

Klimaatadaptatie in natuur- en bosbeheer

EINDRAPPORT
MAART 2015

Andreas DEMEY, Pieter DE FRENNE, Kris VERHEYEN



Inhoudstafel

Inleiding	1
1 Bestaande adaptatieplannen	3
2 Uitgangspunten voor natuur- en bosbeheer onder klimaatverandering.....	4
2.1 Beheer in functie van biodiversiteit en ecosysteemdiensten	4
2.2 Algemene adaptatieprincipes.....	6
2.3 Adaptief vermogen vergroten (ecosysteemgerichte maatregelen).....	9
2.4 Blootstelling verminderen (effectgerichte maatregelen).....	11
3 Gevoeligheid van landschappen aan klimaatverandering.....	14
3.1 De rol van landschapsdegradatie en klimaatkwetsbaarheid.....	15
3.2 Identificeren van het landschapstype en andere milieudrukken.....	17
4 Adaptatiestrategie op maat van landschappen	19
4.1 Strategieën voor typelandschappen	19
4.2 Gevalstudies als illustratie.....	22
5 Overzicht adaptatiemaatregelen.....	27
5.1 Habitatoverschrijdende adaptatiemaatregelen	27
5.2 Habitatspecifieke adaptatiemaatregelen	31
Bijlage	38
Referenties	39

