfunctie, dat bijdraagt tot de levering van de ecosysteediens. Een woonwijk met een kans op overstroming van 1 op 100 jaar is dus een overstromingsgevoelig gebied, maar geen overstromingsgebied.

1.2. Focus rapport

De taakstelling voor het 'reguleren van overstromingsrisico's' zit vervat in de implementatie van de Europese overstromingsrichtlijn (Flood Directive – 2007/60/EG). In het kader daarvan worden potentiële en actuele overstromingsgebieden in kaart gebracht en worden er per gebied risicoanalyses uitgevoerd. Er wordt in dit hoofdstuk dan ook zoveel mogelijk gestreefd naar afstemming met deze implementatieoefening. Er worden dezelfde definities gebruikt en waar mogelijk ook dezelfde kaarten en waarderingscijfers. Dit rapport zal dan ook – vanwege de beschikbare data – uitgebreider ingaan op komberging dan op retentie. Aansluitend ligt de focus ook meer op de waarde van overstromingsgebieden en minder op de totaalwaarde van het stroomgebied. Voor retentie is een bijkomende inspanning geleverd om regenwaterretentie bij actueel landgebruik te modelleren.

Wat de overstromingstypen betreft, ligt de focus op overstromingen door rivierafvoer. Waar mogelijk wordt ook het effect van de getijdenwerking meegenomen.

1.3. Belang in Vlaanderen

Zoals al aangegeven in de inleiding zijn overstromingen samen met stormen, de natuurrampen met de grootste economische schade. Verwacht wordt dat deze onder invloed van de klimaatveranderingen nog verder zullen toenemen (EEA, 2010a; Feyen *et al.*, 2012; Rojas *et al.*, 2012). Ook in België leveren overstromingen de grootste schadeclaims op (www.emdat.be). De uitbetaalde schade wordt geraamd op 40-75 mln. €/j en deze kan in de toekomst, indien geen bijkomende acties ondernomen worden, oplopen tot 140-325 mln. €/j (Cauwenberghs, 2013). Vooral omwille van die risico's is 'regulering overstromingsrisico's', samen met 9 andere regulerende ecosysteediens, weerhouden om op schaal Vlaanderen verder uit te diepen en in kaart te brengen. Dit laatste past binnen een Europese taak in het kader van de biodiversiteitsconventie en sluit nauw aan bij de karteringsplicht voor de overstromingsrichtlijn.

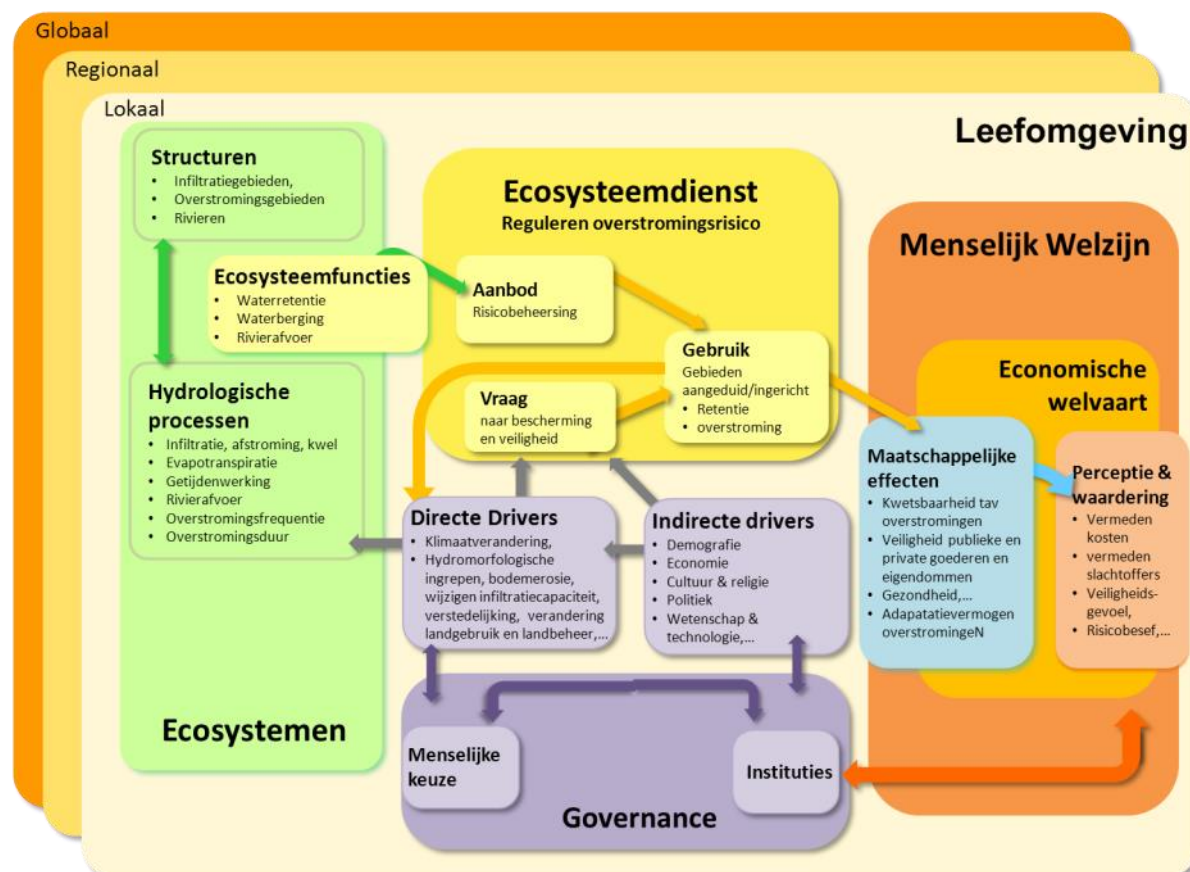
In het Vlaams gewest is 30% (zie paragraaf 4.2.1) van de oppervlakte overstromingsgevoelig gebied. Een groot deel is bedijkt of opgehoogd en niet meer bedoeld om te overstromen. Onder het huidige beheer en landgebruik heeft momenteel 2,5% van de oppervlakte in Vlaanderen een grote kans (1/10 jaar) om te overstromen, 4,3% een middelgrote kans (1/100 jaar) en 7,7% een geringe kans (1/1000 jaar)(brongegevens: CIW). Daartegenover staat dat de inventaris van overstroomde gebieden aangeeft dat sinds 1988 al 61000 ha of 4,5% van Vlaanderen is overstroomd en dat op dit ogenblik slechts 0,8% van Vlaanderen formeel is aangeduid (ingericht of gepland) als overstromingsgebied.

Binnen de overstromingsgevoelige gebieden woont naar schatting ongeveer 10% van de bevolking. Binnen de deelgebieden met een actuele overstromingskans van 1/100 jaar daalt dit aantal tot ongeveer 1,1% van de bevolking. De geïntegreerde aanpak van overstromingen volgens het principe 'vasthouden-bergen-afvoeren' is dan ook een belangrijke krachtlijn in de waterbeleidsnota Vlaanderen. Deze visie sluit nauw aan bij de ecosysteediensbenadering (CIW, 2013a).

Op wereldschaal en Europese schaal wordt regulering van overstromingsrisico's als één van de belangrijkste ecosysteemdiensten naar voor geschoven (MA, 2005). Om een gecoördineerde aanpak op Europese schaal mogelijk te maken, werd in 2007 de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) aangevuld met een overstromingsrichtlijn 2007/60/EG. Deze wordt momenteel binnen Vlaanderen geïmplementeerd.

2.ESD-cyclus

In dit deel wordt de ESD-cyclus voor 'regulering overstromingsrisico's' kort doorlopen (Figuur 1). Elk onderdeel komt verder in het rapport uitvoeriger aan bod. Extra uitleg over de globale ESD-cyclus is terug te vinden in Hoofdstuk 2: conceptueel raamwerk.



Figuur 1. ESD-cyclus regulering overstromingsrisico

Het **maatschappelijk effect** is de bescherming van mensen, goederen en activiteiten tegen overstromingen. Dit resulteert in een **welzijns- en welvaarteffect**. Mensen voelen zich veilig en vrezen geen risico's voor hun eigendommen en de activiteiten die ze uitvoeren. Het welvaartseffect wordt deels uitgedrukt in economische termen. Zo bepaalt de kans op vermeden schade in belangrijke mate de verzekeraarbaarheid van je eigendom of activiteit.

Het (recente) effect van voorbij overstromingen zal sterk bepalen welke oplossing de betrokkenen voorstellen. De keuze voorbereid door beleidsverantwoordelijken strookt niet altijd met deze van de eigenaars, slachtoffers, verzekeringsmaatschappijen,... Een wisselwerking tussen alle actoren (**governance**) zal uiteindelijk bepalen welke oplossing de voorkeur krijgt en na het doorlopen van de nodige procedures zal er al dan niet een ingreep op het terrein uitgevoerd worden. De ingreep (**directe driver**) heeft een effect op de hydrologische werking van het stroomgebied, waardoor de **ecosysteemfuncties** van waterretentie, waterberging en rivierafvoer wijzigen. Dit heeft op zijn beurt een effect op de 'aanbodzijde' van de ecosysteemdienst. Het indijken van een gebied doet het aanbod dalen op stroomgebiedsniveau. Extra komberging of extra infiltratiecapaciteit zal het aanbod voor waterberging doen stijgen.

De **vraag** wordt enerzijds gestuurd door de maatschappelijke effecten. Ook andere factoren, zoals klimaatverandering en de toename in de kans op neerslagcumulatie (winter) en piekbuien (zomer),

zullen de vraag naar extra berging doen stijgen. Daarnaast blijft, door een toename in urbanisatie en bodemafdicthting en een intensivering van landbouw¹ en bosbouw, de vraag naar bescherming van activiteiten binnen overstroombare gebieden toenemen (**indirecte drivers**). Het actuele ESD-**gebruik** zijn de consensusgebieden die voortkomen uit de continue afweging van vraag en aanbod. Dit gebruik is bepalend voor de bescherming tegen overstromingen en voor het maatschappelijk effect.

De studie van ecosysteemdiensten onderzoekt dus niet enkel de levering van diensten door ecosystemen, maar bekijkt het verband tussen de aanbodzijde, gestuurd door de ecosysteemfuncties, de vraagzijde, gestuurd door de drivers en het welzijns- en welvaarteffect.

Hieronder wordt kort ingegaan op twee belangrijke delen van de ESD-cyclus: (1) de ecosysteempromessen en -structuren die het aanbod aansturen en (2) de belanghebbenden die het systeem beïnvloeden en de vraag aansturen. Verder in de tekst komen alle blokken uit Figuur 1 systematisch aan bod.

2.1. Het ecosysteem en de ecosysteemfuncties

Dit deel geeft meer uitleg over de processen en ecosysteemfuncties die bijdragen tot het aanbod van de ecosysteemdienst (zie Figuur 1). De processen spelen zich af over verschillende ruimtelijke schaalniveaus (zie kadertekst 1) en zijn verschillend naargelang het type van overstromingen. We onderscheiden drie grote typen van overstromingen:

- Type 1: overstromingen gedomineerd door bovenstroomse rivierafvoer. Een stroomafwaarts gelegen gebied wordt beveiligd door stroomopwaarts berging te voorzien.
- Type 2: overstromingen vanuit het estuarium, gedomineerd door het getij en in beperkte mate door de bovenafvoer. Een stroomopwaarts gelegen gebied wordt beveiligd tegen een binnenkomend stormtij door stroomafwaarts extra berging te voorzien.
- Type 3: overstromingen vanuit de zee. Dit type wordt behandeld in het hoofdstuk 25: ESD – Kustbescherming.

Kadertekst 1: schaalniveaus – type 1 rivieren

Het belangrijkste ruimtelijke schaalniveau voor de regulering van overstromingsrisico's is het stroomgebied, maar er zijn ook heel wat geomorfologische, hydrologische en ecologische processen op andere schaalniveaus die mee de frequentie, de grootte, de locatie en de diepte van de overstromingen bepalen.

- Klimaat wordt bepaald op wereldschaal, maar genereert vaak een lokaal effect door de kans op piekbuien en hoge grondwatertafels mee aan te sturen.
- De samenhang tussen hydrologische processen die retentie, komberging en rivierafvoer bepalen, spelen zich af op het schaalniveau van een (deel)stroomgebied. Ze worden sterk beïnvloed door landgebruik, landbeheer en waterbeheer. Ingerepen in stroomopwaarts gelegen gebieden hebben vaak een belangrijk effect op stroomafwaarts gelegen gebieden. Van bovenloop tot benedenloop worden andere processen dominant en treedt een verschuiving op van waterinfiltratie en waterconservering, naar waterberging en afvoercapaciteit.
- De lokale berging in de rivier is afhankelijk van meandering, de ontwikkeling van watervegetaties,... Jaarlijks beheer, zoals kruidruiming, heeft een belangrijk effect op dit dynamische schaalniveau.

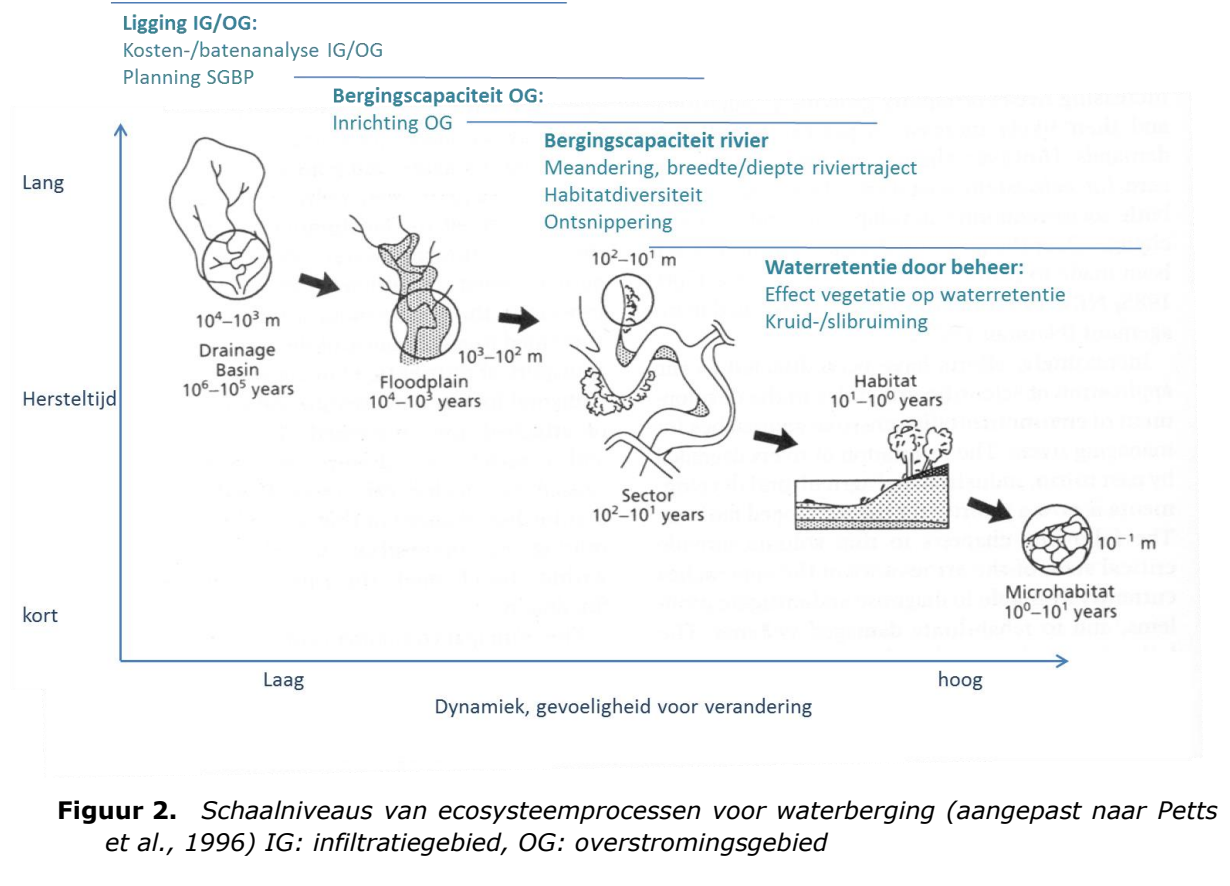
Al deze schaalniveaus spelen een rol in het vasthouden, bergen en afvoeren van water. Figuur 2 illustreert dit voor waterberging.

Processen op een hoger schaalniveau (zoals klimaatverandering) duren langer, zijn dominanter, stabiel en moeilijker te beïnvloeden dan processen op lokaal niveau (zoals de vegetatie in een riviertraject), maar eens ze beïnvloed zijn, is het ook bijzonder moeilijk om ze te herstellen. Zo zijn grote, langdurige menselijke ingrepen nodig om klimaatsveranderingen op gang te brengen, maar eens het neerslagpatroon gewijzigd is, is dit ook veel moeilijker omkeerbaar dan een proces zoals een weerstandsverandering in een rivier voor of na een kruidruiming.

Voor grootschalige veranderingen zoals klimaatverandering, maar vaak ook landgebruik, zijn we meestal aangewezen op adaptatiemaatregelen. Bij meer kleinschalige aanpassingen daarentegen is

¹ Intensivering landbouw: in deze tekst duidt dit op de toename van de mechanisering en op het verhogen van de externe inputs in de landbouw.

nog heel wat ruimte voor het herstel van natuurlijke processen. Hoe hoger het schaalniveau waarop de herstelmaatregel ingrijpt, hoe duurzamer en stabiel(er) het effect. Afhankelijk van de ingreep of de herstelmaatregel zal het ecosysteem anders gedefinieerd worden, maar de stroomgebiedsbenadering blijft essentieel. Ingrepen op kleinere schaal dienen steeds doorgerekend te worden naar de effecten op hogere schaalniveaus en bij ingrepen stroomopwaarts moet steeds rekening gehouden worden met stroomafwaartse effecten.



2.1.1. Overstromingen door rivierafvoer

Figuur 3 toont schematisch de ruimtelijke relaties tussen de processen die watergebonden diensten mee aansturen. Rivieren worden deels gevoed door grondwater dat na een regenbui in de bodem infiltreert en via drainage en grondwaterstromingen naar de rivier toestroomt en deels door oppervlakkige afstroming van regenwater. Het rivierwater wordt vervolgens afgevoerd naar stroomafwaarts gelegen gebieden.

Bij langdurige neerslag of uitzonderlijke buien treedt verzadiging op van de bodem. Het neerslagwater kan minder infiltreren, waardoor de afstroming naar de rivier verhoogt. De grotere aanvoer via afstroming en grondwaterstroming doet het rivierdebiet toenemen. Wanneer de rivierafvoer te groot wordt en het rivierkanaal de hoeveelheid water niet meer tijdig kan afvoeren, treedt de rivier buiten haar oevers. Voor meer detail zie bijlage 1, figuur 1.

De bovenstrooms gelegen beekdal en infiltratiegebieden spelen een dominante rol in het 'vasthouden' van water. Regenwater infiltreert of wordt vertraagd afgevoerd. Verder stroomafwaarts hebben brede valleigebieden een belangrijke sponswerking. Water wordt vertraagd afgevoerd naar de rivier en piekafvoeren worden verkleind. Hoge grondwaterpeilen gaan hier vaak gepaard met een hoge zuiveringscapaciteit en nutriëntenverwijdering. Ook meanderende rivieren spelen een belangrijke rol in de berging en het vertragen van de rivierafvoer.

Waar beken en rivieren samenvloeien, ontstaan belangrijke overstromingsgebieden. Het natuurlijk bergend vermogen van de vallei varieert langs de rivier. De bergingscapaciteit is van nature het kleinst langs de bovenloop en het grootst langs de benedenloop. Daar nemen de overstromingsvolumes die gestockeerd kunnen worden, exponentieel toe (bijlage 1: figuur 3) (Church, 1992). Tenslotte is benedenstrooms ook de vlotte rivierafvoer van piekdebieten belangrijk om overstromingen te vermijden.

2.1.2. Overstromingen door getijdenwerking

Figuur 4 toont schematisch de overgang naar overstromingsgebieden in de getijdenzone.

De volledige zout-zoet gradiënt van getijrivieren ontstaat door een combinatie van binnendringend zeewater en van bovenstroomse rivierafvoer. De dagelijkse getijdenwerking op zee wordt vooral bepaald door de stand van de aarde t.o.v. de zon en de maan. Het verschil tussen hoog- en laagwater is het hoogst tijdens springtij, wanneer de getijkrachten van de maan en de zon elkaar maximaal versterken. Naast het getij bepaalt ook het weer en vooral de wind de kracht waarmee het zeewater binnenstroomt. Stormvloeden ontstaan dan ook meestal uit een combinatie van stormweer en springtij. Beide versterken elkaar (zie bijlage 1 figuur 2). Door de getijdenwerking ontstaat langs de rivier een brede overstromingsvlakte met geulen, slikken en schorren. Dit is een zeer dynamisch systeem met continue morfologische veranderingen. Zij dragen in belangrijke mate bij tot de berging van getij. Samen met de riviergeul bepalen ze hoever stroomopwaarts de getijgolf zich zal verplaatsen.

2.1.3. Wijzigingen in ecosysteemfuncties

Een overstroming is een natuurlijk fenomeen, maar door de aanpassingen aan:

- de infiltratiegebieden (minder voeding van grondwater, versnelde regenwaterafvoer,...),
- de overgangsgebieden (minder sponswerking, versnelde ontwatering),
- de overstromingsgevoelige gebieden (inperken door dijken, drainage van de vallei, bodemverdichting, wijzigingen landgebruik, onaangepast landbeheer,...),
- en de waterloop (verdiepen van de vaargeul, beïnvloeden aan-/afvoer via stuwen, indijken, aftakkingen naar kanalen, rechte trekkingen,...)

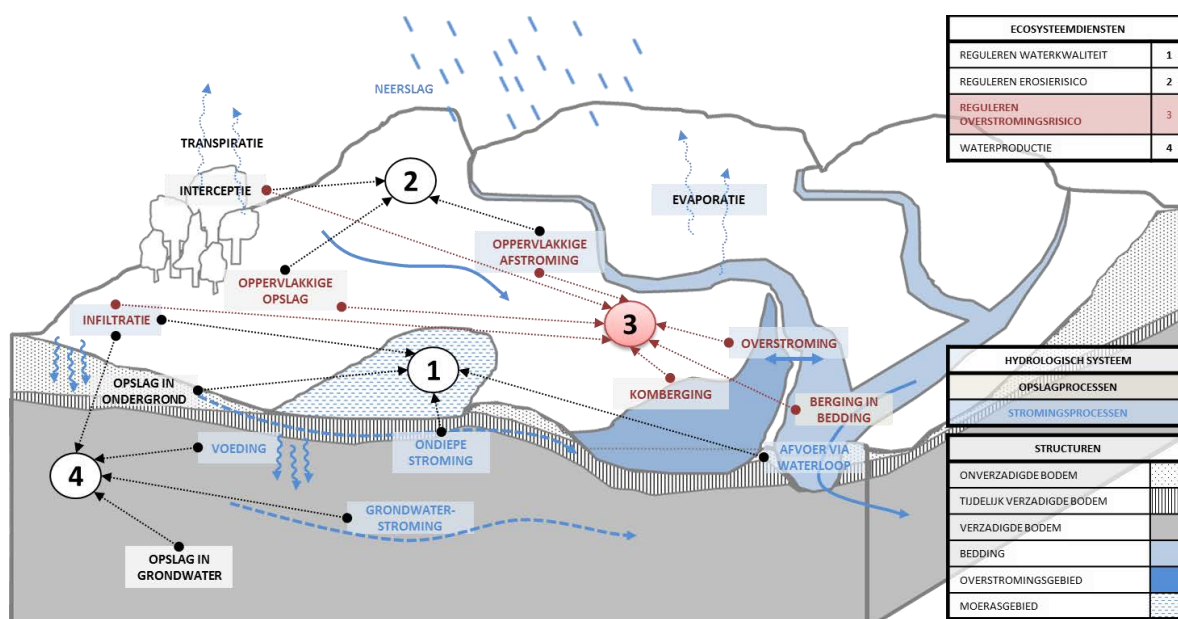
is het overstromingsproces sterk gewijzigd. Zowel het regime van de overstromingen, de grootte en de locatie van het overstromingsgebied als de effecten van de overstroming en van het stroomopwaarts binnendringen van het getij, zijn sterk antropogeen beïnvloed.

Een deel van de valleigebieden functioneert momenteel niet meer als waterbergingsgebied, terwijl andere gebieden net ingericht zijn om lokaal op een gecontroleerde manier meer water te kunnen bergen. Voor getijdenrivieren zorgt de beperking van de uitwijkmogelijkheden door indijking, samen met het uitdiepen van de vaargeul, voor een trechtereffect. Dit betekent dat grotere volumes water sneller stroomopwaarts worden verplaatst. Het getij dringt dieper het binnenland in met een toenemend verschil tussen hoogwaterpeil en laagwaterpeil. Ook het effect van een stormtij (storm in combinatie met springtij) en de bijhorende overstromingsrisico's zijn daardoor toegenomen. Daarbovenop kan ook het klimaateffect, met een zeespiegelstijging (Weisse et al., in press) en een mogelijke toename in stormfrequentie, de invloed van getij en stormtij nog versterken (Monbaliu et al., in press; Ntegeka et al., 2012; Weisse et al., in press).

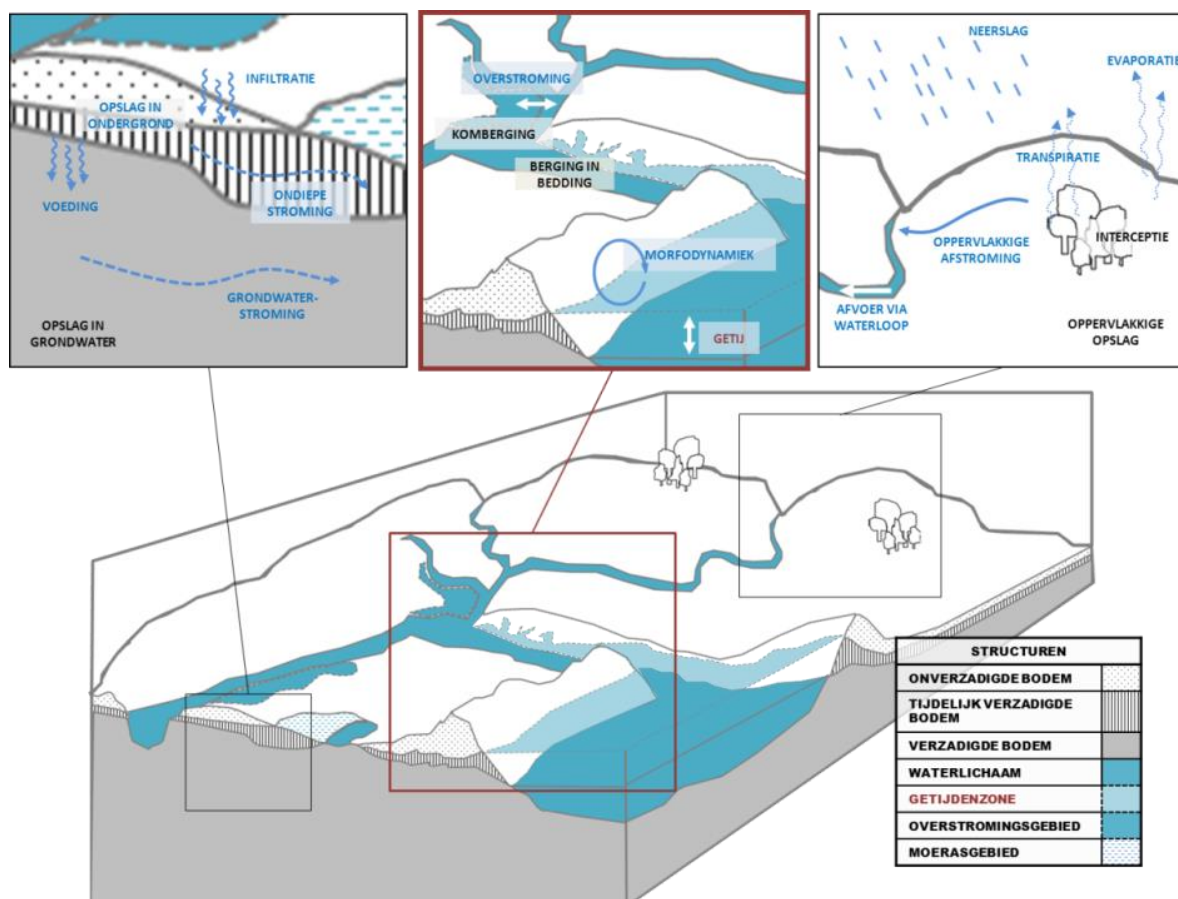
De grote overstromingsgebieden situeren zich hoofdzakelijk langs benedenlopen en aan de samenvloeiing van rivieren, maar door ingrepen in de vallei en in de infiltratiegebieden kan wateroverlast ook ver buiten deze gebieden voorkomen (Aerts *et al.*, 2000; Van Orshoven, 2001). Vaak gaat het hier om het uitbreiden van overstromingen naar hoger gelegen gronden t.g.v. gewijzigde waterstockage in het landschap.

Daarnaast ontstaat lokale wateroverlast ook door afstromend water van akkers of door het overlopen van rioleringen. Strikt genomen behoort dit niet tot de definitie van 'overstromingen' (zie paragraaf 1.1)(van Eijsbergen *et al.*, 2007). Dit fenomeen is meestal gekoppeld aan problemen met de regenwaterafvoer, bijvoorbeeld door een te kleine capaciteit van het rioleringsstelsel in een verstedelijkt gebied.

Hoe sterker de stroomgebieden gewijzigd zijn, hoe moeilijker het wordt om de natuurlijke processen te herstellen en hoe sterker we gebonden worden aan meer technische oplossingen. In paragraaf 3 wordt een methode uitgewerkt om de volledige gradiënt natuurlijk-technologisch voor overstromingsgebieden te beschrijven.



Figuur 3. Schema van de hydrologische processen en de link met watergebonden ESD



Figuur 4. Schema van de hydrologische processen en situering van overstroming door getij

2.2. De belanghebbenden

Zoals aangegeven in paragraaf 2.1 is de natuurlijke werking sterk gewijzigd door menselijke ingrepen. Hoe worden die hydrologische ingrepen aangestuurd? Wie heeft er baat bij en wie draagt de gevolgen? Deze paragraaf beschrijft kort de belanghebbenden van de ecosysteemdienst. Dit zijn zowel de eigenaars en de beheerders van de leveringsgebieden, als de begunstigden van de ecosysteemdienst (diegenen die de baat ondervinden) en diegenen die de regels bepalen zoals de overheid en de verzekeringsmaatschappijen (Demeyer & Turkelboom, 2013a). Al deze groepen zijn bij de ESD 'regulering overstromingsrisico's' moeilijk te scheiden. Eigenaars van waterbergingsgebieden zullen tijdens een overstroming elders vaak overstromingsschade vermijden, maar ondervinden zelf ook vaak een economische kost en wensen daarom op hun beurt beschermd te worden tegen overstromingen. Ze zijn dus tegelijk 'gebruikers' van de ESD 'regulering overstromingsrisico's' (zie kadertekst 2).

Belanghebbenden zijn voor deze ESD dus zowel de personen/organisaties die invloed hebben op inrichting/beheer/landgebruik van (potentiële) overstromings- en retentiegebieden, als personen/organisaties die invloed ondervinden van een eventuele overstroming of die de (economische) schade die daaraan gekoppeld is mee bepalen. Hun betrokkenheid kan verschillen naargelang de fase in het overstromingsproces: (re)acties om overstromingen te voorkomen en (re)acties om te reageren tijdens/na een overstroming (Green *et al.*, 2011).

Tabel 1 toont een aantal belanghebbenden en de beslissingsregels die kunnen meespelen voor/tijdens/na de overstroming. Zo is de actuele vraag naar het reguleren van overstromingsrisico's voor de waterbeheerder vooral gericht op voldoende bergingscapaciteit in valleigebieden, rekening houdend met de natuurlijke relaties tussen de rivier en de vallei. Eigenaars van valleigebieden wensen vaak de overstroombare zone en de overstromingskans zoveel mogelijk te verkleinen, zodat hun activiteiten (wonen, industriële activiteiten, landbouwgebruik...) geen nadeel ondervinden van eventuele overstromingen. De maatschappelijke vraag zal eerder gericht zijn op globale veiligheid en de effectiviteit en efficiëntie van de ingezette middelen. Welke bijdrage moeten burgers betalen voor het voorkomingsbeleid zoals de aankoop en inrichting van overstromingsgebieden? En rendeert dit? Na een overstroming zal de bereidheid voor investeringen in overstromingsgebieden vaak hoger liggen dan vóór de overstroming. Ook de bereidheid tot onteigenen of het verplaatsen van activiteiten wordt bepaald door de rampen die zich de voorbije jaren hebben afgespeeld. Verzekeringsmaatschappijen spelen daarin een belangrijke rol. Zij bepalen namelijk de verzekerbaarheid van de activiteiten in (potentieel) overstroombare gebieden en de grootte van de schadevergoeding in relatie tot kost en vermeden kost. Uiteindelijk zal het altijd een combinatie zijn van planning, draagvlak, maatschappelijke afspraken en haalbaarheid op het terrein die de locatie en inrichting van overstromingsgebieden zal bepalen en daarmee vraag en aanbod op elkaar zal afstemmen. Dit wordt in Figuur 1 geduid met 'governance'.

Tenslotte zijn het niet enkel de actoren die betrokken zijn bij het overstromingsverhaal die bepalen hoe en waar naar oplossingen voor risicobeheersing gezocht wordt. Zo werd het project van Kruibeke-Basel-Rupelmonde voor de aanleg van een gecontroleerd overstromingsgebied pas gerealiseerd toen de argumentatie van overstromingscontrole gekoppeld werd aan argumenten van compensatieplicht, landbouwreorganisatie en toerisme. Op het terrein zullen vaak ook actoren met heel andere belangen, al dan niet vanuit tijdelijke netwerken, mee beslissen over de risicobeheersingsprojecten (Bruzzone, 2013).

Tabel 1. *Mogelijke relaties tussen een aantal belanghebbenden en de ecosysteemdienst 'reguleren overstromingsrisico' voor, tijdens of na een mogelijke overstroming*

Belanghebbenden	Voor	Tijdens	Na
Personen in risicogebied	Wat is de trade-off tussen mijn lokale activiteiten en het overstromingsrisico? Ben ik voldoende beschermd? Kan de overstroming(sschade) vermeden worden? Elders gepland worden? Kan ik mij verzekeren tegen eventuele schade? Wat is de (verzekerings)waarde van mijn gebied? Verplaats ik mijn activiteiten?	Kans op verdrinking Psychische stress Wat/wie kan geëvacueerd worden? Hoe kan ik mijn schade minimaliseren? Zit ik in een gebied waar (prioritaire) hulp geboden wordt?	Post-traumatische stress? Wat is mijn schade? Wat zijn de herstel mogelijkheden? Wordt ik voldoende vergoed? Hoe lang duurt het voordat ik vergoed wordt? Verplaats ik mijn activiteiten?
Waterbeheerders	Wat is de trade-off tussen een duurzame oplossing voor overstromingsbeheer op bekkenniveau en een haalbare oplossing op het terrein? Waar is er consensus over extra overstromingsgebied? Wat is de trade-off tussen te verwachten schade, vermeden schade elders en de inrichtingskost van overstromingsgebieden?	Nauwkeurige en onmiddellijk beschikbare voorspelling en goede communicatie tijdens de overstroming. Ingrijpen als waterbeheerder via beheerinfrastructuur waar mogelijk. Samenwerking hulpdiensten.	Evaluatie en bijsturing voor een efficiënter waterbeheer. Voldoen de huidige ingrepen in het stroomgebied? Schade vaststellen aan de waterbeheersingsinfrastructuur. Zijn dwingende maatregelen noodzakelijk? Dienen extra overstromingsgebieden ingericht te worden?
Ruimtelijke planners	Wat is de regionale trade-off tussen potentiële keuzen voor landgebruik/-beheer en de effecten op overstromingsrisico's? Hoe kan onaangepast landgebruik/-beheer vermeden worden? Waar is uitbreiding van bebouwing en/of bodemafdicthting nog mogelijk? Onder welke voorwaarden?		Evaluatie van de ruimtelijke impact.
Verzekerings-maatschappij	Wat is de trade-off tussen het innen van een verzekeringspremie en het uitkeren van een schadevergoeding bij een eventuele overstroming? Prijssetting van de economische waarde van potentiële bergingsgebieden.	Waar zijn er claims te verwachten? Welke vaststellingen dienen er te gebeuren?	Wat zijn de effectieve claims? Waar moeten schadeclaims uitbetaald worden? Herberekening van de verzekeringspremies.
Maatschappij	Wat is de trade-off tussen de maatschappelijke kost om overstromingsrisico's te voorkomen en de kost van een interventie/herstel? Wat zijn de mogelijke effecten van een overstroming voor derden?	Hoeveel slachtoffers zijn er? Ken ik slachtoffers? Is de interventie goed geregeld? Droeg iedereen zijn verantwoordelijkheid? Is er schade aan gemeenschapsvoorzieningen?	Wat kost het aan de maatschappij? Kon het voorkomen worden? Bereidheid voor een bijdrage in het voorkomingsbeleid bijstellen.
Noodhulp	Is er een rampenplan? Is er een evacuatieplan? Zijn er veilige locaties om naar te evacueren? Wat zijn de risico-installaties?	Hoe groot is het rampgebied? Hoe kunnen we efficiënt hulp bieden? Welke gebieden krijgen prioriteit ten koste van andere gebieden? Welke gebieden worden extra opgeofferd (bv. kunstmatige dijkbreuk om andere gebieden te beschermen)?	Evaluatie van de noodhulp.

Kadertekst 2: schade of werkingskost?

Actoren langs de **vraagzijde** zijn de gebruikers of diegene die bescherming genieten tegen overstromingen en bijgevolg geen schade ondervinden. Actoren langs de **aanbodzijde** zijn de eigenaars of beheerders van de leveringsgebieden, in dit geval de berging- en retentiegebieden die bijdragen tot de vermeden schade elders. Zeker in sterk verstedelijkte gebieden als Vlaanderen is de impact van de mens zo groot dat vrijwel alle actoren geconfronteerd worden met een economische kost, zowel langs de vraag- als langs de aanbodzijde. Hierdoor is het analytisch moeilijk om ze in twee groepen op te delen. Dat bemoeilijkt ook de oefening om vraag- en aanbodkaarten te maken (zie paragraaf 4.1).

De uitersten zijn duidelijk. Wanneer een stad overstroomt, is er duidelijk sprake van slachtoffers en schade. De inwoners hebben een **vraag** naar bescherming en vermeden risico, zelfs al ligt de stad in van nature overstromingsgevoelig gebied. Aan het andere uiterste bevindt zich de beheerder van een overstromingsgebied. Die kan kosten hebben ten gevolge van een overstroming. Dit wordt algemeen erkend als een werkingskost langs de **aanbodzijde**.

Het analytisch scheiden van economische kosten in '**schade**' en '**werkingskost**' kan helpen om de vraag- en aanbodzijde van elkaar te onderscheiden, maar het blijft een graduele overgang en een **maatschappelijke keuze** om die grens te trekken. Het compenseren van een vernietigde oogst in een valleigebied kan als werkingskost bestempeld worden, terwijl de economische kost aan een serreteelt eerder als schade wordt aanzien. De grens wordt momenteel vooral gestuurd door de grootte van de kost en de 'verplaatsbaarheid' van de activiteit. Voor moeilijk verplaatsbare activiteiten, zoals een woongebied, worden beschermingsmaatregelen genomen om schade te vermijden. Voor makkelijker te verplaatsen of te wijzigen activiteiten – zoals akkerbouw – kan gekozen worden om de teelt aan te passen aan het overstromingsregime, de activiteit te verplaatsen of de kost te vergoeden. De landbouwer is dan een beheerder van de ESD. Zijn akker draagt bij tot het aanbod en de werkingskost wordt afhankelijk van de regelgeving al dan niet gecompenseerd.

De opdeling tussen vraag en aanbod mag niet enkel gestuurd worden door de grootte van de schade bij het actuele gebruik, maar vooral door de grootte van de baat, nl. de vermeden schade elders, in combinatie met de natuurlijkeheidsgraad van de processen die in dat gebied bijdragen tot de ESD-levering. Vooral gebieden met natuurlijke (niet technische gestuurde) overstromingsprocessen en geringe werkingskosten - zoals grote delen van de IJzer-, Dijle- en Maasvallei - zouden op die manier gecatalogeerd kunnen worden als 'leveranciers' voor de ESD. De eigenaars of beheerders ervan kunnen beschouwd worden als actoren die via hun beheer de dienstlevering helpen optimaliseren.

De keuzemogelijkheden tussen plan-/uitvoeringsalternatieven is mee afhankelijk van de solidariteit tussen de eigenaars/beheerders en de gebruikers van stroomop- en stroomafwaarts gelegen gebieden. Het **solidariteitsprincipe** 'stroomop-/stroomafwaarts' is essentieel en zou volgens de ecosysteemdienstenbenadering ingebouwd kunnen worden in het beleidsinstrumentarium.

3. Gradiënt natuurlijk-technologisch

Zoals beschreven in paragraaf 2.1.3 zijn de natuurlijke processen sterk gewijzigd door menselijke ingrepen. Velen stellen zich de vraag waar de grens ligt tussen technische aanpassingen of ingrepen en natuurlijke processen om nog te kunnen spreken van een ecosysteemdienst. Die grens is zeker in een verstedelijkt gebied als Vlaanderen moeilijk te trekken. De stroomgebieden zijn zo sterk gewijzigd dat het meestal moeilijk is om grootschalige processen op stroomgebiedsniveau opnieuw te herstellen. Toch kunnen lokaal heel wat projecten een bijdrage leveren tot het herstel van ecosysteefuncties.

In dit gedeelte wordt getracht om op het schaalniveau van de overstromingsgebieden de volledige natuurlijkheidsgradiënt te beschrijven en te waarderen. De natuurlijkheidswaarde stijgt naarmate het functioneren dichter aanleunt bij de natuurlijke werking. Een deel van de valleigebieden functioneert momenteel niet meer als waterbergingsgebied, terwijl andere gebieden net ingericht zijn om lokaal op een gecontroleerde manier meer water te kunnen bergen. Binnen deze groep van 'gecontroleerde' overstromingsgebieden is er nog een brede natuurlijkheidsgradiënt aanwezig. Die gaat van een slikken- en schorregebied in de getijdenzone of een komgrond die op een natuurlijke manier is aangesloten op de rivier, tot een technische constructie met een gecontroleerde in- en uitlaat.

Een aantal kenmerken kunnen, rechtstreeks of onrechtstreeks, helpen om de 'natuurlijkheid' van een overstromingsgebied (OG) te bepalen. Het gaat om de kenmerken van de waterberging, van de inrichting en het landgebruik/-beheer van het overstromingsgebied en van de rivierafvoer (zie tabel 2).

Rechtstreeks:

- Kenmerken met betrekking tot de berging: de ligging en de volledigheid van het overstromingsgebied binnen het stroomgebied; de overstromingskarakteristieken waaronder overstromingsfrequentie, waterdiepte, en overstromingsduur; de aanwezige infrastructuur of mate van technische ingrepen om een overstromingsgebied te creëren of in te richten of net te vermijden.
- Kenmerken met betrekking tot de inrichting en het landgebruik/-beheer van het overstromingsgebied: adaptatie vegetatie aan de overstromingsfrequentie, waterdiepte, stroomsnelheid,...; intensivering landgebruik met bijhorende maatregelen zoals drainage, grondverzet, bodemerosie, bodemverdichting,...

Onrechtstreeks:

- Kenmerken met betrekking tot de rivierafvoer: de ingrepen aan de waterloop die de snelheid en de capaciteit van de afvoer bepalen en de connectiviteit met het valleigebied. Deze ingrepen bepalen mee waar en hoe frequent de rivier buiten de oevers zal treden. Om de natuurlijkheid van de individuele overstromingsgebieden te beschrijven wordt er vooral gekeken naar de riviertrajecten in de onmiddellijke omgeving van het OG.

Tenslotte zijn er ook ingrepen buiten de rivier en het OG die een impact hebben op het overstromingsregime, zoals het ondoordringbaar maken van infiltratiegebieden door bebouwing en bodemafdichting, het verkleinen van de mogelijke waterberging door bodemverdichting, verhogen van oppervlakkige afstroming van water door onaangepast beheer op landbouwgronden, ... Op dit ogenblik kennen we de kwantitatieve bijdrage van deze effecten niet op individuele overstromingsgebieden en kan dit in de scoreberekening niet opgenomen worden.