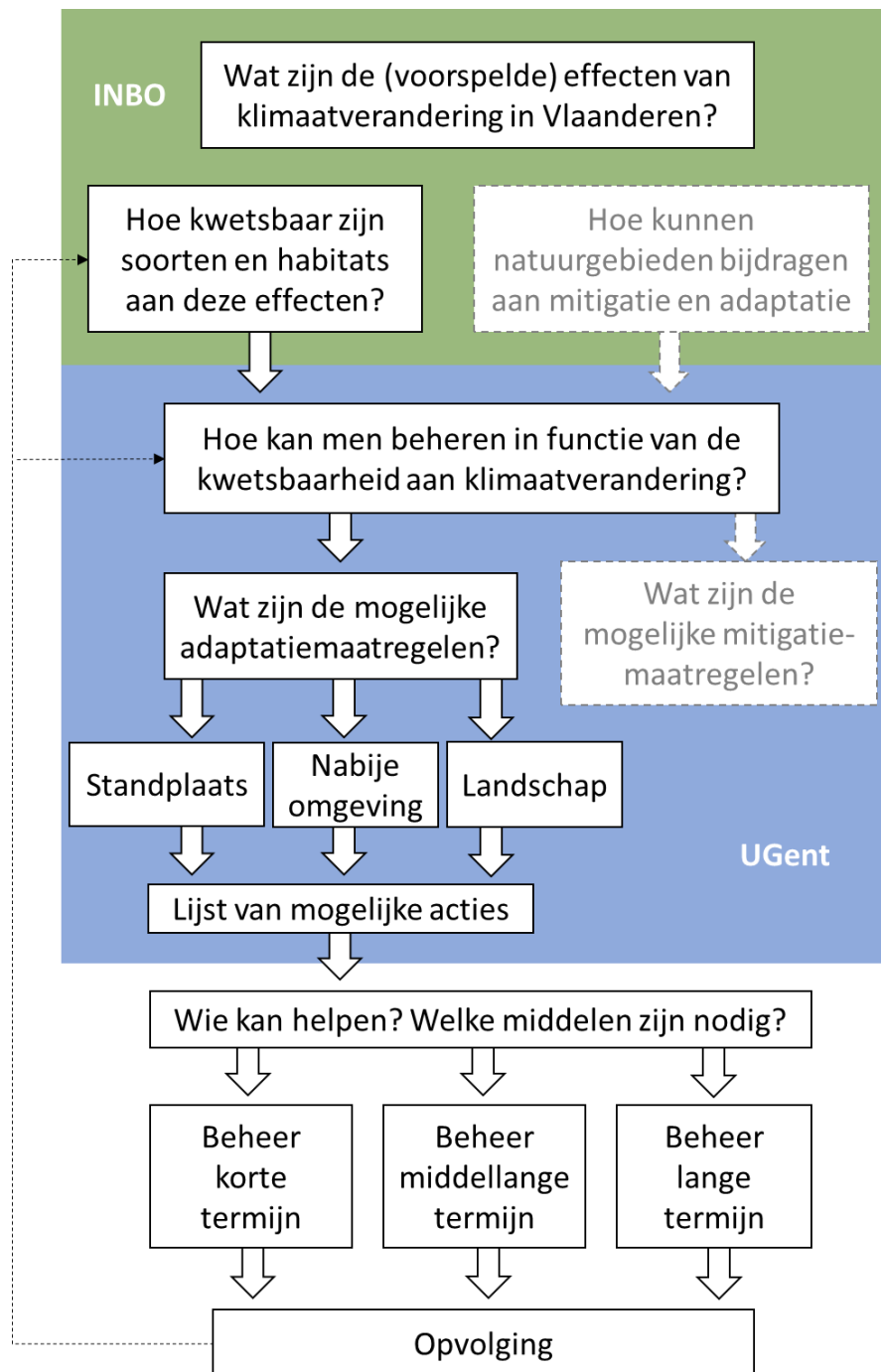
Inleiding

Het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) beheert ongeveer 75.000 ha natuur- en bosgebied in Vlaanderen, waarvan zij meer dan de helft in eigendom heeft. ANB wil alle kansen geven aan biodiversiteit, hetzij als hoofddoelstelling in natuur- en bosreservaten, hetzij als nevendoelelstelling in het multifunctionele beheer van bossen, waar ook houtproductie een belangrijke pijler blijft. Echter, ecosystemen komen steeds meer onder druk te staan van klimaatverandering. De verschillende scenario's uitgewerkt door het IPCC voorspellen een temperatuurstijging tussen 1.1 en 6.4°C tussen 2000 en 2100. In België steeg de gemiddelde jaartemperatuur al 2°C sinds de tweede helft van de 19^{de} eeuw (Vlaanderen 2013). Ook de gemiddelde jaarlijkse neerslag in Noord-Europa nam tijdens de voorbije eeuw met 10 tot 40% toe. Aan de zuidelijke grens van hun verspreidingsgebied zullen soorten zich steeds moeilijker kunnen handhaven, bijvoorbeeld door het toenemen van competitie of door droogtestress. Aan de noordelijke grens van hun verspreidingsareaal komen mogelijks nieuwe gebieden in aanmerking voor kolonisatie. Meer nog dan de mate van klimaatverandering, is de snelheid waarmee dit gebeurt verontrustend: de potentiële globale opwarming die deze eeuw wordt voorspeld is vergelijkbaar met de grootste globale veranderingen in 65 miljoen jaar, maar wel 10 tot 100 maal sneller (Diffenbaugh & Field 2013). Verwacht wordt dat klimaatverandering grote biodiversiteitsverliezen tot gevolg zal hebben met een verhoogd uitstervingsrisico voor 30 à 40 % van de soorten (Thomas et al. 2004; Thuiller et al. 2005; Warren et al. 2013). Bovendien reageren ecosystemen vertraagd op klimaatverandering, waardoor de gevolgen pas heel laat zichtbaar worden. Klimaatverandering houdt ook risico's in voor de blijvende levering van ecosysteemdiensten, zoals houtproductie. De aanwezige bronpopulaties (bij natuurlijke verjonging) en de gebruikte herkomsten (bij aanplant) zijn mogelijks niet goed aangepast aan de klimatologische omstandigheden van de toekomst. Hoewel de productiviteit op zich kan toenemen door een toename in temperatuur en CO₂ concentratie, kan droogtestress net leiden tot een sterke terugval in productie (zie bv. Aerts et al. 2011). Een verminderde vitaliteit maakt populaties vatbaarder voor ziekten en plagen. Ook het frequenter voorkomen van stormen, overstromingen en bosbranden kunnen leiden tot verhoogde productieverliezen. Bovendien treedt genetische verarming op wanneer men telkens dezelfde herkomsten gebruikt of de bronpopulaties te klein zijn, wat het natuurlijke aanpassingsvermogen van populaties aan nieuwe omstandigheden ondermijnt. Hierdoor wordt verwacht dat de economische waarde van Europese bosgebieden met gemiddeld 28 % zal dalen tegen 2100 (Hanewinkel et al. 2012).

Het ANB wil nagaan wat de belangrijke effecten van klimaatverandering zijn op de ecosystemen in Vlaanderen (parallelstudie INBO), en hoe en in welke mate men met deze effecten kan omgaan via aangepast beheer (deze studie, UGent). De samenhang tussen beiden wordt geïllustreerd in Figuur 1. Deze studie kadert binnen het concept van geïntegreerd natuurbeheer, gericht op het behoud en de uitbreiding van natuurlijk kapitaal en de blijvende levering van ecosysteemdiensten aan de maatschappij. Daarom ligt de focus hier op klimaatadaptatie in functie van biodiversiteit en (hout)productie als voornaamste geleverde ecosysteemdienst. Andere ecosysteemdiensten zoals waterberging en koolstofopslag worden achteraf mee geëvalueerd.

Deze nota klimaatadaptatie in natuur- en bosbeheer start met een overzicht van bestaande adaptatieplannen (**Hoofdstuk 1**). In **hoofdstuk 2** gaan we in op de uitgangspunten voor natuur- en bosbeheer onder klimaatverandering. Daarbij komen zowel ecosysteemgerichte principes (met als doel het adaptief vermogen van ecosystemen te verhogen) als effectgerichte principes (met als doel het ecosysteem aan te passen aan de nieuwe omstandigheden) aan bod. **Hoofdstuk 3** beschrijft hoe we de klimaatgevoeligheid van landschappen kunnen inschatten. Vertrekkende vanuit de klimaatgevoeligheid van landschappen en de mate waarin ecosystemen onder druk staan van andere milieudruk, wordt in **hoofdstuk 4** een adaptatiestrategie uitgewerkt. Deze adaptatiestrategie wordt vervolgens geïllustreerd aan de hand van drie concrete gevalstudies. In het laatste hoofdstuk (**hoofdstuk 5**) wordt een overzicht gegeven van mogelijke

adaptatiemaatregelen. Hierbij wordt aangegeven aan welke adaptatieprincipes ze tegemoet komen, alsook een kwalitatieve indicatie van de verwachte effecten op biodiversiteit, houtproductie, waterberging en koolstofopslag.



Figuur 1: Stroomschema voor richtlijnen rond klimaatverandering in natuurbeheer, met aanduiding van de deelstudies van INBO en UGent. De focus is hier adaptatie in functie van biodiversiteit en houtproductie, maar ook eventuele gunstige neveneffecten op andere ecosysteemdiensten worden in kaart gebracht. Mitigatiemaatregelen worden niet meegenomen. Het onderste gedeelte (zonder achtergrondkleur) en de kaders in stippellijnen vallen buiten deze studie. Schema overgenomen en aangepast uit "Guidelines on Climate Change and Natura 2000" (European Union 2013)

1 Bestaande adaptatieplannen

In dit hoofdstukje geven we een kort overzicht van beschikbare adaptatieplannen en –strategieën. Hierbij beperken we ons tot Europa, met focus op België. Bovendien trachten we hier niet volledig te zijn.

Waar “mitigatie” de klimaatverandering zelf tracht te beperken, probeert “adaptatie” de negatieve effecten van klimaatverandering zo veel mogelijk op te vangen. Met andere woorden: *mitigation aims to avoid the unmanageable and adaptation aims to manage the unavoidable* (Laukkonen et al., 2009). Beiden zijn essentiële elementen van elk klimaatplan. De nationale klimaatcommissie van België, samengesteld uit vertegenwoordigers van de federale en regionale besturen, publiceerde het eerste nationale klimaatplan (Nationale Klimaatcommissie, 2008). Twee jaar later werd de nationale adaptatiestrategie (NAS; Nationale Klimaatcommissie, 2010) aangenomen door dezelfde commissie, waarin de voornaamste effecten van klimaatverandering op verschillende beleidsdomeinen worden beschreven, en welke adaptatiemaatregelen er al genomen worden. De NAS vormt eveneens de basis voor het nationale adaptatieplan (NAP; België, *in voorbereiding*), waarin concrete actiepunten per sector worden opgenomen. Dit NAP is afgewerkt, maar wacht nog op politieke goedkeuring. Een hoofdstuk over natuur en biodiversiteit ontbreekt echter. Ook de gewesten werken aan adaptatieplannen.

Op 28 juni 2013 werd het Vlaams adaptatieplan (VAP; Vlaanderen, 2013), samen met het Vlaams mitigatieplan 2013-2020, goedgekeurd als onderdeel van het Vlaams klimaatbeleidsplan 2013-2020. In het VAP, waarin ook het beleidsdomein natuur is opgenomen, worden de effecten van klimaatverandering op natuur als volgt samengevat:

Een veranderde waterhuishouding zal in het bijzonder duinvegetaties, blauwgraslanden, vochtige heide, veen- en moerasgebieden en beukenbossen treffen; droogtestress in de zomer zal het risico op bos- en heidebranden doen toenemen; insectenplagen (bv. eikenprocessierups) kunnen toenemen; erosie na intense regenbuien heeft negatieve gevolgen voor aquatische milieus; overstromingen kunnen negatieve gevolgen hebben voor natuurwaarden, maar bepaalde organismen zullen hiervan net profiteren; hogere temperaturen en CO₂-concentraties kunnen de productiviteit verhogen, voornamelijk van loofbossen (afhankelijk van de soort en watervoorziening); de soortensamenstelling, (genetische) biodiversiteit en de levering van ecosystemendiensten zullen veranderen.

Deze olijsting uit het VAP is vrij onvolledig en algemeen. De studie van INBO dient net om effecten op natuur en bos in Vlaanderen meer in detail te beschrijven, om zo beter adaptatiemaatregelen te onderbouwen. Adaptatie richt zich in het VAP voornamelijk op:

Het robuuster maken van ecosystemen door het intensifiëren van het huidige natuurbeleid (het verhogen van de interne heterogeniteit, verbeteren van de standplaatscondities, meer ruimte geven aan natuurlijke processen), en door natuur te verweven binnen andere functies (groen-blauwe dooradering) om natuurgebieden te ontsnipperen. Hierbij wordt maximaal gebruik gemaakt van natuurlijke dynamiek. In het beheer van bos- en natuurgebieden zal een ‘klimaatreflex’ ervoor zorgen dat men inspeelt op nieuwe bedreigingen. In het geval van extreme bedreigingen wordt gedacht aan crisistraining, het opstellen van crisisplannen en het instellen van een schadefonds voor de natuur- en bosbouwsector. Natuur kan ten slotte ook de gevolgen van klimaatverandering counteren door bijvoorbeeld het verkoelend effect van groen in de stad (zie ook Teuling et al. 2010), of het verlaagd overstromingsrisico door de sponswerking van groene gebieden.

De meeste Europese lidstaten hebben reeds een NAS aangenomen en vele hebben ook al een NAP klaar; een overzicht per land is beschikbaar via www.climate-adapt.eea.europa.eu. In deze plannen komt meestal ook een hoofdstukje over natuur en biodiversiteit aan bod. Het algemene kader is telkens vergelijkbaar: de prioriteiten liggen bij het ontwikkelen van robuuste verbindingen tussen grote natuurkernen om migratie