Aan de hand van deze criteria kan elk overstromingsgebied gescoord worden op de gradiënt natuurlijk-technologisch. Voor elk criterium wordt een score van 0 tot 1 toegekend. Dat maakt dat de totaalscore varieert tussen 0 en 4. Hoe hoger de score, hoe 'natuurlijker' de werking van het overstromingsgebied. Er worden 4 klassen onderscheiden: **klasse 1** (hoge natuurlijkheidsgraad) met een score > 2 ; **klasse 2** (matige natuurlijkheid) met een score $> 1,5$ en ≤ 2 ; **klasse 3** (geringe natuurlijkheid met grote technische aanpassingen) met een score > 1 en $\leq 1,5$; **klasse 4** (geen natuurlijke berging door overstroming) ≤ 1 . Voor elke klasse worden vervolgens enkele voorbeelden gegeven.

Geen enkel overstromingsgebied scoort 4 op 4. Oorzaken hiervan/redenen hiervoor zijn wijzigingen in het overstromingsgebied (ligging, grootte, inrichting), in de rivier (dimensies, overstromingsregime) of in het infiltratiegebied.

In het waarderingsluik (paragraaf Figuur 11) worden meer technische en meer natuurlijke alternatieven ook vergeleken op basis van kosten-batenanalyses en waardering van bundels van ecosystemen.

Tabel 2. Kenmerken die de natuurlijkheid van overstromingsgebieden (OG) typeren.

Klasse Criterium		Nagenoeg natuurlijk Score 1	Matig natuurlijk Score 0,5	Weinig natuurlijk Score 0,25	Niet natuurlijk/technisch Score 0
Rechtstreeks: Kenmerken m.b.t. overstromingsgebied	Ruimtelijke situering	Het OG situeert zich volledig binnen de vallei en is voldoende groot, zodat de overstromingsfrequentie, -duur en waterdiepte de natuurlijke toestand benadert.	Het OG situeert zich volledig binnen de vallei maar is verkleind waardoor het overstromingsregime binnen het OG gewijzigd is.	De ligging valt binnen het oorspronkelijke valleigebied, maar het gebied is verkleind en gescheiden van de rivier door een gecontroleerde in-/uitlaat.	Niet natuurlijk: het OG ligt buiten de oorspronkelijke vallei.
	Overstromingsproces	Het gebied is niet technisch aangepast, waardoor de in-/uitlaat ongehinderd verloopt en zowel het tijdstip, de frequentie, als waterdiepte en de duur van de overstroming lokaal de natuurlijke toestand benaderen.	Het gebied is lokaal (door bedijking) afgebakend als OG. De frequentie, duur en diepte wijken in beperkte mate af van het natuurlijke regime. Buiten periodes van hoogwater werd de natuurlijke waterhuishouding niet gewijzigd.	Het gebied is lokaal (door bedijking) afgebakend als OG. De frequentie, duur en diepte wijken in sterke mate af van het natuurlijke regime. Buiten periodes van hoogwater werd de natuurlijke waterhuishouding niet gewijzigd.	Er wordt een onnatuurlijk grote hoeveelheid water gestockeerd op een kleine oppervlakte. Ook buiten periodes van hoogwater is er een wijziging van het waterregime.
	Inrichting overstromingsgebied	Vegetatie en bijhorende fauna zijn aangepast aan het vigerende overstromingsregime. Natuurlijke biotische processen.	Extensief menselijk gebruik dat aangepast is aan de overstromingsfrequentie en weinig schade ondervindt van overstromingen.	Intensief menselijk gebruik dat op korte termijn kan herstellen van overstromingsschade	Intensief menselijk gebruik (bewoning, industrie, drainage van de gronden, reliëfwijzigingen,...) waardoor de te verwachten schade te groot is.
Onrechtstreeks: Kenmerken m.b.t. rivierafvoer	wijziging waterloop die bijdraagt tot overstroming	Meanderend patroon, diepte, stroomkuilenpatroon, ruwheid van de bedding, aansluiting met zijbeken,... zijn ongewijzigd waardoor de natuurlijke vertraging van de (basis)afvoer behouden wordt.	De waterloop werd in beperkte mate gewijzigd t.o.v. de natuurlijke situatie. Buiten periodes van hoogwater werd de natuurlijke waterhuishouding slechts in beperkte mate gewijzigd. Eventuele kruidruiming hebben slechts een beperkte invloed op de ruwheid van het afvoerkanaal.	De waterloop werd in sterke mate gewijzigd t.o.v. de natuurlijke situatie. De ruwheid van de rivierbedding wordt sterk beïnvloed door kruid- en slibruiming of constante baggerwerken.	De waterloop werd verplaatst en ligt niet meer op zijn natuurlijke plaats. Ook in periodes van laagwater is er een grondige wijzig van de waterhuishouding t.o.v. natuurlijke situatie.

Hier volgen een aantal voorbeelden voor Vlaanderen. Telkens wordt het type meegegeven (zie paragraaf 2.1):

- Type 1: overstromingen gedomineerd door bovenstroomse rivierafvoer.
- Type 2: overstromingen gedomineerd door het getij en in beperkte mate door de bovenafvoer.

Klasse 1: Hoge natuurlijksgraad (som deelscores > 2)

Als overstromingsgebieden met een hoge natuurlijksgraad gelden: de afvoerkenmerken van de rivier en de waterbergende capaciteit van het overstromingsgebied kennen slechts geringe aanpassingen; de relatie tussen de rivier en het overstromingsgebied is nagenoeg natuurlijk. Voorbeelden van kleine wijzigingen zijn: de aanwezigheid van ruimingswallen of dijken die opnieuw (als herstelmaatregel) lokaal zijn afgegraven of doorgestoken zodat de vallei op een natuurlijke manier overstroomt; een gewijzigd beheer van de valleigebieden dat weinig effect heeft op of schade ondervindt van het overstromingsregime; geringe reliëfaanpassingen of afwateringssysteem (leigrachten) die de oorspronkelijke waterhuishouding van de vallei beïnvloeden (en hier en daar als herstelmaatregel opnieuw gedempt worden),...

Score: 2,5	Voorbeeld type 1 De Laan- en Dijlevallei stroomopwaarts Leuven: dit is één van de meest natuurlijke overstromingssysteem in Vlaanderen. De Dijle en de Laan meanderen er nog sterk, ze hebben deels nog een ruwe bedding en zijn gekenmerkt door een hoge afvoerdynamiek. De relatie met de vallei resulteert in een historisch oeverwal-komgrondsysteem dat nu (in beperkte mate) nog steeds actief wordt opgebouwd. Langs de randen zijn de natuurlijke kwelzones nog aanwezig. De overstroming is niet gestuurd door een constructie. Niet alle overstroombare delen van de vallei overstroom op dit moment, waardoor bepaalde zones te veel water moeten opvangen. Hierdoor is de overstromingsfrequentie, de waterdiepte, de duur van de overstroming en de sedimentatie die ermee gepaard gaat in het erkend natuurreservaat de Doode Bemde hoger dan typische vallei-ecosystemen verdragen. Het landgebruik binnen de vallei is grotendeels gekenmerkt door extensief graslandbeheer en bos. Gelijkaardige voorbeelden zijn de retentiezone Drielindenstraat op de Winge en de Kleine Beek t.h.v. Viersels Gebroekt. In beide gevallen werd een ruimingswal verwijderd om overstromingen terug mogelijk te maken (?).
-------------------	--

Of gebieden waarbij het regime van de rivier sterk is gewijzigd, maar waarbij de relatie tussen de rivier en het overstromingsgebied nagenoeg niet is bijgestuurd en de vegetatie binnen het OG nog een natuurlijk successiepatroon vertoont.

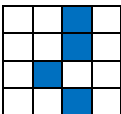
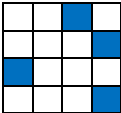
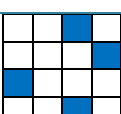
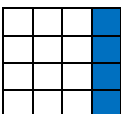
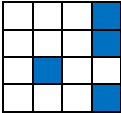
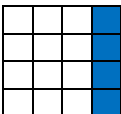
Score: 2,75	Voorbeeld type 1 De Maas tussen Stokkem en Oud-Dilzen: de afvoerkenmerken van de Maas zijn door talrijke stuwen stroomopwaarts sterk gewijzigd, waardoor ook de natuurlijke grindafvoer is afgesneden. Tijdens de actuele hoogwaterpeilen vertonen de overstromingsprocessen van de Grensmaas evenwel een relatief natuurlijk karakter. Uitsortering en herverdeling van het sediment tijdens riviererosie en -sedimentatie bij overstromingen, leiden tot een gevarieerd milieu met enerzijds uitgesuurde erosiegeulen (2,5 m diep tot op de grindvloer) en anderzijds uitgebreide, dikke (tot 3 m) grind- en zandafzettingen. De rivierdynamiek tijdens hoogwater kan de overstromingsgebieden terug modelleren, omdat de vroegere zomerdijk over een grote lengte afgegraven is. Doordat in grote delen van het winterbed van de Maas grind ontgonnen werd, zijn diepe plassen ontstaan (en soms opnieuw opgevuld). Hierdoor is het waterpeil van de Maas gedurende grote delen van het jaar verlaagd en zijn er drempels aangelegd om een minimum peil te garanderen. De resultaten van de erosie- en sedimentatieprocessen zijn het best te zien in het traject Kerkeweerd – Negenoord.
--------------------	---

Score: 2,75	Voorbeeld type 2 De slikken en schorren van de Zeeschelde. De vaargeul en het regime van de Schelde zijn sterk gewijzigd, maar binnen het huidige afvoerpatroon is de relatie tussen de rivier en de buitendijkse getijdenzonering niet bijgestuurd en volgt de vegetatie nog een natuurlijk successiepatroon.
--------------------	---

Klasse 2: matige natuurlijksheid met geringe technische ingrepen (som deelscores 1,5 – 2)

Het natuurlijke valleigebied wordt benut. Door geringe technische aanpassingen is het overstromingsregime beperkt gewijzigd in functie van een optimale benutting tijdens een piekdebiet.

Score: 1,75	Voorbeeld type 1 In periodes van hoogwater wordt de benutting van de beschikbare bergingscapaciteit geoptimaliseerd door het aanleggen van een (dwars)dijk en/of een debiet regulerend kunstwerk (klepstuw, schuif, knijp). Het overstromingsregime kan hiermee worden gestuurd, gecontroleerd en geoptimaliseerd. De locatie, de frequentie, de diepte en duur van de overstroming komen redelijk overeen met die van een natuurlijke overstroming in de referentiesituatie in de vallei. Buiten periodes van hoogwater wordt de waterhuishouding niet gewijzigd. Voorbeelden zijn de gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) van Egenhoven op de Dijle (bij optimale regeling), Hoeleden en Halen op de Velpe, Zwalm, Erpe-Mere op de Molenbeek, Zandbergen op de Molenbeek Zandbergen,...
Score: 2	Voorbeeld type 2 Overstromingsgebieden die kunstmatig zijn (her)aangelegd. In het overstromingsgebied ontstaan evenwel ecohydrologische processen die nauw aansluiten bij de rivierdynamiek, waardoor de vegetatie en de bijhorende fauna in het gebied overeenstemt met de referentiesituatie. Voorbeelden hiervan zijn de gecontroleerde gereduceerde getijdengebieden (GGG's) langs de Zeeschelde (Lippenbroek en de Bergenmeersen). Deze gebieden lagen oorspronkelijk binnendijks (landwaarts), maar zijn opnieuw verbonden met de rivier. Vermits de binnendijkse gebieden lager liggen dan de aanwezige slikken-/schorregebieden, was een eenvoudige aantakking niet meer mogelijk. Een kunstmatige constructie met in-/uitlaat bootst het getijderegime na. Hierdoor worden de natuurlijke processen voor de opbouw van

	slikken en schorren nagebootst en functioneert dit gebied opnieuw als een getijdenzone.
Klasse 3: geringe natuurlijkheid met grote technische aanpassingen (som deelscores: 1 – 1,5) In de gebieden is er sprake van grote technische aanpassingen en vertonen de overstromingsgebieden geen kenmerken meer van een natuurlijke vallei. Buiten periodes van hoogwater wordt de waterhuishouding niet gewijzigd.	
 Score: 1,25	Voorbeeld type 1 In periodes van hoogwater wordt de benutting van de beschikbare bergingscapaciteit geoptimaliseerd door het aanleggen van een (dwars)dijk en/of een debiet regulerend kunstwerk (klepstuw, schuif, knijp). Het overstromingsregime kan hiermee worden gestuurd, gecontroleerd en geoptimaliseerd. De locatie, de frequentie, de diepte en duur van de overstroming zijn sterk gewijzigd ten opzichte van die van een natuurlijke overstroming in de referentiesituatie in de vallei. De gewijzigde overstromingsregimes zorgen voor een wijziging van de vegetatie en bijhorende fauna in het gebied. Een voorbeeld hiervan is het GOG langs de Bellebeek. De waterloop werd sterk gewijzigd (ingedijkt, verplaatst). Waterberging gebeurt op een onnatuurlijke wijze. Het overstromingsgebied is losgekoppeld van de rivier en de vallei. Door natuurontwikkeling toe te passen kunnen wel nieuwe waardevolle habitats gecreëerd worden. Waterberging gebeurt binnen een wachtbekken dat uitgegraven en bedijkt is en via een kunstwerk (klepstuw, schuifafsluiter, pompgemaal) gevuld kan worden tot boven het omliggende terrein. Het wachtbekken heeft als doel zoveel mogelijk water te stockeren op een zo klein mogelijke oppervlakte. Door natuurontwikkeling toe te passen zijn nieuwe waardevolle habitats gecreëerd. Voorbeelden zijn: het binnenbekken van Scholen (omdijkte zandwinningsplas); het groot en klein wachtbekken langs de Zuunbeek (uitgegraven); het wachtbekken Trawool (gegraven).
 Score: 1,25	Voorbeeld type 2 GOG's langs de Zeeschelde. In de binnendijkse gecontroleerde overstromingsgebieden wordt het overstromingsregime gecontroleerd door een in-/uitlaat. Het ecosysteem blijft grotendeels hetzelfde; het blijven grotendeels meersen.
 Score: 1,50	Klasse 4: geen natuurlijke berging door overstroming (som deelscores ≤ 1) Waterberging gebeurt op een onnatuurlijke wijze. Het overstromingsgebied is losgekoppeld van de rivier en de vallei. Mogelijkheden voor natuurontwikkeling zijn beperkt.
 Score: 0	Voorbeeld type 1 Waterberging gebeurt binnen een wachtbekken dat uitgegraven is of dat via een kunstwerk (klepstuw, schuifafsluiter, pompgemaal) gevuld kan worden tot boven het omliggende terrein en hiertoe omdijkt is. Het wachtbekken heeft als doel zoveel mogelijk water te stockeren op een zo klein mogelijke oppervlakte. De mogelijkheden tot multifunctionaliteit en natuurontwikkeling zijn afwezig. Een voorbeeld is het spaarbekken Charles Courdent (ondergronds betonnen bekken) langs de Woluwecollector. Bufferbekkens. In een stedelijke omgeving worden meer en meer buffersystemen voor piekafvoeren van regenwater voorzien. Het kan gaan om bijkomende berging in afvoerbuizen, heraanleggen van pleinen, tuinen,... Afhankelijk van het ontwerp is bv. recreatief medegebruik mogelijk. Dergelijke technologische ingrepen beheren vooral de versnelde piekafvoeren en zijn losgekoppeld van het natuurlijk overstromingsregime. Het zijn wateroverlastgebieden. Voorbeelden zijn de Turnhoutse stadswijk, schranshoeve in Vorselaar (project 'groen loont'), de wachtbekkens Brucargo, Vogelzang en Noordoost aan de luchthaven van Zaventem (bovenlopen van de Barebeek). Enkel de inrichting levert een hogere score op.
 Score: 0,5	Voorbeeld type 1 en 2 Spaarbekken van Kruikeke. De Schiphoekpolder in Kruikeke is een GOG-GGG met een dubbele waterbergingsfunctie. Enerzijds zal het als gecontroleerd overstromingsgebied tijdelijk stormvloedwater vanuit de Noordzee bergen om zo een stormvloedgolf af te toppen. Anderzijds zal het ook instaan voor de afwatering van de Barbierbeek. Een conflict van beide functies kan ontstaan wanneer het GOG bij hoogtij gevuld is met stormvloedwater en de Barbierbeek tegelijkertijd dreigt te overstromen door overvloedige regenval. In dat geval wordt het water van de Barbierbeek afgeleid naar de Schiphoekpolder, die daartoe ingericht wordt. Tegelijkertijd wordt de Schiphoekpolder ingericht voor recreatief en educatief medegebruik. Er zullen hengelvijvers en een natuurleerpad aangelegd worden.
 Score: 0	

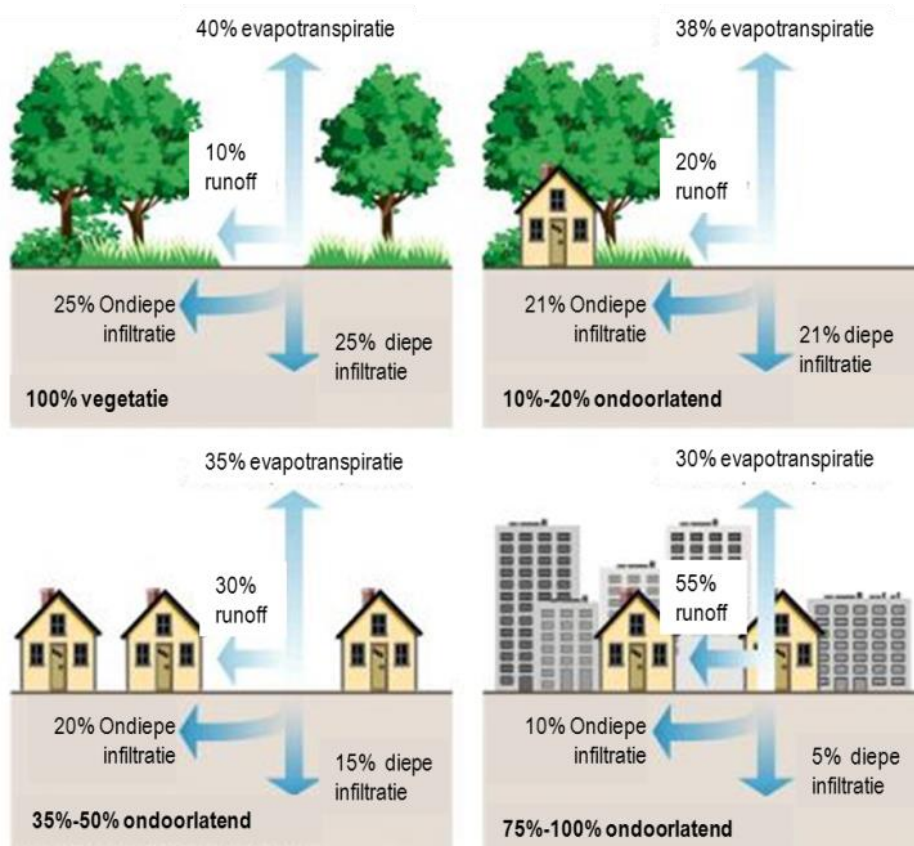
4.Toestand en trend

In de toestandbeschrijving gaan we na voor welke onderdelen van de ESD-cyclus op schaal Vlaanderen informatie beschikbaar is en of deze weergegeven kan worden in een gebiedsdekkende kaart. De opmaak van ESD-kaarten is een expliciete Europese taakstelling in het kader van de biodiversiteitsconventie (COM(2011) 244 final). Daarnaast is de kaartenset belangrijk – voor de 16 onderzochte ESD – de combineerbaarheid van ecosysteemdiensten te onderzoeken.

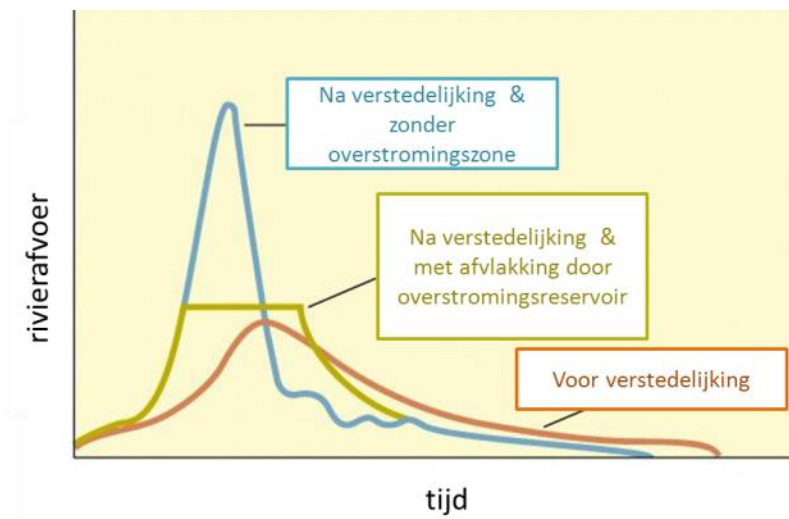
In de trendanalyse wordt er gekeken voor welke onderdelen van de ESD-cyclus er tijdsreeksen beschikbaar zijn en of er hieruit trends afgeleid kunnen worden.

4.1. Toestand waterretentie

In dicht bevolkte gebieden zoals Vlaanderen, wordt regenwater op veel plaatsen versneld afgevoerd. Figuur 5 toont aan de hand van een voorbeeld hoe bij een toenemende verstedelijking de (diepe) infiltratie en de grondwatervoeding daalt en de oppervlakkige afvoer sterk stijgt. Figuur 6 illustreert hoe deze versnelde oppervlakkige afvoer, de piekafvoeren in een rivier versnelt en verhoogt (zie ook Bijlage 1, figuur 4). Naast verstedelijking wordt oppervlakkige afstroming ook bepaald door de hellinggraad, het bodemtype en het landbeheer (Batelaan & De Smedt, 2007), alsook de vorm van het stroomgebied (zie ook Bijlage 1, figuur 4-7).



Figuur 5. Effect van verstedelijking op hydrologische processen.



Figuur 6. Effect van verstedelijking op de piekafvoer van regenwater.

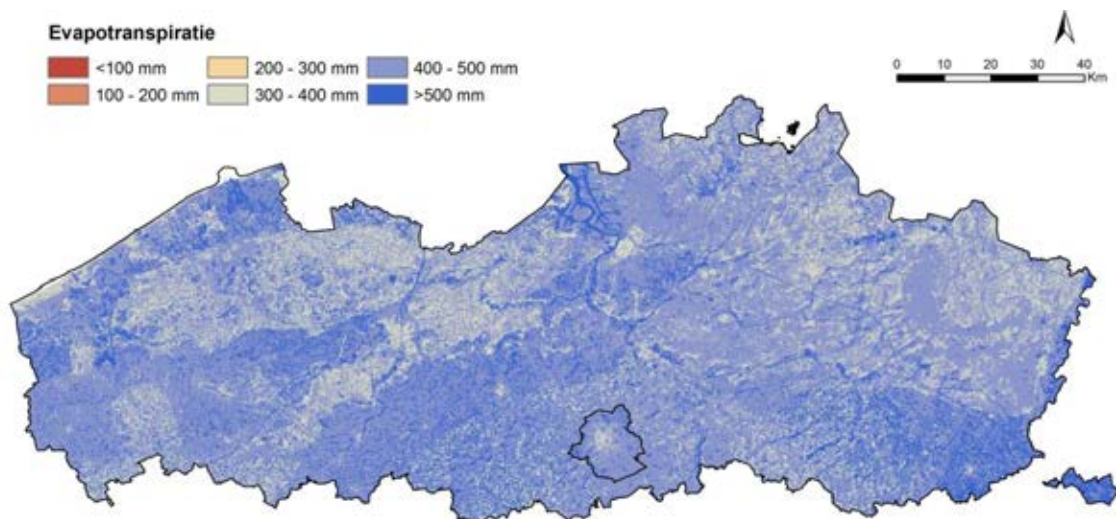
4.1.1. Retentie van regenwater

Retentie van regenwater is een belangrijke ecosysteemfunctie in het verhinderen van overstromingsrisico's. Om de belangrijke retentiegebieden voor regenwater in Vlaanderen in kaart te brengen, werd het WetSpaas model (Batelaan & De Smedt, 2007) gebruikt. Dat model berekent, op basis van het actuele landgebruik, het bodemtype en de hellinggraad, hoeveel water er verdampt (evapotranspiratie), vastgehouden wordt door de vegetatie en infiltreert (retentie) of oppervlakkig afstroomt (run-off).

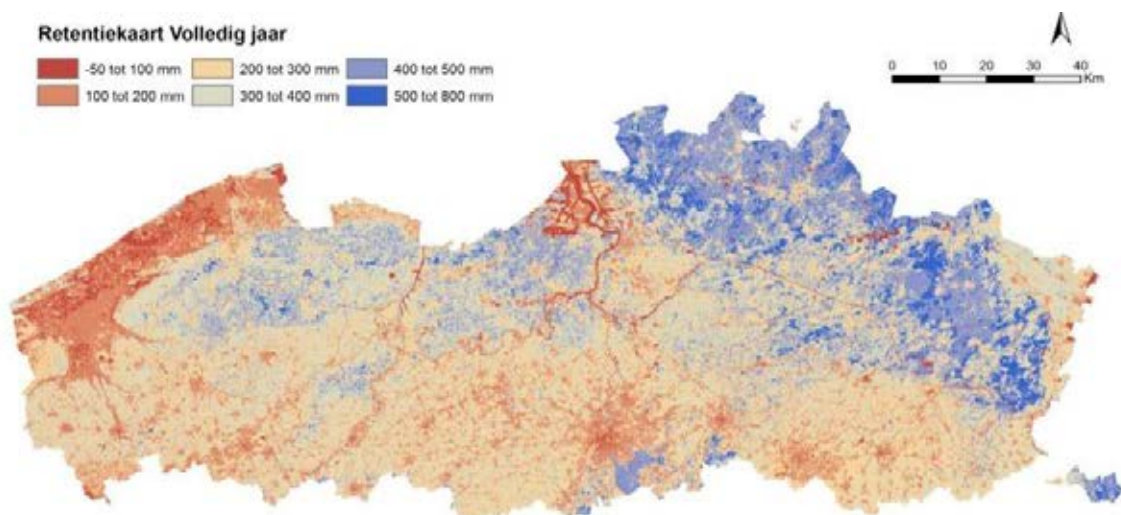
Kaart 1 toont de verdamping op jaarbasis. Bijlage 2 toont aanvullend de kaarten voor het zomer- en winterhalfjaar. De seizoenspatronen zijn meer uitgesproken dan de regionale patronen met een geringe verdamping in het winter- en een grote in het zomerhalfjaar.

De som van wat er infiltreert en wordt vastgehouden door de vegetatie, is een maat voor de retentie van regenwater of de capaciteit om water vast te houden en te vermijden dat het oppervlakkig afstroomt. Kaart 2 toont de retentiecapaciteit op jaarbasis. Deze kaart toont een duidelijker regionaal patroon dat gekoppeld is aan een landgebruikspatroon (Figuur 7). In Bijlage 2 zijn de kaarten voor zomer- en winterretentie gegeven. In de zomer kan er door de vegetatiegroei en het bladerdek meer water gecapteerd worden dan in de winterperiode. In de winterperiode is de netto-grondwatervoeding dan weer hoger dan tijdens de zomer door verlaagde verdampfingscondities. Zandige gebieden en grote **infiltratiezones** capteren beduidend meer regenwater. Wanneer we kijken naar de gemiddelde retentie per vegetatietype (Figuur 7), dan hebben bossen en heide de grootste retentiecapaciteit. Het (her)bebossen van het voedingsgebied van een waterloop, kan dan ook een belangrijk effect hebben op het afvlakken van piekdebieten (Batelaan & De Smedt, 2007).

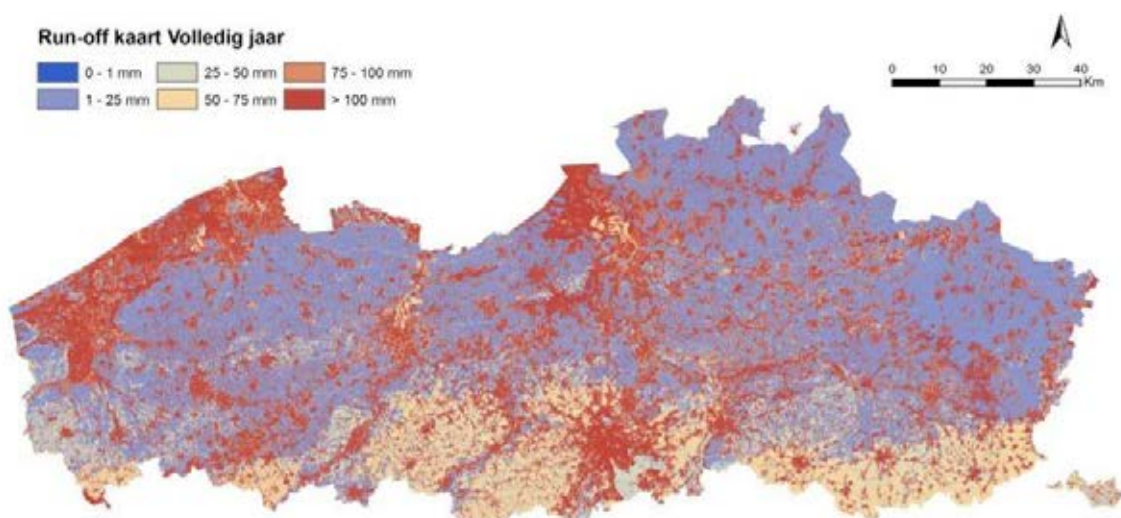
Het regenwater dat niet verdampt en niet wordt vastgehouden, stroomt oppervlakkig af. Kaart 3 toont wat dit op jaarbasis betekent. Naast valleigebieden vallen vooral de stadskernen op. Figuur 7 toont ook hoe weinig water er vastgehouden wordt in een stadscentrum in vergelijking tot de hoeveelheid neerslag. Gemiddeld stroomt 43% versneld af. In open bebouwing is dit gemiddeld 12%, in bossen en heiden 1 à 2%. De grote infiltratiegebieden op Kaart 2 zijn vooral gekenmerkt door een grote grondwatervoeding en een geringe oppervlakkige afstroming. Het behoud van die infiltratiecapaciteit is belangrijk. Het ondoordringbaar maken van dergelijke gebieden zou een bijkomende, versnelde oppervlakkige afvoer opleveren.



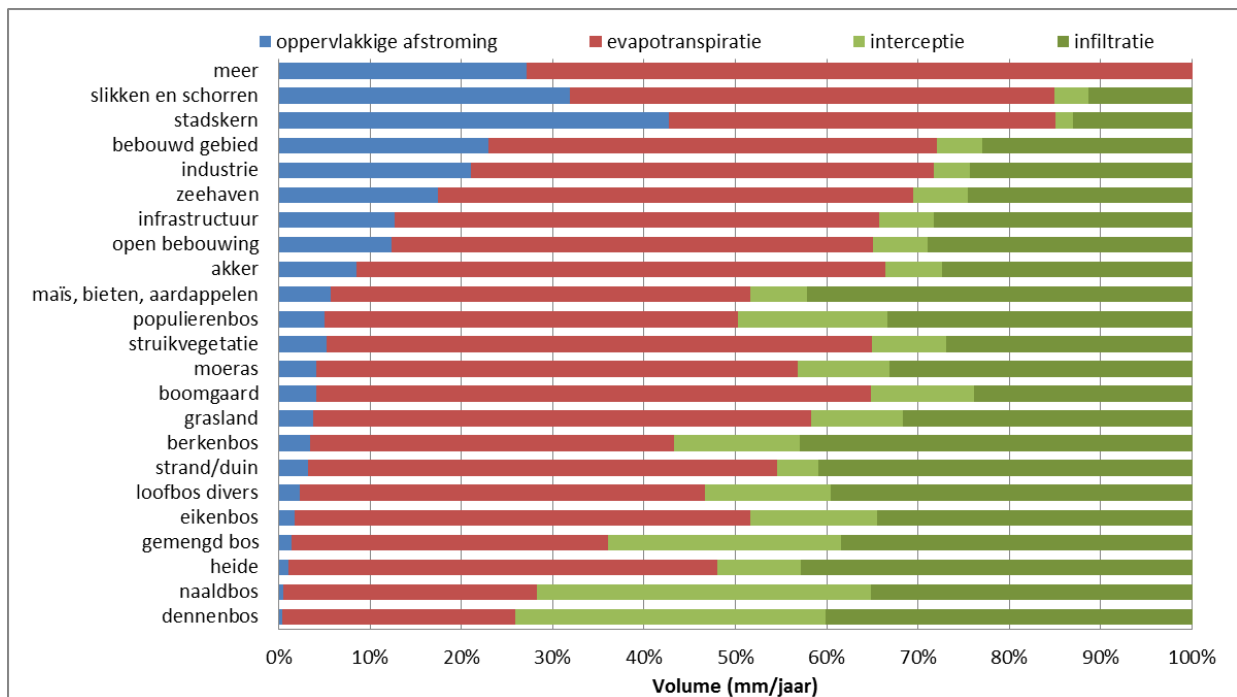
Kaart 1. Verdamping (evapotranspiratie in mm/jaar)



Kaart 2. Neerslagretentie in mm/jaar op basis van het actuele landgebruik (model WetSpass, bron: VUB).

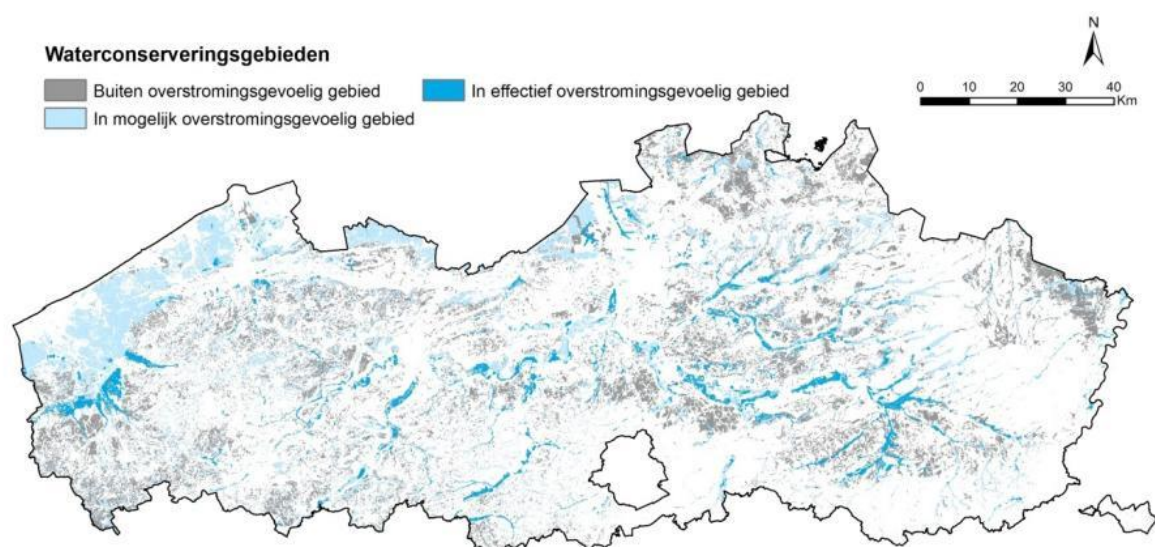


Kaart 3. Oppervlakkige afvoer van regenwater in mm/jaar (model WetSpass, bron: VUB).



Figuur 7. Percentage infiltratie, interceptie, evapotranspiratie en oppervlakkige afstroming per landgebruiksklasse. Percentages zijn gemiddelden per landgebruik op schaal Vlaanderen.

4.1.2. Sponswerking van de overgangsgebieden



Kaart 4. Ligging van potentiële waterconserveringsgebieden (aangepast naar: CIW, 2009). Effectief overstromingsgevoelige gebieden hebben een overstromingskans van 1/100 jaar of zijn recent overstroomd.

De kaart van regenwaterretentie op jaarbasis geeft geen beeld van de retentiegebieden die na hevige neerslag in een tijdsspanne van uren of dagen rechtstreeks een belangrijke bijdrage leveren tot het beperken van het overstromingsrisico. Het zijn vooral de lager gelegen gebieden met een hoge watertafel, die van nature geschikt zijn om grondwater en neerslag vast te houden (sponswerking) en vertraagd af te geven aan de rivier. In de bekkenbeheerplannen worden dit **waterconserveringsgebieden** genoemd. De potentiële waterconserveringsgebieden, afgeleid uit de bodemkaart en de topografie, zijn weergegeven in Kaart 4 (CIW, 2009). Deze gebieden overlappen voor 51% met de overstromingsgevoelige gebieden, 49% valt niet samen.

De termijn tussen neerslag, grondwaterverzadiging en afvoer naar de rivier is hier geringer. De uren na een regenbui zijn het dan ook belangrijke gebieden in het vertragen van de toevoer van grond- en oppervlaktewater naar de rivier. Bepalende factoren hierbij zijn de aanvoer van kwelwater, het vasthoudend vermogen van de bodem en de hellingsgraad. Op dit ogenblik zijn geen cijfers beschikbaar met betrekking tot het effectief aandeel van deze gebieden in het afremmen van piekafvoeren.

De sponswerking van deze gebieden ondersteunt op haar beurt ook andere bodemfuncties. Water wordt langer vastgehouden, waardoor verdroging wordt tegengegaan. Er zal minder bodemerosie optreden door afstromend regenwater en de kwaliteit van het grondwater verbetert door natuurlijke zuivering (Melman & van der Heide, 2011). De overgangsgebieden zijn belangrijke zoekzones voor combinatiemogelijkheden van landbouw en natuur. In de bekkenbeheerplannen is er onderzocht welke harde gewestplanbestemmingen (woonzone, industriezone,...) binnen deze conserveringsgebieden momenteel nog niet ingevuld zijn. Het zijn de zogenaamde signaalgebieden, of gebieden die deel uitmaken van een strategisch onderzoek naar een duurzamer waterbeheer (CIW, 2009).

4.2. Toestand waterberging

Naast waterretentie is het bergen van water in de rivier en het tijdelijk bergen van overstromingswater in de vallei belangrijk om piekdebieten af te vlakken en wateroverlast in benedenstroomse gebieden (voor getijdenzones ook bovenstroomse gebieden) te voorkomen. Hier worden enkel kaarten getoond die betrekking hebben op overstromingsgevoelige gebieden en op hun potenties voor de waterbergende functie.

Eerst wordt de **aanbodgradiënt** van overstromingsgevoelige gebieden tot 'formele' of 'erkende' overstromingsgebieden besproken. Vervolgens wordt er op basis van het landgebruik en de combineerbaarheid met overstromingen een methode voorgesteld om te zoeken naar potenties voor bijkomende 'formele' overstromingsgebieden. Naast landgebruik geven de geschatte bevolkingsdensiteiten extra informatie betreffende de **vraag naar bescherming**.

Tenslotte wordt, aan de hand van de recent overstroomde gebieden, het **maatschappelijk effect** gekarteerd voor de periode 1988-2011.

4.2.1. Van overstromingsgevoelige gebieden naar formele overstromingsgebieden

De gradiënt van historisch overstromingsgevoelige gebieden naar actueel gebruik en inzet als 'formele' overstromingsgebieden, wordt stap voor stap geanalyseerd:

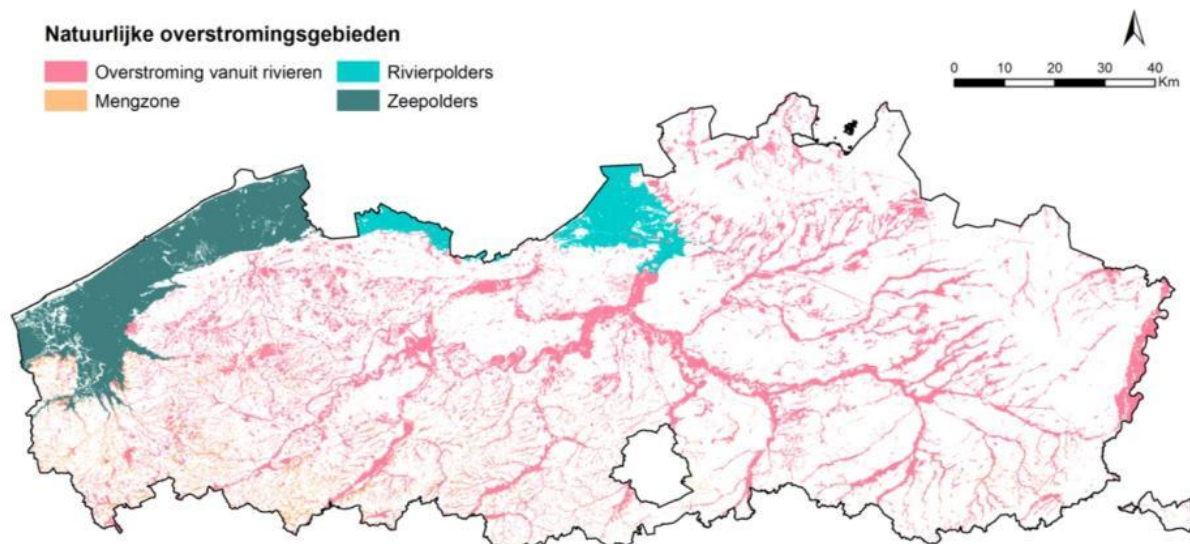
- Stap 1 is het in kaart brengen van de van nature overstromingsgevoelige gebieden.
- In stap 2 wordt deze kaart uitgebreid met recent overstroomde gebieden (periode 1988-2011) en met zones die t.g.v. reliëfwijzigingen overstromingsgevoelig geworden zijn.
- In stap 3 wordt de overstromingsgevoelige zone beperkt tot de gebieden die onder het actuele waterbeheer nog overstroombaar zijn met een bepaalde terugkeerperiode.
- In stap 4 worden enkel de nu reeds formeel aangeduide overstromingsgebieden door de waterbeheerders getoond.

Stap 1: van nature overstromingsgevoelige gebieden

De 'van nature overstromingsgevoelige gebieden' omvatten de ruimte die waterlopen permanent of periodiek zouden innemen in afwezigheid van de beschermende infrastructuur (AGIV, 2001). De kaart geeft niet de actuele overstromingsgevoelige gebieden weer. Het is eerder een indicatie van waar overstromingen zich in een bodemkundig-historisch perspectief hebben voorgedaan binnen Vlaanderen. Deze kaart is een belangrijke referentiekaart omdat ze deels ook een beeld kan geven van mogelijke gevolgen bij het falen van de huidige waterkeringen (bv. door een dijkbreuk) (AGIV, 2005).

De vertrekbasis is de digitale bodemkaart opgemaakt in de periode 1950-1970 en de digitale hoogtekartaal. Voor de aanduiding van de overstromingsgevoelige gebieden zijn de alluviale gronden geselecteerd, de bodems die ten gevolge van historische overstromingen vanuit een waterloop zijn ontstaan en poldergronden of gronden die middels indijking veroverd werden op de zee of op de aan getij onderhevige rivieren (AGIV, 2001). Het resultaat is weergegeven in Kaart 5.

Het van nature overstromingsgevoelig gebied omvat 24,3% van de totale oppervlakte van het Vlaams Gewest. Hiervan behoort 14,4% tot de riviervalleien, 1,7% tot een overgangszone (combinatie van valleigrond en afstromingssediment door neerslag), 2,3% tot de Scheldepolders en 5,9% tot de zeepolders (Tabel 3).



Kaart 5. Overstromingsgevoelige gebieden vanuit historisch-bodemkundig perspectief.