van soorten te faciliteren, en het verhogen van de heterogeniteit binnen natuurgebieden om hun veerkracht te verhogen. Verder zijn deze plannen weinig specifiek wanneer het op concrete beheeracties aankomt. In Nederland is er wel een adaptatiestrategie specifiek voor natuur opgesteld. In deze "adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur" (Vonk et al. 2010), werd geanalyseerd welke strategie de overheid zou kunnen volgen om de natuur klimaatbestendig te maken. Bij het formuleren van het huidige natuurbeleid is immers niet expliciet rekening gehouden met het opvangen van de effecten van klimaatverandering of het benutten van de kansen die klimaatverandering biedt. Uitgangspunten hierbij zijn de ambities van de overheid voor de natuur, zoals behoud en ontwikkeling van biodiversiteit, het prioriteit geven aan typen natuur die kenmerkend zijn voor Nederland en waarvoor Nederland een grote internationale verantwoordelijkheid heeft (Natura 2000-habitats), en het ruimte geven aan spontane processen, zoals sedimentatie en erosie. Ook in de UK is er een adaptatiehandleiding "Climate Change Adaptation manual" (Natural England & RSPB 2014) specifiek voor natuurbeheer. Naast een beschrijving van de effecten van klimaatverandering op natuur, komen ook adaptatieprincipes, kwetsbaarheid aan klimaatverandering, en adaptatie op landschapsschaal aan bod. In een tweede luik worden mogelijke adaptatiemaatregelen voor een reeks habitats besproken.

Deze studie wil een stap verder gaan dan de bestaande adaptatieplannen door het opbouwen van een adaptatiestrategie die vertrekt vanuit concrete landschappen om adaptatieprioriteiten te bepalen en een geschikte aanpak voor te stellen. Doorheen de tekst worden vele concrete voorbeelden gegeven die terreinbeheerders zullen helpen de concepten op hun gebied toe te passen. Bovendien wordt in het laatste hoofdstuk een overzicht gegeven van concrete beheermaatregelen per habitatgroep.

2 Uitgangspunten voor natuur- en bosbeheer onder klimaatverandering

In dit hoofdstuk bespreken we de algemene aanbevelingen uit de literatuur voor biodiversiteitsbeheer in het licht van klimaatverandering (2.1). Deze aanbevelingen zijn eveneens toepasbaar voor de blijvende levering van ecosysteemdiensten onder klimaatverandering. In een tweede paragraaf (2.2) gaan we in op de algemene adaptatieprincipes met het oog op het klimaatbestendig maken van onze natuur- en bosgebieden. De derde (2.3) en vierde (2.4) paragraaf gaan dieper in op de aspecten van ecosysteemgerichte en effectgerichte adaptatie

2.1 Beheer in functie van biodiversiteit en ecosysteemdiensten

Een recent, belangrijk overzichtsartikel (Heller & Zavaleta 2009) geeft een overzicht van aanbevelingen voor beheer van biodiversiteit onder een veranderend klimaat die reeds gepubliceerd werden in de wetenschappelijke literatuur. Hieruit kwamen vier belangrijke thema's naar voor:

1. **Coördinatie van de planning van natuur- en bosgebieden op een hoger (regionaal) niveau en het verbeteren van de landschapconnectiviteit.** Verschuivingen in verspreidingsgebieden van soorten onder druk van klimaatverandering vragen om een gecoördineerde aanpak over ruimere geografische zones en tijdshorizonten waarbij meerdere actoren betrokken worden. De voornaamste adaptatie-aanbevelingen voor het regionaal beleid betreffen de ruimtelijke planning van reservaten en het verbeteren van de landschapconnectiviteit.
2. **Ruimer denken in ruimte en tijd bij het beheer van bos- en natuurgebieden, en het ontwikkelen van veerkrachtige ecosystemen.** Beheren gebeurt met het oog op het realiseren van bepaalde beheerdoelen. Onder invloed van klimaatverandering veranderen (a)biotische kenmerken van het

ecosysteem. Dit daagt ons uit om het beheer in een ruimer temporeel en ruimtelijk perspectief te plaatsen. De beheerder kan rekening houden met verwachte veranderingen door op langere termijn te plannen. Zo kan men bij het plannen van poelen voor kamsalamanders rekening houden met de verwachte stijging in overstromingsdynamiek en droogtestress: de poelen mogen niet overstromen (vis is negatief wegens predatie), maar moeten wel voldoende lang water bevatten. Of kan men in het bosbeheer werken met verlengde verjongingsperiodes, of een bijmenging van zuidelijke herkomsten overwegen die aangepast zijn aan het voorspelde toekomstige klimaat. Beheerders kunnen ook anticiperen op onverwachte veranderingen door het beheer of de beheerdoelen bij te stellen. Hiervoor is regelmatige monitoring nodig. Daarnaast worden maatregelen die de veerkracht van het ecosysteem verhogen aangeprezen. Denk aan het creëren van geleidelijke overgangen in beheerintensiteit (zoals van maaibeheer over kapbeheer tot niets doen) en continuïteit van beheervormen overheen milieugradiënten (bv. niet alleen grasland in de vallei en bos op het plateau).

3. **De simultane aanpak van bedreigingen en globale veranderingen rekening houdend met de verschillende lokale belangengroepen.** Obstakels bij het huidige terreinbeheer worden best mee aangepakt wanneer men nieuwe accenten legt met betrekking tot klimaatverandering. Bovendien versterkt klimaatverandering de huidige milieueffecten vaak nog. Biodiversiteit staat niet onder druk van klimaatverandering alleen, maar van de complexe interacties met andere menselijke bedreigingen als versnippering, eutrofiëring en verzuring van de bodem, regulatie van het grondwaterpeil, waterloopbeheer. Een goed natuurbeleid tracht deze bedreigingen simultaan aan te pakken. Ook dienen kansen te worden gegrepen om conflicten tussen belangengroepen en natuurdoelstellingen aan te pakken, en een breed draagvlak te creëren. Zo combineert het Sigmaproject een vaargeulverdieping van de Westerschelde voor havenactiviteiten met extra waterberging door creatie van aanpalend moerasland. De nieuwe natuur biedt ruimte aan biodiversiteit en beschermt woonzones tegen een verhoogd overstromingsrisico.
4. **Het inbedden van klimaatverandering in alle beheerplannen en –acties.** De huidige beheerplannen houden meestal nog niet expliciet rekening met de effecten van klimaatverandering. Het huidige beheer dient daarom geëvalueerd te worden in het licht van klimaatverandering met het oog op het ontwikkelen en hanteren van een specifiek beleid rond klimaatadaptatie in natuurbeheer. Dit zal extra onderzoekscapaciteit vragen om toekomstige omstandigheden en soortresponsen beter te voorspellen en om rekening te houden met de onvermijdbare onzekerheden.

Een integrale aanpak van deze punten is essentieel om voluit te kunnen inzetten op klimaatadaptatie. De focus van deze studie ligt voornamelijk bij de eerste twee thema's, zonder andere milieubedreigingen (thema 3) uit het oog te verliezen. Thema's 1 en 2 onderscheiden zich van elkaar op basis van het schaalniveau: enerzijds de adaptatie op het regionale niveau, gericht op het verhogen van de landschapsconnectiviteit (thema 1), en anderzijds de adaptatie op het lokale niveau, wat overeenkomt met het beheer van een natuur- of bosgebied, gericht op het ontwikkelen van veerkrachtige ecosystemen (thema 2). Waar adaptatiemaatregelen op lokaal niveau voornamelijk ingrijpen op het beheer van bos- en natuurgebieden, situeren regionale adaptatiemaatregelen zich veeleer op beleidsniveau (bv. aankoopbeleid i.f.v. groenblauwe dooradering). Het integreren van de huidige kennis rond klimaatadaptatie in beheerplannen en –acties (thema 4) is het logische gevolg van deze studie. Voor een aantal zaken zal ook extra onderzoek noodzakelijk zijn voor concrete beheeracties genomen kunnen worden. Dit valt echter buiten het opzet van deze studie.



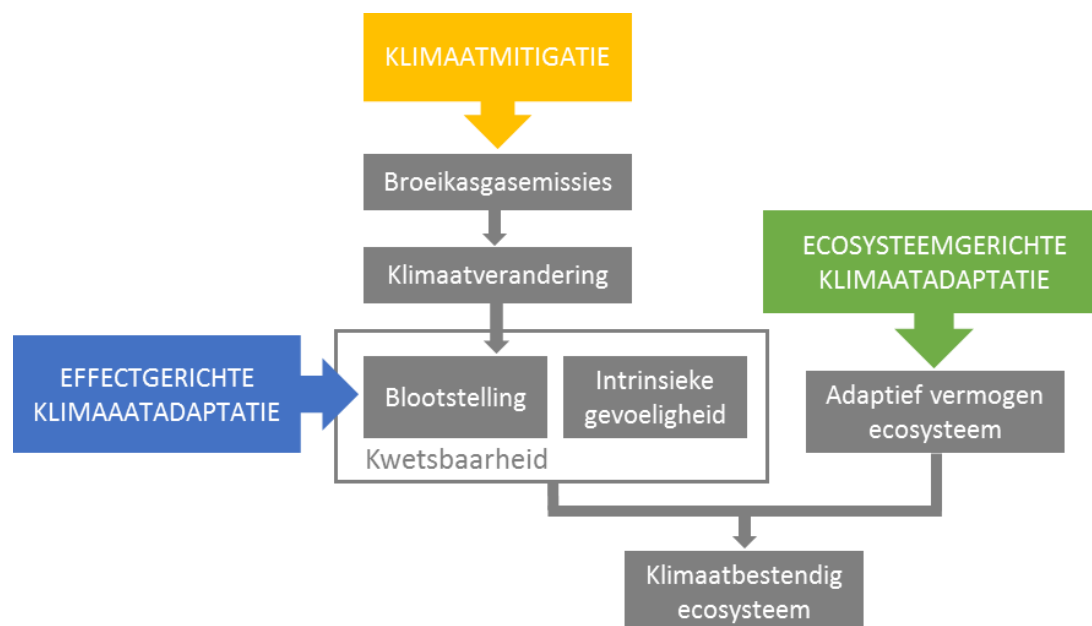
Figuur 2 Het vrijwaren van lijnvormige elementen in het landschap zoals oeverzones en oude spoorlijnen kan de landschapsconnectiviteit aanzienlijk verhogen (Hermy en De Blust 1997)

Deze algemene aanbevelingen voor biodiversiteitsbeheer onder klimaatverandering zijn eveneens toepasbaar op de blijvende levering van ecosysteemdiensten omdat biodiversiteit net de basis vormt voor het leveren van ecosysteemdiensten (zie ook de INBO-studie “Biodiversiteit als basis voor ecosysteemdiensten in Vlaanderen”, Meiresonne & Turkelboom 2012). Zo verhogen meanderende rivieren en een hoge mate aan structuurdiversiteit met het oog op veerkrachtige ecosystemen ook in sterke mate de esthetische waarde van het gebied, een belangrijk aspect van de ecosysteemdienst recreatie. Het herstel van moerasgebied draagt bij aan een verhoogde waterberging, recreatieve mogelijkheden en biodiversiteit. Voor houtproductie is, naast boomsoortendiversiteit, ook de structuurdiversiteit en de diversiteit en abundantie van mycorrhizaschimmels, bodemfauna, insecten en vogels belangrijk. Wanneer men echter beheert in functie van de maximale levering van één enkele ecosysteemdienst, kan dit ten koste gaan van andere ecosysteemdiensten, de biodiversiteit en het aanpassingsvermogen van het ecosysteem. Het maximaliseren van de waterberging in een gecontroleerd overstromingsgebied gaat ten koste van de diversiteit aan vegetatietypes en soorten. In een natuurlijk overstromingsgebied zijn overstromingen minder frequent en intens, wat gunstig is voor biodiversiteit. Te intensieve recreatiedruk gaat ten koste van biodiversiteit door teveel verstoring. Een productiebos is vaak soortenarm en heeft weinig esthetische waarde.