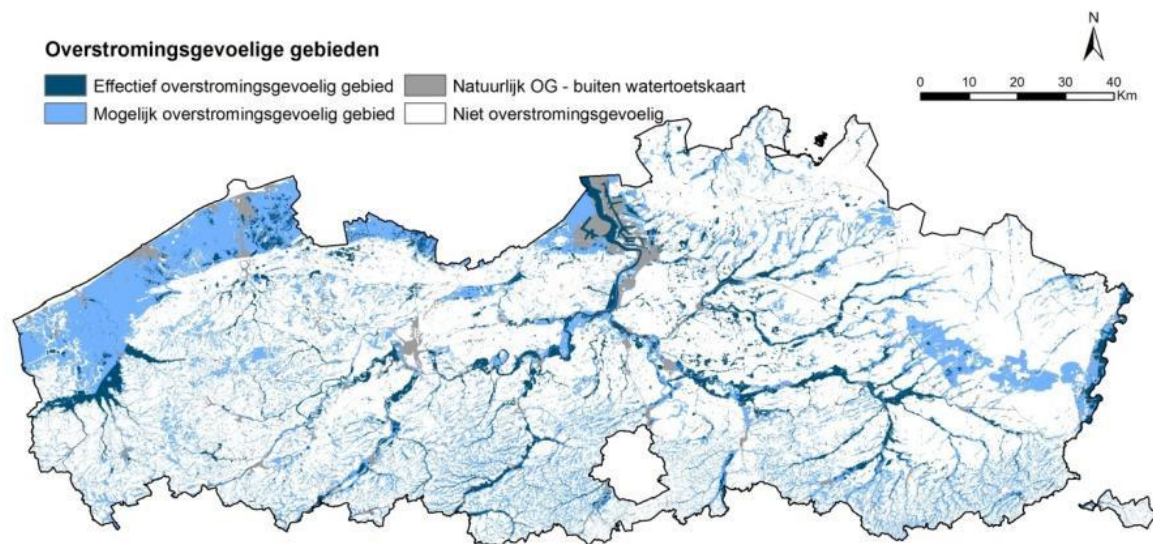
Tabel 3. Overzicht van de oppervlakte van de van nature overstroombare gebieden in het Vlaams gewest (vanuit historisch-bodemkundig perspectief)

Type	Oppervlakte (ha)*	% Vlaanderen
Zeepolders	80000	5,9
Scheldepolders	31500	2,3
Overstroombaar vanuit rivieren	195700	14,4
Mengzone**	23400	1,7
Totaal overstroombare gebieden	330600	24,3
Rest Vlaanderen	1027100	75,7

*bron: AGIV et al., 2005; **Mengzone 'overstroombaar valleigebied' en 'afzetting sediment door afspoeling'

Stap 2: geactualiseerde kaart overstromingsgevoelige gebieden

De overstromingsgevoelige gebieden vanuit historisch-bodemkundig perspectief, zijn verfijnd en aangevuld met recent overstroomde gebieden (periode 1988-2011) en met het mijnverzakkingsgebied. Het resultaat is de 'watertoetskaart' (www.metadata.AGIV.be) (AGIV, 2005). In de watertoetskaart werden een aantal harde ruimtelijke bestemmingen (zoals woongebied en bedrijventerreinen) en grote reliëfwijzigingen (zoals havendokken) geschrapt (AGIV, 2005). In deze ESD-oefening maken de bebouwde delen echter wel een essentieel deel uit van de afweging van vraag en aanbod. Daarom werden de van nature overstromingsgevoelige gebieden (kaart 4) volledig samengenomen met de watertoetskaart. Het resultaat is weergegeven in Kaart 6. De totale oppervlakte overstromingsgevoelig gebied wordt hiermee geschat op 413000 ha of 30% van het Vlaams gewest.



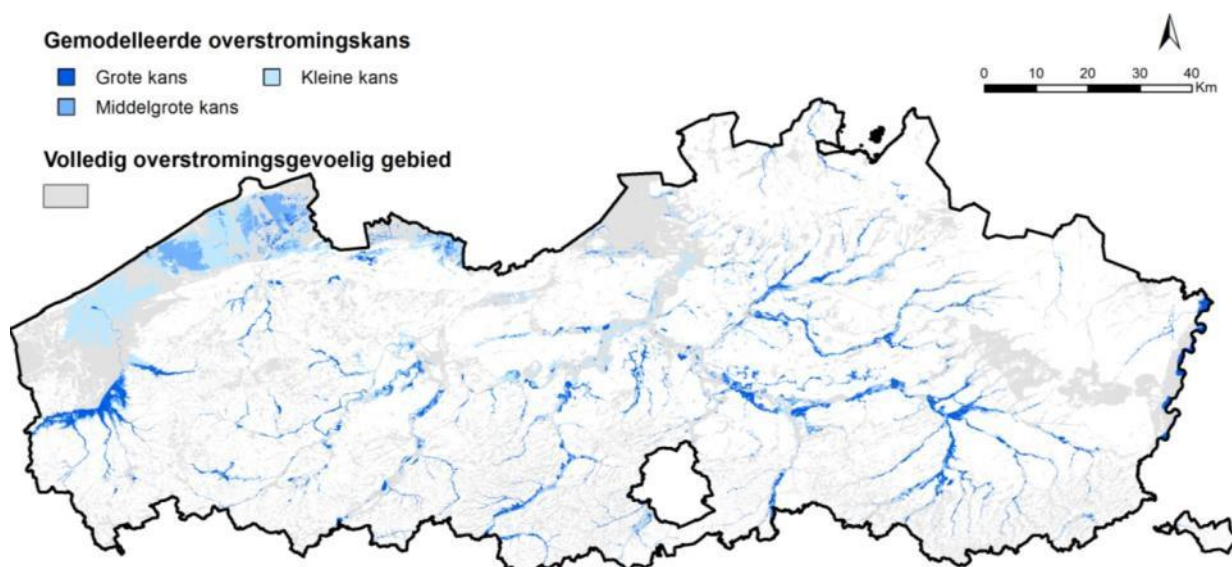
Kaart 6. Geactualiseerde kaart van de overstromingsgevoelige gebieden in het Vlaams gewest. Combinatie van de watertoetskaart en de natuurlijke overstromingsgebieden (NOG-kaart). (bron: AGIV)

Stap 3: actueel overstromingsgevoelige gebieden

Het waterbeheer speelt al eeuwenlang een belangrijke rol in het regelen van waterafvoer en waterberging. Het regelen van waterpeilen door stuwen, terugslagkleppen, afvoer naar kanalen, in-/uitlaten overstromingsgebieden, bedijkingen enz. bepaalt mee waar en wanneer een bepaalde hoeveelheid water tijdelijk geborgen zal worden. Via een modellering is berekend wat er onder het actuele water- en landbeheer, met inbegrip van de dijken, nog overstroombaar is. Deze **'overstromingsgevaarkaarten'** zijn opgemaakt in het kader van de Europese overstromingsrichtlijn. De opmaak gebeurde onder toezicht van de CIW (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid) en werd uitgevoerd door de VMM (Vlaamse Milieumaatschappij), het Waterbouwkundig Labo en de provincies.

Op basis van hydrologische en hydraulische modelleringen (CIW, 2013b) werd voor elke bevaarbare waterloop en waterloop van eerste categorie de grote, middelgrote en kleine kans op overstroming berekend. In grootte-orde komt dit overeen met een mogelijke terugkeerperiode van 1/10, 1/100 of 1/1000 jaar. Per terugkeerperiode werd naast de overstromingsoppervlakte ook telkens de bijhorende waterdiepte berekend. Voor de berekening werd geen rekening gehouden met mogelijke dijkbreuken of met een mogelijke verhoging van de overstromingskansen ten gevolge van klimaatveranderingen.

De contouren van deze overstromingsgevoelige gebieden zijn weergegeven in Kaart 7. Naast de kans op overstroming is ook het gestockeerde watervolume belangrijk. Dit wordt bepaald door de waterdiepte en de oppervlakte van de overstroming. In Bijlage 3 wordt de waterdieptekaart weergegeven per terugkeerperiode.



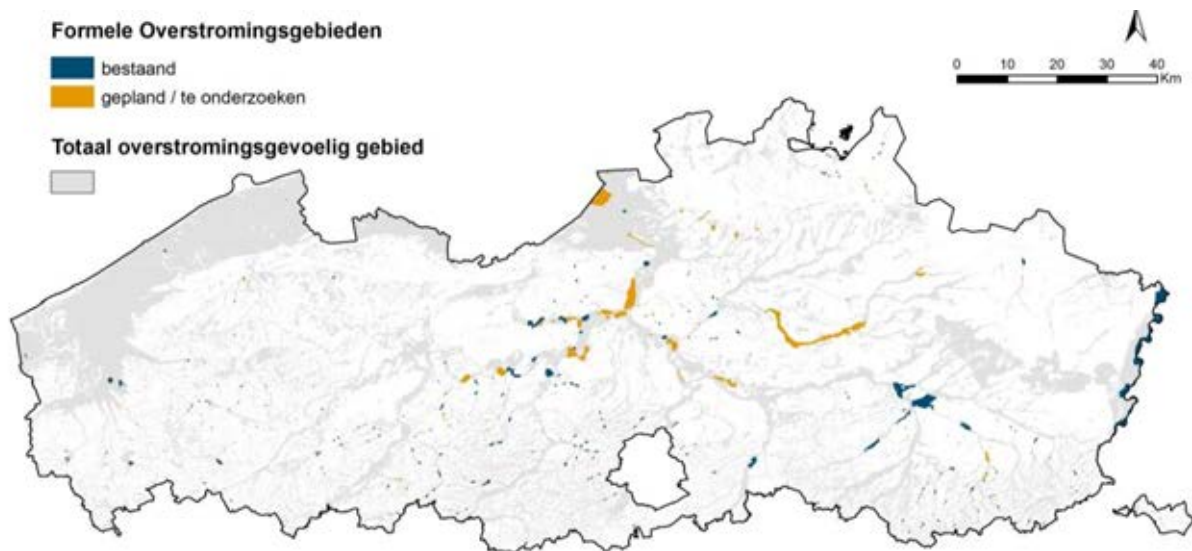
Kaart 7. Gemodelleerde overstromingskanskaart. De kaart toont gebieden die een grote, middelgrote of kleine kans hebben om te overstromen bij het actueel waterbeheer (Bron: CIW juli 2013).

In het Vlaams gewest heeft 2,5% van de oppervlakte een kans om eens om de 10 jaar te overstromen, 4,3% een kans van 1/100 jaar en 7,7% een kans van 1/1000 jaar. Dat betekent dat door het huidige water- en landbeheer grote delen reeds beveiligd zijn. Mogelijke effecten van klimaatveranderingen zijn nog niet meegenomen in deze berekeningen.

Stap 4: formeel aangeduide overstromingsgebieden

Welk aandeel van de overstromingsgevoelige gebieden en van de gebieden met hoge overstromingskansen worden nu reeds 'formeel' ingezet als overstromingsgebied? Alle aangeduide en geplande **overstromingsgebieden** op Vlaams en provinciaal niveau zijn weergegeven in Kaart 8. Het gaat vooral om de meer technisch ingerichte gebieden zoals wachtbekkens, gecontroleerde overstromingsgebieden en gecontroleerd gereduceerd getijdengebied. Voor die gebieden is er een maatschappelijke consensus dat het effectief 'overstromingsgebieden' zijn en dat ze bijdragen tot het verminderen van overstromingsrisico's elders. In de ESD-cyclus zijn deze gebieden een maat voor het actuele ESD-gebruik (zie Figuur 1). Naar schatting 5200 ha is op dit moment formeel in gebruik als overstromingsgebied en wordt als dusdanig erkend. Daarbij is nog ca. 5100 ha bijkomend gepland. In totaal komt dit overeen met **circa 0,8%** van het Vlaams gewest.

Over de andere overstromingsgevoelige gebieden wordt, ondanks de gekende overstromingskansen, geen expliciete uitspraak gedaan. Er bestaan vaak uiteenlopende visies over de rol van die gebieden in de regulering van overstromingsrisico's. Door niet te expliciteren of dergelijke gebieden ingezet kunnen worden als overstromingsgebied, blijft het debat over de combineerbaarheid ervan met andere functies/ander landgebruik open (zie paragraaf 2.2 en kadertekst 2).



Kaart 8. Formeel aangeduide overstromingsgebieden.

4.2.2. Zoekzone naar bijkomende overstromingsgebieden

De oppervlakte aan formele overstromingsgebieden is op dit ogenblik grotendeels beperkt tot (technisch) ingerichte gebieden. Om overstromingen in de meest kwetsbare gebieden te vermijden, dient elders bijkomende ruimte gezocht te worden. Hoe kunnen meer overstromingsgebieden geselecteerd en formeel aangeduid worden, zodat ze effectief beschikbaar blijven voor waterberging en het landgebruik/-beheer en het waterbeheer beter op elkaar kunnen afgestemd worden? Waar liggen die potentieel geschikte overstromingsgebieden?

Door de kaarten uit stap 2 en 3 te combineren met het actuele landgebruik, kan er gezocht worden naar gebieden waar:

1. landgebruik nu reeds te combineren is met een overstroming of waar weinig schade verwacht wordt bij een eventuele overstroming;
2. en/of waar activiteiten voorkomen die ook elders kunnen vervuld worden en die bijgevolg makkelijker te verplaatsen zijn.

De zoektocht naar potentieel geschikte overstromingsgebieden gebeurt door Kaart 6 en Kaart 7 te koppelen aan de landgebruikskartaat Vlaanderen. Deze kaart toont (op een rasterschaal van 10X10 m) het actuele landgebruik, opgedeeld in 114 categorieën (Poelmans *et al.*, 2014). Op basis van de potentiële verplaatsbaarheid en de combineerbaarheid met een overstroming, krijgt elk type landgebruik een score van 1 (niet verplaatsbaar en niet combineerbaar) tot 5 (aangepast aan overstroming) (zie Tabel 4). De tabel in Bijlage 5 toont de volledige lijst van landgebruiken met de geschiktheidsscore. Dit is een eerste ruwe verkenning naar potentieel geschikte overstromingsgebieden. Het voordeel is dat zowel bebouwing, landbouw, bosbouw als natuurtypen in één tabel worden samengenomen.

Binnen de overstromingsgevoelige gebieden is berekend welk aandeel van de oppervlakte tot één van de 5 klassen behoort. Het resultaat is weergegeven in Tabel 5. Daaruit blijkt dat het grootste deel (76% binnen het totale overstromingsgevoelige gebied) van het landgebruik volgens deze eerste verkenning nog steeds aangepast is of weinig schade ondervindt van een eventuele overstroming en dus potentieel in aanmerking komt als overstromingsgebied. Dit dient nog verder verfijnd te worden op basis van diepte, periode en duur van de overstroming.

Binnen de gebieden met een actuele overstromingskans is de combineerbaarheid nog groter. Daar behoort 89%, 87% en 85% van de gebieden met respectievelijk grote, middelgrote en kleine overstromingskans tot klasse 4 en 5.

Tabel 4. *Criteria voor de combineerbaarheid van landgebruik met waterberging*

Score	Combineerbaarheid met bebouwing	Voorbeelden
1	niet verplaatsbaar en mogelijke slachtoffers	Bebouwing, enkel combineerbaar door individuele bescherming van de woning of onteigening
2	niet verplaatsbaar, weinig tot geen slachtoffers	bv. infrastructuurwerken, bodemafdichting,...
Score	Combineerbaarheid met landbouw	Voorbeelden
3	moeilijk combineerbaar wegens grote economische schade en/of grote regeneratietijd	bv. hoogwaardige gewassen zoals fruitbomen, groenten,...
4	makkelijker te verplaatsen, matige economische schade	bv. Akkerland (exclusief groenten), productiegrasland, mais
5	lage economische schade en/of grote tolerantie	voedselrijke natte graslanden
Score	Combineerbaarheid met natuur en bos	Voorbeelden
3	niet combineerbaar met overstroming, moeilijk te verplaatsen en te herstellen zeldzaam natuurtype	bv. heide, heischraal grasland
3	moeilijk te verplaatsen wegens grote regeneratietijd en/of grote economische schade	bv. beukenbos, eikenbos
4	makkelijk te verplaatsen of beperkte natuurwaarde	hoog groen (spontane boomopslag), tuinen, laag groen
5	vegetatie aangepast aan overstromingen, geen bijzondere natuurwaarde of grote tolerantie	rietmoeras, slikken en schorren

Tabel 5. *Combineerbaarheid van landgebruik met waterberging in de gemodelleerde overstromingszones met een overstromingskans van 1/10, 1/100 en 1/1000 jaar en met waterberging in de volledige overstromingsgevoelige zone. De combineerbaarheid is uitgedrukt als aandeel (in ha en %) per combineerheidsklasse volgens tabel 4.*

Combineerbaarheids- klasse	Kans 1/10 jaar		Kans 1/100 jaar		Kans 1/1000 jaar		Volledige overstromings- gevoelige zone	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	200	0,6	800	1,5	2600	2,5	20100	5
2	900	2,8	3000	5,0	7200	6,9	48800	12
3	2300	6,9	3700	6,3	5700	5,4	33700	8,2
4	20500	61,4	38800	65,5	72600	68,9	258700	63
5	9500	28,3	12800	22,8	17200	16,3	51900	13

Tabel 5 toont welk aandeel van de volledige oppervlakte binnen Vlaanderen potentieel combineerbaar is met een overstroming. Belangrijker is het om te weten of specifieke deelgebieden langs een rivier in hun geheel meer of minder potenties vertonen als overstromingsgebied. Liggen de niet combineerbare landgebruiken egaal verspreid over Vlaanderen, of eerder geconcentreerd in enkele gebieden? Voor deze oefening werd Vlaanderen opgedeeld in een aantal zones begrensd door hoofdwegen, spoorwegen en waterlopen. De methodologie hiervoor is beschreven in Bijlage 6.

Voor iedere deelgebied dat hierdoor ontstaat, werd een gemiddelde combineerbaarheidsscore berekend op basis van het huidige landgebruik.

$$\text{combineerbaarheidsscore}(\text{gebied } x) = \sum_{n=1}^5 \frac{n * \text{oppervlakte (score } n)}{\text{totale oppervlakte gebied } x}$$

Hoe hoger een gebied scoort, hoe beter het huidige landgebruik combineerbaar is met overstromingen en hoe meer het in aanmerking komt als zoekzone voor overstromingsgebied.

Deze gebiedsscores zijn weergegeven in Kaart 9 - 10. Kaart 9 toont de gemiddelde combineerbaarheidsscore per deelgebied voor de volledige overstromingsgevoelige zone, Kaart 10 en Kaart 11 voor de gebieden met een overstromingskans van 1/10 en 1/100 jaar. Het grootste deel van de gebieden met grote overstromingskans (Kaart 10) heeft een gemiddelde combineerbaarheidsscore van meer dan 4 en kleurt donkerblauw. Dit zijn de meest geschikte zones voor bijkomende formele overstromingsgebieden.

Deze oefening geeft een ruw beeld van waar er kansen liggen voor berging en kan in de toekomst verbeterd worden door de gebieden nog te verkleinen en de scores verder te verfijnen. Het is enkel bedoeld als eerste screening naar potentiële geschiktheid als overstromingsgebied. Bij de verdeling over deelgebieden wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met sommige bestaande infrastructuurelementen (kleinere wegen, dijken,...). Na een eerste screening moeten ook andere overwegingen, zoals de overstromingskenmerken (periode, diepte, duur), de rol in beveiliging van stroomop-/afwaarts gelegen gebieden, bijkomende beleidsdoelen, economische belangen,... meegenomen worden in de afweging. Dit vergt evenwel input van bijkomende, gebiedsspecifieke informatie die in het kader van dit rapport niet voorhanden was. Het eindresultaat zou ervoor moeten zorgen dat het aanbod aan waterberging via de formele overstromingsgebieden beter afgestemd is op de reële nood aan berging.

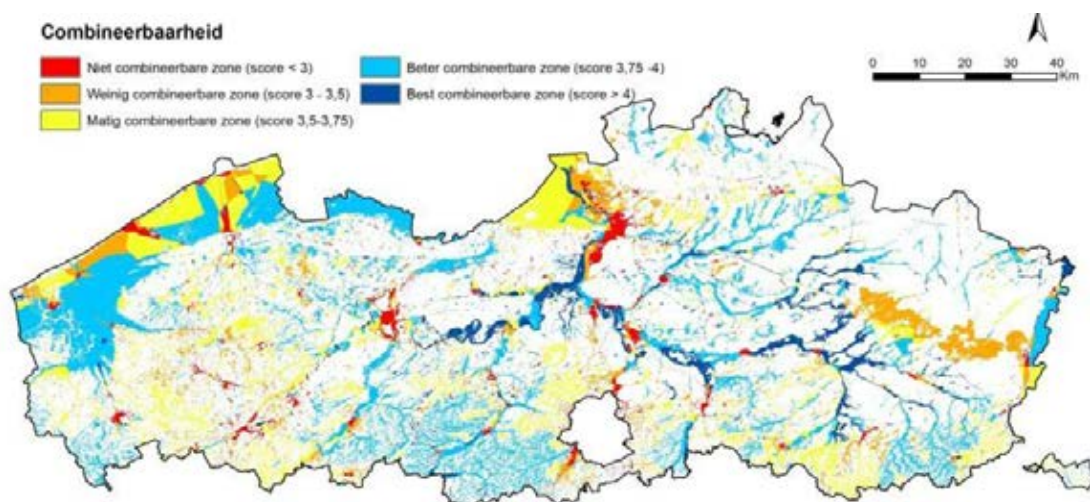
Vraag naar bescherming

Naast extra zoekzones voor meer aanbod aan berging is het ook belangrijk de vraagzijde beter in kaart te brengen. Gebieden met een landgebruik dat niet gecombineerd kan worden met overstromingen, zijn gebieden waar de vraag naar bescherming tegen overstromingen zeer groot is. Het gaat om de geel, groen en rood gekleurde gebieden in de kaarten 10, 11 en 12.

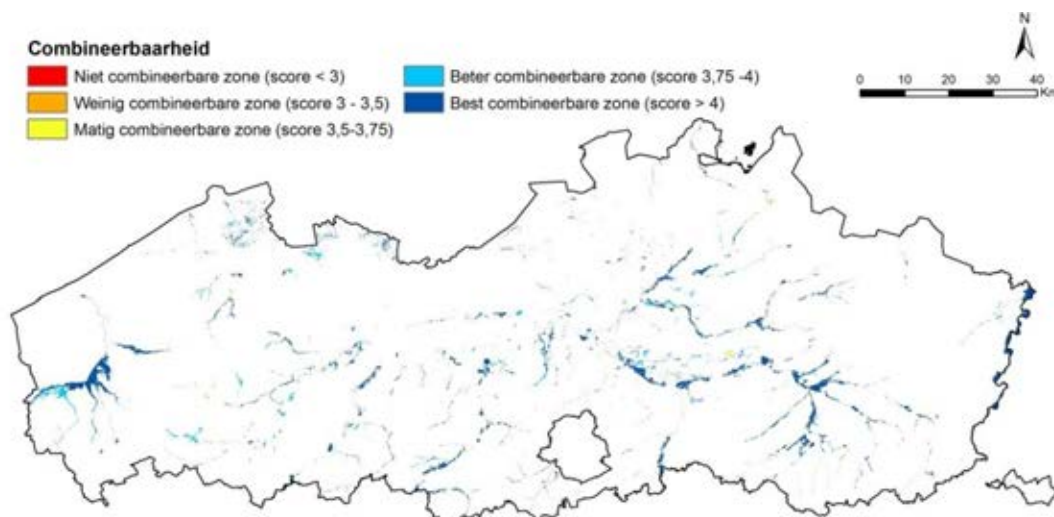
Daarnaast speelt ook het potentieel aantal slachtoffers een belangrijke rol in de vraag naar bescherming. Op basis van de bevolkingsdichtheden per statistische sector is er een ruwe schatting gemaakt van het aantal mensen dat er in de bebouwde gebieden woont (Bijlage 6). Zo kan - naast een combineerbaarheidsscore - bijkomend ook het potentieel aantal slachtoffers in de overstroombare gebieden berekend worden.

In de volledig overstromingsgevoelige zone wonen naar schatting 1500000 mensen of 24% van de bevolking. In de gebieden die mogelijk eens om de 10, 100, 1000 jaar overstroomd, geeft een ruwe berekening aan dat er respectievelijk 0,2%, 1,1% en 3,5% van de bevolking in het Vlaams Gewest getroffen worden.

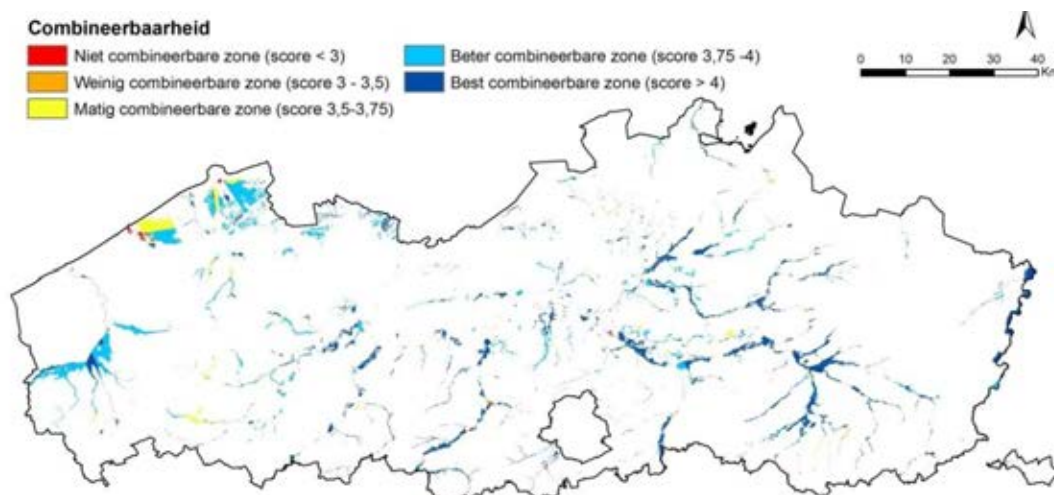
Wanneer we de densiteit bekijken binnen die zones, dan zijn die niet gelijk verdeeld. Bepaalde deelgebieden bevatten nagenoeg geen inwoners (< 0,1 inwoner/ha), terwijl dit in andere deelgebieden oploopt tot >100 inwoners per ha (zie Kaart 12).



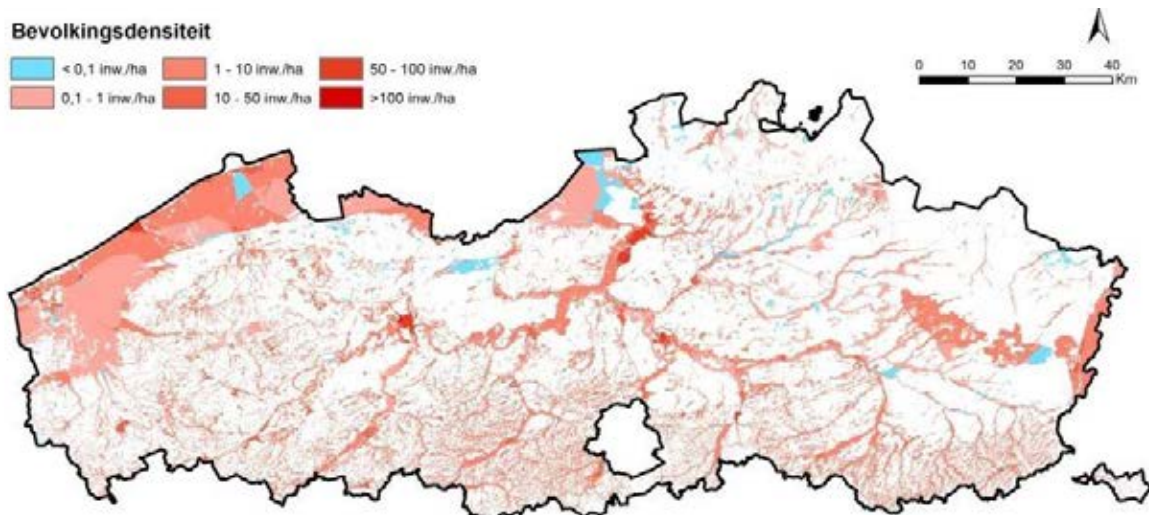
Kaart 9. Gebiedsscore voor de combineerbaarheid van het landgebruik met waterberging binnen de volledige overstromingsgevoelige zone.



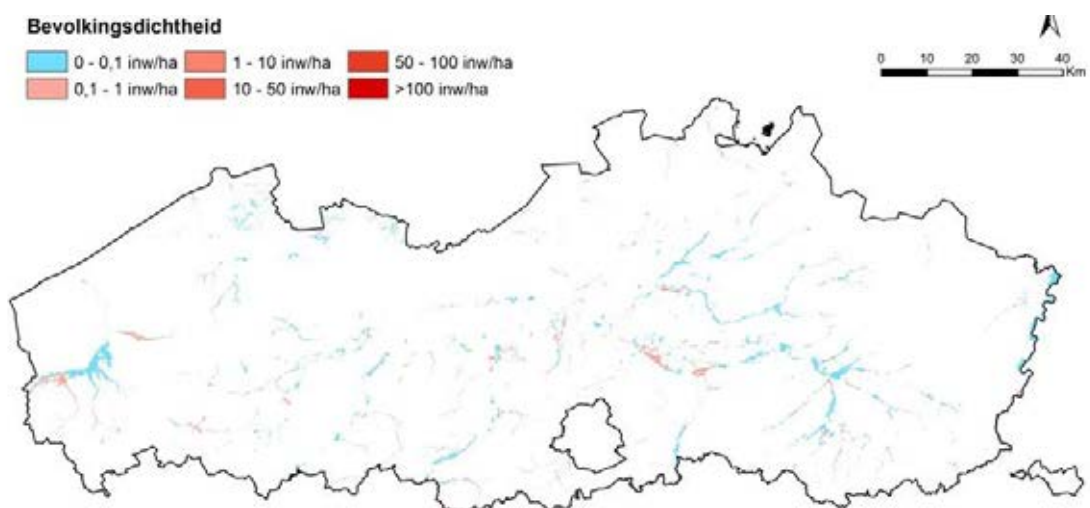
Kaart 10. Gebiedsscore voor de combineerbaarheid van het landgebruik met waterberging binnen de zone met een overstromingskans van 1/10 jaar.



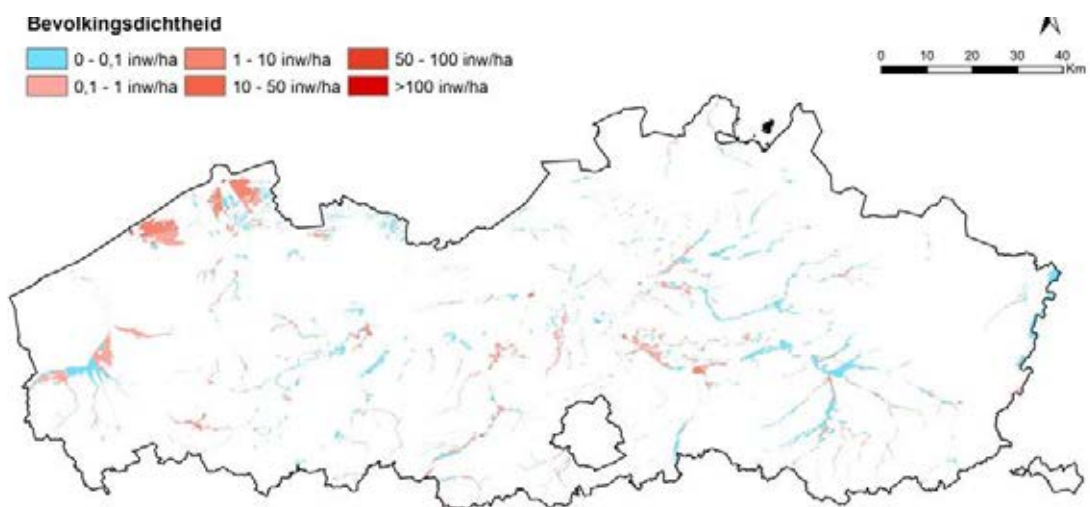
Kaart 11. Gebiedsscore voor de combineerbaarheid van het landgebruik met waterberging binnen de zone met een overstromingskans van 1/100 jaar.



Kaart 12. Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners/ha) per deelgebied van de volledige overstromingsgevoelige zone.



Kaart 13. Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners/ha) per deelgebied van de zone met een overstromingskans van 1/10 jaar.



Kaart 14. Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners/ha) per deelgebied van de zone met een overstromingskans van 1/100 jaar.

4.2.3. Afwegen vraag en aanbod

De zoekzones van vraag en aanbod tonen waar nog grote opportuniteiten liggen voor waterberging en waar de vraag naar bescherming reeds groot is. Om een effectieve keuze te maken en een gebied al dan niet te selecteren als formeel overstromingsgebied, is veel meer gebiedsgerichte informatie nodig. Om keuzes te maken en vraag en aanbod aan elkaar te koppelen, moet er vertrokken worden vanuit een hydrologische modellering die de verhouding berekent tussen 'mogelijke schade of kost' door waterberging en 'vermeden schade of kost' elders. Wat is m.a.w. de 'kost' versus de 'baat' op schaal van het stroomgebied? *Welke overstromingsgebieden in de Dijlevallei zijn geschikt om het risico in Leuven te minimaliseren? Welke overstromingsgebieden langs de Zeeschelde kunnen de effecten van een stijgende zeespiegel compenseren?...*

De veiligheidsbaat is steeds een afweging tussen risico en vermeden risico. Risico (R) wordt bepaald door de kans (P) op een overstroming te vermenigvuldigen met de te verwachten schade (S) bij een overstroming.

$$R = \int P * S$$

- R= te verwachten gemiddelde schade per jaar (aantal mensen/jaar of euro/jaar).
- P= kans dat een overstroming zich voordoet (terugkeerperiode in 1/10, 1/100, 1/1000 jaar)
- S= schade die optreedt bij een overstroming (in aantal mensen, euro's,...)

Naast de veiligheidsbaat moeten ook investerings- en onderhoudskosten meegerekend worden en moeten ook andere effecten en baten bekeken worden. Een meer natuurlijke oplossing zal vaak minder investerings- en onderhoudskosten vergen en zal vaak ook meer baten voor natuur en culturele diensten opleveren (Bruzzzone, 2013; De Beukelaer-Dossche & Decleire, 2013; Demeyer & Turkelboom, 2013b; VITO, 2004).

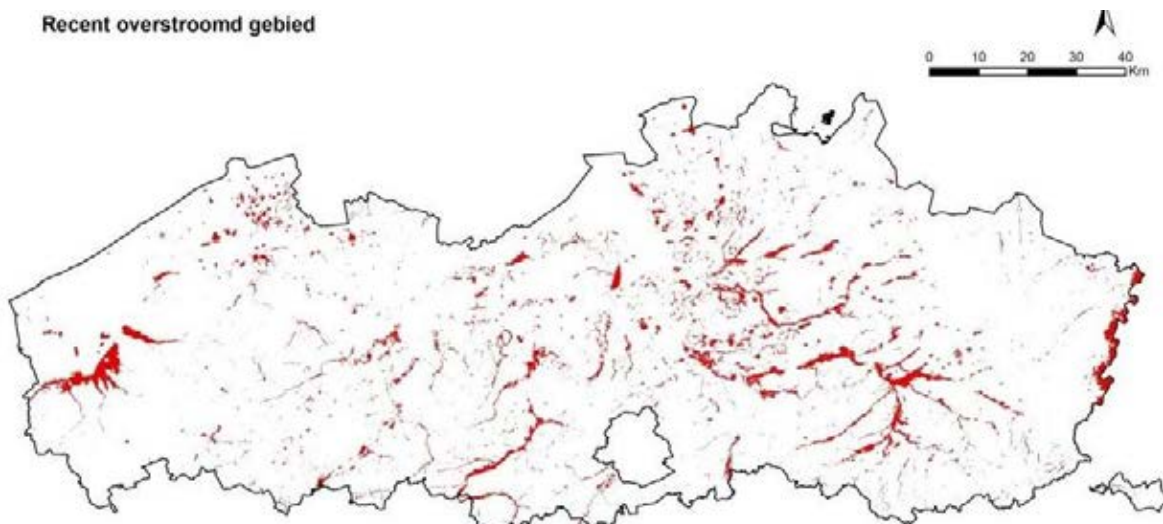
De afweging vraag-aanbod is stroomgebiedgebonden en wordt op dit ogenblik, in overeenstemming met de Europese overstromingsrichtlijn, voor alle gemodelleerde overstromingsgevoelige gebieden uitgewerkt. De rapportering hierover is gepland voor 2014. In Bijlage 9 worden enkele voorlopige resultaten getoond van dergelijke gebiedsgerichte analyse (Cauwenberghs, 2013; Devroede *et al.*, 2013). Meer informatie betreffende deze aanpak wordt besproken onder paragraaf 7.1.4.

4.2.4. Maatschappelijke effecten

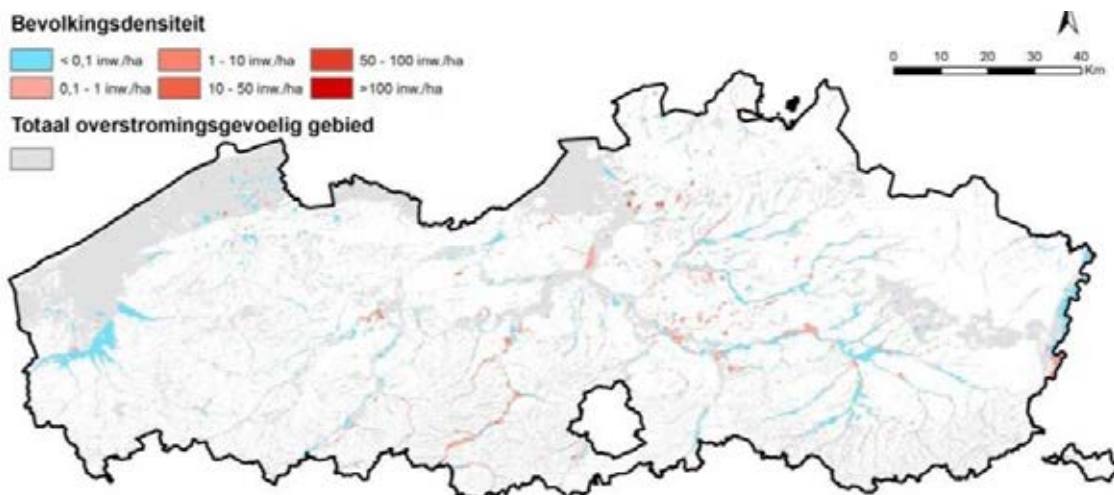
De perceptie van veiligheid wordt sterk gestuurd door de schade die mensen geleden hebben door recente overstromingen. Sinds 1988 worden de overstromingen in kaart gebracht. De afbakening van deze gebieden is echter niet steeds even nauwkeurig. De overstroomde gebieden werden daarom gecorrigeerd op basis van de hoogteligging (AGIV, 2005). Kaart 15 toont de gebieden die in de periode 1988-2011 minstens één keer overstroomd zijn. Deze gebieden zijn een maat voor de maatschappelijke effecten van de voorbije 25 jaar. In totaal bedraagt dit ca. 61000 ha.

De meeste van deze gebieden hebben een zeer lage bevolkingsdensiteit (zie Kaart 16). Toch werden in totaal naar schatting 75000 - 80000 inwoners getroffen. In 4000 ha (7% van de recent overstroomde gebieden) is het landgebruik niet combineerbaar met overstromingen (combineerbaarheidsscore 1 en 2)(zie Kaart 17).

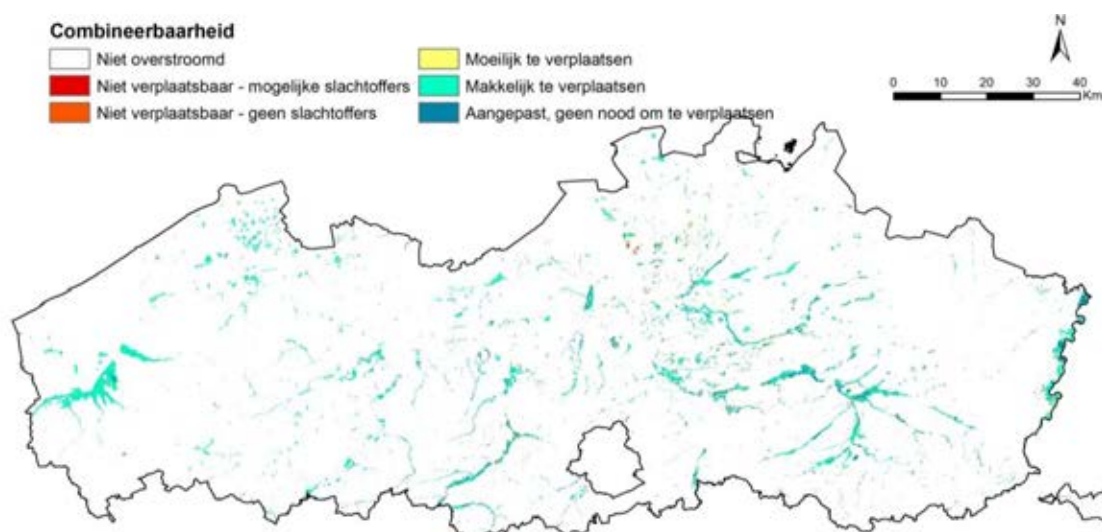
Recent overstromd gebied



Kaart 15. Recente overstromingsgebieden (1988-2011).



Kaart 16. Bevolkingsdensiteit binnen recent overstromde gebieden (opgesplitst per deelgebied).



Kaart 17. Gebiedsscore voor de combineerbaarheid van het landgebruik met waterberging binnen de zone van de recent overstromde gebieden (opgesplitst per deelgebied)

4.3. Trend

Naast het karteren van de ecosysteemdienst, trachten we na te gaan of een bepaalde dienst in belang toeneemt of eerder afneemt. Stijgt het risico? Stijgt de vraag naar risicobeheersing? Neemt het aanbod af? Wat zijn de te verwachten trends in de nabije toekomst?

Delen van de overstromingsgevoelige gebieden worden nog steeds bebouwd. Anderzijds worden er bijkomende gebieden ingericht als overstromingsgebied. Overstromingen zijn – gezien de risico's – een goed onderzocht fenomeen. Toch zijn de trendgegevens voor Vlaanderen en België zeer beperkt en zijn er nog geen goede indicatoren ontwikkeld. Bovendien is het moeilijk een onderscheid te maken tussen effecten van klimaatverandering en gewijzigd landgebruik.

Kenmerken van piekafvoeren zijn beschreven en worden recent opgevolgd, maar het is te vroeg om hierover gegronde uitspraken over trends te doen. Daarnaast zijn er welzijns- en welvaartsgegevens beschikbaar over de frequentie aan overstromingsrampen en de schade die daarmee gepaard gaat. De kwaliteit van de datasets is echter niet constant en gevoelig voor het effect van aangiftebereidheid, waardoor ze moeilijk interpreteerbaar zijn.

4.3.1. Trend piekafvoeren rivieren

Voor de meeste bevaarbare waterlopen en waterlopen van eerste en tweede categorie worden de overstromingsprocessen real-time berekend. Op elk ogenblik wordt online voorspeld waar er in Vlaanderen overstromingen kunnen plaatsgrijpen (<http://www.waterinfo.be/>). Peilen worden dagdagelijks opgevolgd, alarmpeilen worden genoteerd,... Dit zijn belangrijke data om op termijn reële trends mee te berekenen. Deze dataset is op dit ogenblik echter nog niet vertaald in indicatoren voor overstromingskansen of kansen op piekafvoeren en alarmpeilen.

Wel zijn voor diverse rivieren in Vlaanderen de kenmerken van hoogwaterafvoeren beschreven voor de periode tot 1996 (Thomas & Voet, 2000) en herhaald voor de periode tot 2010. De toename in piekafvoeren is te beperkt (statistisch niet significant) en de periode te kort om van een stijgende trend te kunnen spreken. Verder opvolging in de tijd is aangewezen. Het aangegeven verschil kan bovendien ook met de normale klimaatschommelingen samenhangen (Willems, 2013a). Voor meer uitleg zie Bijlage 7.

4.3.2. Trend overstromingsrampen

Naast peil- en debietgegevens worden er ook rampgegevens verzameld. Deze brengen de 'diservice' in beeld. De federale overheid registreert sinds 1993 alle gebeurtenissen in België die erkend worden als ramp. Op basis van wetenschappelijke factoren wordt nagegaan of een regenbui, een storm of overstroming uitzonderlijk genoeg is om in aanmerking te komen voor het uitbetalen van schade uit het rampenfonds. Figuur 8 toont het aantal waterrampen die in de databank zijn opgenomen en die betrekking hebben op wateroverlast. De grafiek toont de jaarlijkse frequentie en het 5-jaarlijks gemiddelde.