2.2 Algemene adaptatieprincipes

Klimaatmitigatie lost het klimaatprobleem bij de bron op, waardoor de blootstelling van ecosystemen aan klimaatverandering vermindert (Figuur 3). Klimaatadaptatie omvat spontane of geplande aanpassingen in het ecosysteem of het beheer ervan als reactie op klimaatverandering met als doel de schade te beperken of opportuniteiten te benutten. In deze paragraaf worden de algemene adaptatieprincipes besproken. Allen pogen ze de klimaatbestendigheid van het ecosysteem te verhogen.

De klimaatbestendigheid van het ecosysteem kan verhoogd worden door de kwetsbaarheid van de aanwezige soorten te verminderen of door het adaptief vermogen van het ecosysteem te verhogen (Figuur 3). De kwetsbaarheid van soorten is de combinatie van de blootstelling aan (de effecten van) klimaatverandering en de intrinsieke gevoeligheid van soorten aan klimaatverandering. De intrinsieke gevoeligheid van soorten kan niet gewijzigd worden (tenzij door veredeling), maar de blootstelling aan (de effecten van) klimaatverandering kan wel verminderd worden door geplande ingrepen (=effectgerichte adaptatie). Dit kan door weerstand te bieden, door gericht vegetatiebeheer, of door het verplaatsen van soorten. Bijvoorbeeld, in het geval van een verminderde neerslaghoeveelheid kan men via kunstmatig peilbeheer droogtestress vermijden (=weerstand), door intensiever te dunnen de evapotranspiratie beperken (=gericht vegetatiebeheer), of de meest droogtegevoelige soorten verplaatsen naar een gebied dat gevrijwaard blijft van extreme droogtestress (=geassisteerde migratie).



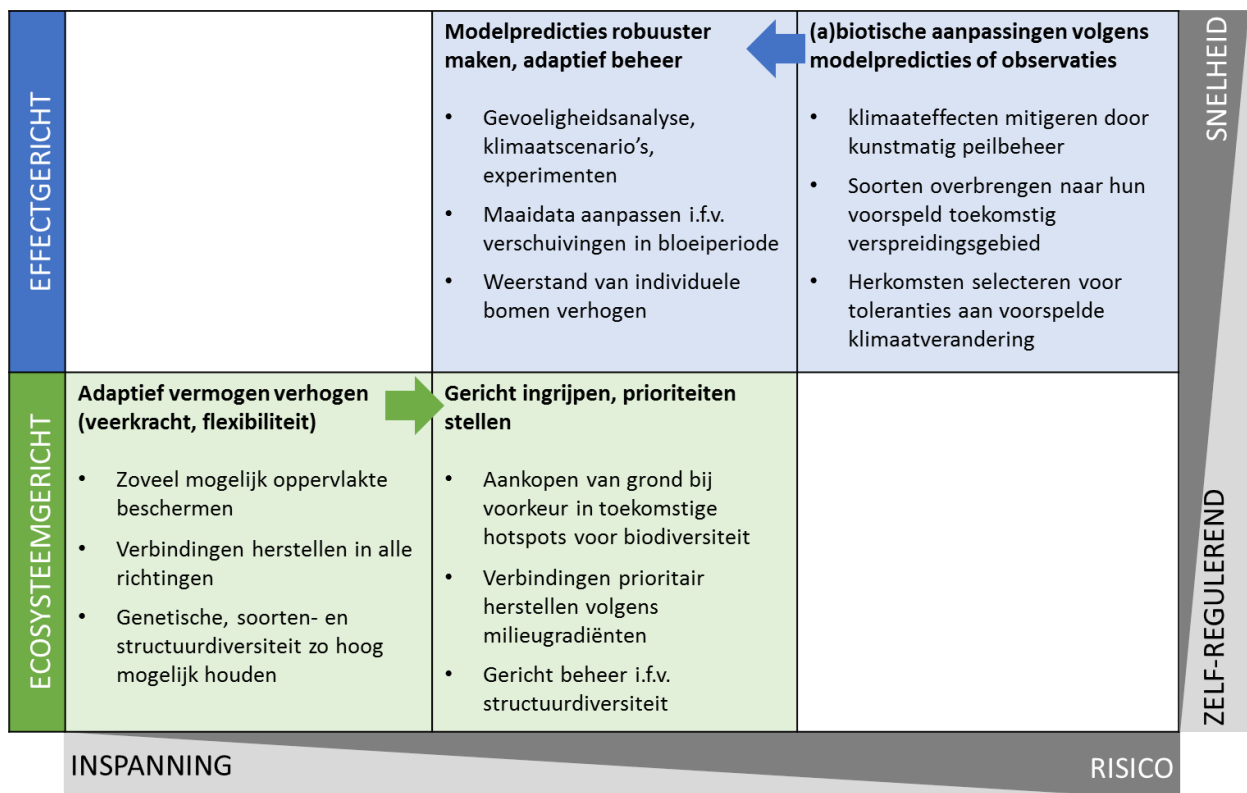
Figuur 3: De klimaatbestendigheid van ecosystemen wordt bepaald door de mate van blootstelling aan klimaatverandering, de intrinsieke gevoeligheid en het adaptief vermogen (of veerkracht) van het ecosysteem. Effectgerichte adaptatiemaatregelen verminderen de blootstelling van ecosystemen aan klimaatverandering door (a)biotische aanpassingen en gericht beheer. Ecosysteemgerichte adaptatiemaatregelen verhogen het adaptief vermogen van ecosystemen. Aangepast naar Vonk et al. (2010)