Sinds 1970 wordt door de CRED (WHO Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) op wereldschaal bijgehouden hoeveel rampen er jaarlijks voorkomen (EM-dat: International Disaster database) (www.emdat.be). Om een overstroming als een ramp te laten erkennen, worden strikte criteria gehanteerd op basis van de geleden schade: ofwel zijn er 10 of meer dodelijke slachtoffers, ofwel zijn er 100 of meer slachtoffers die schade ondervinden, ofwel is het een gebied waar de noodtoestand is afgekondigd, ofwel een gebied waar internationale bijstand is geleverd. Figuur 9 toont de trend van het aantal erkende rampen in Europa.

Het aantal rampen en schadeclaims is de laatste decennia toegenomen, zowel in België als in Europa. Samen met stormen zijn overstromingen in Europa de natuurrampen met de grootste economische schade (www.emdat.be). De verliezen hierdoor gaan in stijgende lijn (Figuur 10). In 1992 werd de schade in Polen en Tsjechië op 5,2 miljard euro geschat, in 2000 in Italië, Frankrijk en Zwitserland op 9,2 miljard euro, in 2002 in Duitsland, Tsjechië en Oostenrijk op 17,4 miljard euro, in 2007 in Groot-Brittannië op 4,3 miljard euro,... (EEA, 2008). In 2013 werden Duitsland, Hongarije, Polen en de Tsjechische Republiek getroffen door de zwaarste overstroming in meer dan 100 jaar. De Donau bereikte op een aantal plaatsen de hoogste waterstand in 500 jaar. De schade is echter nog niet gekend, maar loopt waarschijnlijk op tot miljarden euro's.

Hoewel reeds werd aangetoond dat klimaatverandering de kans op neerslagcumulatie (winter) en piekbuien (zomer) doet toenemen (Willems *et al.*, 2010) en dat antropogene ingrepen de kansen op overstromingsschade verder doen stijgen, kunnen de stijgende trends in economische schade

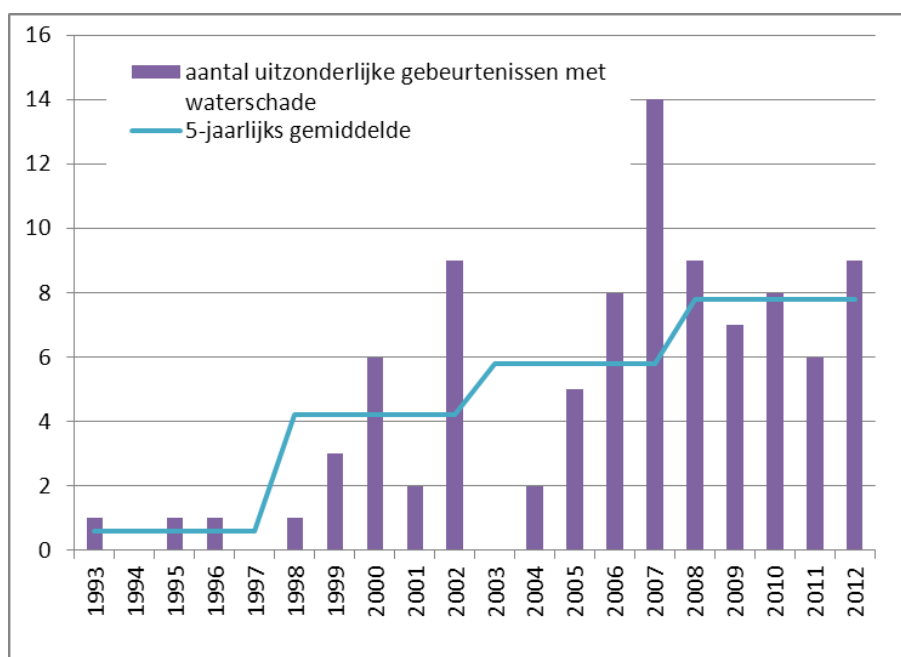
daar niet automatisch aan gekoppeld worden. Ook een verbetering in de dataverzameling, de verhoogde aangiftebereidheid en de groeiende politieke aandacht kunnen deels deze trend mee verklaren. (Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011)(Peeters *et al.*, 2011) Los van de mogelijke trend toont Figuur 10 dat vanaf 1990 regelmatig hoge economische schade is opgetreden, wat de algemene bezorgdheid ten aanzien van overstromingsrisico's doet stijgen.

4.4. Besluit

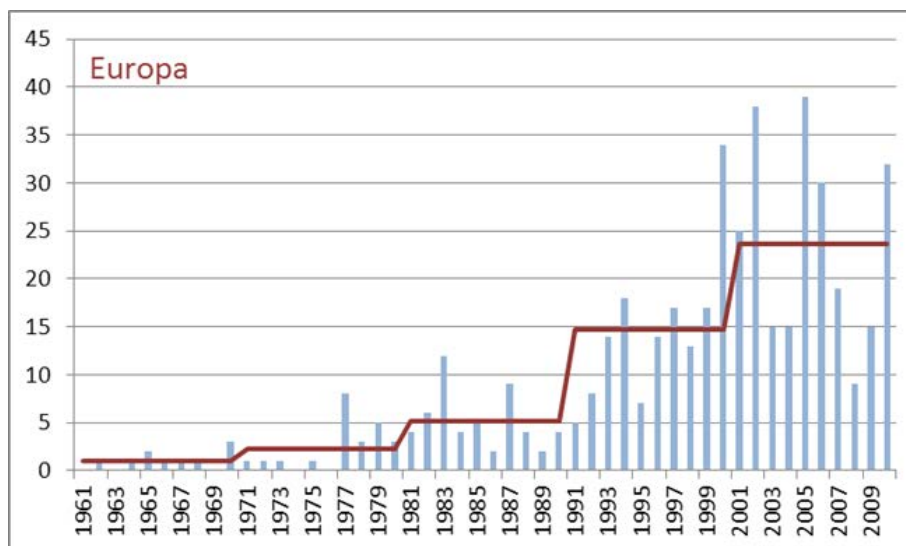
Het verschil in oppervlakte tussen overstromingsgevoelige gebieden en formeel aangeduide en geplande overstromingsgebieden, is groot.

Door de hoge bevolkingsdichtheid, de hoge graad van bodemafdichting en het intensieve landbeheer, is het gebruik van de overstromingsgevoelige gebieden vaak niet aangepast aan de potentiële overstromingsfrequentie. Ondanks deze conflicten zijn er nog grote zoekzones aanwezig die potentieel in aanmerking komen als formeel overstromingsgebied.

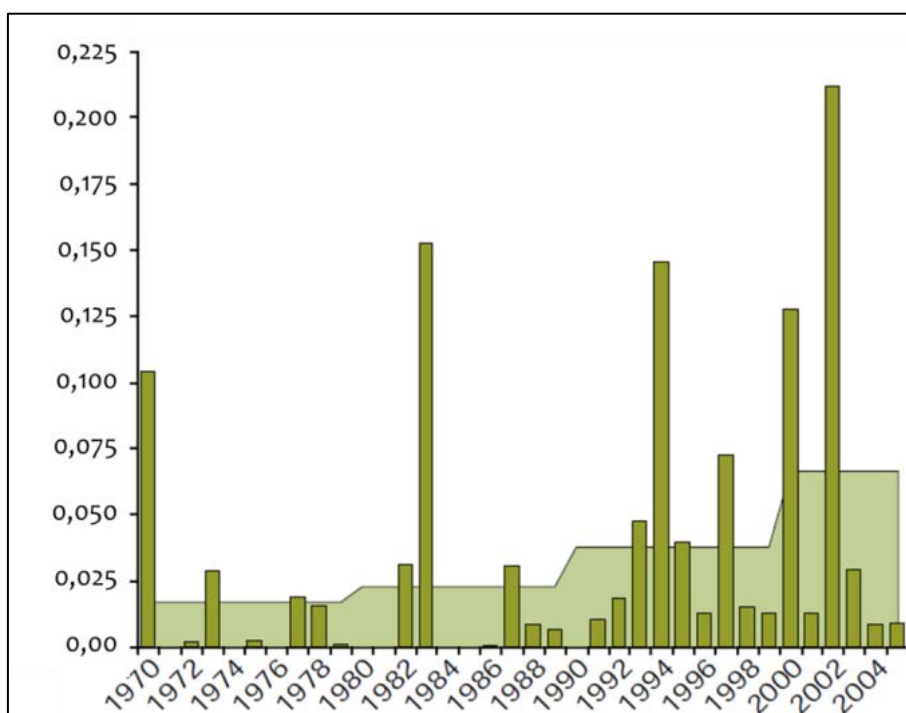
Ondanks de grote hoeveelheid metingen van waterdebieten en gegevens over het bereiken van een alarmpeil, zijn er voor Vlaanderen nog geen goede indicatoren ontwikkeld om de trend van overstromingskansen op te volgen. Indicatoren voor schade zijn ontwikkeld, maar zijn op dit ogenblik moeilijk te interpreteren omwille van problemen met dataverzameling.



Figuur 8. Aantal rampen met wateroverlast per jaar, berekend op basis van afwijkende weersomstandigheden volgens de databank van het rampenfonds (bron: federale overheid, rampenfonds)
(<http://www.belgium.be/nl/huisvesting/huisvestingsproblemen/natuurrampen/>).



Figuur 9. Aantal overstromingen aangemeld als ramp per jaar, samen met het 10-jaarlijks gemiddelde (Databron: www.emdat.be)



Figuur 10. Europese indicator voor overstromingsschade. Materiële schade is uitgedrukt als % van het jaarlijkse Europese BBP (bruto binnenlands product). Donkergroen: jaarlijkse schade, lichtgroen: 10-jaarlijks gemiddelde (Bron: EEA et al., 2008).

5. Maatschappelijk welzijn en waardering

De maatschappelijke effecten en de impact op welzijn en welvaart zijn een essentieel onderdeel van de ESD-cyclus (zie Figuur 1). Veiligheid tegen overstromingen is een basisbehoefte. In Europa zijn overstromingen, naast stormen, de natuurrampen die de grootste economische schade en het grootste aantal slachtoffers genereren. In de periode 1992-2012 zijn er in Europa meer dan 400 overstromingsrampen geregistreerd met 2250 dodelijke slachtoffers, meer dan 8.000.000 benadeelden en meer dan 69 miljard euro schade (www.emdat.be).

Ondanks het belang van overstromingsrisicobeheersing zijn overstromingsgebieden eeuwenlang zeer laag gewaardeerd. Tijdelijke berging, een hoge watertafel en het regelmatig voorkomen van

schade zorgden voor beperkte ontwikkelingsmogelijkheden. De gebieden konden weinig tot niet bewoond of ontgonnen worden en de kansen op ziekten lagen er hoger dan elders. Vele gebieden zijn daarom gedraineerd en ingedijkt met een intensiever landgebruik en -beheer, extra bebouwing en bijkomende bodemafdachtingen tot gevolg. De 'stock' aan overstromingsgebieden is hierdoor sterk geslonken (Brander *et al.*, 2013). De laatste decennia is daarin verandering gekomen. De erkenning van de waarde van overstromings- en moerasgebieden in het algemeen is toegenomen.

In dit onderdeel worden de welzijns- en welvaartscomponenten toegelicht die bijdragen tot de maatschappelijke kwetsbaarheid ten aanzien van overstromingen. Daarnaast bespreken we een aantal waarderingsmethoden die kunnen helpen om effectieve maatregelen te nemen ten aanzien van de overstromingsrisico's.

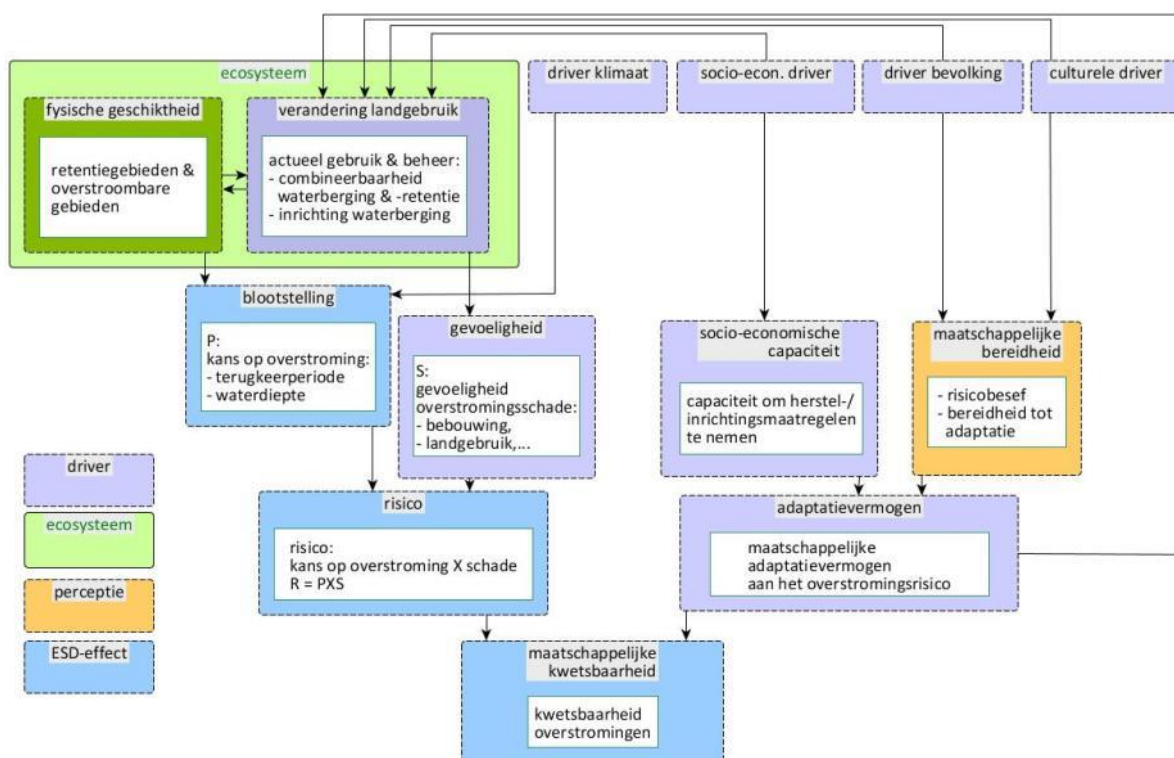
5.1. Welzijns- en welvaartscomponenten

De actuele veiligheid hangt samen met het actuele risico, gekoppeld aan menselijke en materiële schade. De toekomstige veiligheid wordt daarnaast ook in belangrijke mate gestuurd door het vermogen om zich aan te passen en zo toekomstige risico's te verminderen.

Het risico en het adaptatievermogen bepalen samen de **maatschappelijke kwetsbaarheid** ten aanzien van mogelijke overstromingen. Het **risico** hangt af van de 'blootstelling' (kans op overstroming) en de 'gevoeligheid' (potentiële schade bij een overstroming) (zie ook paragraaf 4.2.3). Het **adaptatievermogen** hangt af van de maatschappelijke bereidheid en de socio-economische capaciteit om in te grijpen en zo overstromingen te voorkomen of bij te sturen, of om te herstellen van een overstroming tot op het welzijnsniveau van vóór de overstroming (CIS, 2012; EEA, 2008). Om te kunnen adapteren moeten er ook voldoende overstroombare gebieden voor (extra) waterberging en voldoende waterretentiegebieden voorhanden zijn. Het aanbod aan retentie- en overstromingsgebieden moet m.a.w. voldoende groot zijn.

De belangrijkste relaties tussen gevoeligheid, kwetsbaarheid en adaptatievermogen zijn weergegeven in Figuur 11. Dit is een gedetailleerde uitwerking van het welzijns- en welvaartsdeel van de ESD-cyclus (Figuur 1).

Per deelaspect kunnen welvaarts- en welzijnsindicatoren uitgewerkt worden. Een aantal mogelijke indicatoren zijn weergegeven in Bijlage 8. Belangrijke indicatoren voor 'gevoeligheid' zijn het aantal mogelijke slachtoffers, de aanwezigheid van milieugevoelige bedrijven (2007/60/EG), mogelijke schade aan huizen of aan landbouwgewassen,... Voor socio-economische capaciteit gaat het over de mogelijkheid of bereidheid om een percentage van het BBP in te zetten voor herstel, voor (her)inrichtingsprojecten van rivieren en overstromingsgebieden,... Maatschappelijke bereidheid wordt gestuurd door het onveiligheidsgevoel, de te verwachten schade, de waarde en verzekerbareheid van goederen,... Sommige indicatoren kunnen monetair uitgedrukt worden, andere kwantitatief. Zo kan het alarmpeil van rivieren beschouwd worden als een indicator voor overstromingsrisico (www.waterinfo.be). Nog andere, zoals het onveiligheidsgevoel, de weerbaarheid van slachtoffers of het verdwijnen van een zeldzame soort, zijn kwalitatief, wat niet wil zeggen dat ze minder belangrijk zijn, of minder effect hebben op de keuzes die gemaakt worden in het adaptatieproces (Stanke *et al.*, 2012).



Figuur 11. Schema van de belangrijkste componenten die de maatschappelijke kwetsbaarheid ten aanzien van overstromingen sturen (aangepast naar EEA, 2008).

5.2. Waarderingsmethoden

Onder impuls van de Europese Kaderrichtlijn Water en de Overstromingsrichtlijn worden in alle lidstaten grootschalige herstelprojecten uitgewerkt. Vooral voor de vergelijking van plan- en projectalternatieven worden stilaan meer integrale waarderingsmethoden ontwikkeld die een aantal indicatoren bundelen. Vaak ligt de focus op indicatoren voor risico's of vermeden risico's. Daarnaast gaat ook meer en meer aandacht naar multifunctioneel gebruik en de globale meerwaarde in termen van bundels van ecosysteemdiensten.

We kunnen twee schaalniveaus onderscheiden: (1) waarderingsmethoden die vooral planalternatieven op bekken- of deelbekkenniveau vergelijken en (2) project- of inrichtingsalternatieven die meer op de globale waardering van een gebied focussen. Vaak worden meer technische en meer natuurlijke oplossingen met elkaar vergeleken (Demeyer & Turkelboom, 2013b; VITO, 2004). Tabel 6 toont enkele voorbeelden. De meeste zijn uitgewerkt voor Vlaanderen. Enkel de case van Gilvear et al. (2013) gaat over een ecosysteemdienstenwaardering in Schotland.

Tabel 6. Voorbeelden van waarderingsmethoden voor regulering overstromingsrisico's

Projectkeuze	Schaalniveau	Monetair	Niet monetair
Planalternatieven	(deel)bekken	Case Zeeschelde: Kosten-batenanalyse Sigmaplan (VITO, 2004)	Case Schotland: Bundeling ESD (Gilvear <i>et al.</i> , 2013)
Inrichtingsalternatieven	Gebied	Case studie Dijlevallei: ESD waardering technische en natuurlijke inrichting (Demeyer & Turkelboom, 2013b)	Multifunctionaliteit overstromingsgebieden: ESD waarderingsmethoden (De Nocker <i>et al.</i> , 2007)

5.2.1. Schaal deelbekken

De vergelijking van alternatieven op deelbekkenniveau wordt geïllustreerd met twee waarderingsmethoden. De methode ontwikkeld voor de Zeeschelde focust op een afweging van vermeden risico's t.o.v. de inrichtings- en onderhoudskosten en in relatie tot effecten op andere sectoren. Deze methode sluit nauw aan bij de verplichtingen voor de overstromingsrichtlijn. De methode ontwikkeld in Schotland focust eerder op de meerwaarde in de levering van ecosysteemdiensten. Deze methode sluit nauwer aan bij de Europese Kaderrichtlijn Water.

Kadertekst 3: kosten en baten bij de keuze van risicobeheersing – case Sigmaplan

Voor het verhogen van de veiligheid tegen overstromingen vanuit de Zeeschelde, werd een maatschappelijke kosten-batenanalyse uitgevoerd. Daarbij werden een aantal aspecten van veiligheid en andere baten opgenomen. Hieronder zijn vier alternatieven vergeleken (VITO, 2004):

- Stormvloedkering te Oosterweel
- Dijkverhoging
- Ruimte voor de rivier: inrichten van 1800 ha overstromingsgebied als
 - o gecontroleerd overstromingsgebieden (GOG)
 - o gereduceerd getijdengebied met creatie van estuariene natuur (GGG)

Er is verondersteld dat het project zou starten in 2010 en vervolgens is er gekeken naar de kosten en baten tot 2100 en naar de terugverdientijd, die mee bepaald wordt door de snelheid waarmee een project operationeel wordt.

Het aantal vermeden slachtoffers kon niet meegerekend worden in de veiligheidsbaten en de natuurbaten zijn beperkt tot het doorrekenen van bijkomende regulerende diensten zoals nutriëntenverwijdering, sedimentopvang en koolstofopvang. Deze baat is ingeschat op 55,6 miljoen euro tot 2100.

Tabel 7. Kosten en baten van vier alternatieven in miljoen €

	Stormvloedkering	Dijkverhoging	GOG (1800 ha)	GGG (1800 ha)
Investeringskosten	-336,5	-175,7	-127,6	-133,9
Onderhoud en beheer	-50,8	-64,8	-12,8	-17,2
Vermeden kosten	-9,1	0	+38,7	+38,7
Vermeden risico	+736,5	+691,2	+609	+609
Effecten scheepvaart	-0,7	-	-	-
Effecten landbouw	-	-	-15,4	-19,3
Zicht omwonenden	-	-	-3	-3
Effecten natuur*	-	-	-	55,6
Netto baten tot 2100**	339,4	450,7	489	530
Terugverdientijd***	41	27	17	14

*enkel regulerende functies zoals waterzuivering; **baat tot 2100-kost tot 2100, ***aantal jaar, volgend op het jaar dat het project operationeel is, waarna het saldo positief wordt

De vergelijking toont de meerwaarde aan van relatief eenvoudige ingrepen zoals het voorzien van extra berging in bijkomende overstromingsgebieden. De bijdrage tot vermeden risico is relatief hoog, de terugverdientijd is relatief kort. Er kunnen bijkomend nog meer inrichtingsvarianten bekeken worden op de bijkomende maatschappelijke natuurbaten en ESD baten, telkens in verhouding tot de effecten op andere sectoren.

De stormvloedkering biedt de hoogste bescherming tegen stormvloeden, maar is duur en de extra vermeden risico's brengen relatief minder baten met zich mee. De andere scenario's garanderen 82 tot 94% van de vermeden risico's van de stormvloedkering aan 62 tot 41% van de maatschappelijke kosten. Voor meer info: VITO et al., 2004.

Case Zeeschelde:

In het kader van het SigmaPlan werden voor de Zeeschelde een aantal planalternatieven voor beveiliging tegen overstromingen vergeleken (zie kadertekst 3). In de kosten-batenanalyse werden de voor- en nadelen van een meer technische oplossing (stormvloedkering) vergeleken met meer natuurgerichte oplossingen (meer ruimte voor de rivier). Hieruit bleek dat de minst technische oplossingen niet enkel minder investeringen en onderhoud vereisten, waardoor ze sneller terugverdiend zouden zijn, maar dat ze ook beter aansloten bij de natuurlijke processen en daardoor ook meer extra baten konden opleveren.

De overstromingsrichtlijn verplicht de lidstaten om dergelijke kosten-baten afwegingen te maken voor alle overstromingsgevoelige gebieden. Voor 35 overstromingsgebieden onder het beheer van VMM worden op dit moment de kosten en baten van diverse maatregelenprogramma's doorgerekend om zowel het aantal slachtoffers als de economische schade tegen 2050 te beperken (Cauwenberghs, 2013; Devroede et al., 2013). Hierbij wordt ook rekening gehouden met de te verwachten autonome ontwikkeling (bevolkingsgroei, voortschrijdende urbanisatie, bodemafdichting, klimaatverandering,...). De resultaten zullen beschikbaar komen in 2014. Bijlage 9 toont de eerste outputs.

Case Schotland:

De waarderingsmethode ontwikkeld in Schotland heeft tot doel de multifunctionele baten van diverse herstelprojecten op bekkenniveau te maximaliseren. De effectiviteit van elke ingreep wordt berekend door na te gaan (1) hoeveel ecosysteemdiensten erop vooruit gaan, (2) wat de maximale baat is die gerealiseerd kan worden en (3) op welke termijn en op welke schaal de baat gerealiseerd wordt. Er wordt een eenvoudige (semi)kwantitatieve score gehanteerd die per ESD en per tijdstip varieert van -1 (schade) tot +3 (hoge baat). In Bijlage 6 (figuur 1 en 2) worden de scores voor diverse herstelmaatregelen vergeleken. Het is een eenvoudig scoresysteem dat snel en op grote schaal inzetbaar is en zinvol is als een eerste screening van herstelmogelijkheden op bekkenniveau (Gilvear et al., 2013).

5.2.2. Schaal overstromingsgebied

Een andere manier van monetaire waardering, is het waarderen van ecosystemen, in dit geval overstromingsgebieden. In 1996 trachtte Costanza voor het eerst diverse ecosystemen monetair te waarderen op wereldschaal. Samen met estuaria scoorden overstromingsmoerassen het hoogst met een gemiddelde waarde van 14880 €/ha/j (Costanza et al., 1997). Het besef dat dergelijke gebieden talrijke, vooral regulerende, ecosysteemdiensten leveren, zorgt voor een steeds groeiend draagvlak ten aanzien van het behoud en herstel van overstromingsgebieden.

Terwijl een **totaalwaarde** eerder informatie levert over het belang van het behoud van bepaalde ecosystemen, wordt een **waardeverandering** vooral gebruikt om alternatieven te vergelijken: vergelijken van scenario's, van inrichtingsalternatieven,... (Pagiola et al., 2004). De studie 'Multifunctionaliteit overstromingsgebieden' (De Nocker et al., 2007) toont een aantal mogelijke waarderingsmethoden toepasbaar in dergelijke vergelijkingen.

De waarden van ecosysteemdiensten, zoals waterbergend vermogen, stikstofverwijdering, koolstofopslag en recreatief medegebruik, zijn sterk afhankelijk van lokale omstandigheden (overstromingsfrequentie, -duur, waterdiepte, waterpeilen,...). De waarden kunnen dan ook sterk verschillen tussen inrichtingsalternatieven. In de waarderingscase van de Dijle (zie kadertekst 4) worden de baten van een meer technische en meer natuurgerichte inrichting van een overstromingsgebied met elkaar vergeleken. De vergelijking toont aan dat een meer natuurlijke oplossing, meer supplementaire ecosysteemdiensten kan leveren, waardoor de totaalwaarde van het gebied stijgt.

Lokaal kan een monetaire vergelijking van alternatieven, zoals voor de Zeeschelde en de Dijle, meer duidelijkheid brengen in de keuze van een alternatief. De waarden zijn locatie gebonden en kunnen niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar andere projecten. Een meta-analyse van 400 waarderingsstudies door Brander et al. (2013) van moeras- en overstromingsgebieden toont aan dat de monetaire waarde niet enkel door de waarde van de regulerende diensten gestuurd wordt, maar vooral door de vraag naar beveiliging en de schaarste van het ecosysteemaanbod. Hoe dichter bevolkt een regio en hoe hoger de welvaart binnen die regio, hoe hoger de economische waarde van een resterend overstromingsgebied. Uit de modelbenadering blijkt dat gemiddeld 1% stijging in bevolkingsdichtheid, overeen komt met 0,3% waardeverhoging van het aangrenzende moerasgebied. Ook de schaarste aan oppervlakte overstromingsgebied draagt significant bij tot de opwaardering. Hoe groter de versnippering en hoe kleiner de gebieden, hoe hoger de waarde per

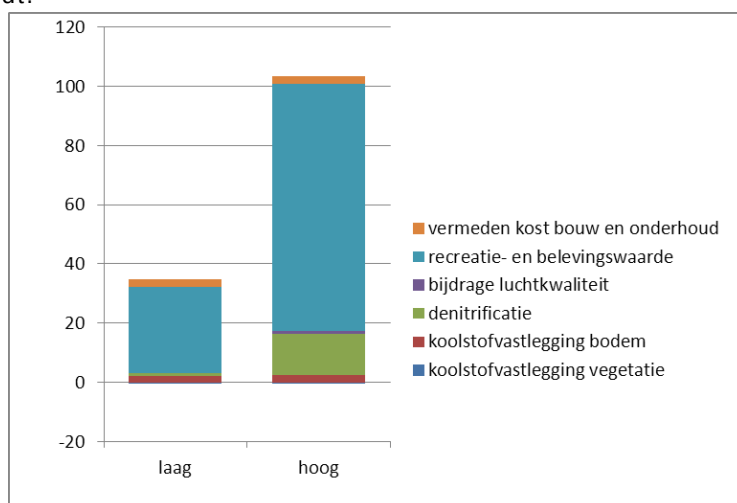
ha. Als de grootte van een moeraszone stijgt, stijgt de totaalwaarde steeds minder snel. Dit hangt samen met het belang van de resterende gebieden voor de bevolking en hun landgebruik. Steunende op de vergelijkingen uit de meta-analyse worden totaalwaarden van moerasgebieden in diverse regio's met elkaar vergeleken. De waarde in West-Europa ligt hierdoor ongeveer dubbel zo hoog als de gemiddelde waarde in de wereld. Canada scoort zeer laag door het hoge aanbod en de lage bevolkingsdichtheid, terwijl Japan het hoogste scoort vanwege de schaarste aan moerasgebieden in relatie tot zeer hoge bevolkingsdichtheden.

Kadertekst 4: kosten en baten bij de keuze van de inrichting van een overstromingsgebied – case Dijlevallei

Een concrete vergelijking tussen een meer natuurlijke oplossing en een technische oplossing (1 natuurlijk traject + 1 noodwachtbekken versus 2 wachtbekken + 1 noodwachtbekken) voor een overstromingsgebied in de Dijlevallei ten zuiden van Leuven (Demeyer & Turkelboom, 2013b), illustreert dat een meer natuurlijke oplossing:

- goedkoper is in aanleg en in onderhoud;
- een betere combineerbaarheid toelaat van ecosysteemdiensten, waardoor er een netto toename is in waarde.

Vooraf de waarden van natuurbeleving, recreatie en denitrificatie zijn groter in de meer natuurlijke oplossing vergeleken met de meer technische oplossing. Specifiek voor de Dijle-case werd de monetaire meerwaarde aan ecosysteemdiensten van de natuurlijke oplossing – naargelang de methode - geschat op 32 à 100 mln. € over een periode van 30 jaar. Daarnaast wordt het verschil in bouw- en werkingskosten voor diezelfde periode geschat op 2,47 à 2,54 mln. €, wat een extra vermeden kost betekent voor het meer natuurgerichte scenario. Figuur 12 geeft een overzicht van de geschatte economische meerwaarde voor de meer natuurlijke oplossing volgens een lage en hoge schatting. De verschillen zijn afhankelijk van de gebruikte waarderingsmethoden. De verschillen tonen aan dat er bij de vergelijking van alternatieven best met ranges van kosten en baten gewerkt wordt.



Figuur 12. Meerwaarde van een natuurgerichte oplossing ten opzichte van een meer technische gerichte oplossing voor een overstromingsgebied langs de Dijle. De meerwaarde is uitgedrukt in mln. € over een periode van 30 jaar. Afhankelijk van de gebruikte methode is de geschatte meerwaarde lager of hoger. Beide kolommen tonen dit verschil (bron: Demeyer et al., 2013b).

5.3. Verdeling welzijn en welvaart

De rol van de belanghebbenden is reeds beschreven in paragraaf 2.2. Hier komen we kort terug op de link van welzijn en welvaart met de diverse groepen. De baten van de ecosysteemdienst kunnen voor de eigenaars, beheerders en gebruikers zeer tegenstrijdig zijn. De baat geldt vaak enkel voor de 'beveiligde' die door de beveiliging schade vermijdt. De 'beveiligder' zal door de waterberging vaak een welvaartsvermindering ondervinden, bijvoorbeeld een gederfde landbouwopbrengst. Zo wordt er bij een overstromingsramp vaak voor gekozen om dunbevolkte gebieden, waar de kans op (economische) schade lager is, onder water te zetten. Zo kan er vermeden worden dat elders meer slachtoffers vallen of meer materiële schade ontstaat. De vraag naar welzijn of welvaart kan dus sterk verschillen tussen enerzijds de individuele eigenaar die op zijn eigendom een winstgevendende activiteit wenst uit te oefenen of een veilige woning wenst te creëren, en anderzijds de groep van mensen die elders beveiligd wenst te worden of activiteiten die elders beveiligd moeten worden omdat ze bij overstroming nog grotere schade zouden kunnen ondervinden. De baat kan ook verschillen voor de 'betaler' van de schade. Er is een wisselwerking tussen de overheid die bij een ramp instaat voor veiligheid en achteraf ook instaat voor herstel van infrastructuur, de verzekeringsmaatschappij die schade dient te vergoeden aan de verzekerden en de verzekerden zelf die al dan niet vergoed worden voor de schade die ze geleden hebben. Dit maakt dat de risicoanalyse van overstromingen maatschappelijk een zeer gevoelige materie is.

In kadertekst 2 (paragraaf 2.2) werd reeds aangegeven dat binnen het overstromingsgebied schade beter vervangen wordt door werkingskost. Het is belangrijk om een aantal overstromingsgevoelige gebieden ook effectief aan te duiden als overstromingsgebied. Op die manier kunnen ook de werkingskosten begroot worden en kunnen instrumenten voor vergoedingen, al dan niet via PES-maatregelen (Payment for Ecosystem Services) uitgewerkt worden.

5.4. Besluit

Een vergelijking van totaalwaarden in de literatuur geeft aan dat de diversiteit aan methoden resulteert in grote verschillen in toegekende waarde, oplopend tot een factor 100 of zelfs 1000. Er wordt dan ook steeds vaker voor geadviseerd om bij monetaire waarderingsstudies een range aan te geven, veeleer dan een exact bedrag, en eerder te werken met relatieve vergelijkingen in plaats van met absolute waarden.

Waarderingsmethoden kunnen helpen om een effectievere keuze te maken tussen plan- of inrichtingsalternatieven. Vaak tonen geïntegreerde waarderingsmethoden aan dat alternatieven die meer aansluiten bij de natuurlijke processen goedkoper zijn in inrichting en/of onderhoud en meer mogelijkheden bieden voor meekoppeling met andere ecosysteemdiensten.

De voordeligste keuze kan mee afhangen van de componenten die meegenomen worden in de berekening. Indien de baat enkel bestaat uit vermeden economische kosten, zouden andere alternatieven geselecteerd kunnen worden dan wanneer de baat ook de waarde van de andere ecosysteemdiensten in het gebied meeneemt. Het verdient dan ook de voorkeur om de kosten/baten oefening zo breed mogelijk open te trekken en de expertise vanuit de risicobeheersing en vanuit de ecosysteemdienstenwaardering zoveel mogelijk te bundelen.

Bij elke vergelijking van alternatieven is het ook belangrijk om het schaalniveau mee te nemen. Baten zijn immers ook schaalafhankelijk. Een keuze die lokaal minder effectief is, kan wel effectiever zijn indien er gekeken wordt naar de doelen op bekkenniveau (Brander *et al.*, 2013; Gilvear *et al.*, 2013). Het verdient dan ook de voorkeur dat de kosten en baten op diverse schaalniveaus (tussen regio's, lokaal tussen overstromingsgebieden en tussen planalternatieven binnen een overstromingsgebied) vergeleken worden.

Tenslotte dienen de resultaten van de waarderingsmethoden met de nodige voorzichtigheid bekeken te worden. Kwalitatieve aspecten, zoals het onveiligheidsgevoel bij mensen, zijn niet meegenomen. Ook het feit dat kosten en baten vaak bij andere actoren te vinden zijn, zorgt ervoor dat niet enkel de 'berekende waarde' telt.

6. Relatie biodiversiteit en ESD

De relatie tussen biodiversiteit en ecosysteemdiensten kan vanuit diverse invalshoeken bestudeerd worden. Speelt biodiversiteit een rol in de levering van de dienst? Is het de diversiteit die een bijdrage levert of enkel de aanwezigheid van biota? Zal een grotere diversiteit in ecosystemen, soorten, genen,... ook een grotere ESD opleveren?

Daarnaast is de vraag welke biodiversiteit er kan samengaan met de levering van diensten. Versterken ze elkaar of werken ze elkaar tegen? In hoeverre heeft de optimalisatie van de dienst een effect op de biodiversiteit? Dit laatste houdt verband met de gradiënt natuurlijk-technologisch in paragraaf 3.

De relatie tussen biodiversiteit en ecosysteemdiensten wordt voor alle 16 ESD gebundeld en samengebracht in hoofdstuk 6: biodiversiteit en ecosysteemdiensten. Daar wordt o.a. nagegaan in hoeverre gebieden met een hogere biodiversiteit in Vlaanderen ook meer diensten kunnen leveren.

6.1. Bijdrage biodiversiteit aan levering ESD

Biodiversiteit of diversiteit aan soorten en gemeenschappen is geen sturende component in de levering van de ecosysteemdienst regulering overstromingsrisico's. Het is vooral het aanbod aan ruimte voor waterretentie en waterberging die de ESD capaciteit bepaalt. De vraag naar meer ruimte kan samengaan met een vraag naar grotere oppervlakten van bepaalde ecosystemen die een bepaalde biodiversiteit kunnen garanderen. In dat opzicht versterken beide vragen elkaar en is er sprake van win-win.

De vegetatie beïnvloedt wel de hydrologische processen en heeft daardoor vooral een effect op het vasthouden of vertraagd afvoeren van water. In de infiltratiezone heeft het vegetatietype een effect op de regenwaterretentie (Figuur 7 en Bijlage 1, tabel 1). Evapotranspiratie en infiltratie van regenwater, en dus ook het beperken van de oppervlakkige afvoer en bodemerosie, wordt mee gestuurd door het type begroeiing (Batelaan & De Smedt, 2007; De Smedt & Batelaan, 2007).

In de **waterloop** heeft de watervegetatie een belangrijk effect op de retentie van oppervlaktewater. Naarmate het volume aan waterplanten stijgt, daalt de afvoersnelheid (Madsen *et al.*, 2001; Wilcock *et al.*, 1999). Via kruidruiming en grijpen beheerders hierop in. De watervegetatie is de gemakkelijkste (meest dynamische) component om op in te grijpen wanneer er zich problemen voordoen met de afvoercapaciteit (zie Figuur 2). Daarnaast kan het vermijden van een kruidruiming er net voor zorgen dat water stroomopwaarts langer vastgehouden wordt, waardoor er stroomafwaarts minder afvoerproblemen zijn.

Tenslotte draagt de vegetatiestructuur tijdens een overstroming ook in het **overstromingsgebied** bij tot het afremmen van watersnelheid. Hoge snelheden worden afgeremd, waardoor de kans op bodemerosie en schade aan de achterliggende dijken en gebieden beperkt wordt (Kourgialas & Karatzas, 2013). Deze stroomsnelheden zijn het hoogst in de getijdenzone.

In heel het stroomgebied levert de vegetatie dus vooral een bijdrage tot de 'retentiefunctie' of het vasthouden en vertragen van water. Ook bodemfauna draagt, door de impact op de bodemstructuur, bij tot de retentiefunctie. Tenslotte kunnen ook andere organismen, zoals de bever, de afvoercapaciteit in rivieren beïnvloeden door lokaal de afvoer te vertragen en het waterpeil te verhogen.

De rol van biota en biodiversiteit blijft specifiek voor deze ESD beperkt. Hun rol neemt wel toe naarmate getracht wordt om meerdere ecosysteemdiensten te combineren. Om diverse ecosysteemfuncties te vervullen, zijn meer functionele organismegroepen vereist en wordt het belang van biodiversiteit steeds groter (Cardinale *et al.*, 2012; Isbell *et al.*, 2011). Overgangszones tussen water en land zijn daar uitgesproken voorbeelden van. Het zijn zeer belangrijke fysische, chemische en biologische uitwisselingszones tussen water en land. Ze spelen een essentiële rol in het verzamelen van materialen vanuit hoger gelegen gebieden, ze zorgen voor uitwisseling van water, sediment, organische stof tussen land en water, ze spelen een belangrijke rol in nutriëntencyclering en nutriëntentransport, in bodemvorming, in -erosie, afspoeling en sedimentatie. De bodemfauna is aangepast aan dit dynamische milieu en diverse functionele groepen spelen een sleutelrol in deze processen en bijgevolg in een heel pakket van regulerende en ondersteunende ecosysteemdiensten (Bardgett *et al.*, 2001).

6.2. Impact ESD op biodiversiteit

Omgekeerd zijn de hydrologische processen zeer bepalend voor de vestigingskansen van heel wat plant- en diersoorten. Vooral de transitiezones tussen aquatische en terrestrische ecosystemen zijn rijk aan biodiversiteit (Bardgett *et al.*, 2001; Bayley, 1995; Gilvear *et al.*, 2013; Keruzore *et al.*, 2013; Tockner *et al.*, 2000; Ward & Tockner, 2001). In kadertekst 5 wordt kort de gradiënt tussen rivier en vallei besproken met de fasen die een effect hebben op de aanwezige gemeenschappen.

Vervolgens wordt er zowel vanuit de rivier als vanop het land gekeken naar mogelijke effecten. Deze effecten zijn, zeker voor Vlaanderen, slecht gekend. De baten voor aquatische biodiversiteit kunnen op dit ogenblik niet in effectscores uitgedrukt worden. In een aparte kadertekst worden de te verwachten baten voor visgemeenschappen wel beschreven (zie kadertekst 6).

Voor impact op terrestrische systemen zijn wel effectscores beschikbaar. Deze worden op dit ogenblik vooral ingezet om mogelijke schade te berekenen bij het (her)inrichten van een overstromingsgebied (De Becker & De Bie, 2013; De Bie *et al.*, 2011; De Nocker *et al.*, 2007).

Kadertekst 5 : gradiënt aquatisch – terrestrisch

Rivieren zijn door hun lijnvormig karakter van bron tot monding gradiëntrijke ecosystemen, gekenmerkt door een hoge biodiversiteit. Naast de **longitudinale** gradiënt van bron tot monding, met daarin een rijke gradiënt aan levensgemeenschappen (vaak beschreven als het 'river continuum'- Vannote *et al.*, 1980) -, speelt ook de **laterale** gradiënt tussen rivier en vallei een belangrijke rol voor de riviergebonden biodiversiteit.

De uitwisseling van organismen, organische stoffen, nutriënten en energie tussen de rivier en de vallei gebeurt niet enkel tijdens de overstroming. Globaal genomen kunnen drie fasen onderscheiden worden in de laterale verbanden tussen de rivier en het overstromingsgebied (Cushing & Allan, 2001; Tockner *et al.*, 2000, 1999; Ward & Tockner, 2001):

Fase 1: de overstromingsfase of de 'flood pulse'. Dit is de fase met intense uitwisseling van organismen, organisch materiaal, nutriënten,... Het is de kortste fase, maar met het grootste transport aan organisch materiaal, de hoogste dynamiek en de meeste effecten. De verbinding via het oppervlaktewater zorgt voor een plotse uitwisseling van stoffen en organismen tussen de rivier en de overstromingsvlakte. Vaak is de dynamiek zo hoog dat successies worden teruggezet. Het overstromingswater dat in de vallei achter blijft, is een belangrijk voedselhabitat, paaihabitat en kraamkamer voor heel wat vissoorten. Waterdiepte, verblijftijd, stroming, seizoen, temperatuur,... bepalen in belangrijke mate welke aquatische organismen er baat bij hebben (extra informatie Bijlage 10) .

Fase 2: de fase van grondwaterconnectie of de 'flow pulse'. Hoge waterpeilen in de rivier beïnvloeden het overstromingsgebied via een grond- en kwelwaterconnectie. Er is een toevoer van nutriënten vanuit de rivier en het overstromingsgebied kent een verhoogde primaire productie.

Fase 3: de disconnectiefase of de periode dat de aquatische en terrestrische processen van elkaar gescheiden zijn. Het grondwater in de vallei wordt vooral gevoed door grondwater vanuit infiltratiegebieden. Het overstromingsgebied kent een lage dynamiek met enkel autochtone processen en daaraan gekoppelde biota. Enkel successie en beheer zorgt voor variatie in de tijd. Dit is tevens de fase met de laagste nutriëntenconcentratie.

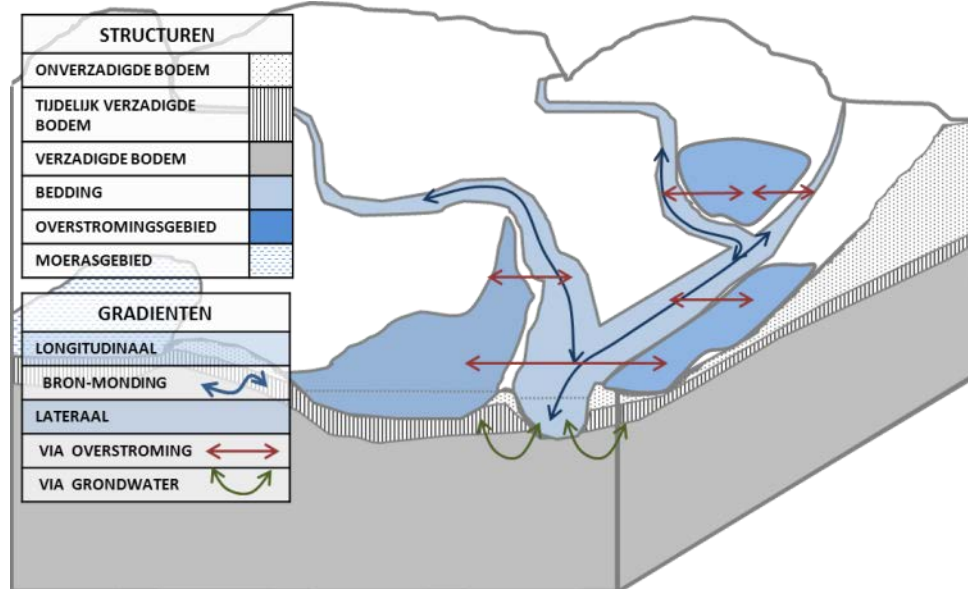
In fase 1 zijn de rivierprocessen dominant, in fase 3 de terrestrische processen. Fase 2 is een tussenvorm van fases 1 en 3. Het is de balans tussen de drie fasen die samen de potentiële biodiversiteit van de overstromingsgebieden bepaalt. Onderzoek naar de volledige dwarsgradiënt binnen het overstromingsgebied van de Donau-rivier toont aan dat diverse organismegroepen (vissen, mollusken, amfibieën, planten en ongewervelden) elk hun maximale soortenrijkdom op een andere locatie bereiken (zie Bijlage 10). Een hogere variatie in connectiviteit tussen de rivier en het overstromingsgebied verhoogt de kansen op een hogere biodiversiteit (Tockner *et al.*, 2000).

Het is niet enkel een gradiënt in de tijd, maar ook in de ruimte. Hoe meer stroomopwaarts, hoe dominanter de terrestrische processen worden tegenover de rivierprocessen.

Vooral menselijke ingrepen hebben ertoe bijgedragen dat heel wat natuurlijke overstromingsgebieden verdwenen zijn. Rivieren zijn meer en meer losgekoppeld van hun natuurlijk overstromingsgebied. De 'terrestrische' of disconnectie fase is daardoor over heel de riviergradiënt sterk toegenomen, zowel qua duur als qua oppervlakte. Het verbreken van de laterale gradiënt en het wegnemen van de natuurlijke dynamiek zorgt voor een plotse overgang van aquatische naar terrestrische systemen. Hierdoor wordt zowel de rivierbiodiversiteit als de

landbiodiversiteit benadeeld.

Om de biodiversiteitspotenties van overstromingsgebieden bij (her)inrichting of (her)aanleg te vergroten, is het belangrijk om opnieuw vanuit die natuurlijke dynamiek te vertrekken (Keruzore *et al.*, 2013; Tockner *et al.*, 2000; Ward & Tockner, 2001). De grootschalige veranderingen in de overstromingsgebieden hebben er evenwel voor gezorgd dat de processen van 'flood pulse' en 'flow pulse' in West-Europa nog moeilijk te bestuderen zijn en dat de effecten op biodiversiteit moeilijk te modelleren zijn (Bayley, 1995). Vooral in zeer gecontroleerde systemen (zoals het Lippenbroek, een gebied met een gecontroleerd, gereduceerd getij) kunnen deze effecten opnieuw gemeten en gemodelleerd worden.



Figuur 13. Longitudinale en laterale verbanden in rivierecosystemen (aangepast naar Wolters *et al.*, 2001)

6.2.1. Biodiversiteit in de rivier

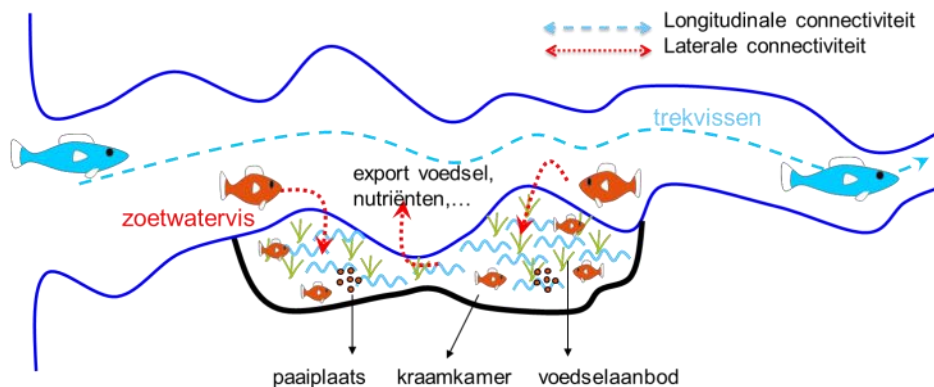
Het regelmatig overstromen van de vallei draagt bij tot de diversiteit en productiviteit van de aquatische gemeenschap (zie kadertekst 5). Binnen sterk gereguleerde riviersystemen is dit fenomeen van overstromingen en het wekenlange verblijf van water in overstromingsgebieden sterk gereduceerd en is het effect op de aquatische gemeenschap ook slecht gekend. Enkel voor visgemeenschappen zijn ook voor Vlaanderen aanwijzingen dat voor specifieke soorten de rol van (herstel van) die overstromingscyclus essentieel is in bepaalde levensfasen (zie kadertekst 6).

De hoogste overstromingsfrequentie komt voor in de getijdenzone. De rivierbegeleidende slikken- en schorrensystemen zijn aangepast aan dagelijkse tot maandelijkse overstromingen. Ze zijn gekenmerkt door een specifieke ecosysteembiodiversiteit, maar ze dragen ook bij tot de rivierbiodiversiteit. De constante uitwisselingsprocessen zorgen voor een verbetering van de waterkwaliteit. Ze dragen bij tot het verwijderen van stikstofvrachten en het vrijstellen van opgelost silicium dat van groot belang is voor de groei van kiezelwieren, de zuurstofhuishouding en de ondersteuning van heel de voedselpiramide (Jacobs, 2009; Struyf, 2005; Van Damme, 2010). Het zijn ook belangrijke kraamkamers en opgroeiplaatsen voor vissen (zie kadertekst 6). Stroomopwaarts in de riviergebonden overstromingsgebieden daalt de frequentie. Wanneer de overstromingsfrequentie daalt, daalt ook de bijdrage aan de rivierbiodiversiteit en worden terrestrische processen dominant. Toch zijn ook stroomopwaartse overstromingsgebieden die slechts één of enkele malen per jaar overstroom sleutelhabitats voor een aantal invertebraten- en vissoorten (Bayley, 1995; Cushing & Allan, 2001; Gorski *et al.*, 2010)(zie kadertekst 6).

Kadertekst 6: Overstromingsgebieden als vishabitat

Naast de longitudinale connectiviteit (verbinding van stroomop- en stroomafwaarts gelegen gebieden) speelt ook de laterale connectiviteit (verbinding tussen rivier en overstromingsgebied) een belangrijke rol voor de aquatische biodiversiteit (Keruzore *et al.*, 2013; Ward & Tockner, 2001). Overstromingsvlaktes in bovenstroomse, niet getijgebonden rivieren vervullen vaak de rol

van paaiplaats en opgroeihabitat voor vissen (Burgess *et al.*, 2013). Daarnaast kunnen ze ook gebruikt worden als vluchtplaats voor ongunstige omstandigheden (Ickes *et al.*, 2005). Kenmerken die bepalend zijn voor het gebruik van overstromingsgebieden door vissen zijn de afstand tussen de rivier en de overstromingsvlakte, de frequentie en duur van de connectie tussen beide, de periode (voorjaar, zomer) en de grootte en vorm van de overstromingsvlakte. Deze kenmerken bepalen de essentiële habitatkenmerken: watertemperatuur, troebelheid van het water, voedselaanbod en substraat (Amoros & Bornette, 2002). De grootte van de vlakte heeft een invloed op de watertemperatuur (Bornette *et al.*, 1998). Overstromingsvlaktes accumuleren voedsel tussen twee overstromingen en dragen zo bij tot de primaire productie die het aquatisch ecosysteem ondersteunt (Junk *et al.*, 1989). Het substraat en de bijhorende vegetatie heeft een invloed op het paaisucces (Tockner *et al.*, 1998).



Figuur 14. Belang van overstromingsgebieden voor de levenscyclus van vissoorten

Voorals voor zoetwatersoorten die als volwassen individuen voorkomen in stromend water maar voor hun voortplanting migreren naar stilstaand water, zoals winde, kwabaal en snoek, zijn de overstromingsgebieden een essentieel tijdelijk habitat om de levenscyclus te vervolledigen. Snoek maakt vooral gebruik van ondergelopen gebieden met een maximale diepte van 100 cm (De Laak & van Emmerick, 2006). De paai valt vaak samen met een voorjaarsoverstroming (van februari tot maart). Voor kwabaal zijn het voornamelijk jonge dieren die de voorkeur geven aan een ondiep paaihabitat (De Nie, 1996). Riviergrondel leeft ook in snelstromend water, maar paait in ondiep water boven stenen, zand of planten (mei-juni). De larven en juvenielen verkiezen ook traag stromend water (Kottelat & Freyhof, 2007).

Daarnaast gebruiken heel wat vissoorten, zoals de grote en kleine modderkruiper, rietvoorn, vetje, tiendoornige stekelbaars en zeelt, luwe overstromingsgebieden met waterplanten als extra leefgebied. De grote modderkruiper komt vooral voor in stilstaand en langzaam stromend, ondiep water, waardoor een overstromingsvlakte een belangrijk leefgebied vormt. Deze soort stelt minder hoge eisen aan zijn omgeving. Het water hoeft niet altijd zuurstofrijk te zijn en deze vissen kunnen zelfs periodes van droogte gemakkelijk overbruggen (Van Beek, 2003). De kleine modderkruiper trekt in het voorjaar (maart-april) naar een geschikte paaigrond. Dit kunnen tijdelijke, ondiepe wateren zijn zoals overstromingsgebieden (Slavik & Ráb, 1996). Rietvoorn en vetje verkiezen plantrijke rivieren, vijvers en meren. Het overstromingsgebied is niet noodzakelijk voor deze soorten, maar ze worden er vaak aangetroffen (Kottelat & Freyhof, 2007). Ze vinden er bescherming en voedsel. Tiendoornige stekelbaars migreert in de lente naar ondiepe waters om er te paaieren (Morrow, 1980). Ook voor zeelt kan een plantrijk en ondiep overstromingsgebied bescherming en voedsel geven. Zeelt kan trouwens overwinteren door zich in de modder in te graven.

Ook in getijgebonden rivieren dragen overstromingsvlakten bij tot de habitatdiversiteit. Het verlies van habitatdiversiteit ten gevolge van inpoldering, dijken, sluizen enz. heeft een grote impact op de estuariene visgemeenschap (Cattijse *et al.*, 2002). Het verlies aan habitat in een estuarium hypothekeert zijn functie van kinderkamer en dus ook zijn draagkracht (Colclough *et al.*, 2005; Drake & Arias, 1997; Köhler & Köpcke, 1996; Lotze *et al.*, 2006; Martinho *et al.*, 2007; Thiel, 1995). De aanwezigheid van een divers getijgebonden habitat met een verscheidenheid van moerasgebied, poelen en kreken waarin een divers voedselaanbod wordt aangetroffen, is essentieel voor de larven en opgroeiende vissen van zoetwatersoorten als de kwabaal (Laffaille *et al.*, 2004). Afvissingen van nieuwe ontpolderde getijdengebieden (Lippenbroek en Bergenmeersen) toonden aan dat beide overstromingsgebieden het hele jaar rond gebruikt worden zowel door vissoorten typerend voor getijrivieren zoals zeebaars, brakwatergrondel, bot

en paling als door een grote groep van zoetwatersoorten zoals stekelbaars, bittervoorn, blankvoorn, gibel, karper, snoekbaars en blauwbandgrondel. Het tijdstip van gebruik verschilt wel van soort tot soort. Voor de meeste soorten is het zowel opgroeigebied als voedselhabitat. Recent onderzoek naar het palingbestand in Lippenbroek - een gecontroleerd gereduceerd getijdengebied langs de Zeeschelde - heeft aangetoond dat de prooidiversiteit en de calorische waarde van voedsel – net door de overgang tussen land en water - in die overstromingsgebieden veel hoger liggen dan in de rivier zelf, waardoor de paling er een significant hogere gewicht/lengte verhouding vertoont (Van Liering *et al.*, 2012).

De belangrijkste randvoorwaarde is de waterkwaliteit. Zo veroorzaakt een lange periode met lage zuurstofconcentratie, vooral in de lente en zomer, een belemmering voor de migratie van vissen in de Zeeschelde (Maes *et al.*, 2008, 2007). Dat is ook in de Thames onderzocht door Turnpenny *et al.* (2006). Ook in de overstromingsgebieden zelf moet de zuurstof hoog genoeg blijven (>5mg/l) gezien larven en jongen niet gemakkelijk deze vlaktes kunnen verlaten. Vervuiling (agrarisch, industrieel of huishoudelijk) heeft een negatieve invloed op de groei en densiteit van de vissen (Gilliers *et al.*, 2006) en op de diversiteit (Courrat *et al.*, 2009). Een tweede randvoorwaarde is de connectiviteit. Nieuw gecreëerde of bestaande wetlands (winterbedding), poelen en/of vlaktes die soms overstromd worden, zullen pas bijdragen aan de visgemeenschap wanneer ze occasioneel verbonden zijn met de hoofdriever (Zeeschelde). Dat kan met een sluizensysteem gerealiseerd worden zoals in het Lippenbroek of Bergenmeersen.

6.2.2. Biodiversiteit op het land

Net zoals voor de rivier zijn de effecten op het land sterk gekoppeld aan de overstromingsfrequentie, de periode (winter of zomer), de waterdiepte en de stroomsnelheid (De Becker & De Bie, 2013; De Nocker *et al.*, 2007; Runhaar *et al.*, 2004). Bij een zeer hoge overstromingsfrequentie (één of meerdere keren per jaar) komen in de overstromingsgebieden ecosystemen voor die aangepast zijn aan de rivierprocessen. De rivierbegeleidende slikken- en schorrensystemen zijn aangepast aan dagelijkse tot maandelijkse overstromingen. De natuurlijke dynamiek, veroorzaakt door frequente overstromingen, zorgt voor een continue natuurlijke 'verjonging' van het ecosysteem. Door de laterale connectiviteit te verbreken, verdwijnt die dynamiek en ontwikkelt zich een scherpere grens tussen het aquatische en terrestrische systeem (zie kadertekst 5). Het behoud van de dynamiek zorgt in een rivierlandschap voor meer gradiëntrijke systemen, gekoppeld aan meer biodiversiteit (Ward & Tockner, 2001).

Eens de overstromingsfrequentie daalt tot minder dan eenmaal om de 5 jaar, ontwikkelen zich enkel terrestrische systemen die bij een overstroming deels of geheel vernietigd worden. Afhankelijk van de terugkeerperiode kunnen er zich bepaalde moeras-, grasland- of bostypes ontwikkelen (zie Figuur 15). Bij laagfrequente overstromingen in overstromingsgebieden met waardevolle terrestrische natuurtypen wordt de impact van een overstroming vaker als nadelig voor de biodiversiteit beschouwd, zeker wanneer de kwaliteit van het rivierwater onvoldoende is (De Becker & De Bie, 2013; Runhaar *et al.*, 2004; VITO, 2004).

De natuurschade kan heel divers zijn (zie Figuur 16). De overstroming kan rechtstreeks leiden tot mortaliteit van organismen. Afhankelijk van de stroomsnelheid kan de natuurlijke successie van plantgemeenschappen teruggezet worden door vegetatie- en bodemerosie. Sedimentatie en aanvoer van nutriënten leiden vaak tot een aanrijking van bodem en grondwater. Een overstroming brengt ook een reeks interne chemische processen met zich mee. Langdurig zuurstoftekort kan een aantal reacties op gang brengen die voor een bijkomende vergiftiging kunnen zorgen (Runhaar *et al.*, 2004). Zowel de mortaliteit, als de veranderingen in kwaliteit kunnen ervoor zorgen dat de natuurdoelen voor een (gepland) overstromingsgebied niet in overeenstemming zijn met het overstromingsregime.

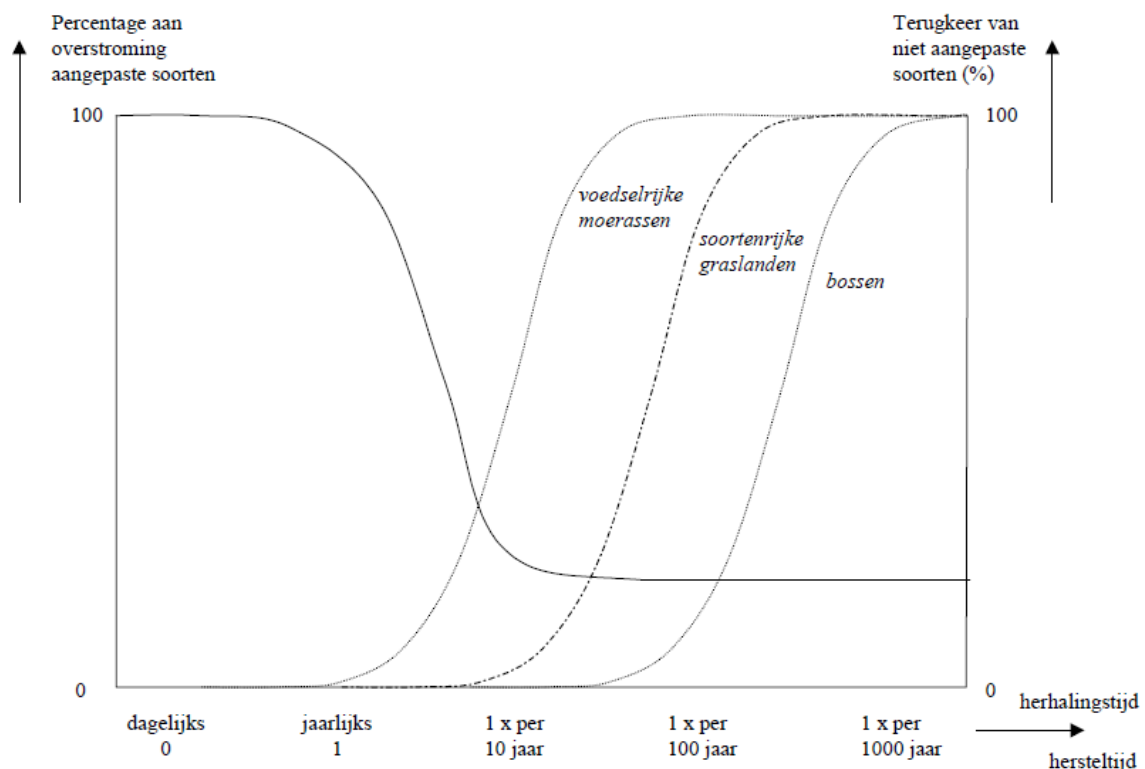
Daarnaast kunnen overstromingen ook voor een gewenste dynamiek zorgen. Overstromingsgebieden langs benedenlopen zijn meestal voedselrijke ecosystemen. Naarmate de productiviteit van het ecosysteem verhoogt, is een hogere verstoring vanuit de rivier vereist om de biodiversiteit in stand te houden. Het is vooral de balans tussen productiviteit, overstromingsschade en successie die de biodiversiteit zal bepalen (Ward & Tockner, 2001).

Voor de globale afweging is het belangrijk dat er zoveel mogelijk geredeneerd wordt vanuit het herstel van de 'natuurlijke' ecosysteemprocessen. In hoeverre sluit het actuele natuurtipe nog aan bij het (vroegere) overstromingsregime? In hoeverre sluit het huidige overstromingsregime qua frequentie, duur, diepte en waterkwaliteit nog aan bij het vroegere regime? Deze afwegingen bepalen de combineerbaarheid en zijn gebiedsspecifiek.

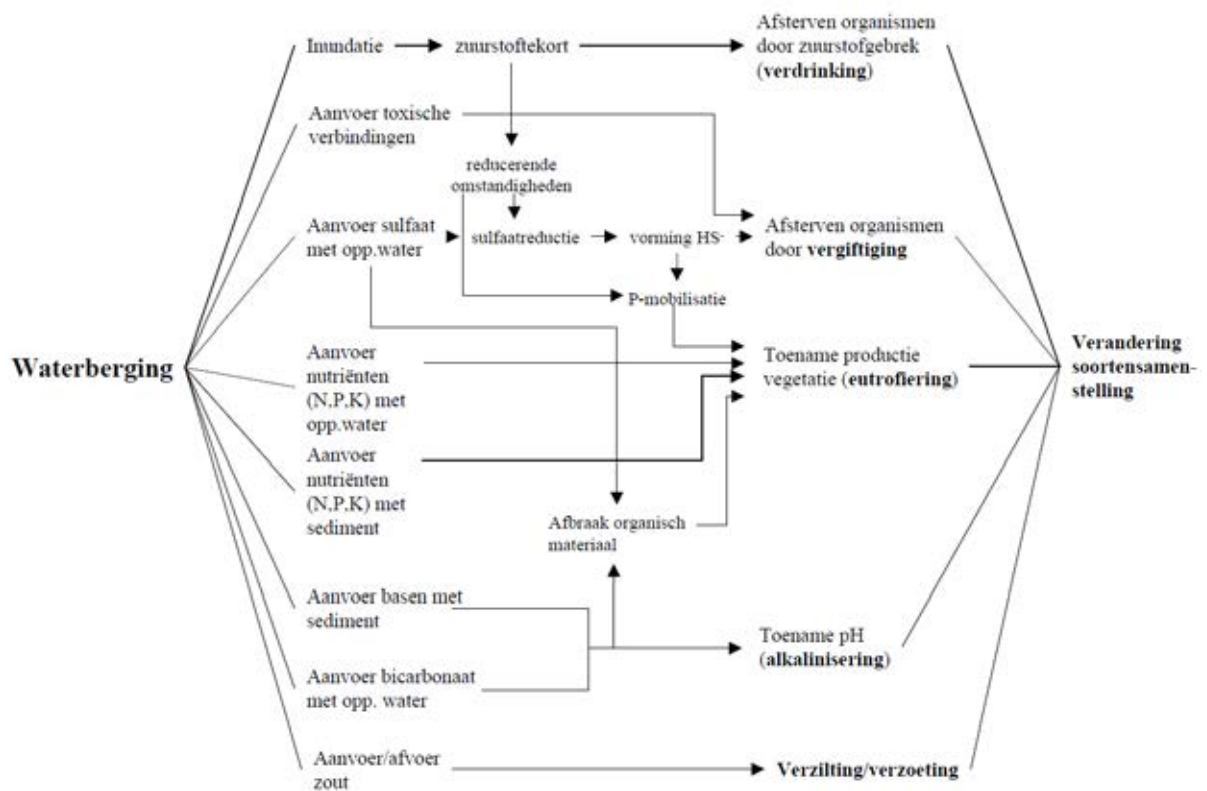
Op basis van deze theoretische kennis zijn er waarderingsmethoden ontwikkeld om bij gewijzigde overstromingsregimes (1) de effecten van een overstroming op de actuele vegetatie en (2) de potenties voor nieuwe vegetatietypen in te schatten (De Nocker *et al.*, 2007; Runhaar *et al.*, 2004). Deze methoden kunnen verder verfijnd worden naarmate meer inventarisaties in dergelijke gebieden uitgevoerd worden (De Becker & De Bie, 2013). De algemene conclusies doorheen alle studies zijn:

- De vegetatieveranderingen worden gestuurd door een combinatie van het overstromingsregime, de voedselaanrijking en de wijzigingen in de grondwatertafel. Hoe frequenter de overstroming, hoe langer de duur en hoe dieper het water, hoe groter de kans op schade aan de aanwezige vegetatie.
- Een overstroming is vanwege de plantengroei veel schadelijker tijdens het zomerhalfjaar dan het winterhalfjaar.
- Waar het gaat over het behoud van bestaande vegetatietypen, zijn overstromingen in natuurgebieden niet combineerbaar in laag productieve systemen. In matig productieve en meer dynamische systemen is de combineerbaarheid afhankelijk van de kwaliteit van het water en van het overstromingsregime. Hoe beter de spreiding over een grotere oppervlakte, hoe minder diep en hoe korter de duur, hoe minder schade. Wanneer het gaat om productieve systemen zoals rietlanden, grote zegge vegetaties en wilgenbossen zijn de combinatiemogelijkheden het grootst. Vermits stroomafwaarts in een stroomgebied de productiviteit van nature toeneemt, is daar de combineerbaarheid groter. Standplaatsonderzoek toont aan dat beheer de effecten van voedselaanrijking deels kan afremmen.
- Waar het gaat om nieuw te ontwikkelen natuur zijn de combinatiemogelijkheden groter. Hier kan de ontwikkeling van dynamische, productieve natuur een meerwaarde betekenen.

Behalve voor natuurwaarden, zijn ook voor multifunctioneel gebruik en ecosysteemdiensten waarderingsmethoden ontwikkeld, zowel op bekkenniveau als op gebiedsniveau (Demeyer & Turkelboom, 2013b; Gilvear *et al.*, 2013; Liekens *et al.*, 2010). Deze worden behandeld in paragraaf 5.1, welzijn en waardering. Deze methoden laten toe om meer natuurlijke versus meer technische alternatieven met elkaar te vergelijken en beter onderbouwde keuzes te maken.



Figuur 15. Volledigheid van ecosystemen als functie van de herhalingsfrequentie van overstromingen (Runhaar *et al.*, 2004)



Figuur 16. Mogelijke fysisch-chemische veranderingen t.g.v. een overstroming die een effect kunnen hebben op de soortensamenstelling (Runhaar et al., 2004)

6.3. Besluit

Uit de vergelijking van de wederzijdse beïnvloeding van biodiversiteit en de ESD 'regulering overstromingsrisico' blijkt dat biodiversiteit weinig bijdrage levert aan de ESD, maar dat:

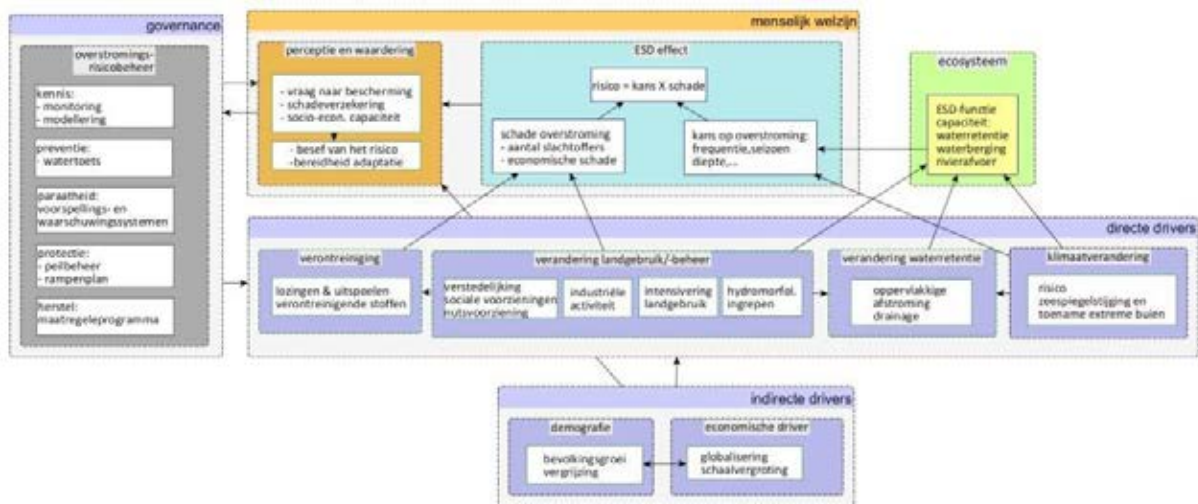
- Overstromingsgebieden een bijdrage leveren tot een bundel van regulerende ecosysteemdiensten. Naarmate meer diensten in aanmerking genomen worden, spelen meer organismegroepen een rol en neemt het belang aan biodiversiteit toe.
- Een toename in overstromingsoppervlakte, -frequentie en -duur de kans verhoogt op herstel van een aantal vissoorten.
- Een toename in overstromingsfrequentie, -duur en -diepte van bestaande natuurgebieden in veel gevallen leidt tot verschuivingen in soortensamenstelling naar meer voedselrijke systemen. Een deel van de bestaande natuurtypen zijn niet of slecht combineerbaar met deze gewijzigde overstromingsregimes. De combineerbaarheid is mee afhankelijk van de kwaliteit van het overstromingswater.
- Het (her)inrichten van nieuwe overstromingsgebieden en herstellen van de gradiënt aquatisch - terrestrisch, gepaard kan gaan met een rijke biodiversiteitsgradiënt.

De resultaten tonen aan dat aquatische en terrestrische doelen voor overstromingsbeheer kunnen verschillen. Zo is het voor vishabitat belangrijk dat water voldoende lang aanwezig blijft in het overstromingsgebied, terwijl de vegetatiestudies aangeven dat dit voor terrestrische natuur meer schade teweeg brengt.

7. Drivers voor vraag en aanbod van de ESD

7.1. Mechanisme drivers

De belangrijkste relaties tussen de drivers en de overstromingsrisico's zijn weergegeven in Figuur 17. Dit is een detailuitwerking van de drivers in de ESD-cyclus (Figuur 1). De belangrijkste drivers worden hieronder kort besproken.



Figuur 17. Schema met de belangrijkste relaties tussen drivers en de ESD regulering overstromingsrisico

7.1.1. Driver bevolkingsgroei

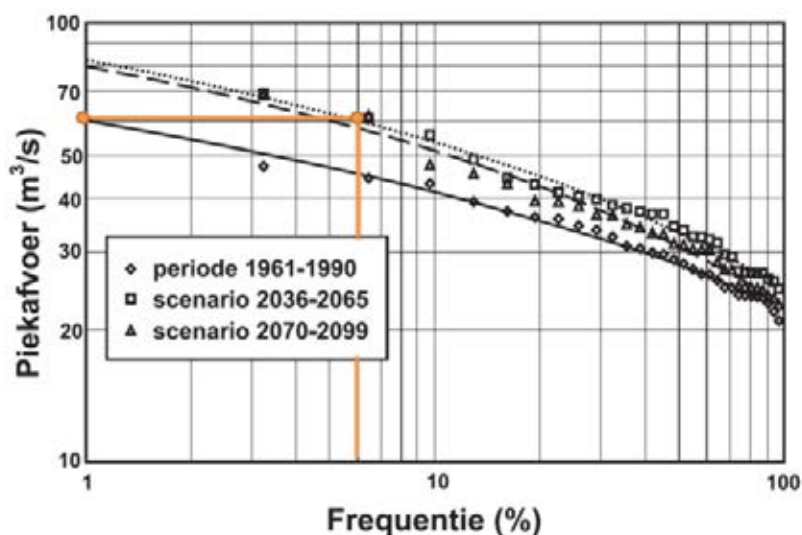
Bevolkingsgroei is een eerste belangrijke driver. Deze stuurt andere drivers aan zoals klimaatverandering en economie en heeft daarnaast als effect dat verstedelijking uitbreidt. Buiten overstromingsgebieden zorgen bebouwing en bodemafdichting voor een verhoogde oppervlakkige afvoer en een hogere kans op piekdebieten. Binnen overstromingsgebieden zorgt dit voor een verhoogd risico op schade, voor hogere schadeclaims en een hoge vraag naar beveiliging. Overstromingsgebieden worden hierdoor ingedijkt en de ruimte voor overstromingen neemt af. De economie stuurt op zijn beurt vooral veranderingen in industriezones en landbouwactiviteiten.

7.1.2. Driver klimaatverandering

Klimaatverandering is een tweede belangrijke en grootschalige driver (MA, 2005). Algemeen wordt aangenomen dat ten gevolge van klimaatverandering de overstromingskansen zullen toenemen. Voor Vlaanderen tonen modelleringen aan dat er een grote kans is dat de zeespiegel zal stijgen en dat het getij hierdoor verder het binnenland intrekt (Ntegeka *et al.*, 2012; Weisse *et al.*, 2014; Willems, 2013a; Willems *et al.*, 2010).

De onzekerheid van klimaatverandering op neerslageffecten is nog groot. Er treden ook natuurlijke, meerjaarlijkse schommelingen op (Willems, 2013a, 2013b). Algemeen wordt een verhoogde regenintensiteit verwacht en een verhoogde verdamping (evapotranspiratie). De risico's in de winterperiode hangen vooral samen met een neerslagcumulatie en een hoge grondwaterverzadiging. In de zomerperiode wordt een hogere kans op droogte voorspeld, maar tegelijk ook een toename van zomeronweders. Verwacht wordt dat dit vooral rioleringsoverstromingen en overstromingen langs kleinere, meer opwaarts gelegen waterlopen met zich mee zal brengen (Demarée *et al.*, 2009; Willems *et al.*, 2010, 2009).

Figuur 18 toont het mogelijk effect van klimaatverandering op de frequentie van piekafvoeren in een rivier (De Smedt & Batelaan, 2007). De oranje lijn toont aan dat voor de gemodelleerde rivier een piekafvoer met een frequentie van 1% (3,6 dagen per jaar) in 2070 oploopt tot 6% (22 dagen). Het effect van een piekafvoer wordt nog versterkt door de verder toenemende bebouwing en bodemafdichting. Hierdoor is het aantal rioleringsoverstromingen de laatste 15 jaar nog sterk toegenomen (Willems *et al.*, 2009).



Figuur 18. Gemodelleerde gevolgen van klimaatveranderingen op de frequentie van een piekafvoer (gemiddelde voorkomingskans volgens de huidige toestand, versus de toestand in enkele toekomstscenario's) (De Smedt & Batelaan, 2007).

7.1.3. Culturele driver

Het bewustzijn van de maatschappij of van individuele eigenaars ten aanzien van de overstromingsrisico's (zie Figuur 17: perceptie en waardering) kan eventueel een rem zetten op onaangepast landgebruik. Het gedrag en daaraan gekoppeld ook het draagvlak voor een overstromingsbeheer is deels cultureel bepaald, maar wordt ook gestuurd door recente gebeurtenissen. Een overstromingsramp heeft een mentale impact (Stanke *et al.*, 2012) en maakt mensen vaak bewust van de risico's. Dit verhoogt het draagvlak en de bereidheid tot het doorvoeren van adaptaties zoals inrichten van extra overstromingsgebieden. De socio-economische capaciteit van het land bepaalt mee de kans dat die aanpassingen ook doorgevoerd worden (EEA, 2008). Daarnaast bepaalt ook de verzekeraarbaarheid van activiteiten binnen overstromingsgebieden of die activiteiten al dan niet gepland of verdergezet zullen worden.

7.1.4. Socio-politieke driver

Naast de maatschappelijke drivers met waarden en normen, speelt ook de socio-politieke driver met waterbeleid en ruimtelijke ordening een sturende rol in het overstromingsbeheer. De

verhouding tussen maatschappelijke en socio-politieke drivers stuurt mee de beleidsbeslissingen, de maatregelenprogramma's en landgebruikskeuzes en is een onderdeel van 'governance' (zie Figuur 1 en Figuur 17).

Integraal waterbeleid wordt reeds vanaf 2000 vanuit Europa aangestuurd door de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). Deze is in 2007 aangevuld door de overstromingsrichtlijn (2007/60/EG). Het risicobeheer wordt hierdoor op een Europese leest geschoeid. De lidstaten wordt een stappenplan opgelegd om (1) de actuele overstromingsrisico's systematisch in kaart te brengen, (2) de mogelijke impact van klimaatveranderingen te modelleren en (3) een maatregelenprogramma op te stellen om de risico's te verminderen. Dit programma steunt op de algemene risicoprincipes van paraatheid, preventie, protectie, respons en herstel (Barredo & Engelen, 2010).

De Kaderrichtlijn Water is omgezet in Vlaamse regelgeving via het Decreet Integraal Waterbeleid (DIW) (B.S.14/11/2003). De overstromingsrichtlijn is in 2010 via een wijziging aan het DIW geïmplementeerd (B.S.19/08/2010). Daarmee is de ESD regulering overstromingsrisico's één van de ecosysteemdiensten met de meest onderbouwde en Europees gestuurde beleidsondersteuning.

Voor een efficiënte en effectieve aanpak van overstromingen in Vlaanderen werkte de CIW (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid) een visie 'meerlaagse waterveiligheid' uit, ook gekend als het 3P-sporen beleid (protectie, preventie en paraatheid). Deze visie op de meerlaagse waterveiligheid is een uitwerking van de derde krachtlijn van de waterbeleidsnota Vlaanderen, waarin de strategie 'vasthouden-bergen-afvoeren' als basisprincipe naar voor geschoven wordt (CIW, 2013a).

In deze visie hebben zowel de overheid als de burgers een rol te spelen om overstromingen te voorkomen en de schade ervan te minimaliseren. De kennis over overstromingen en de voorspelbaarheid ervan nemen sterk toe en wordt steeds beter geïntegreerd (zie paragraaf 4.3.1) (<http://www.waterinfo.be/>). Dit draagt bij tot de **paraatheid** of het voorbereid zijn op eventuele overstromingen van zowel burgers als overheden en hulpdiensten. Schade kan hierdoor beperkt worden en evacuaties kunnen tijdig geregeld worden. Deze kennis vergroot ook het draagvlak voor maatregelen en stuurt tegelijk ook de prijzen om activiteiten te verzekeren.

Het tweede luik is **preventie**. Dit wordt o.a. geregeld via de watertoets, de signaalgebieden en de informatieplicht. De watertoets (Besluit Vlaamse Regering B.S. 31/10/2006) is een beleidsinstrument gericht op het behoud van overstromingsruimte door het toetsen van nieuwe bouwprojecten op mogelijke negatieve effecten op de waterhuishouding en het kwantiteitsbeheer. De overheid is verplicht om bij een plan of project binnen overstromingsgevoelig gebied voorafgaand aan de vergunning advies in te winnen over de mogelijke effecten. De vergunningverlenende overheid kan vervolgens het plan of project afwijzen of kan bijkomende voorwaarden opleggen. Na de watersnood van november 2010, is de effectiviteit van dit instrument een eerste maal doorgelicht. 1169 adviezen werden geanalyseerd. De eerste conclusie is dat het groot aantal adviesinstanties op verschillende niveaus (de gemeenten, de polders en wateringen, de provincies, een aantal gewestelijke instanties) leidt tot een sterk uiteenlopende kwaliteit van de adviezen. De tweede conclusie luidt dat compenserende maatregelen voor het vrijwaren van waterbergingsruimte onvoldoende worden opgelegd en dat adviezen wellicht niet altijd doorwerken in de vergunningen en op het terrein. Van de 1169 uitgebrachte adviezen was 10% ongunstig. In die gevallen werden bouwplannen en -projecten in een eerste fase tegengehouden. Tussen 2006 en 2010 werden 89 adviezen uitgebracht m.b.t. nieuwbouw, uitbreiding van bebouwing of bijkomende afgedichte oppervlakten in zones die in 2010 overstroomden. Hiervan waren 9 adviezen ongunstig. De effectiviteit van de watertoets om bijkomende impact te voorkomen lijkt dus beperkt. De effectiviteit van de watertoets ook aan dat de watertoets te laat in de planningsprocedure komt om effectief te zijn (CIW, 2010). Op basis van een reeks aanbevelingen is het instrument in 2011 aangepast (B.S.14/11/2011) en in 2013 werd een nieuwe doorlichting georganiseerd. De nieuwe versie werd positief geëvalueerd.

Naast de watertoets wordt ook gewerkt met signaalgebieden. Dit zijn nog niet ontwikkelde gebieden met een harde ruimtelijke bestemming (woongebied, industriegebied,...) die ook een functie kunnen vervullen in de aanpak van wateroverlast. Deze gebieden kunnen overstromen of hebben specifieke bodemeigenschappen waardoor ze als een natuurlijke spons fungeren (www.integraalwaterbeleid.be/nl/beleidsinstrumenten/signaalgebieden). Voor deze gebieden komt de bestemming niet overeen met de visie op het waterkwantiteitsbeheer. Die gebieden worden nader onderzocht en ontwikkelingsprojecten worden er voorlopig uitgesteld.

Tenslotte is er ook een informatieplicht. Sinds de decreetwijziging van 11 oktober 2013, verplicht het decreet integraal waterbeleid om de overstromingsgevoeligheid van onroerend goed te vermelden in de publiciteit over het onroerend goed en in onderhandse en authentieke akten.

Hierdoor worden kopers gewaarschuwd voor mogelijke gevaren en kunnen ze hun projecten beter aanpassen aan het watersysteem. Deels zal deze maatregel ook de paraatheid verhogen.

Protectie gebeurt door het (her)inrichten van overstromingsgebieden en het aanpassen van het peilbeheer van rivieren. Hierbij wordt steeds vaker gezocht naar oplossingen die beter aansluiten bij de natuurlijke overstromingsprocessen. Hetzelfde geldt voor de herstelmaatregelen. Die worden op stroomgebiedniveau gepland en opgenomen in de zesjaarlijkse stroomgebiedbeheerplannen <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/maatregelenprogramma>.

Terwijl de Europese Kaderrichtlijn Water het herstel van valleigebieden vooral waardeert als kosteneffectieve maatregel om de waterkwaliteit te verbeteren, benadrukt de overstromingsrichtlijn vooral het belang van berging (Brander *et al.*, 2013).

Naast het waterbeleid is ook de **ruimtelijke ordening** een socio-politieke driver die de visie op het gebruik van open ruimte en bebouwing aanstuurt. Na het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen, wordt op dit ogenblik gewerkt aan een nieuwe langetermijnvisie voor de ruimtelijke ordening. In deze visie zijn belangrijke ruimtelijke principes voorgesteld die rekening houden met waterproblematiek (RWO, 2012): (1) verhogen van het ruimtelijk rendement door zuinig om te springen met te bebouwen delen en door de bebouwde ruimte multifunctioneel in te zetten; (2) het belang van waterbeheersing in de open ruimte te benadrukken en (3) robuuste netwerken uit te bouwen die ook de gevolgen van klimaatverandering kunnen opvangen. Op dit ogenblik worden deze principes verder geconcretiseerd. Het concept van ecosysteemdiensten wordt ingezet om de multifunctionaliteit van de open ruimte te koppelen aan ecologische kwaliteitsdoelen.

Naast de visie op het ruimtegebruik, is er ook regelgeving die ervoor moet zorgen dat bij het bouwen of verbouwen meer aandacht gaat naar infiltratie van regenwater. Op 5 juli 2013 heeft de Vlaamse Regering een nieuwe verordening goedgekeurd die hemelwaterinfiltratie verplicht voor grote bebouwde oppervlakten (wijziging BVR 1/10/2004; B.S. 8/11/2004) <http://www.ruimtelijkeordening.be/NL/Beleid/Wetgeving/Uitvoeringsbesluiten/Verordeningen/VerordeningenHemelwater>. Dit besluit is van toepassing op het bouwen of herbouwen van gebouwen of constructies met een horizontale dakoppervlakte groter dan 75 m² of het uitbreiden met meer dan 50 m².

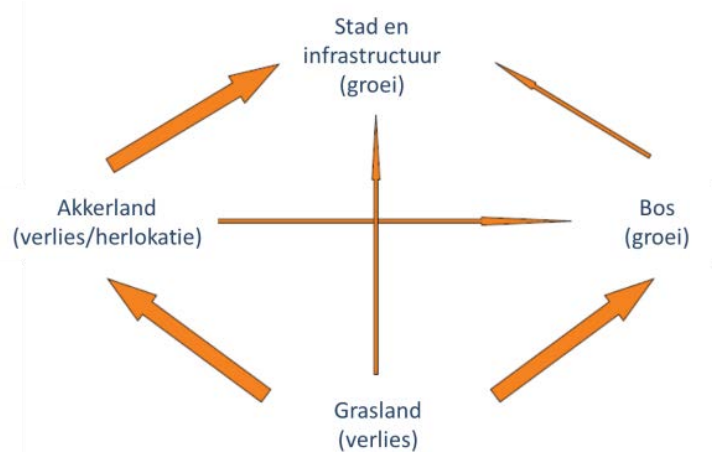
7.1.5. Driver verstedelijking en verandering landgebruik en landbeheer

Bevolkingsgroei en economie sturen talrijke landgebruiksveranderingen aan die op hun beurt – naargelang de ligging – een belangrijk effect hebben op de hydrologische cyclus en op de overstromingen.