Anderzijds kan het adaptief vermogen (i.e. veerkracht) van het ecosysteem verhoogd worden (=ecosysteemgerichte adaptatie), wat eveneens de klimaatbestendigheid verhoogt. Hierbij berust men op de spontane adaptatie van het ecosysteem. In het voorbeeld van verminderde neerslaghoeveelheid, kunnen droogtegevoelige soorten opschuiven langsheen een vochtgradiënt. Voorwaarden zijn dat de migratiesnelheid van deze soorten groot genoeg is en dat geen andere factoren de migratie onmogelijk maken. Denk aan harde barrières zoals een snelwegen of verstedelijkt gebied, maar ook een plotse overgang van beheertype: soorten van open habitats kunnen niet migreren naar bos, ook al is de hydrologie gunstig. Een combinatie van ecosysteem- en effectgerichte adaptatiemaatregelen vormt de basis van een complete adaptatiestrategie, zonder synergiën tussen klimaatadaptatie en -mitigatie uit het oog te verliezen.

Adaptatiemaatregelen kunnen we dus opdelen volgens twee algemene adaptatieprincipes: ecosysteemgericht en effectgericht (Figuur 4). Ecosysteemgerichte adaptatie vergt een grondige kennis over het betrokken ecosysteem en de factoren die het adaptief vermogen verhogen. Om via ecosysteemgerichte maatregelen het adaptief vermogen voldoende op te krikken zijn aanzienlijke middelen nodig, omdat hier ook investeringen nodig zijn in grotere natuurgebieden die beter met elkaar verbonden zijn (bv. grondverwerving). Hiertegenover staat dat de adaptatie zelf via natuurlijke processen verloopt, en dus in hoge mate zelfregulerend is (geen blijvend hoge kosten). Dit zorgt ook voor een blijvende levering van ecosystemdiensten, hoewel die op zich moeilijk te voorspellen zijn. Deze aanpak houdt weinig risico's in, op voorwaarde dat het adaptief vermogen van het ecosysteem de snelheid van klimaatverandering aankan. Door gebruik te maken van ervaring en ecosystemekennis kan er gericht ingegrepen worden waardoor de kosten afnemen (groene pijl in Figuur 4).

Effectgerichte adaptatie vereist een verregaande wetenschappelijke kennis van de (toekomstige) effecten van klimaatverandering. Omdat de effectiviteit van effectgerichte maatregelen afhangt van de juistheid van

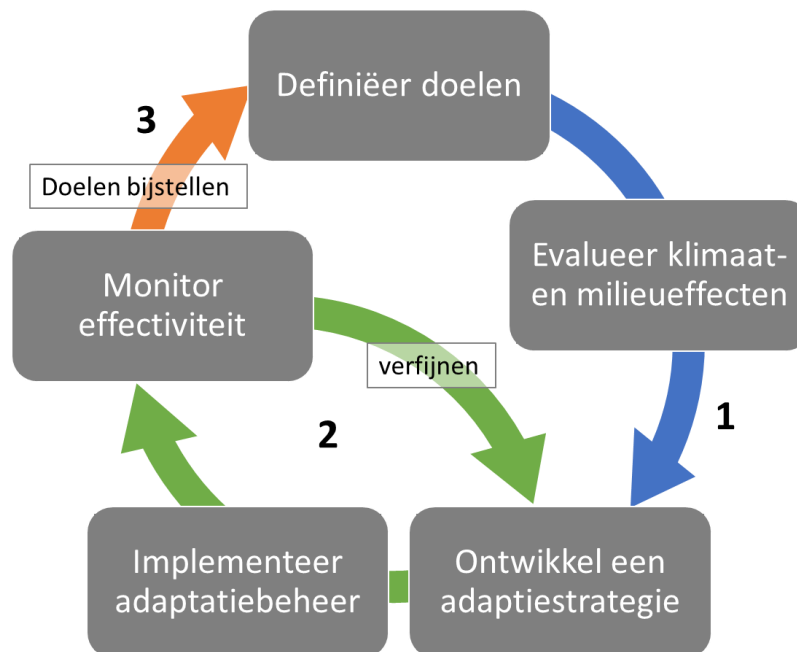
modelvoorspellingen, is deze aanpak steeds risicovol. Bovendien moeten maatregelen herhaald worden onder aanhoudende veranderingen in het klimaat (niet zelfregulerend). Toch kunnen ze noodzakelijk zijn wanneer de snelheid van klimaatverandering het adaptief vermogen van soorten of ecosystemen overschrijdt. In bepaalde gevallen kan het ook relatief goedkoop zijn om via effectgerichte adaptatie (componenten van) het ecosysteem aan te passen aan de voorspelde of geobserveerde effecten van klimaatverandering (Figuur 4). Men kan de levering van ecosystemen ook beter sturen en voorspellen dan bij ecosysteemgerichte maatregelen. Door rekening te houden met alternatieve klimaatscenario's en adaptief beheer (beheer bijstellen op basis van observaties door intensievere monitoring) kan men het risico beperken (blauwe pijl in Figuur 4). Bij het gebruik van modelvoorspellingen wordt aanbevolen steeds een gevoeligheidsanalyse uit te voeren waarin de invloed van alternatieve klimaatscenario's of toekomstige verspreidingsgebieden onderzocht wordt, en grootschalige interventies te laten vooraf gaan door kleinschalige migratie-experimenten (McLachlan et al. 2007).