Figuur 19 toont de belangrijkste landgebruiksveranderingen binnen Europa. De grootste landconversies in het verleden en in de toekomst zijn een omzetting van open ruimte naar bebouwde ruimte. Op Europese schaal zet de intensivering van landbouw zich door. Grasland wordt omgezet in akkerland en een deel van de extensieve landbouw wordt verlaten en bebost (EEA, 2010b).

Urbanisatie is niet enkel in Europa (EEA, 2011) maar ook in Vlaanderen de belangrijkste wijziging in landgebruik en de grootste drukfactor voor ecosysteemdiensten. In Vlaanderen steeg de oppervlakte aan bebouwde percelen de afgelopen 10 jaar met een gemiddelde van 23,5 km² per jaar <http://www4.vlaanderen.be/sites/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx> (VRIND, 2012). Ook voor bodemafdichting scoort Vlaanderen slecht. Naar schatting 12.9% van de Vlaamse bodems is afgedicht. In steden loopt dit op tot meer dan 20%. Met een geschatte afdichting van 7.4% scoort België binnen 38 Europese landen, op Malta na, het slechts (VMM, 2013) (www.milieurapport.be).

Toekomstscenario's 2010-2030 berekend in NARA-S (Dumortier *et al.*, 2009) schatten dat de open ruimte in die periode nog met 50000-65000 ha zal afnemen. Naargelang het scenario is er in de toekomst meer aandacht voor bebossingen en groene ruimte om Europese natuurdoelen te realiseren en/of is er meer aandacht voor landbouw met milieu- en natuurdoelen om de Europese milieudoelen te kunnen realiseren (www.natuurverkenning.be).



Figuur 19. Dominante landconversies in Europa (1990-2006) op basis van de Corine databank (EEA, 2010b) (<http://www.eea.europa.eu/soer/europe/land-use>)

De toenemende bebouwing en bodemafdichting doet de risico's binnen overstromingsgevoelige gebieden stijgen. Aantal slachtoffers, mentale schade of economische schade,... nemen toe naarmate deze gebieden intensiever gebruikt worden. Vooral het aantal mensen of de aanwezigheid van stedelijke omgeving kan de schade hoog doen oplopen.

Buiten de overstromingsgevoelige gebieden heeft een verandering in landgebruik en -beheer vooral een effect op de piekafvoeren en dus ook op de overstromingskans. Omdat de gevolgen zich voordoen op een andere locatie dan waar de oorzaak te vinden is, verkleint de bereidheid van de veroorzakers tot het nemen van milderende maatregelen. Het type van landgebruik bepaalt samen met het reliëf en het bodemtype, hoeveel water er lokaal na een regenbui vastgehouden wordt, infiltreert of oppervlakkig afstroomt. Tabel 1 in Bijlage 1 toont voor Vlaanderen het gemiddelde effect op jaarbasis van een verandering in landgebruik op oppervlakkige afstroming, evapotranspiratie en grondwatervoeding (Batelaan & De Smedt, 2007; De Smedt & Batelaan, 2007). Vooral een toenemende urbanisatie en bodemafdichting resulteert in een sterke afname van de infiltratie en een sterke toename van de oppervlakkige afstroming. De omzetting van grasland naar akkerland verhoogt de kans op bodemerosie en modderstromen (zie hoofdstuk 21). Omzetting van akkerland naar bos zorgt dan weer voor een verminderd erosierisico (De Nocker *et al.*, 2007; Runhaar *et al.*, 2004).

De figuren 5-7 in Bijlage 1 tonen hoe effecten van bebouwing en bodemafdichting, ontbossing en bebouwing of ingrepen in een brongebied, piekafvoeren kunnen beïnvloeden (De Smedt & Batelaan, 2007; Huang *et al.*, 2008).

7.1.6. Driver polluenten en nutriënten

Milieuverontreinigingen die ontstaan ten gevolge van een overstroming kunnen een hypotheek leggen op de herstelmogelijkheden na de overstroming. Zo zorgen piekafvoeren in een aantal gevallen voor een problematiek van waterkwaliteit. Bij hevige regenbuien treden riooloverstorten in werking, waardoor ongezuiverd afvalwater vermengd met regenwater geloosd wordt. Dit heeft negatieve effecten op de waterkwaliteit van de ontvangende waterloop. Het gehalte aan organische belasting, micro-organismen, micro-polluenten,... stijgt na het in werking treden van een overstort. De organische belasting zorgt op zijn beurt voor zuurstoftekorten. (Chen *et al.*, 2004; David *et al.*, 2013; Even *et al.*, 2007, 2004).

Naast de overstortproblematiek, is er ook een kans op milieuschade vanuit industriële installaties gelegen in risicogebied. Bedrijven met een hoog risico vallen onder de IPPC-richtlijn (Integrated Pollution Prevention and Control) (1996/61/EC). In de overstromingsrichtlijn krijgen ze speciale aandacht in het kader van overstromingspreventie.

Tenslotte zorgt hevige neerslag voor een toename in de diffuse verontreiniging door uitspoelen van nutriënten en polluenten. Dit veroorzaakt een bijkomende belasting van het oppervlaktewater. De landbouwpraktijk kan bijgevolg ook een hypotheek leggen op de inzetbaarheid als zone voor waterberging.

7.1.7. Driver invasieve soorten

Uittheemse invasieve planten vormen wereldwijd een toenemend probleem. Water- en oeverplanten kunnen zich vaak snel via de waterloop verspreiden. In waterlopen gaat het vaak om planten die in tuincentra te koop worden aangeboden en die zich dan vanuit voornamelijk particuliere vijvers verder verspreiden (Veraart & Soens, 2010). Deze planten kunnen onder andere nadeel berokkenen aan de lokale biodiversiteit, economie, volksgezondheid en verkeersveiligheid, waardoor zij in toenemende mate bestreden worden (Van de Meutter *et al.*, 2012). Invasieve waterplanten kunnen door een massale groei de rivierafvoer belemmeren en zo de overstromingskansen beïnvloeden. Enkele soorten hebben door hun massale voorkomen ook een effect op biodiversiteit. De potentiële impact van heel wat soorten is in kaart gebracht en er worden bestrijdingsprogramma's georganiseerd door waterbeheerders (Van de Meutter *et al.*, 2012; Veraart & Soens, 2010).

7.2. Impact directe drivers

Tabel 8 geeft een overzicht van de grote drivers en de te verwachten effecten op de ESD regulering overstromingsrisico's in Vlaanderen. De recente trends van landconversie zijn gebaseerd op de Europese trends van 1990 tot 2006 (Figuur 19). De mogelijke toekomstige trends voor Vlaanderen zijn gebaseerd op de toekomstscenario's 2010-2030, berekend in NARA-S (Dumortier *et al.*, 2009) (www.natuurverkenning.be).

Vooraf de verregaande urbanisatie en bodemaftichting heeft een negatief effect, zowel op infiltratie, regenwaterafvoer, als op overstromingsruimte. De andere conversies zorgen voor een combinatie van effecten. Zo verhoogt een onaangepast landbouwbeheer de kansen op bodemerrosie en uitspoeling van nutriënten.

7.3. Besluit

1. De belangrijkste drivers zijn bevolkingstoename, gekoppeld aan de verstedelijking, intensief landbeheer en klimaatveranderingen. Ze zorgen samen voor een verhoogd overstromingsrisico door enerzijds de kans op overstromingen te doen stijgen en anderzijds de potentiële schade te doen oplopen.
2. Overstromingen kunnen bijdragen tot de verdere verspreiding van milieuverontreiniging, zowel van de rivier naar het land als omgekeerd. Dit kan een hypotheek leggen op de herstel mogelijkheden.
3. De omzetting van grasland naar akkerland verhoogt de kans op bodemerrosie en zorgt ervoor dat de schade verder kan oplopen.
4. Zowel het waterbeleid als het beleid van de ruimtelijke ordening onderschrijven de basisprincipes om te komen tot een duurzame oplossing van het overstromingsbeheer.

Tabel 8. Overzichtsmatrix voor het beoordelen van impact en trend van de directe drivers op het aanbod van de ESD regulering overstromingsrisico's. **Trend driver:** negatieve trend: ↘, positieve trend: ↗, geen toe- of afname: =, nog te onderzoeken: ? **Effect driver op de ESD:** Sterk positief effect: ++, positief effect: +, sterk negatief effect: --, negatief effect: -, geen effect: 0.

	ESD		
	trend	effect	
Verandering landgebruik	↓/↑/=	+/-/0	
Landconversie			
Toename versteende ruimte, toename bodemafdichting en afname open ruimte	↗	--	EEA: belangrijkste landconversie in de periode 1990-2006. NARA-S: te verwachten afname van 50000-65000 ha open ruimte in de periode 2010-2030. Negatief effect op infiltratie en overstromingsruimte; aanbod daalt en potentiële schade stijgt.
Toename akker en afname grasland	↗	-	EEA: tweede belangrijkste landconversie in de periode 1990-2006. Negatief effect: omzetting naar akker verhoogt de kans op onaangepast landbeheer, met een hogere kans op erosie en bodemverdichting en hierdoor ook een hogere kans op oppervlakkige afstroming. Potentiële schade en kost slibruiming stijgt.
Toename bos en afname landbouw	↗	+	EEA: derde belangrijkste landconversie in de periode 1990-2006. NARA-S: te verwachten toename van 3750-9950 ha bos in de periode 2010-2030. Positief effect: omzetting naar bos verlaagt de kans op een onaangepast landbeheer, waardoor de kans op erosie, bodemverdichting en oppervlakkige afvoer daalt en retentie stijgt.
Toename groene ruimte en afname landbouw	↗	+	NARA-S (2010-2030): te verwachten toename van 10000-75000 ha groene ruimte in de periode 2010-2030. Positief effect: minder kans op onaangepast landbeheer en dus ook minder kans op bodemverdichting en -erosie en op uitspoeling van nutriënten.
Gebruiksconversie			
Uitbreiden van oppervlakte met milieu-/natuurdoelen in erosiegevoelige gebieden	↗	+	MIRA-S: volgens het Europese milieuscenario zal de oppervlakte toenemen van 21570 ha naar 182000 ha (122700 ha akker en 59000 ha grasland) in de periode 2010-2030.
Uitbreiden van oppervlakte met milieu-/natuurdoelen in nabijheid van een waterloop	↗	+	Positief effect: aangepast landbeheer waardoor er minder kans is op uitspoeling van nutriënten en meer kans om kwaliteitsdoelen voor oppervlaktewater te behalen.
Polluenten			
polluenten rivier (water/sediment) polluenten valleigebieden	↘	--	VMM-website: 25% van de rivierbodems is volgens de triade methode nog zwaar verontreinigd, maar t.o.v. 2000 is er een verbetering (dalende trend). Negatief effect op de waterkwaliteit: (1) overstromingen zorgen via overstorten voor een bijkomende milieudruk op de rivier, (2) overstromingen zorgen voor een uitwisseling en verspreiding van polluenten tussen rivier en vallei. Verontreinigde gebieden zorgen voor een beperking van de inzetbaarheid als overstromingsgebied
Nutriënten			
uitspoelen nutriënten	↘	-	Negatief effect: (1) overstromingen zorgen voor een piek in uitspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater, (2) rivierwater zorgt meestal ook voor een aanrijking van valleigebieden via de overstroming. Dit kan voor een aantal natuurtypen nadelig zijn (De Nocker <i>et al.</i> , 2007).
Klimaatverandering			
Temperatuur	↗	-/+	Enerzijds toename van evapotranspiratie en neerslag, Anderzijds een toename van droogte.
Stijging zeeniveau	↗	--	Klimaatmodel Vlaanderen: zeespiegelstijging. Negatief effect: getijden verplaatsen zich verder stroomopwaarts.
Toename extreme neerslag	↗	--	Klimaatmodel: risico op toename van extreme buien verhoogt. Negatief effect: neerslagcumulatie in de winter (hoge verzadiging van de bodem) en extreme buien vooral in de zomerperiode, leiden tot meer overstromingsrisico's.

Introducties van exoten			
Invasieve soorten	↗	-	Een aantal invasieve soorten vormen uitgebreide watervegetaties. Negatief effect: opstuwing van waterlopen kan lokaal zeer hoog zijn met kans op plaatselijke overstroming. Hoge biomassa's zorgen voor grotere onderhoudskosten aan de waterlopen om de waterafvoer te kunnen verzekeren.

8. Interacties huidig en toekomstig ESD gebruik

De optimalisatie of maximalisatie van een ecosysteemdienst hangt vaak samen met de gradiënt natuurlijk-technologisch. Het maximaliseren van een ESD kan beslag leggen op het toekomstig gebruik van die dienst, maar ook op het gebruik van andere ESD. Duurzaam gebruik wordt dus mee bepaald door de optimalisatie van dienstenbundels. In deze paragraaf worden duurzaamheidsaspecten toegepast op de ecosysteemdienst regulering overstromingsrisico's. In Hoofdstuk 9: Interacties en duurzaam gebruik van ESD, worden al deze aspecten van de 16 ESD gebundeld en worden mogelijke bundels en trade-offs tussen de 16 diensten beschreven.

8.1. Impact op de toekomstige levering

8.1.1. Impact van het gebruik van de dienst op de toekomstige levering van diezelfde dienst

Eens een gebied voorzien is als waterbergingsgebied, kan het als dusdanig blijven functioneren in de toekomst. Het actuele gebruik als overstromingsgebied legt op zich geen beperking op voor het toekomstige gebruik als overstromingsgebied.

Het behoud vergt meestal een werkingskost (zie kadertekst 2). Deze is mee afhankelijk van de gradiënt natuurlijk-technologisch. Een meer technische infrastructuur vraagt meer onderhoud dan een gebied dat gravitair overstroomt en opnieuw leegloopt. Het onderhoud van het overstromingsgebied buiten overstromingsperiodes is vooral afhankelijk van de keuze van landgebruik en -beheer (landbouw, natuur, bos, recreatie,...). Meer natuurlijke overstromingsgebieden met nog natuurlijke overstromingsprocessen (bv. slikken en schorren langs de Zeeschelde, Maasvallei tussen Stokkem en Oud-Dilzen, Doode Bemde langs de Dijle,...) vergen nagenoeg geen werkingskost.

8.1.2. Impact op andere ecosysteemdiensten

De bevolkingstoename zorgt ervoor dat de open ruimte schaars wordt, zodat er meer competitie ontstaat rond het gebruik van de resterende ruimte (RWO, 2012). Hierdoor stijgt de vraag naar maximalisatie van een aantal producerende diensten: meer landbouw- of houtopbrengst op minder ruimte, dichtere bebouwing,... Tegelijk stijgt ook de vraag naar extra ruimte voor regulerende diensten (extra waterberging) en culturele diensten (extra ruimte voor buitenactiviteiten). De maximalisatie van de diverse ESD-groepen zorgt ervoor dat de combineerbaarheid daalt.

Het samengaan van waterberging met andere diensten is bovendien afhankelijk van de overstromingsfrequentie, -periode (zomer of winter), -duur en waterdiepte. Gebieden die zeer frequent overstroomd zijn, zijn vaak gekenmerkt door een bundel van aangepaste ecosysteemdiensten. Stikstofverwijdering, koolstofopslag en waterberging zijn er goed combineerbaar (zie paragraaf 4.1). Wanneer de overstromingsfrequentie afneemt, wordt de ruimte ingenomen door andere ecosysteemdiensten, zoals voedselproductie, en daalt de combineerbaarheid. Voor houtproductie is de combineerbaarheid sterk afhankelijk van het type aanplant. Zo is korte omloop hout beter combineerbaar gezien de kortere cyclus (Meiresonne, 2006).

De combineerbaarheid is ook afhankelijk van de milieukwaliteit. Overstromingen met (historisch) vervuild water of overstromingen van verontreinigde gronden zorgen voor een verdere verspreiding van de verontreiniging. Zolang de waterkwaliteit onvoldoende is, is de overstroming vaak ongewenst en moeilijk verenigbaar met andere diensten. De normen die hiervoor gehanteerd worden zijn afhankelijk van het landgebruik. Voor de rivierkwaliteit worden de normen gehanteerd voor de goede chemische toestand en goede ecologische toestand (Besluit Vlaamse Regering B.S. 21/5/2010).

Tabel 9 geeft een overzicht van een aantal combinatiemogelijkheden met de ecosysteemdiensten die in de andere hoofdstukken beschreven worden.

Tabel 9. *Combineerbaarheid (Comb) van de ESD regulering overstromingsrisico's met andere ecosysteemdiensten (ESD).*

Legende: N = "neutraal" - de 2 ESD beïnvloeden elkaar niet in + of - zin, ze kunnen ruimtelijk wel op dezelfde locatie voorkomen.
 NR = beide ESD worden ruimtelijk meestal niet op dezelfde locaties verwacht.
 + = positieve beïnvloeding - beide diensten versterken elkaar / versterken elkaar sterk.
 - = negatieve beïnvloeding - beide diensten werken elkaar tegen/ werken elkaar sterk tegen.
 +/- = het effect tussen beide ESD's kan tegenstrijdig zijn.

ESD-regulering overstromingsrisico's versus		Comb	Opmerking/uitleg
Producerende ESD	Waterproductie uit rivierwater	-/+	Overstromingsgebieden hebben een zuiverende werking en verbeteren de oppervlaktewaterkwaliteit (Sanchezperez <i>et al.</i> , 1991; Yuan & Huang, 2010). De grote zuiveringsgebieden bevinden zich vooral benedenstrooms. Daar is de rivier van nature het meest aangerijkt en minder geschikt om drinkwater uit te produceren. Er is dus een ruimtelijke scheiding tussen beide functies te verwachten. Praktijkvoorbeelden zoals de Blankaart (Woumen-Diksmuide) tonen dat dit niet overal het geval is, maar wijzen tegelijk ook op mogelijke conflicten tussen beide diensten (Baert <i>et al.</i> , 1997). Oppervlaktewaterkwaliteit kan ook negatief beïnvloed worden door de (historische) verontreiniging van o.a. zware metalen die vrijkomen vanuit het overstromingsgebied (Du Laing <i>et al.</i> , 2009). De +/- combineerbaarheid moet gebied per gebied afgewogen worden.
	Waterproductie (grondwater in OG)	NR	Drinkwaterproductie uit grondwater en waterberging door overstromingen komen meestal ruimtelijk niet samen voor. De infiltratiecapaciteit en grondwatervoeding is hoog in infiltratiezones (zie hoofdstuk drinkwaterproductie) (zie Kaart 2) die ruimtelijk grotendeels gescheiden zijn van overstromingsgebieden (Kaart 7). Meestal zijn het overstromingswater en de bijhorende sedimenten op dit ogenblik nog van onvoldoende kwaliteit (zie triadebeoordeling: www.vmm.be), waardoor de combinatie met drinkwaterproductie in de overstromingszone ongewenst is. Waar beide diensten samen voorkomen kunnen conflicten optreden.
	Houtproductie in OG	+/-	Schade aan de bomen t.g.v. overstromingen wordt sterk bepaald door de frequentie, de duur en de waterdiepte van de overstroming en de boomsoort (De Nocker <i>et al.</i> , 2007; Runhaar <i>et al.</i> , 2004). Zo is korte omloophout beter combineerbaar, gezien de korte cyclus (Meiresonne, 2006).
	Voedselproductie (akker)	-	Schade door overstroming: De oogstverliezen en opruimkosten stijgen naarmate de frequentie en de verblijftijd toenemen. Daarnaast kunnen polluenten en nutriënten vanuit de akker bijdragen tot de verontreiniging van het oppervlaktewater. Natte bodem: indien de bodem lang nat is, is er een groter risico op structuurschade (bodemverdichting) bij het bewerken. De bodemkwaliteit gaat ook achteruit als de bodem te lang anaeroob blijft. Overstromingsperiode: de periode bepaalt de schade. Overstromingen in het winterhalfjaar veroorzaken minder schade dan in het zomerhalfjaar. Naarmate de overstromingsfrequentie toeneemt, wordt verwacht dat akkers grotendeels worden omgezet in grasland of populierenteelt (De Nocker <i>et al.</i> , 2007).
	Voedselproductie in OG (begrazing vee)	+	In Vlaanderen zijn een heel aantal overstromingsgebieden in landbouw-medegebruik. De combinatie van overstromingen met graslandbeheer komt frequent voor. Beide zijn goed combineerbaar. Verwacht wordt dat overstromingen de soortenrijkdom in graslanden doet afnemen, maar de biomassa productie doet stijgen door een hogere nutriëntenbeschikbaarheid (Hardtle <i>et al.</i> , 2006; Sival <i>et al.</i> , 2002). Tenslotte is de combineerbaarheid met begrazing door vee afhankelijk van het risico op verdrinking, op ziekten en het risico op milieuverontreiniging door aanvoer polluenten. http://www.dgz.be/ziekte/leverbot .
	Energiegewassen	+/-	Energie uit landbouwgewassen: zie voedselproductie Energie uit houtige gewassen: zie houtproductie Een groot deel van de natte graslanden, populierenbossen en alluviale bossen komt potentieel in aanmerking voor een combinatie van overstromingen en het oogsten als energiegewas. Maar deze worden daar momenteel zelden voor ingezet (zie hoofdstuk energieproductie).
Reguleren	regulatie waterkwaliteit	+	Overstromingsgebieden hebben een zuiverende werking en verbeteren de oppervlaktewaterkwaliteit (Sanchezperez <i>et al.</i> , 1991; Yuan & Huang, 2010). Benedenstroomse gebieden hebben van nature de grootste bergingscapaciteit en hebben

			meestal een grote waterzuiverende functie (Melman & van der Heide, 2011). Dit draagt bij tot het behalen van de chemische en ecologische doelen in de rivier. Het positieve effect van zuivering op het oppervlaktewater situeert zich voornamelijk in de frequent overstroomde en permanent natte gebieden, dus vooral in de stroomafwaarts gelegen zones en de waterconserveringszones (zie paragraaf 4.1.2).
	Regulatie luchtkwaliteit	N	Enkel indirecte beïnvloeding, wanneer schade aan bomen optreden die op hun beurt een luchtzuiverende functie hebben. Meestal geen wederzijds effect.
	Regulatie geluid	N	Kunnen samen voorkomen, maar beïnvloeden elkaar niet. Vloedbossen kunnen eventueel een geluidsreducerende werking hebben.
	Regulatie waterdebiet	+	De processen voor de regulatie van basis- en piekdebieten zijn sterk met elkaar verweven. Een optimalisatie van retentie, infiltratie, rivierafvoer en overstromingen versterken elkaar. Ruimtelijk zijn ze vaak gescheiden.
	Regulatie bodemerrosie	+	Een groter aanbod aan overstromingsgebieden dempt de erosiecapaciteit van de rivier bij hoge waterafvoeren. Buitendijks (rivierwaarts) zorgen OG voor het afremmen van het overstromingswater en voor een beperking van de schade aan dijken,... OG zorgen m.a.w. voor een beperking van de bodemerrosie elders. Erosiekansen binnen OG is gekoppeld aan de snelheid van het water en het aanwezige landgebruik en -beheer. Erosiekansen door onaangepast landbeheer zijn het hoogst voor akkers (De Nocker <i>et al.</i>, 2007). Naast het risico op bodemerrosie, zorgen overstromingen voornamelijk voor sedimentatie. De sedimentatie is afhankelijk van de frequentie, de verblijftijd en de waterdiepte.
	Kustbescherming	NR	De processen voor kustbescherming en overstromingsrisico-beheersing langs rivieren zijn ruimtelijk van elkaar gescheiden.
	Regulatie globaal klimaat	+	Valleigebieden en OG zijn vaak gekenmerkt door een hoge watertafel en bijgevolg een hoge potentiële koolstofopslag (Meersmans <i>et al.</i> , 2009, 2008).
	Regulatie stedelijk klimaat	NR	Zones voor waterberging en stad zijn ruimtelijk van elkaar gescheiden.
	Bodemvruchtbaarheid	+/-	De combineerbaarheid met bodemvruchtbaarheid is afhankelijk van de frequentie van de overstroming, de hoogte van de watertafel en de milieukwaliteit van het overstromingswater en het riviersediment. Overstromingsvlakten zijn vaak natte gronden met een hoog gehalte aan organische stof (Meersmans <i>et al.</i>, 2009, 2008), wat belangrijk is voor de bodemvruchtbaarheid. Anderzijds kunnen valleibodems door de hoge watertafel lang anaëroob blijven, waardoor de bodemkwaliteit daalt. Door natte omstandigheden kan ook sneller structuurschade optreden (bodemverdichting) door bewerking met machines. De bodemvruchtbaarheid kan ook in het gedrang komen door (historische) milieuverontreiniging die via overstromingen vanuit de rivier in het valleigebied afgezet wordt/werd. Zie triadebeoordeling waterbodemeetnet Vlaanderen: 24% van de waterbodems is sterk verontreinigd, 41% verontreinigd, 29 licht verontreinigd en 6% niet verontreinigd (www.vmm.be).
	Bestuiving	-	Insecten die instaan voor bestuiving stellen lage eisen aan hun habitat (zie hoofdstuk 16). Vermits de meeste bestuivende insecten onder de grond leven, zijn OG die frequent overstromen (> 1/jaar) geen geschikt habitat.
	Plaagbestrijding	-	Idem bestuiving
Culturele ESD	Recreatie	+	Overstromingsgebieden vormen vaak lange stroken open ruimte langs de rivier, waardoor het belangrijke bindingsgebieden zijn tussen een aantal groengebieden. Vooral de dijken langs de OG worden vaak gebruikt als wandel-, fietsroutes,... De combinatie van water en bos in valleigebieden heeft een hoge belevingswaarde voor recreanten (Hommel <i>et al.</i>, 2005). Een hoge overstromingsfrequentie hangt samen met grote open ruimtes en meer kansen voor culturele diensten. Dit is niet meer zo bij lage overstromingsfrequenties (> 1/100 jaar).
	Natuurbeleving	+	
	Jacht en wildbraad	+	

8.1.3. Impact elders in de wereld

Regulering overstromingsrisico's is een dienst die qua schaalniveau sterk gekoppeld is aan het niveau van een stroomgebied. Grensoverschrijdende stroomgebieden zorgen dus ook voor een grensoverschrijdende impact.

Voor niet getij-gebonden rivieren beïnvloedt vooral de bergingscapaciteit stroomopwaarts, in combinatie met de snelheid van de piekafvoer, de overstromingsfrequentie in stroomafwaarts gelegen gebieden. Landen met grensoverschrijdende stroomgebieden beïnvloeden elkaar dan

vooral via stroomopwaarts gelegen ingrepen en via de waterpeilregelingen van de rivier (versnelde afvoer, opstuwing,...). Voor getijdenrivieren geldt het omgekeerde (zie paragraaf 2.1). Daar ligt de bergingscapaciteit, als bescherming tegen de effecten van een stormtij, eerder stroomafwaarts.

De verdeling van kosten en vermeden kosten tussen landen en regio's kan zeer complex zijn. Elk land kent een eigen veiligheidsplan, andere risicoanalyses, regelgeving,... De verschillen in benadering tussen Nederland en Vlaanderen zijn o.a. berekend voor de Zeeschelde in de milieu-kosten-baten-analyse van het Sigma-plan. Kosten en vermeden kosten in Vlaanderen hebben een beduidende impact op kosten en vermeden kosten in Nederland (VITO, 2004). Grensoverschrijdende afspraken zijn bijgevolg essentieel. De Kaderrichtlijn Water stuurt dan ook sterk aan op een grensoverschrijdende aanpak via de opmaak van stroomgebiedbeheerplannen en grensoverschrijdende riviercommissies. Specifiek voor België functioneren deze riviercommissies ook als integratieplatform voor de regio's.

De drivers op wereldschaal, zoals klimaatverandering, economische groei, bevolkingsmigratie,... die de overstromingsrisico's en het adaptatievermogen aan overstromingen onrechtstreeks aansturen, zorgen er wel voor dat de problematiek de grenzen overschrijdt en dat er ook op mondiale schaal maatregelen vereist zijn om overstromingsrisico onder controle te krijgen.

8.2. Link met de gradiënt natuurlijk-technologisch

De link met de gradiënt natuurlijk-technologisch is besproken in paragraaf Figuur 11. Daar zijn een aantal waarderingmethoden voor regulering overstromingsrisico's besproken. Deze tonen aan dat meer natuurgerichte oplossingen, die meer aansluiten bij de natuurlijke rivierprocessen, vaak goedkoper zijn, minder onderhoud vergen en meer extra ecosysteemdiensten leveren, dan meer technisch gerichte oplossingen. Vooral de waarden van natuurbeleving en recreatie en denitrificatie zijn groter in de meer natuurlijke oplossing vergeleken met de meer technische oplossing.

Diverse voorbeelden in Bijlage 1 tonen aan dat ook meer natuurgerichte maatregelen buiten overstromingsgebieden, zoals herstellen van brongebieden, herbebossing,... de kansen op piekdebieten doen dalen en hierdoor de overstromingskansen doen afnemen (De Smedt & Batelaan, 2007).

8.3. Optimalisatie van de ESD

De vraag is hoe de ESD in de toekomst kan geoptimaliseerd worden zodat ze een betere risicobeheersing garandeert en een betere combineerbaarheid met andere ESD. Veel van de principes die hiertoe bijdragen zitten reeds vervat in het integraal waterbeleid en de ruimtelijke ordening (zie paragraaf 7.1.4):

- Meer grootschalige herstelprojecten doorvoeren. Dit laat toe om natuurlijke processen beter te herstellen. Hoe natuurlijker de oplossing, hoe minder inrichtings- en onderhoudskosten en hoe groter de combineerbaarheid met andere regulerende en culturele diensten (zie paragraaf Figuur 11).
- Verder doorvoeren van voorkomingsbeleid zoals onbebouwde zones binnen een overstromingsgebied met bestemming woonzone, niet laten bebouwen (zie o.a. paragraaf 7.1.4 de watertoets).
- In de praktijk verder toepassen van de centrale principes van het integraal waterbeleid: vasthouden-bergen-afvoeren. Dit betekent ook dat wateroverlast en watertekort steeds in samenhang bekeken moeten worden om tot goed werkende watersystemen te komen (CIW, 2013a).
- Betere bescherming van en aangepast landgebruik in waterretentiegebieden om piekafvoeren te verminderen.
- Meer ruimte creëren langs de rivieren in functie van waterberging.
- Vermijden van bebouwing en bodemafdichting binnen de valleigebieden, o.a. via het aangepast instrument van de watertoets.
- Aangepast landbeheer, bijvoorbeeld door de bodembewerking af te stemmen op het vermijden van bodemerosie en -verdichting; door ontwatering via drainage en grachtenstelsels te

verminderen om waterretentie te herstellen; door buffercapaciteit te voorzien bij grote oppervlaktes verhardingen zoals parkings, verkavelingen, wegeninfrastructuur,...

- Toepassen van generieke maatregelen ter voorkoming van overstromingsrisico's (stimuleren infiltratiemogelijkheden in bebouwde gebieden, aanleg groendaken, aanleg van gescheiden rioleringen,...)...
- Zorgen voor draagvlakverbreding rond de maatregelenprogramma's voor risicobeheersing.
- Optimaliseren van het beleidsinstrumentarium om de maatregelenprogramma's efficiënter te kunnen implementeren op het terrein.

Deze maatregelen zorgen niet enkel voor een optimalisatie van de dienst overstromingsrisico-beheersing, ze zorgen er ook voor dat het medegebruik stijgt. Meer ruimte voor de rivier zorgt voor een optimalisatie van diverse andere diensten. De zuiveringscapaciteit neemt toe, risico op bodemerosie aan dijkconstructies daalt, verdrogingsrisico daalt, medegebruik voor recreatie, graslandbeheer,... stijgt. Meer ruimte voor de rivier betekent ook dat elders, in gebieden met intensiever landgebruik, schade vermeden wordt. Enkel lokaal, waar de overstromingsruimte gecreëerd wordt, zullen de kansen voor intensievere gebruiken zoals woonuitbreiding, industriële activiteiten, akkerbouw of serreteelt,... afnemen.

Een mogelijke hindernis om de visie op integraal waterbeleid en overstromingsbeleid in de praktijk om te zetten, is de grote vraag naar grond en de daaraan gekoppelde grondprijzen. Deze prijzen zijn sinds de jaren '60 gekoppeld aan de bestemmingsplannen en deze plannen houden te weinig rekening met de overstromingsrisico's. Zo is er naar schatting 2700 – 3900 ha onbebouwd woon- en woonuitbreidingsgebied gelegen binnen de overstromingsgebieden met een terugkeerperiode van 1/50 jaar. Om de bergingscapaciteit in die gebieden te behouden, kan de watertoets' ingezet worden.

8.4. Limieten van de ecosysteemdienst

Voor veel ecosysteemdiensten kunnen gebruikslimieten gedefinieerd worden. Voor regulerende diensten is dit echter niet eenvoudig. De limiet is bereikt wanneer de overstromingsschade te hoog oploopt of onherstelbaar is, of wanneer het aanbod voor berging en retentie niet meer beantwoordt aan de vraag naar beveiliging. De grens om te bepalen vanaf wanneer de limiet overschreden wordt of de maatschappij het risico niet meer tolereert, is subjectief.

De potentiële gevolgen van overstromingen zijn goed gekend. Zowel het aantal getroffen mensen, als de geleden schade worden snel in kaart gebracht. Ook voor toekomstige overstromingskansen zijn de risico's in grote lijnen reeds gemodelleerd, alsook een reeks mogelijke oplossingen. De kwetsbaarheid van een maatschappij ten aanzien van overstromingen wordt echter ook gestuurd door de economische capaciteit om herstelmaatregelen uit te voeren en door de maatschappelijke bereidheid om die te nemen. Die wordt dan weer aangestuurd door het risicobesef (zie Figuur 11). Tolereren we een risico van 1 op 100 jaar, 1 op 1000 jaar? De recente overstromingen in Centraal-Europa (2013) en Groot-Brittannië (2013-2014) plaatsen het debat terug op de agenda. De limieten van deze dienst zijn dus sterk gekoppeld aan wat we tolereren en wat we bereid zijn om erin te investeren.

8.5. Besluit

1. Het versterken van regulering overstromingsbescherming kan samen gaan met andere regulerende diensten zoals waterzuivering en waterretentie.
2. Het verhogen van de waterbergingscapaciteit in overstromingsgebieden is moeilijk combineerbaar met producerende diensten. De combineerbaarheid is sterk afhankelijk van de overstromingsfrequentie en van de kwaliteit van het water en van het landbeheer en -gebruik. Bepaalde typen van graslanden en bossen zijn goed aangepast aan hoge overstromingsfrequenties.
3. Wanneer gekozen wordt voor meer natuurlijke oplossingen, dan versterken die meestal ook de natuurbelevingswaarde.

9. Kennislacunes

Steunende op de analyse van de ESD-cyclus voor regulering overstromingsrisico's, worden kort enkele kennislacunes en aandachtspunten voor verder onderzoek aangegeven.

Aandachtspunten met betrekking tot de optimalisatie van de ecosysteemfuncties waterretentie en waterberging:

- Waterretentie en waterberging: de verhouding tussen waterretentie en waterberging is onvoldoende gekend. De rol van de waterconserveringsgebieden in het afvlakken van piekafvoeren is onvoldoende gekwantificeerd. Hierdoor kan de bijkomende bescherming door waterretentie niet ingeschat worden en worden deze gebieden meestal niet meegenomen in de vergelijking van alternatieve oplossingen. Een betere kennis over de effecten van wijzigingen in het landgebruik in waterconserveringsgebieden op het afvlakken van piekafvoeren, kan helpen om de ecosysteemfunctie waterretentie ('vasthouden') te optimaliseren.
- Modelering overstromingsrisico's: op dit ogenblik worden voor alle deelbekkens in Vlaanderen de overstromingskansen en overstromingsrisico's gemodelleerd. Om planalternatieven af te wegen en een onderbouwde keuze op bekkenniveau te maken, is het belangrijk dat de onzekerheidsmarges op de modellenketens verder onderzocht worden en dat er onzekerheidsanalyses worden uitgevoerd.

Aandachtspunten met betrekking tot de verhouding vraag en aanbod. Dient een overstromingsgevoelig gebied ingericht te worden als een overstromingsgebied of beveiligd te worden tegen mogelijke overstromingen? Welke inrichtingsalternatieven verdienen de voorkeur? Hier is nog verder methodologisch onderzoek vereist.

- Vraag en aanbod: Momenteel zijn er te weinig 'formeel' aangeduide overstromingsgebieden. Dit zorgt voor beheerproblemen in grote delen van de overstromingsgevoelige gebieden. In het kader van de 'meerlaagse waterveiligheid' wordt een methodologie ontwikkeld om prioriteiten te stellen voor paraatheid, preventie en protectie. Het conceptueel kader van ecosysteemdiensten zou bij de afweging van alternatieven een meerwaarde kunnen betekenen, naast de economische afwegingskaders. Er bestaan reeds een aantal voorbeeldstudies, maar verder methodologisch onderzoek is vereist.
- Beveiligd of beveiligde: dit sluit hier nauw bij aan. Wie beheert of optimaliseert de dienst (en ondervindt regelmatig werkingskost) en wie is gebruiker (en is beschermd tegen overstromingsrisico's of geniet van de gegenereerde meerwaarde)? Momenteel wordt bij een afweging van alternatieven enkel gerekend met de netto-baat. Waar zitten de winners/verliezers? Welke instrumenten worden bij die verrekening ingebracht? Wat zijn mogelijke compensaties? Meer inzicht in de socio-economische balans zou extra oplossingsmogelijkheden kunnen genereren of zou knelpunten voor de implementatie beter kunnen duiden.
- Schade en vermeden schade: voor de meeste overstromingsgebieden is de potentiële schade en het bijhorende risico gekarteerd, maar is de vermeden schade elders in het stroomgebied (nog) niet systematisch berekend. Dit is een belangrijke kennislacune. Het wordt nu vooral meegenomen bij de voorbereiding van de maatregelenprogramma's (zie o.a. Bijlage 9). Het is belangrijk dat schade versus vermeden schade of kost versus vermeden kost op het schaalniveau van een (deel)stroomgebied bekeken wordt. Het voorbeeld van het Sigmaplan (kadertekst 3) toont aan dat vermeden kost en vermeden schade in belangrijke mate de keuze van een planalternatief kan bepalen.

Aandachtspunten met betrekking tot de afstemming tussen veiligheidsdoelen en ecologische doelen:

- Waardering overstromingsgebieden: de (meer)waarde van het overstromingsgebied berekend op basis van bundels en trade-offs van ecosysteemdiensten, wordt op dit ogenblik niet meegenomen in de afweging van alternatieven (zie o.a. Bijlage 9). Een eerste vergelijking voor de Dijle toont aan dat een meer natuurlijke oplossing een meerwaarde genereert voor diverse regulerende en culturele ecosysteemdiensten ten opzichte van een meer technische oplossing (zie paragraaf 8.2). Het wel verrekenen van deze meerwaarde kan de keuze van alternatieven beïnvloeden. Naargelang de waarderingsmethode kunnen wel grote verschillen optreden. Het is belangrijk om na te gaan of de keuze van de methode een effect heeft op de keuze van het planalternatief. Op dit ogenblik werd enkel voor de Zeeschelde, in het kader van het

Sigmaplan, de baat van een aantal ecosysteemdiensten mee begroot in de Milieu Kosten Baten Analyse (VITO, 2004).

- Het herstel van overstromingsgebieden en de natuurlijke dynamiek, kan een belangrijke meerwaarde betekenen voor de biodiversiteit (zie paragraaf 0). Dit kan bijdragen tot het behalen van ecologische doelen, zowel voor de Europese Kaderrichtlijn Water (goede ecologische toestand) als voor natuurdoelen (o.a. goede staat van instandhouding voor de Habitatrichtlijn). In een aantal gevallen zijn de doelen ook tegengesteld. Vooral het effect op de aquatische biodiversiteit is slecht gekend. Connectiviteitsonderzoek is momenteel vooral gericht op longitudinale effecten (relatie bron tot monding en ontsnippering van migratieknelpunten) en niet op laterale effecten (relatie aquatisch – terrestrisch). Onderzoek naar laterale effecten kan de inzichten vergroten in de functionele rol van overstromingsprocessen. Hoe frequent, hoe lang, hoe diep,... moet een overstroming zijn om paaihabitat te creëren voor vissen,... Het algemeen belang is beschreven en ook aangetoond voor een aantal riviertypen (o.a. voor overstromingsgebieden langs de Zeeschelde), maar er zijn geen concrete richtlijnen voor herstel en inrichting beschikbaar.
- De waarderingsmethoden voor biodiversiteit dienen verder uitgewerkt te worden zodat ze volwaardig kunnen meegenomen worden in de afweging van alternatieven.
- Het effect van overstromingsprocessen op de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater is nog onvoldoende gekend.

Aandachtspunten met betrekking tot indicatoren:

- Ondanks het groot aantal metingen van piekafvoeren en alarmpeilen zijn er momenteel geen goede indicatoren ontwikkeld om trends te berekenen en op te volgen.
- Op de beperkte dataset die beschikbaar is met betrekking tot schade en rampen zit nog teveel ruis door de opstart van de meetnetten. Een betere standaardisering van dataverzameling en – verwerking is belangrijk om de trends te kunnen interpreteren.

Aandachtspunten met betrekking tot governance:

- In dichtbevolkte regio's zoals Vlaanderen, met een grote druk op open ruimte, kan een doorlichting van de bestaande plannings- en uitvoeringsinstrumenten bijdragen tot een effectiever ruimtelijk waterbeleid. Is een ruimtelijk uitvoeringsplan het geschikte instrument om overstromingsruimte te creëren? Kan PES (payment for ecosystem services) een zinvol instrument zijn om waterschade/werkingskost te vergoeden? Hoe kan multifunctioneel gebruik van de open ruimte efficiënter ingevuld worden? Hoe kan de watertoets nog effectiever gemaakt worden (CIW, 2010)?

Lectoren

Niko Boone, Willy Huybrechts, Helen Michels, Erika Van Den Bergh, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)

Maarten Van Aert, Bob Peeters, Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)

Dirk Bulckaen, IMDC

Mohssine El Kahloun, Dep. MOW, Afdeling Haven- en Waterbeleid

Fernando Pereira, Dep. MOW, Waterbouwkundig Labo

Jan Ronsyn, Yves Goossens, Didier Soens, Provincie Antwerpen, Dienst Integraal Waterbeheer

Wim Van Gils, Natuurpunt

Kris Van Looy, Irstea, Lyon

Patrick Willems, KULeuven

Referenties

- Aerts R., Van Orshoven J., Buys P., De Belder J. (2000). In kaart brengen van de natuurlijke en actuele overstromingsgebieden in Vlaanderen. Eindrapport. KULeuven, in opdracht van Afdeling Water van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Leuven.
- AGIV (2001). Van nature overstroombare gebieden - Versie 2001-07. Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen, Brussel.
- AGIV (2005). Toelichting bij de kaart met overstromingsgevoelige gebieden voor de watertoets. Ontwerpversie 27 oktober 2005. Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen, Brussel.
- Amoros C., Bornette G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *FRESHWATER BIOLOGY* 47, 761–776.
- Baert R., Loontjens R., Devos M. (1997). Kalium- en nitraatproblemen in het captatiegebied van het drinkwaterproductiecentrum "de Blankaart" West-Vlaanderen. *Water* 93 - maart, 47–50.
- Bardgett R.D., Anderson J.M., Behan-Pelletier V., Brussaard L., Coleman D.C., Ettema C., Moldenke A., Schimel J.P., Wall D.H. (2001). The influence of soil biodiversity on hydrological pathways and the transfer of materials between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems* 4, 421–429.
- Barredo J.I., Engelen G. (2010). Land use scenario modelling for flood risk mitigation. *Sustainability* 2, 1327–1344.
- Batelaan O., De Smedt F. (2007). GIS-based recharge estimation by coupling surface-subsurface water balances. *Journal of Hydrology* 337, 337–355.
- Bayley P.B. (1995). Understanding large river floodplain ecosystems. *Bioscience* 45, 153–158.
- Bornette G., Amoros C., Lamouroux N.L. (1998). Aquatic plant diversity in riverine wetlands: The role of connectivity. *FRESHWATER BIOLOGY* 39, 267–283.
- Brander L., Brouwer R., Wagtendonk A. (2013). Economic valuation of regulating services provided by wetlands in agricultural landscapes: A meta-analysis. *Ecological Engineering* 56, 89–96.
- Bruzzone S. (2013). Climate Change and Reorganizing Land Use: Flood Control Areas as a Network Effect. *INTERNATIONAL JOURNAL OF URBAN AND REGIONAL RESEARCH* 37, 2001–2013.
- Burgess O.T., Pine III W.E., Walsh S.J. (2013). Importance of floodplain connectivity to fish populations in the Apalachicola River, Florida. *River Research and Application*. 29, 718–733.
- Cardinale B.J., Duffy J.E., Gonzalez A., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Tilman D., Wardle D.A., Kinzig A.P., Daily G.C., Loreau M., Grace J.B., Larigauderie A., Srivastava D.S., Naeem S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486, 59–67.
- Cattrijse A., Codling I., Gibson R.N., Hostens K., Mathieson S., McLusky D.S. (2002). Estuarine development/habitat restoration and re-creation and their role in estuarine management for the benefit of aquatic resources. In: Elliott M., Hemingway K.L. (editors). *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science Ltd, Londen.
- Cauwenberghs K. (2013). Meerlaagse Waterveiligheid: resultaten van de ORBP-studie. Symposium Meerlaagse Waterveiligheid - Antwerpen - 17 juni 2013, VMM.
- Chen J.C., Chang N.B., Chen C.Y., Fen C.S. (2004). Minimizing the ecological risk of combined-sewer overflows in an urban river system by a system-based approach. *Journal of Environmental Engineering-Asce* 130, 1154–1169.
- Church M. (1992). Channel morphology and typology. In: Calow P., Petts G.E. (editors). *The River Handbook*. Blackwell Scientific publications, Londen.
- CIW (2009). Toetsing signaalgebieden: handleiding. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid.
- CIW (2010). Evaluatie watertoets in overstromingsgevoelige gebieden (nota van de werkgroep Watertoets). Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid.
- CIW (2013a). Tweede Waterbeleidsnota Vlaanderen (incl. Waterbeheerkwesties). Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid.

- CIW (2013b). Methodiek opmaak van overstromingsgevaar- en -risicokaarten. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid.
- Colclough S., Fonseca L., Astley T., Thomas K., Watts W. (2005). Fish utilisation of managed realignments. *FISHERIES MANAGEMENT AND ECOLOGY* 12, 351–360.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P., van den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Courrat A., Lobry J., Nicolas D., Laffargue P., Amara R., Lepage M., Girardin M., Le Pape O. (2009). Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE* 81, 179–190.
- Currie W.S. (2011). Units of nature or processes across scales? The ecosystem concept at age 75. *New Phytologist* 190.
- Cushing C.E., Allan J.D. (2001). Streams: their ecology and life. Academic press.
- David T., Borchardt D., von Tuempling W., Krebs P. (2013). Combined sewer overflows, sediment accumulation and element patterns of river bed sediments: a quantitative study based on mixing models of composite fingerprints. *Environmental Earth Sciences* 69, 479–489.
- De Becker P., De Bie E. (2013). Verzamelen van basiskennis en ontwikkeling van een beoordelings- of afwegingskader voor de ecologische effectanalyse van overstromingen : Eindrapport juni 2013, INBO PURE.
- De Beukelaer-Dossche M., Decleyre D. (2013). Bergenmeersen: bouw van een gecontroleerd overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij in het kader van het Sigma-plan.
- De Bie E., Herr C., Huybrechts W. (2011). Voorstudie naar de opmaak van ecologische waterkwantiteitsdoelstellingen voor de Speciale Beschermingszones (SBZ-H).
- De Laak G.A.J., van Emmerick W.A.M. (2006). Kennisdocument snoek *Esox lucius* (Linnaeus, 1758). Nederland.
- De Nie H.W. (1996). Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen. Media Publishing, Doetinchem, Nederland.
- De Nocker L. et al. (2007). Multifunctionaliteit van overstromingsgebieden: wetenschappelijke bepaling van de impact van waterberging op natuur, bos en landbouw. Vito, IMS, in samenwerking met Universiteit Antwerpen, onderzoeksgroep Ecosysteembeheer; Universiteit Gent, vakgroep Landbouweconomie; Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- De Smedt F., Batelaan O. (2007). Geïntegreerde modellering van hydrologische processen op rivierbekkenschaal. *Tijdschrift Water* 1–7.
- Demarée G., Baguis P., Debontridder L., Deckmyn A., Pinnock S., Roulin E., Willems P., Ntegeka V., Kattenberg A., Bakker A., Bessembinder J., Lenderink G., Beersma J., Bosonderzoek I. voor N. (2009). Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen, Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Brussel.
- Demeyer R., Turkelboom F. (2013a). Wie zijn de ecosysteemdienstspelers? INBO PURE, Brussel.
- Demeyer R., Turkelboom F. (2013b). Kosteneffectief werken met natuur: ecologische versus technologisch oplossingen. Verkennende case studie: bescherming tegen overstromingen in de Dijlevallei. INBO, Brussel.
- Devroede N., Dewelde J., Cauwenberghs K., Blanckaert J., Swings J., Franken T., Gullentops C., Bulckaen D. (2013). Flood risk management planning in Flanders. In: Klijn T. F. & S. (editor). *Comprehensive Flood Risk Management*. Taylor & Francis Group, London.
- Drake P., Arias A.M. (1997). The effect of aquaculture practices on the benthic macroinvertebrate community of a lagoon system in the Bay of Cadiz (southwestern Spain). *ESTUARIES* 20, 677–688.
- Du Laing G., Meers E., Dewispelaere M., Rinklebe J., Vandecasteele B., Verloo M.G., Tack F.M.G. (2009). Effect of Water Table Level on Metal Mobility at Different Depths in Wetland Soils of the Scheldt Estuary (Belgium). *Water Air and Soil Pollution* 202, 353–367.
- Dumortier M., De Bruyn L., Hens M., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T., Van Reeth W. (2009). Natuurverkenning 2030. Natuurrapport Vlaanderen, NARA 2009. Mededeling van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Brussel.

- EEA (2008). Impacts of Europe's changing climate - 2008: indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report. European Environment Agency.
- EEA (2010a). Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe - An overview of the last decade. European Environment Agency.
- EEA (2010b). the European environment state and outlook 2010 - Land Use. European Environment Agency.
- EEA (2011). The European environment — state and outlook 2010: assessment of global megatrends. European Environment Agency, Copenhagen.
- Even S., Mouchel J.M., Servais P., Flipo N., Poulin M., Blanc S., Chabanel M., Paffoni C. (2007). Modelling the impacts of Combined Sewer Overflows on the river Seine water quality. *Science of the Total Environment* 375, 140–151.
- Even S., Poulin M., Mouchel J.M., Seidl M., Servais P. (2004). Modelling oxygen deficits in the Seine River downstream of combined sewer overflows. *Ecological Modelling* 173, 177–196.
- Feyen L., Dankers R., Bodis K., Salamon P., Barredo J.I. (2012). Fluvial flood risk in Europe in present and future climates. *Climatic Change* 112, 47–62.
- Gilliers C., Le Pape O., Desaunay Y., Morin J., Guerault D., Amara R. (2006). Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. *ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE* 69, 96–106.
- Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. (2013). River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of Environmental Management* 126, 30–43.
- Gorski K., Winter H. V., De Leeuw J.J., Minin A.E., Nagelkerke L.A.J. (2010). Fish spawning in a large temperate floodplain: the role of flooding and temperature. *Freshwater Biology* 55, 1509–1519.
- Green C., Viavattene C., Thompson P. (2011). Guidance for assessing flood losses. CONHAZ Report (Costs of natural hazards) - WP6 final report.
- Hardtle W., Redecker B., Assmann T., Meyer H. (2006). Vegetation responses to environmental conditions in floodplain grasslands: Prerequisites for preserving plant species diversity. *Basic and Applied Ecology* 7, 280–288.
- Hommel P.W.F.M., van Rooij S.A.M., de Vries F., Goossen C.M. (2005). Bos in water, water in bos. Kansenskaarten voor multifunctionele natte bossen met meerwaarde voor waterbeheer, natuur en recreatie. Alterra, Wageningen.
- Huang H., Cheng S., Wen J., Lee J. (2008). Effect of growing watershed imperviousness on hydrograph parameters and peak discharge. *Hydrological Processes* 22, 2075–2085.
- Ickes B.S., Vallazza J., Kalas J., Knights B. (2005). River floodplain connectivity and lateral fish passage: A literature review. U.S. Geological Survey, Upper Midwest. Wisconsin.
- Isbell F., Calcagno V., Hector A., Connolly J., Harpole W.S., Reich P.B., Scherer-Lorenzen M., Schmid B., Tilman D., van Ruijven J., Weigelt A., Wilsey B.J., Zavaleta E.S., Loreau M. (2011). High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* 477, 199–U96.
- Jacobs S. (2009). Silica cycling and vegetation development in a restored freshwater tidal marsh. ECOBE. University of Antwerp, Belgium.
- Junk W.J., Bayley P.B., Sparks R.E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106, 110–127.
- Keruzore A.A., Willby N.J., Gilvear D.J. (2013). The role of lateral connectivity in the maintenance of macrophyte diversity and production in large rivers. *AQUATIC CONSERVATION-MARINE AND FRESHWATER ECOSYSTEMS* 23, 301–315.
- Köhler J., Köpcke B. (1996). Veränderungen des Flußplanktons. In: Lozan J.L., Kausch H. (editors). Warnsignale Aus Flüssen Und Ästuaren. Berlin.
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Zwitterland.
- Kourgialas N.N., Karatzas G.P. (2013). A hydro-economic modelling framework for flood damage estimation and the role of riparian vegetation. *Hydrological Processes* 27, 515–531.

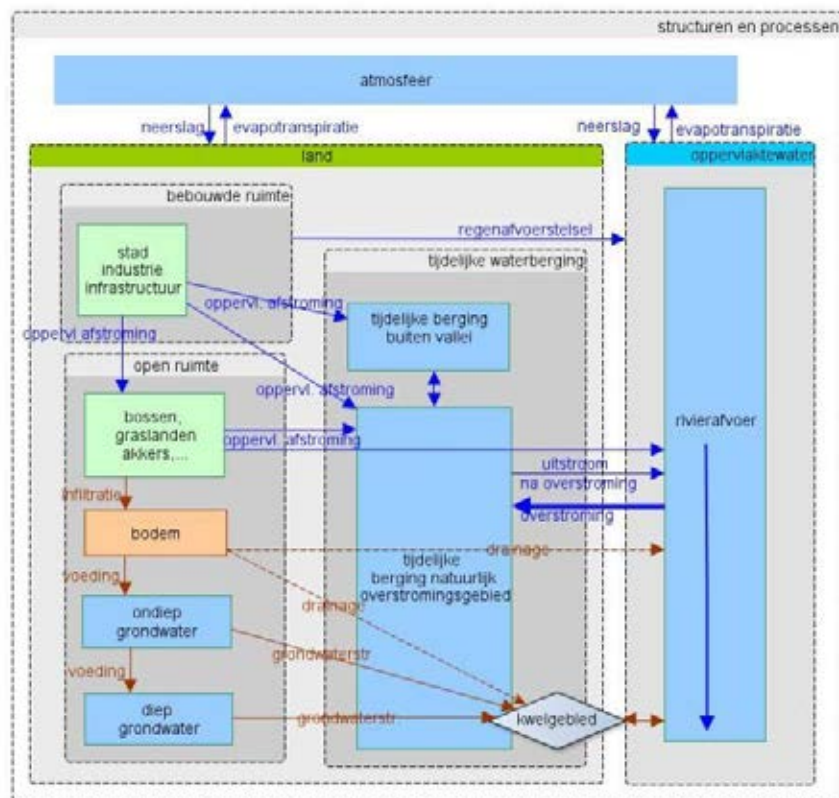
- Laffaille P., Baisez A., Rigaud C., Feunteun E. (2004). Habitat preferences of different European eel size classes in a reclaimed marsh: A contribution to species and ecosystem conservation. *WETLANDS* 24, 642–651.
- Liekens I., Schaafsma M., Staes J., Brouwer R., De Nocker L., Meire P., Departement Leefmilieu Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid N. en E. (2010). Economische waardering van ecosysteemdiensten, een handleiding. Studie in opdracht van LNE, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid. Brussel.
- Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C., Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H., Jackson J.B.C. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *SCIENCE* 312, 1806–1809.
- MA (2005). Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W., Westlake D.F. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444, 71–84.
- Maes J., Stevens M., Breine J. (2007). Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed. *ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE* 75, 151–162.
- Maes J., Stevens M., Breine J. (2008). Poor water quality constrains the distribution and movements of twaite shad *Alosa fallax fallax* (Lacépède, 1803) in the watershed of river Scheldt. *Hydrobiologia* 602, 129–143.
- Martinho F., Leitao R., Neto J.M., Cabral H.N., Marques J.C., Pardal M.A. (2007). The use of nursery areas by juvenile fish in a temperate estuary, Portugal. *HYDROBIOLOGIA* 587, 281–290.
- Meersmans J., De Ridder F., Canters F., De Baets S., Van Molle M. (2008). A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). *Geoderma* 143, 1–13.
- Meersmans J., van Wesemael B., De Ridder F., Van Molle M. (2009). Modelling the three-dimensional spatial distribution of soil organic carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). *Geoderma* 152, 43–52.
- Meiresonne L. (2006). Kansen, mogelijkheden en toekomst voor de populierenteelt in Vlaanderen : korte-omloophout voor energieproductie: plaats in het Vlaams bosbeleid : eindrapport. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Melman T.C.P., van der Heide C.M. (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, Nederland.
- Monbaliu J., Bi Q., Bouma T., Toorman E., van Belzen J., Willems P. (n.d.). Extreme estuarine water levels and channel morphology, effect on flood extents and habitat resilience; the Scheldt Estuary, Belgium and the Netherlands. In: THESEUS Guidelines. Belgium.
- Morrow J.E. (1980). The freshwater fishes of Alaska. Alaska Northwest Publishing Company.
- Ntegeka V., Decloedt L.-C., Willems P., Monbaliu, J. (2012) (2012). Quantifying the impact of climate change from inland, coastal and surface conditions. In: Klijn F., Schwecken T. (editors). Comprehensive Flood Risk Management – Research for Policy and Practise.
- Pagiola S., von Ritter K., Bishop J., department the world bank environment (2004). Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation. IUCN.
- Peeters B., Defloor W., De Jongh I., D’hont D., Fronhoffs A., Lermytte J., Ottoy N., Vanhille A., Verlé W., Voet M., Michiels S., Vanneuville W. (2011). Milieuraapport Vlaanderen. Achtergronddocument 2010. Waterkwantiteit. Vlaamse Milieumaatschappij.
- Petts G., Callow P. (1996). River Restoration. Blackwell Science Ltd.
- Poelmans L., Engelen G., Van Daele T. (2014). Landgebruikskaart NARA-T 2014. VITO, in opdracht van INBO.

- Rojas R., Feyen L., Bianchi A., Dosio A. (2012). Assessment of future flood hazard in Europe using a large ensemble of bias-corrected regional climate simulations. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 117.
- Runhaar J., Arts G., Knol W., Makaske B., van den Brink N. (2004). Waterberging en Natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. STOWA, Utrecht.
- RWO (2012). Groenboek, Vlaanderen in 2050: mensenmaat in een metropool? Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.
- Sanchezperez J.M., Tremolieres M., Carbiener R. (1991). A SITE OF NATURAL PURIFICATION FOR PHOSPHATES AND NITRATES CARRIED BY THE RHINE FLOOD WATERS - THE ALLUVIAL ASH-ELM FOREST. *Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie Iii-Sciences De La Vie-Life Sciences* 312, 395–402.
- Sival F.P., Jansen P.C., P.S.J. N., Heidema A.H. (2002). Overstroming en vegetatie: Literatuurstudie over effecten van overstromingen op voedselrijkdom en zuurtegraad. Alterra, Wageningen.
- Slavik O., Ráb P. (1996). Life history of spined loach, *Cobitis taenia*, in an isolated site (Pšovka Creek, Bohemia). *Folia Zoologica*. 45, 247–252.
- Stanke C., Murray V., Amlôt R., Nurse J., Williams R. (2012). The Effects of Flooding on Mental Health: Outcomes and Recommendations from a Review of the Literature. *PLOS Currents Disasters* 18.
- Struyf E. (2005). The role of freshwater marshes in estuarine silica cycling (Scheldt estuary). ECOBE. University Antwerp, Belgium.
- Thiel R. (1995). Die Fishfauna der Tideelbe- historische Entwicklung, gegenwärtiger Zustand, fischereiliche Perspektive. In: Derksen D., Werner M. (editors). *Ökologie-Forum Am 11. Mai 1995: Situation Der Elbe 5 Jahre Nach Der Wende*. Volume 31. Umweltbehörde Hamburg, Duitsland.
- Thomas P., Voet M. (2000). Analyse van hoogwaterafvoeren: Het hellend gebied van west- en oost-vlaanderen: basisverslag. INBO, Brussel.
- Tockner K., Malard F., Ward J. V (2000). An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes* 14, 2861–2883.
- Tockner K., Pennetzdorfer D., Reiner N., Schiemer F., Ward J. V (1999). Hydrological connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). *Freshwater Biology* 41, 521–535.
- Tockner K., Schiemer F., Ward J. V (1998). Conservation by restoration: The management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *AQUATIC CONSERVATION-MARINE AND FRESHWATER ECOSYSTEMS* 8, 71–86.
- Van Beek G.C.W. (2003). Kennisdocument grote modderkruiper, *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758). Sportvisserij Nederland.
- Van Damme S. (2010). Water quality and the Estuarine Environment: Spatio temporal patterns and opportunities for restoration with emphasis on nitrogen removal. ECOBE. University of Antwerp, Belgium.
- Van de Meutter F., Vanderhaeghe F., Raman M., Van Kerckvoorde A. (2012). Invasieve uitheemse planten langsheen bevaarbare waterlopen in West- en Oost-Vlaanderen. Inschatting van het voorkomen en een afwegingskader voor beheer. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Van Eijsbergen E., Poot K., van de Geer I. (2007). Waterveiligheid: begrippen begrijpen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nederland.
- Van Liefveringhe C., Dillen A., Ide C., Herrel A., Belpaire C., Mouton A., de Deckere E., Meire P. (2012). The role of a freshwater tidal area with controlled reduced tide as feeding habitat for European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Journal of Applied Ichthyology* 28, 572–581.
- Van Orshoven J. (2001). Van nature overstroombare en recent overstroomde gebieden in Vlaanderen [WWW Document]. symposiumtekst: ruimte voor water, de beste verzekering tegen wateroverlast. URL <https://www.google.be/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http://www.agiv.be/gis/getDownload.ashx?id=1433&ei=MGr3UYCBJ8aZ0QW7l4DYCw&usg=>

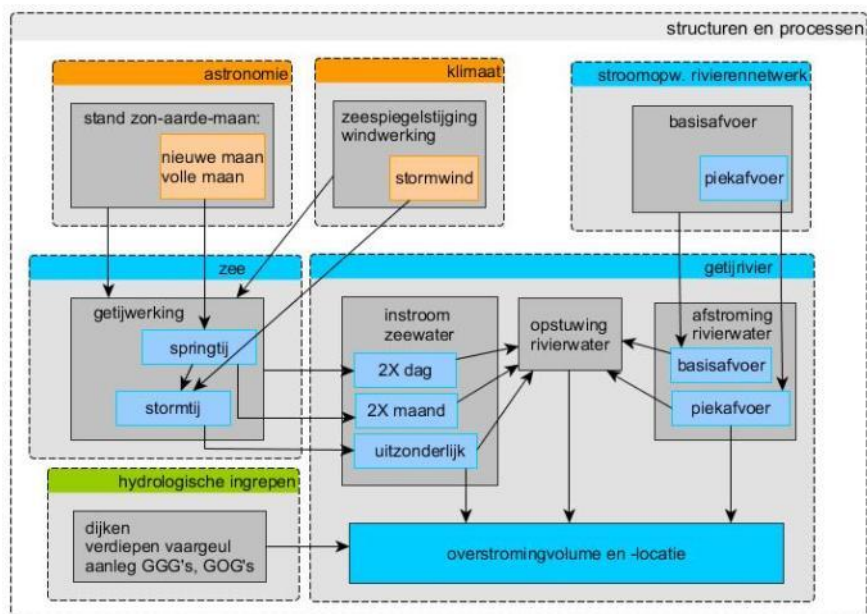
AFQjCNG1Q106fZVrwOO3fqPTa7dUGiVq-
w&sig2=le90xehtOLgu6eDEaW5n8g&bvm=bv.49967636,d.d2k

- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. (1980). RIVER CONTINUUM CONCEPT. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130–137.
- Veraart B., Soens D. (2010). De bestrijding van invasieve waterplanten loont. *ANTenne* jaargang 4, 16–29.
- VITO (2004). Maatschappelijke kosten batenanalyse voor de actualisatie van het Sigmaplan: conclusies op hoofdlijnen. Studie in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap door Tijdelijke Vereniging Resource Analysis - IMDC - Grontmij - Ecolas IMDC, Grontmij, Ecolas en VITO.
- VMM (2013). Indicatorrapport 2012. Vlaamse Milieumaatschappij (www.milieurapport.be).
- VRIND (2012). Vlaamse regionale indicatoren. Vlaamse overheid.
- Ward J. V., Tockner K. (2001). Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology* 46, 807–819.
- Weisse R., Bellafiore D., Menendez M., Mendez F., Nicholls R., Umgieser G., Willems P. (2014). Changing extreme sea levels along European coasts. *Coastal Engineering* 87, 4–14.
- Wilcock R.J., Champion P.D., Nagels J.W., Croker G.F. (1999). The influence of aquatic macrophytes on the hydraulic and physico-chemical properties of a New Zealand lowland stream. *Hydrobiologia* 416, 203–214.
- Willems P. (2013a). Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe. *Climatic Change* 120, 931–944.
- Willems P. (2013b). Adjustment of extreme rainfall statistics accounting for multidecadal climate oscillations. *Journal of Hydrology* 490, 126–133.
- Willems P., Deckers P., De Maeyer P., De Sutter R., Vanneuville W., Brouwers J., Peeters B. (2009). Wetenschappelijk rapport: Klimaatverandering en waterhuishouding, MIRA - achtergrondrapport. VMM-INBO.
- Willems P., Ntegeka V., Baguis P., Roulin E. (2010). Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems. Final report CCI-HYDR project for Belgian Science Policy Office. Leuven.
- Wolters H.A., Platteeuw M., Schoor M.M. (2001). Richtlijnen voor inrichting en beheer uiterwaarden, RIZA rapport: 2001.059. RIZA, Nederland.
- Yuan Y.-K., Huang C.-M. (2010). Investigation of the Water Purification Efficiency of Flood Irrigation System by Using Flora Succession as an Index. *International Journal of Phytoremediation* 12, 279–290.

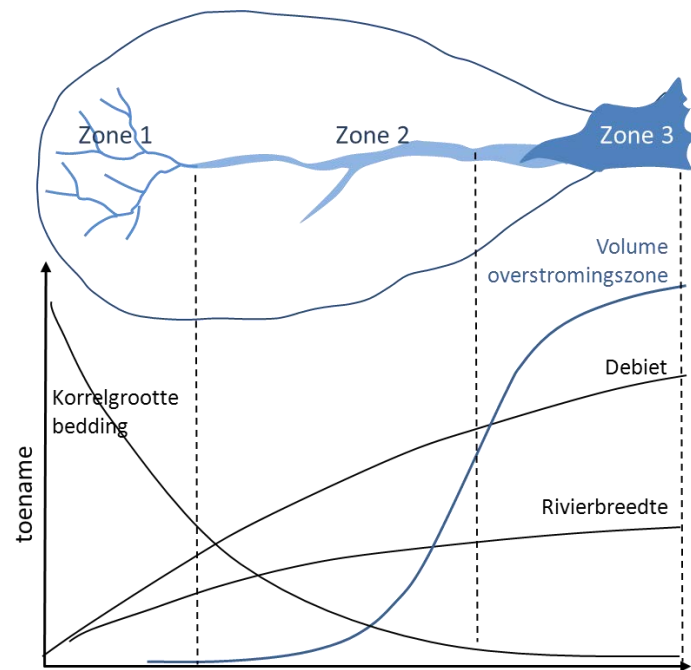
Bijlage 1 Ecosysteemfuncties en -processen



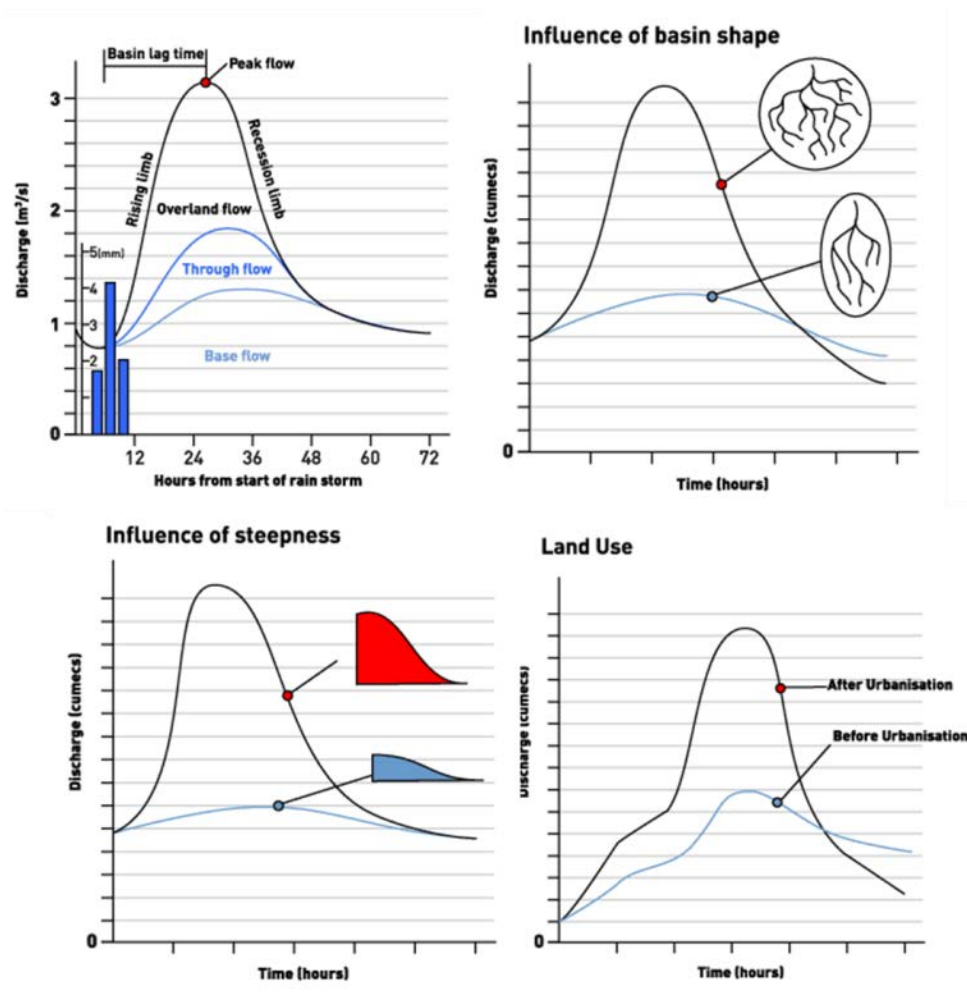
Figuur 1: Schematisch overzicht van de belangrijkste structuren en processen die de overstroming door rivierafvoer bepalen. Blauwe pijlen: bovengrondse processen; bruine pijlen: ondergrondse processen.



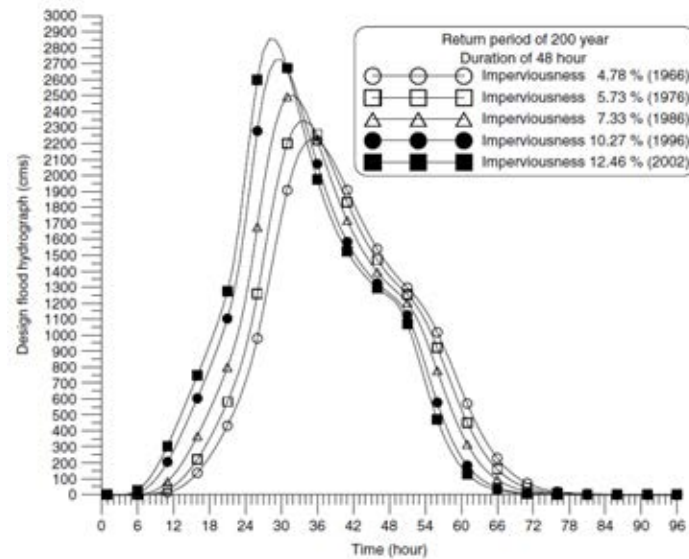
Figuur 2: Schematisch overzicht van de belangrijkste structuren en processen die de overstroming door getijdenwerking bepalen.



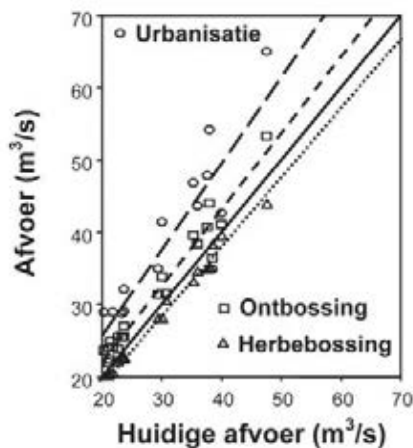
Figuur 3: Algemene veranderingen in abiotische kenmerken langsheen de longitudinale gradiënt met plotse verhoging in de waterbergingscapaciteit langs de benedenloop (Church, 1992). zone 1: bovenloop, zone 2: middenloop en zone 3: benedenloop



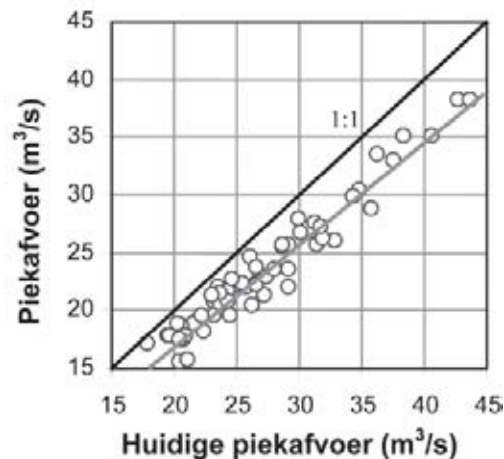
Figuur 4: Voorbeelden van landschapkenmerken die de piekafvoeren in een rivier beïnvloeden



Figuur 5: Modellering van de piekafvoer van een regenbui met een terugkeerperiode van 1/200 jaar, gecombineerd met een graduele toename afgedichte bodem van 4,78 tot 12,46% (Huang et al., 2008).



Figuur 6: Verandering piekafvoer onder verschillende landgebruiksscenario's (De Smedt & Batelaan, 2007).



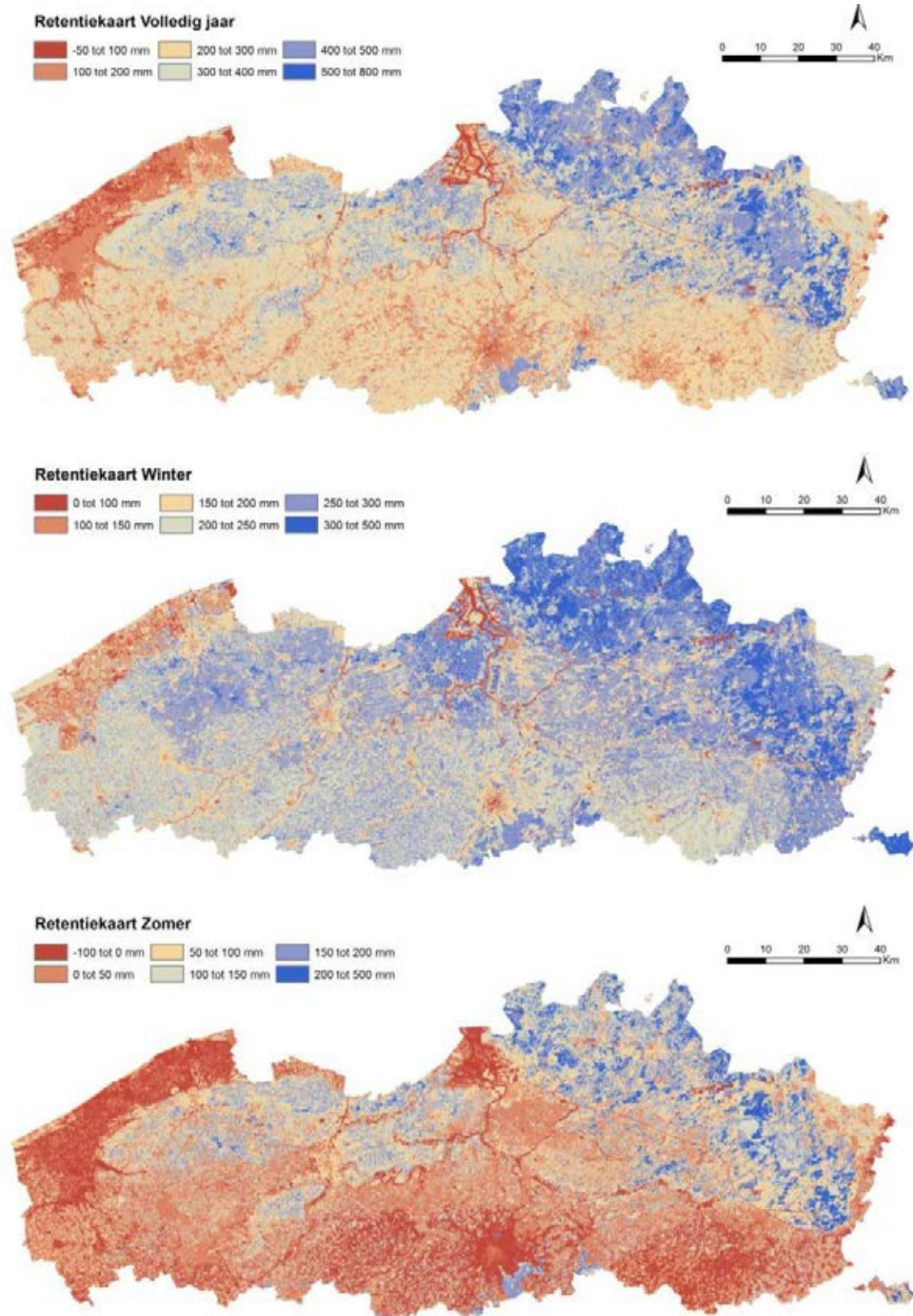
Figuur 7: Verandering piekafvoer in een scenario-oefening waarbij de infiltratie-capaciteit van een brongebied werd hersteld (De Smedt & Batelaan, 2007).

Figuur 5 illustreert hoe voor een specifiek stroomgebied de urbanisatiegraad de piekafvoer beïnvloedt. Naarmate de afgedichte oppervlakte toeneemt stijgt de afvoerpiek en treedt de piek steeds sneller op. Maar ook andere landgebruikswijzigingen in infiltratiezones kunnen voor peilveranderingen in rivieren zorgen. Figuur 6 illustreert het effect van ontbossing en herbebossing. Bebossing kan de piekafvoer doen dalen, terwijl ontbossing de piekafvoer doet toenemen. Figuur 7 toont het effect van het herstel van de infiltratiecapaciteit van een brongebied, wat resulteert in verlaagde piekafvoeren. Dus ook gerichte veranderingen in landgebruik buiten overstromingsgebieden kunnen de piekdebieten en de bijhorende overstromingskansen doen afnemen (zie ook tabel 1, hieronder).

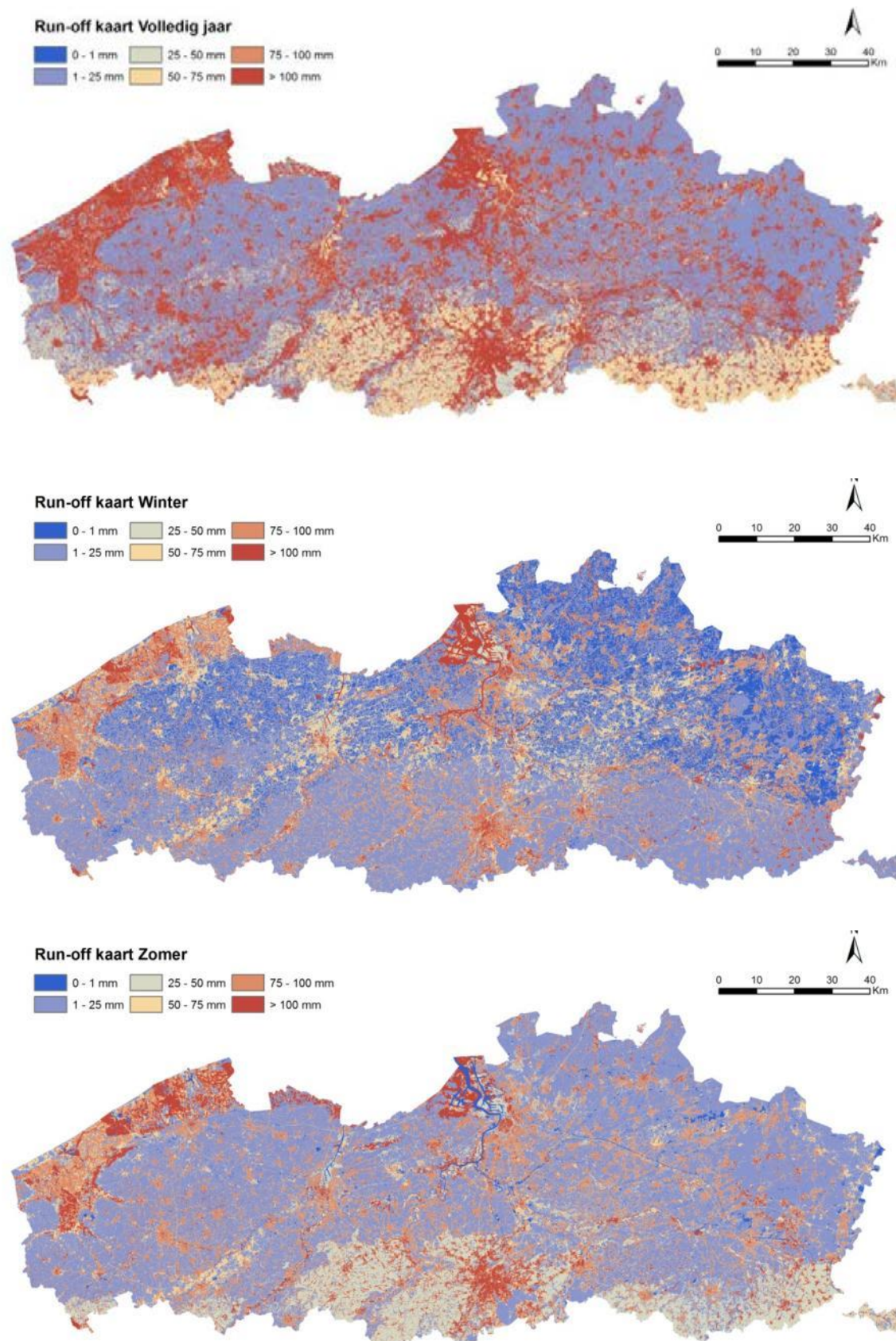
Tabel 1: Verandering in oppervlakkige afvoer, grondwatervoeding en evapotranspiratie bij wijziging landgebruik obv gemiddelde scores per landgebruik (kolommen: oude LG; rijen: nieuwe LG) (verandering in mm per jaar)(naar Batelaan et al., 2007):

verandering in oppervlakkige waterafvoer																			
	stadskern	bebouwde zone	regionale wegen	open bebouwing	nat moeras	maïs, bieten, aardappelen	agriculture	loofbos	naaldbos	heide	moeras	gemengd bos							
stadskern	0	150	236	239	297	300	303	304	313	315	318	320		0	-50		0	50	
bebouwde zone	-150	0	86	89	147	150	153	154	163	165	168	171		-50	-100		50	100	
regionale wegen	-236	-86	0	3	61	64	67	68	77	79	82	84		-100	-200		100	200	
open bebouwing	-239	-89	-3	0	59	62	64	66	75	77	79	82		-200	-300		200	300	
nat moeras	-297	-147	-61	-59	0	3	5	7	16	18	21	23		-300	-400		300	400	
maïs, bieten, aardappelen	-300	-150	-64	-62	-3	0	3	4	13	15	18	20							
landbouw	-303	-153	-67	-64	-5	-3	0	1	10	12	15	18							
loofbos	-304	-154	-68	-66	-7	-4	-1	0	9	11	14	16							
naaldbos	-313	-163	-77	-75	-16	-13	-10	-9	0	2	5	7							
heide	-315	-165	-79	-77	-18	-15	-12	-11	-2	0	3	5							
moeras	-318	-168	-82	-79	-21	-18	-15	-14	-5	-3	0	3							
gemengd bos	-320	-171	-84	-82	-23	-20	-18	-16	-7	-5	-3	0							
verandering in grondwatervoeding																			
	stadskern	bebouwde zone	regionale wegen	open bebouwing	heide	nat moeras	landbouw	moeras	naaldbos	loofbos	gemengd bos	maïs, bieten, aardappelen							
stadskern	0	-65	-103	-106	-124	-129	-141	-146	-147	-174	-193	-223		0	-50		0	50	
bebouwde zone	65	0	-39	-41	-60	-65	-76	-82	-82	-110	-128	-159		-50	-100		50	100	
regionale wegen	103	39	0	-3	-21	-26	-38	-43	-44	-71	-90	-120		-100	-150		100	150	
open bebouwing	106	41	3	0	-18	-23	-35	-40	-41	-68	-87	-118		-150	-200		150	200	
heide	124	60	21	18	0	-5	-17	-22	-23	-50	-69	-99		-200	-250		200	250	
nat moeras	129	65	26	23	5	0	-12	-17	-18	-45	-64	-94							
landbouw	141	76	38	35	17	12	0	-5	-6	-33	-52	-83							
moeras	146	82	43	40	22	17	5	0	-1	-28	-47	-77							
naaldbos	147	82	44	41	23	18	6	1	0	-27	-46	-77							
loofbos	174	110	71	68	50	45	33	28	27	0	-19	-49							
gemengd bos	193	128	90	87	69	64	52	47	46	19	0	-31							
maïs, bieten, aardappelen	223	159	120	118	99	94	83	77	77	49	31	0							
verandering in evapotranspiratie																			
	stadskern	maïs, bieten, aardappelen	bebouwde zone	open bebouwing	loofbos	regionale wegen	gemengd bos	landbouw	nat moeras	moeras	naaldbos	heide							
stadskern	0	-71	-86	-127	-130	-131	-140	-156	-164	-169	-173	-188		0	-50		0	50	
maïs, bieten, aardappelen	71	0	-15	-57	-59	-60	-69	-85	-93	-98	-102	-117		-50	-75		50	75	
bebouwde zone	86	15	0	-42	-44	-45	-54	-70	-78	-83	-87	-102		-75	-100		75	100	
open bebouwing	127	57	42	0	-2	-3	-13	-28	-36	-41	-46	-60		-100	-150		100	150	
loofbos	130	59	44	2	0	-1	-10	-26	-34	-39	-43	-58		-150	-200		150	200	
regionale wegen	131	60	45	3	1	0	-10	-25	-33	-38	-42	-57							
gemengd bos	140	69	54	13	10	10	0	-15	-23	-28	-33	-48							
landbouw	156	85	70	28	26	25	15	0	-8	-13	-17	-32							
nat moeras	164	93	78	36	34	33	23	8	0	-5	-9	-24							
moeras	169	98	83	41	39	38	28	13	5	0	-4	-19							
naaldbos	173	102	87	46	43	42	33	17	9	4	0	-15							
heide	188	117	102	60	58	57	48	32	24	19	15	0							

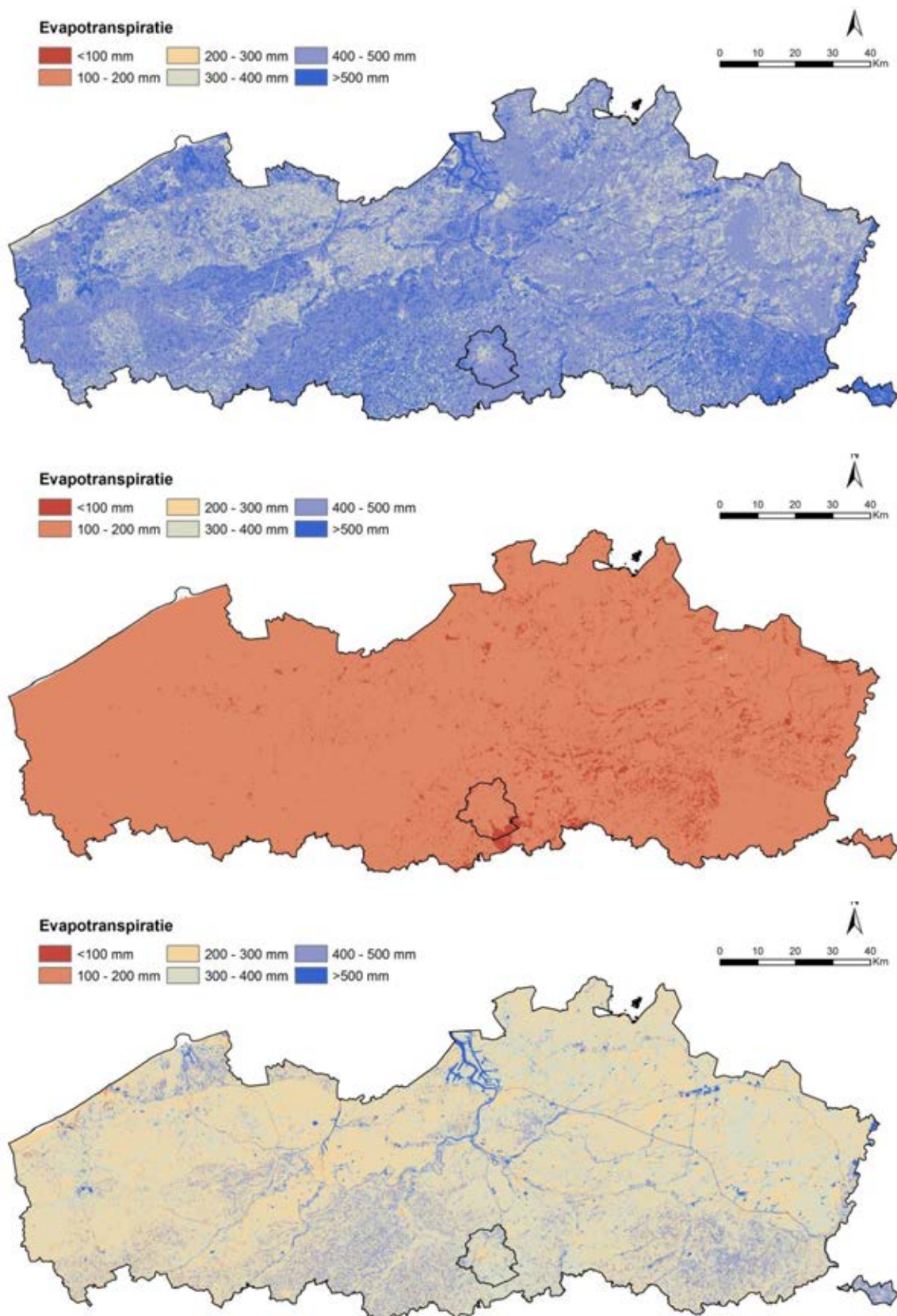
Bijlage 2 kaarten WetSpass



Figuur 1: Retentie regenwater (mm/jaar) (1) op jaarbasis, (2) voor het winterhalfjaar en (3) het zomerhalfjaar. Retentie is de combinatie van interceptie door de vegetatie en grondwatervoeding (model WetSpass, bron: VUB)

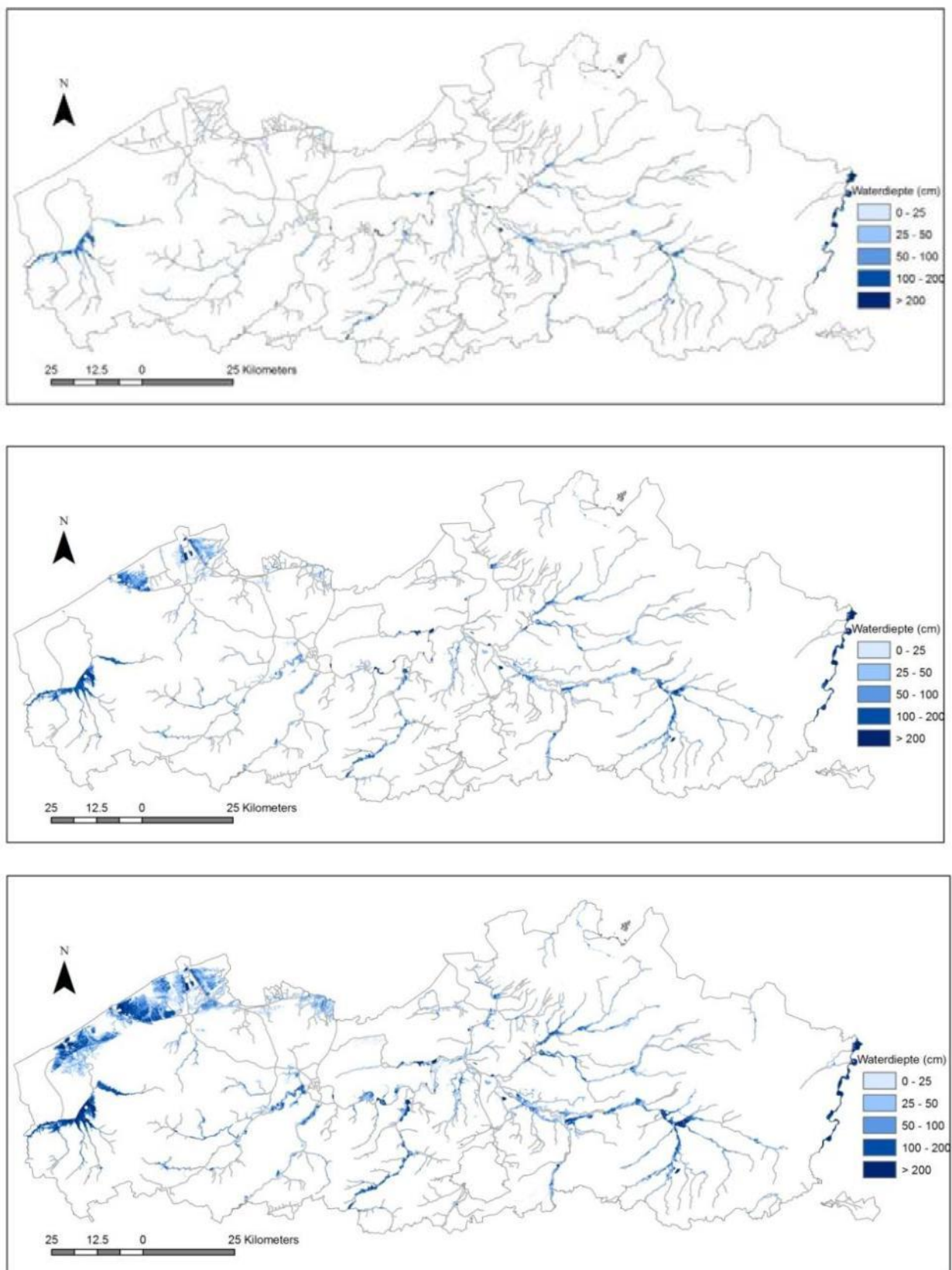


Figuur 6: Oppervlakkige afvoer van regenwater (mm/jaar) (1) op jaarbasis, (2) voor het winterhalfjaar en (3) het zomerhalfjaar (model WetSpass, bron: VUB).



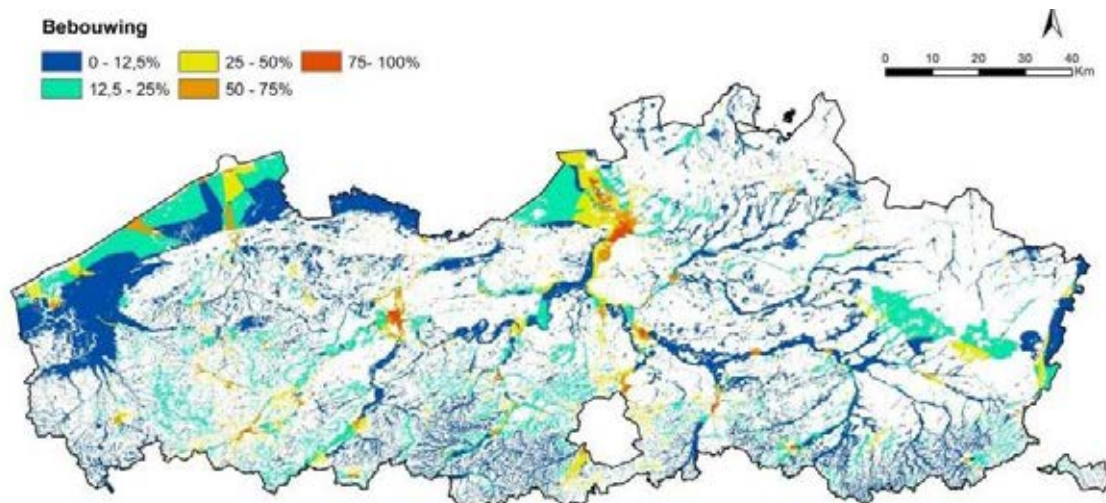
Figuur 3: Evapotranspiratie (mm/jaar) (1) op jaarbasis, (2) voor het winterhalfjaar en (3) het zomerhalfjaar.

Bijlage 3 Waterdieptekaarten

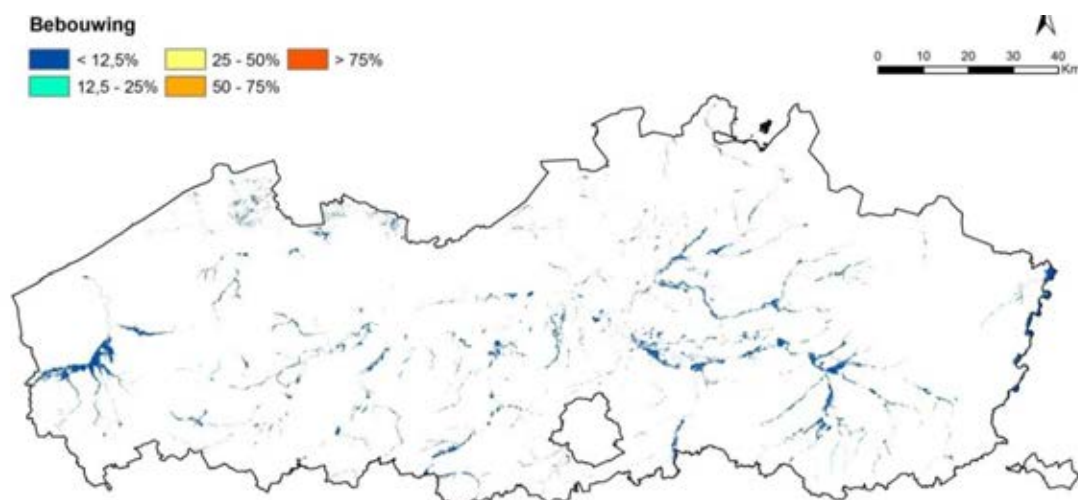


Figuur 1: Gemodelleerde waterdiepte in cm bij een grote (1/10 jaar), middelgrote (1/100 jaar) of kleine kans (1/1000 jaar) voor overstroming.

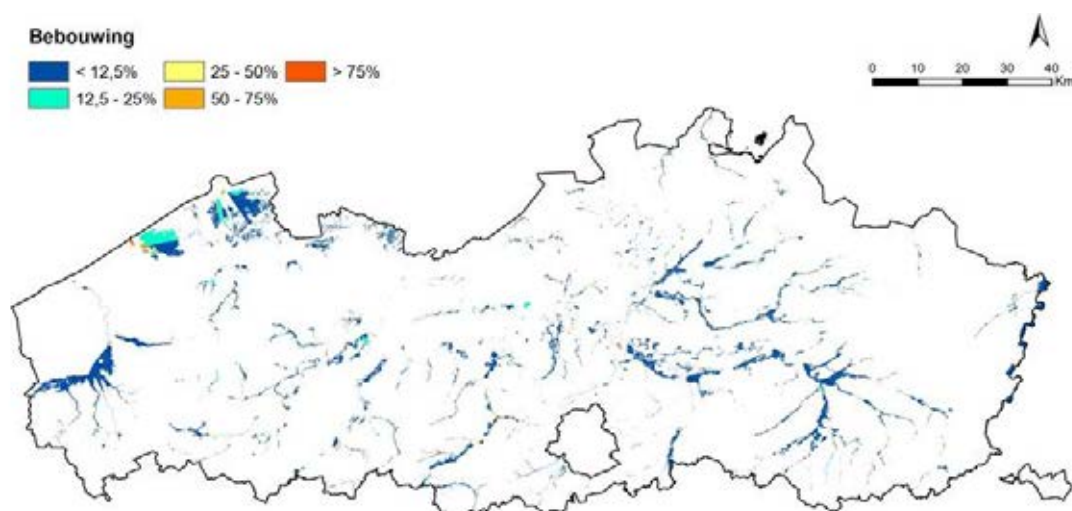
Bijlage 4 Percentage bebouwde oppervlakte



Figuur 1: Bebouwing binnen de volledige overstromingsgevoelige gebieden



Figuur 2: Bebouwing binnen de gemodelleerde overstromingsgebieden met een terugkeerperiode van 1/10 jaar



Figuur 3: Bebouwing binnen de gemodelleerde overstromingsgebieden met een terugkeerperiode van 1/100 jaar. De kaarten zijn opgemaakt door de landgebruikskaat (Poelmans *et al.*, 2014) te combineren met de watertoetskaart (AGIV, 2005) (methode: zie bijlage 6).

Bijlage 5 Score landgebruik

Legende criteria 1 tot 5

Score	combineerbaarheid bebouwing	Uitleg/voorbeelden
1	niet verplaatsbaar en mogelijke slachtoffers	Bebouwing, enkel verplaatsbaar bij onteigening, ofwel bescherming door individuele protectie van de woning
2	niet verplaatsbaar, weinig tot geen slachtoffer	bv infrastructuurwerken
combineerbaarheid landbouw		
3	moeilijk combineerbaar wegens grote economische schade en/of grote regeneratietijd	bv hoogwaardige gewassen zoals fruitbomen, groenten,...
4	makkelijker te verplaatsen, matige economische schade	bv akker, productiegrasland, mais
5	lage economische schade en/of grote tolerantie	voedselrijke natte graslanden
combineerbaarheid natuur en bos		
3	niet combineerbaar met overstroming, moeilijk te verplaatsen en herstellen, zeldzaam natuurtype	bv heide, heischraal grasland
3	moeilijk te verplaatsen wegens grote regeneratietijd en/of grote economische schade	bv beukenbos, eikenbos
4	makkelijk te verplaatsen of beperkte natuurwaarde	hoog groen (spontane boomopslag), tuinen, laag groen
5	aangepast, geen bijzondere natuurwaarde of grote tolerantie	rietmoeras, slikken en schorren

Score combineerbaarheid landgebruik met waterberging

Code landgebruikskaat	combineer-baarheid
Tolerantiescore	score 1-5
horeca_bebouwd	1
industrie_bebouwd	1
militaire voorziening_bebouwd	1
recreatie & sportterrein_bebouwd	1
Residentiële & commerciële bebouwing_bebouwd	1
Residentiële & commerciële bebouwing_landbouw	1
Commerciële diensten & lichte industrie_bebouwd	1
zeehaven_bebouwd	1
overig	2
horeca_overig	2
industrie_overig	2
infrastructuur	2
militaire voorziening_overig	2
recreatie & sportterrein_overig	2
Residentiële & commerciële bebouwing_overig	2
Commerciële diensten & lichte industrie_overig	2
zeehaven_overig	2
ander loofhout bosref	3
Beuk	3
Beuk + naaldhout	3
Eik	3
Eik + naaldhout	3
Ander loofhout + naaldhout	3
loofbos ander_bwk	3
Populier + naaldhout	3
Ander naaldhout_bosref	3
Ander naaldhout + loofhout	3
Douglas	3
Douglas + loofhout	3
Fijnspar	3
Fijnspar + loofhout	3
Lork	3

Lork + loofhout	3
Zwarte den	3
Zwarte den + loofhout	3
naaldbos ander_bwk	3
Grove den	3
Grove den + loofhout	3
grove den_bwk	3
grasland voedselarm droog	3
grasland voedselarm nat	3
droge heide	3
vochtige en natte heide	3
aardbeiplanten	3
fruit en noten	3
hop	3
boomgaard (hoogstam)	3
boomgaard (laagstam)	3
fruit (kweek planten)	3
groenten	3
Jongplanten voor de sierteelt	3
kruiden	3
plantgoed van niet-vlinderbloemige groenten	3
sierplanten	3
sierteelt	3
ander hoog groen	4
ander laag groen	4
ruigten & pioniersvegetatie	4
struweel	4
grasland voedselrijk droog	4
aardappelen	4
cichorei	4
eiwithoudende gewassen	4
graan	4
houtachtige gewassen	4
koolzaad	4
oliehoudende zaden	4
olifantegras, mariadistel	4
overige gewassen	4
raapzaad	4
suikerbieten	4
tabak	4
vlas en hennep	4
voedergewassen andere	4
voedergewassen bieten	4
akker andere bwk	4
blijvend grasland	4
cultuurgrasland permanent_bwk	4
Weiland met bomen (> 50 bomen per ha)	4
cultuurgrasland tijdelijk	4
graszoden	4
korrelmaïs	4
silomaïs	4
horeca_hoog groen	4
horeca_laag groen	4
industrie_hoog groen	4
industrie_laag groen	4
militaire voorziening_hoog groen	4

militaire voorziening_laag groen	4
recreatie & sportterrein_hoog groen	4
recreatie & sportterrein_laag groen	4
Residentiële & commerciële bebouwing_hoog groen	4
Residentiële & commerciële bebouwing_laag groen	4
Commerciële diensten & lichte industrie_hoog groen	4
Commerciële diensten & lichte industrie_laag groen	4
zeehaven_hoog groen	4
zeehaven_laag groen	4
water	5
loofbos elzen- essen- en wilg_bwk	5
Populier	5
loofbos populier_bwk	5
grasland voedselrijk nat	5
mosduin	5
helmduin	5
ander open duinlandschap	5
gesloten duinlandschap	5
strand	5
braak	5
korte omloophout	5
moeras	5
rietland	5
schorre	5
slik	5
slik of schorre	5

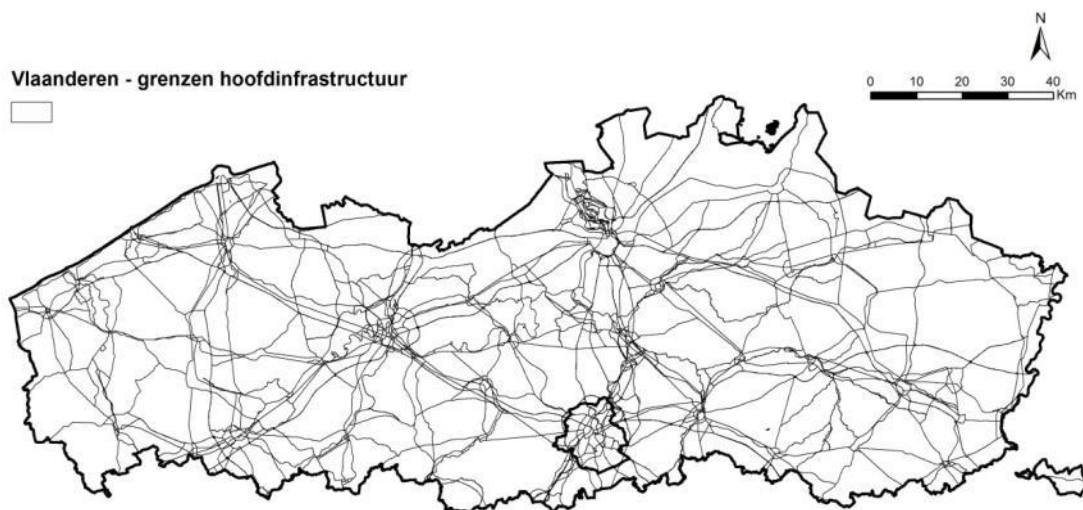
Bijlage 6 Clustermethode rasterkaarten

Op basis van het huidige landgebruik en de combineerbaarheid van het landgebruik met overstromingen kunnen zones afgebakend worden die meer of minder geschikt zijn als formeel overstromingsgebied.

Hiervoor dient Vlaanderen eerst opgesplitst te worden in een aantal logisch begrensde zones. In deze oefening werden volgende elementen kunnen als grens beschouwd:

- Wegen: beperkt tot autosnelwegen en hoofdwegen (bestand: "Straten 2006")
- Spoorwegen (bestand: "Spoorwegen 2006")
- Waterlopen: beperkt tot bevaarbare waterwegen en waterwegen 1^{ste} categorie (bestand "VHA-waterlopen - VHA-waterloopsegment" uit Vlaamse Hydrogeografische Atlas).

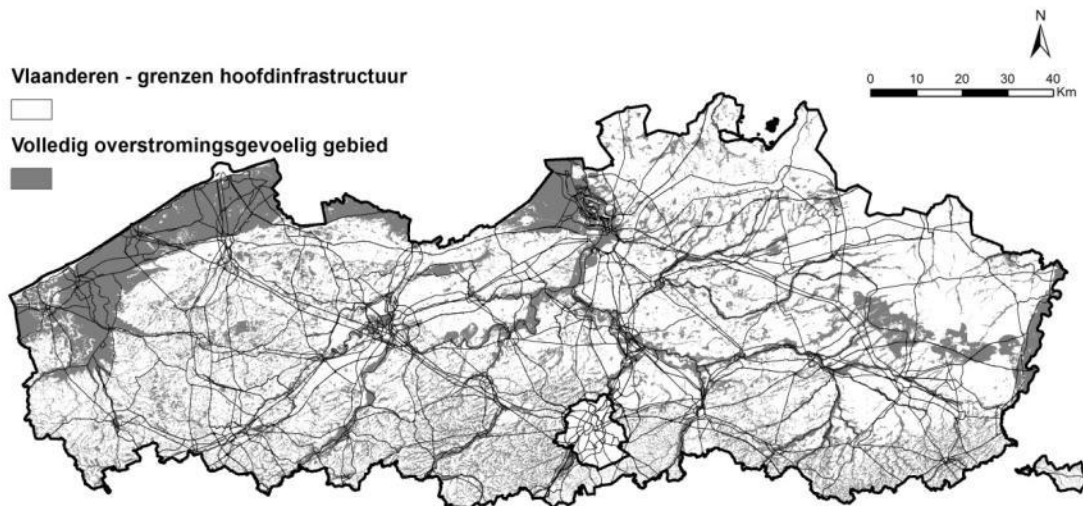
Door de onvolledigheid van enkele lineaire elementen ter hoogte van de grens van Vlaanderen werden deze elementen verlengd indien de uiteinden van de lijnen op minder dan 25m van de grens lagen. Zones kleiner dan 10 hectare werden samengevoegd met de zones ernaast.



Figuur 1: Opdeling van Vlaanderen in zones op basis van hoofdinfrastructuur.

In een tweede stap werden alle overstroombare gebieden die in meerdere zones lagen opgesplitst. Dit werd voor verschillende overstromingsgebieden toegepast:

- Natuurlijke overstromingsgebieden
- Effectief overstromingsgevoelig gebied van de watertoetskaart
- Het volledige overstromingsgevoelig gebied (combinatie van de natuurlijke overstromingsgebieden en de watertoetskaart)
- Recente overstromingsgebieden
- Gemodelleerde overstromingskaarten (T10, T100, T1000)



Figuur 2: Opdeling van overstromingsgebieden in Vlaanderen volgens de zones op basis van hoofdinfrastructuur – hier een voorbeeld voor het volledige overstromingsgevoelige gebied (watertoetskaart + natuurlijke overstromingsgebieden samen).

Voor iedere zone binnen een overstromingsgebied werden de volgende scores bepaald:

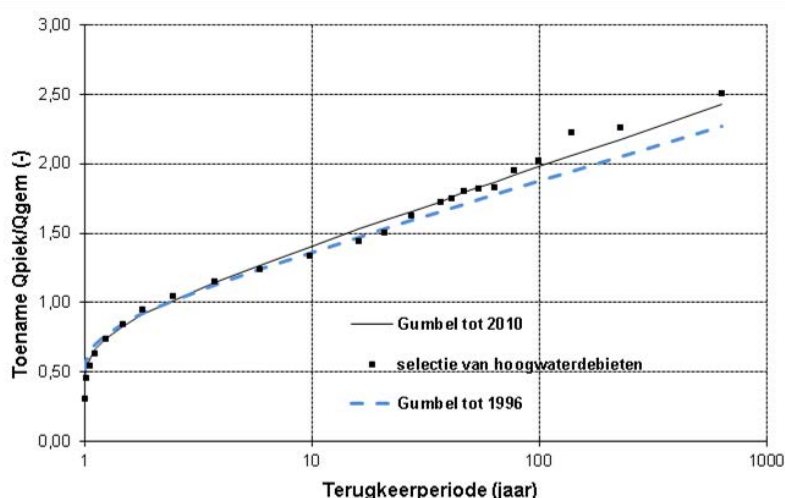
- Gemiddelde combineerbaarheidsscore (op basis van de Landgebruikskaart versie 3 – niveau 3, vertaling naar combineerbaarheid op basis van Bijlage 5),
- Oppervlakte-aandeel bebouwing (op basis van de Landgebruikskaart versie 3 – niveau 3, vertaling naar combineerbaarheid op basis van Bijlage 5– beperkt tot combineerbaarheidsklassen 1 en 2)
- Geschat aantal inwoners en gemiddelde bevolkingsdichtheid per zone. Hiertoe werd een kaart aangemaakt die per pixel van 10x10m² de bevolkingsdichtheid per ha weergeeft. De bevolkingsdichtheid per statistische sector werd gedeeld door de oppervlakte 'bewoning' uit de Landgebruikskaart per statistische sector. De uiteindelijke kaart geeft een waarde voor het aantal bewoners per oppervlakte bewoning in Vlaanderen en Brussel. De bevolkingscijfers dateren van 2001 en werden bekomen bij de FOD Economie. Methodologische details staan in het ESD-hoofdstuk 26: Ruimte voor buitenactiviteiten.

Bijlage 7 Hoogwaterafvoeren

Voor heel wat meetpunten worden reeds enkele decennia peilmetingen uitgevoerd en debieten berekend. Voor de periode van de start van de metingen tot 1996 – zijn voor diverse regio's in Vlaanderen de kenmerken van de hoogwaterafvoeren beschreven (Thomas & Voet, 2000).

Elke geografische regio groepeerd een aantal waterlopen met vergelijkbare afvoerkenmerken. Binnen die regio's is voor alle meetpunten een relatie berekend tussen de piekdebieten en hun terugkeerperiode. Welke piekdebieten komen eens per jaar, om de 5 jaar, 10 jaar,... voor. Voor elk meetpunt wordt het relatieve jaarmaxima van een piekdebet vergeleken met de terugkeerperiode.

De vraag is of die hoogwaterafvoeren toenemen of niet. Die berekening uitgevoerd voor de periode tot 1996 is herhaald voor de periode tot 2010. Figuur 1 illustreert de verdeling van de jaar-piekafoeren voor beide perioden en dit voor de regio van het hellend gebied in Oost- en West-Vlaanderen.



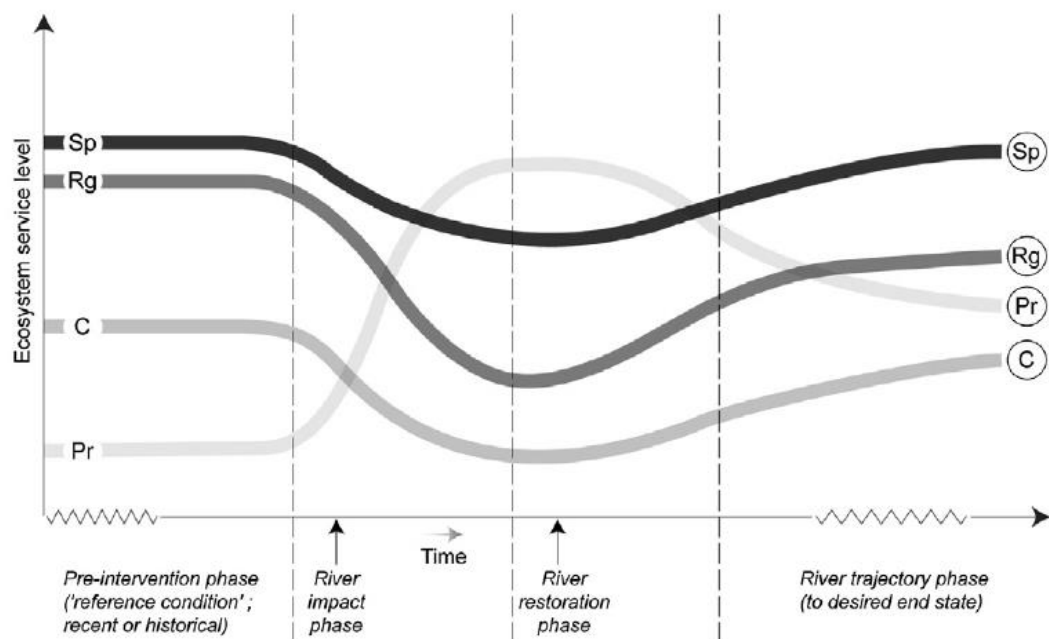
Figuur 1: Voor elk meetpunt wordt het relatieve jaarmaxima ($Q_{\text{piek}}/Q_{\text{gem}}$) van een piekdebet vergeleken met de terugkeerperiode. De figuur groepeerd alle data voor de regio van het hellend gebied in Oost- en West-Vlaanderen (bron: VMM).

De helling van de relatieve maxima stijgt, d.w.z. dat de terugkeerperiode voor uitzonderlijke piekdebieten korter wordt of dat piekdebieten in de periode 1996-2010 frequenter optraden dan in de periode tot 1996 (bron: VMM). De verandering is nog te beperkt (statistisch niet significant) en de periode te kort om van een trend te kunnen spreken. Verder opvolging in de tijd is aangewezen. Het aangegeven verschil kan ook met de normale klimaatschommelingen samenhangen (Willems, 2013a).

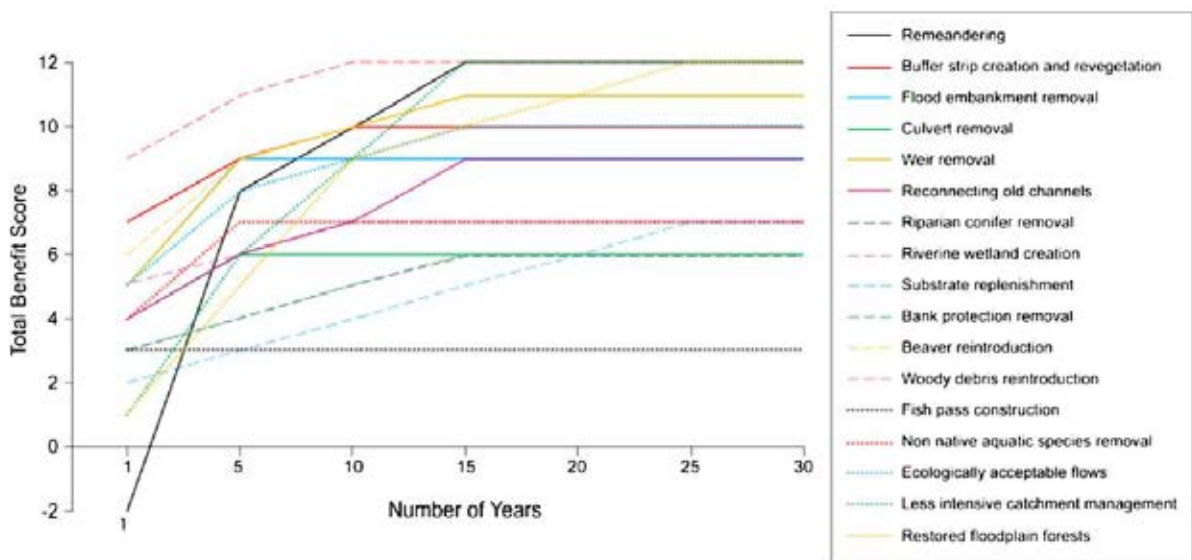
Bijlage 8 Waardering

Tabel 1: Voorbeelden van welzijns- en welvaartsindicatoren voor de waardering van regulering overstromingsrisico's

	economische criteria	gezondheidscriteria	maatschappelijke criteria (inclusief milieu- en culturele criteria)
monetaire waarde (vermeden) schade/kost	schade gebouwen	uitkeringen aan nabestaanden of voor lichamelijk letsel of ziekte	Toename/afname regulerende en culturele ecosysteemdiensten zoals nutriëntenverwijdering, koolstofopslag, natuurbeleving,...
	opbrengstverlies gewassen		(vermeden) kost, paraatheid en evacuatie
	schade vee		(vermeden) inrichtings-/werkingskost
	opbrengstverlies industriële activiteiten		(vermeden) kosten natuurherstel
	Inkomensverlies		(vermeden) kosten bestemmingswijziging (planbaten/-schade)
	waardeverlies huizen		(vermeden) milieuschade
	grootte verzekeringspremies		
kwantitatieve waarde	aantal IPPC bedrijven (Integrated Pollution Prevention and Control) of bedrijven met mogelijke milieuschade	aantal doden	Volume waterberging
	aantal bedrijven dat verplaatst wordt	aantal zieken	Kans op een overstroming; kans op vermeden overstromingen elders
			aantal instellingen gemeenschapszorg (ziekenhuizen, bejaardentehuizen,...)
			Oppervlakte natuur en bos die schade ondervindt
			percentage bedreigde huizen, steden,...
			combineerbaarheidsklassen landgebruik en overstromingsregime
			Behoud van ecologische basiskwaliteit (zoals EQR score voor de Europese Kaderrichtlijn Water)
			aantal slachtoffers met schade
			aantal onteigeningen
			ha in herbestemming, ha in grondruil, aantal knelpunten bestemmingen,...
kwalitatieve waarde	kwetsbaarheid regionale economie	veiligheidsgevoel tegen rampen	veiligheid woonwijken
		mentale gezondheid van de slachtoffers	kwetsbaarheid bevolkingsgroepen/wijken
		verlies persoonlijke waarde	integriteit ecosystemen
		verlies vrije keuze landgebruik	Voordelen/nadelen aquatische- en/of terrestrische biodiversiteit (voorlopig enkel beschrijvend)
			verlies (unieke) historische waarde
			Verlies/winst landschapswaarde
			toename/afname biodiversiteit
			Combineerbaarheid ESD's



Figuur 1: Evolutie van ecosysteemdiensten vóór de impact, tijdens de herstelfase en na het rivierherstel. Pr = producerende diensten (landbouwproductie), Rg = regulerende diensten (reguleren overstromingen en waterkwaliteit), Sp = ondersteunende diensten (waaronder klimaatverandering), C = culturele diensten (landschap esthetische waarde). Het patroon (helling en patroon) is afhankelijk van het hersteltraject dat gekozen wordt. De einduitkomst is een socio-economische en politieke keuze (Gilvear et al., 2013).



Figuur 2: Globale ecosysteemdienstenscore in de loop van de tijd, bij uitvoering van diverse herstelprojecten (Gilvear et al., 2013).

Bijlage 9 ORBP

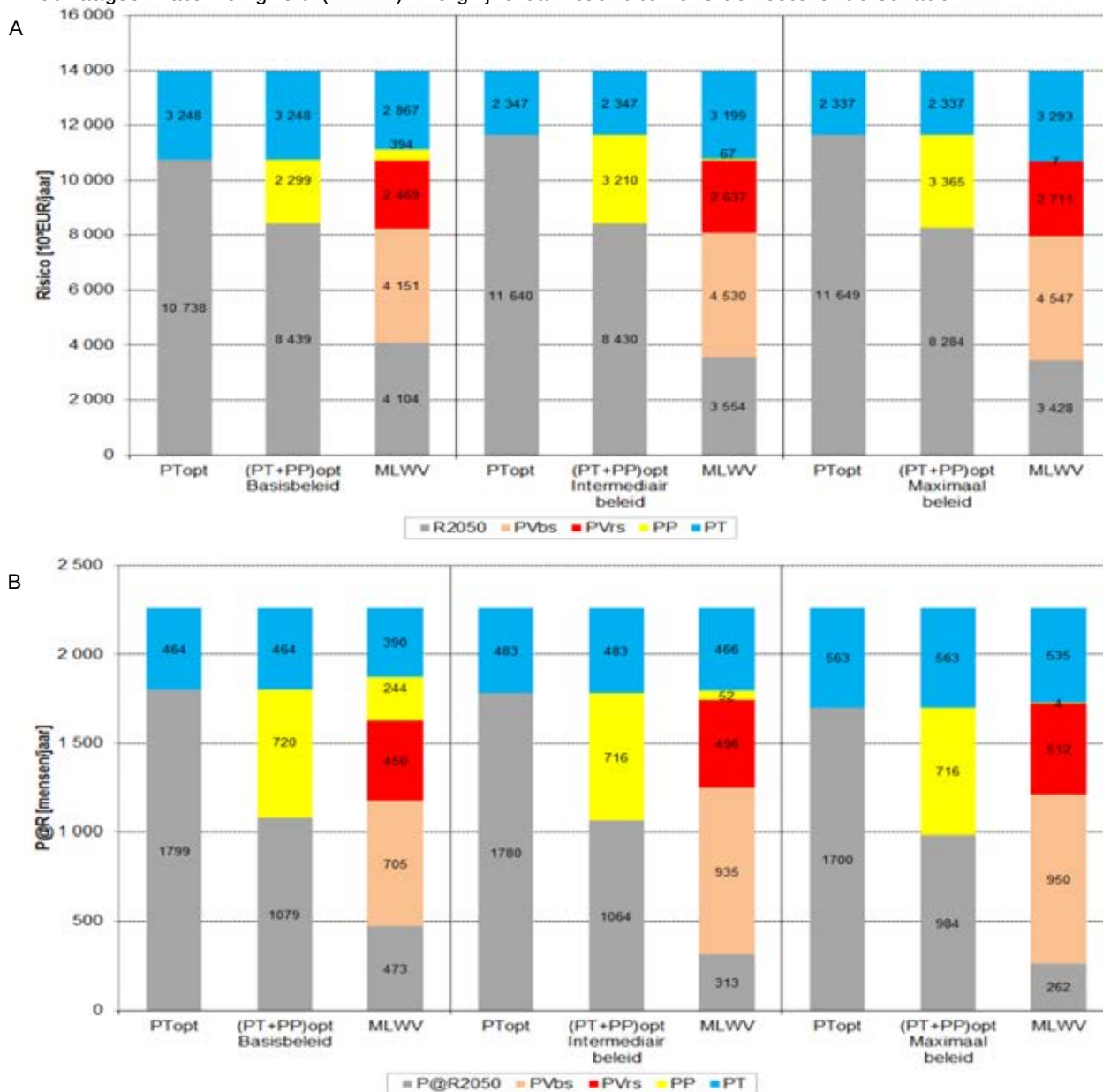
Voorbeeld ORBP-studie naar waterveiligheid in Vlaanderen

(Cauwenberghs, 2013); ORBP= overstromingsrisicobeheerplan

Voor 35 overstromingsgebieden werd een reeks maatregelenprogramma's doorerekend die de economische schade (A) en het aantal slachtoffers (B) tegen 2050 moeten beperken. De autonome ontwikkeling tot 2050 (bevolkingsgroei, voortschrijdende urbanisatie, klimaatverandering,...) is meegenomen:

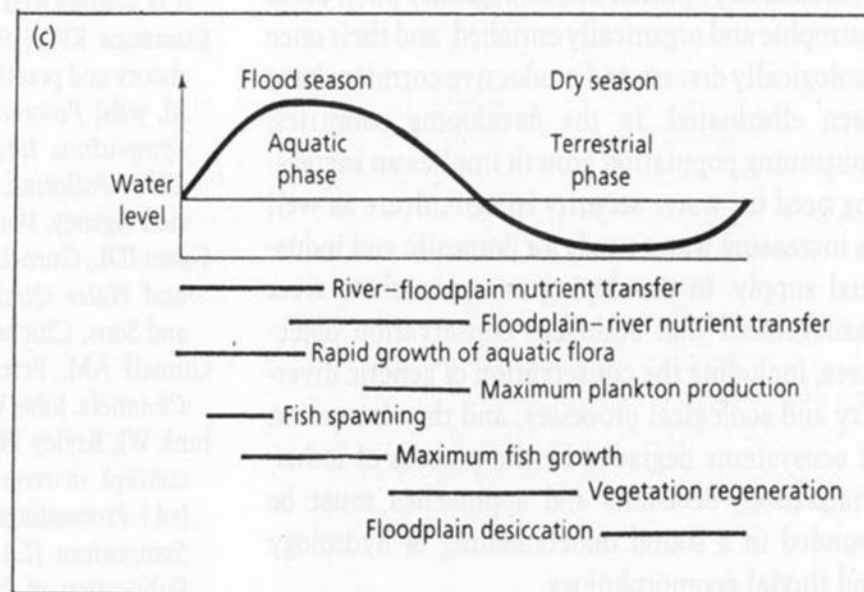
De drie grafieken tonen telkens een (1) een programma onder een basisbeleid (4,3 mln. €/jaar), (2) een intermediair beleid (12,7 mln. €/jaar) en (3) een maximaal beleid (28,6 mln. €/jaar).

De drie balken in elke grafiek tonen de effecten van diverse maatregelenpakketten binnen elk programma rond protectie (PT), paraatheid (PP) en preventie door bouwstop in overstromingsregio's (PVbs) of door aangepast of "resiliënt" bouwen (PVrs). Een maatregelenprogramma gericht op een gelijkwaardige reductie van economische schade en slachtoffers = Meerlaagse Waterveiligheid (MLWV). De grijze balk toont telkens de resterende schade.

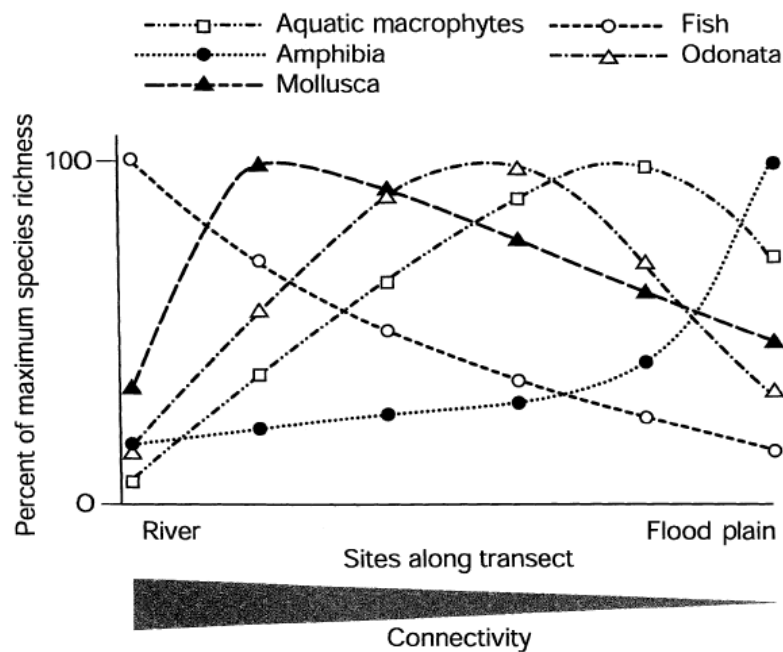


<http://www.vmm.be/nieuwsmap/symposium-meerlaagse-waterveiligheid>,

Bijlage 10 Effecten op biodiversiteit



Figuur 1: rol van de "flood pulse" in de ecosysteemprocessen van een overstromingsgebied (Cushing & Allan, 2001).



Figuur 2: soortenrijkdom voor diverse organismegroepen langsheen een overstromingsgradiënt in de vallei van de Donau (Tockner et al., 2000).