Figuur 4: Conceptueel schema met adaptatiemaatregelen gericht op het verhogen van het adaptief vermogen dan wel het aangepast maken van ecosystemen. De horizontale gradiënt weerspiegelt de trade-off tussen de geleverde (financiële) inspanning en het genomen risico gerelateerd aan onzekerheid van klimaatmodellen. De verticale gradiënt weerspiegelt de trade-off tussen de mate waarin men op natuurlijke processen berust en de snelheid van adaptatie. De blauwe pijlen geven aan hoe de inspanning of het risico beperkt kan worden bij ecosysteem- en effectgerichte maatregelen. Geïnspireerd op Heller & Zavaleta (2009) en Wagner et al. (2014)

Een derde belangrijk adaptatieprincipe is dat van adaptief beheer. Hierbij gaat men de resultaten van het beheer monitoren en evalueren of de vooropgestelde doelen gehaald worden. Indien dit niet het geval is, moeten beheermaatregelen aangepast worden. Indien het beheer na herhaalde evaluatie niet het gewenste resultaat oplevert, moet overwogen worden om de beheerdoelen zelf bij te stellen. Hierbij is het wel belangrijk dat men tracht te achterhalen waarom de doelstellingen niet bereikt zijn, en indien mogelijk de oorzaak ervan wegneemt. Klimaatverandering is echter niet oplosbaar op het lokale niveau, waardoor het principe van adaptief beheer hier bijzonder relevant is. We onderscheiden volgende stappen (Figuur 5):

1. leg concrete, meetbare doelen vast voor het gebied. Evalueer de huidige en toekomstige effecten van klimaatverandering (en andere milieudruk) op het gebied en ontwikkel een gepaste adaptatiestrategie;
2. implementeer concrete adaptatiemaatregelen en monitor regelmatig de effectiviteit ervan. Verfijn de adaptatiestrategie op basis van de resultaten. Deze cyclus wordt continu doorlopen;
3. Indien het beheer na herhaaldelijk monitoring en evaluatie niet leidt tot de gewenste doelen, en de oorzaak ervan niet kan weggenomen worden: stel doelstellingen bij en stem het beheer hierop af.



Figuur 5 Schematische weergave van adaptief beheer onder invloed van klimaatverandering en andere milieudruk

2.3 Adaptief vermogen vergroten (ecosysteemgerichte maatregelen)

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden om het adaptief vermogen van ecosystemen te verhogen. Het adaptief vermogen is de mogelijkheid van het ecosysteem zich aan te passen aan klimaatverandering (inclusief de variabiliteit en extremen van het klimaat) en daarbij schade te beperken, opportuniteiten te benutten of om te gaan met de gevolgen. Het adaptief vermogen van ecosystemen wordt in belangrijke mate bepaald door biodiversiteit, interne heterogeniteit, ruimte voor spontane processen en ecologische netwerken. Hieronder worden deze aspecten kort toegelicht.

2.3.1 Biodiversiteit

Biodiversiteit heeft vele gunstige effecten op het functioneren van ecosystemen (Hooper et al. 2005), en er is een duidelijk link met de levering van ecosystemendiensten (Meiresonne & Turkelboom 2012). Voor houtproductie is, naast boomsoort- en structuurdiversiteit, ook de diversiteit aan mycorrhiza, bodemfauna, insecten en vogels belangrijk omwille van hun rol in ondersteunende processen als nutriënten- en watercycli en bestuiving en zaadverbreiding. Biodiversiteit zorgt ook voor risicospreiding bij stormen, overstromingen, extreme droogte en bos- of heidebranden ten gevolge van frequenter voorkomende extremen in temperatuur en neerslag. Dit komt doordat verschillende functionele groepen (bestuivers, herbivoren, strooiselafbrekers, enz.), soorten binnen functionele groepen, maar ook populaties binnen soorten (herkomsten, genotypen) en zelfs individuen binnen populaties anders reageren op verstoringen. Belangrijk

voor het adaptief vermogen van ecosystemen is de responsdiversiteit tussen soorten binnen functionele groepen en genotypen binnen soorten, waardoor ecosysteemfuncties behouden blijven onder veranderde omstandigheden. Daarnaast kunnen ze ook verschillen in verspreidingsvermogen en levensduur, wat meer stabiliteit met zich mee brengt.

2.3.2 Interne heterogeniteit

Interne heterogeniteit is de mate van ruimtelijke variatie in abiotische omstandigheden en vegetatiestructuur. Hierdoor ontstaat een veelheid aan microklimatologische condities in het landschap.

Interne heterogeniteit zorgt ervoor dat niet het volledige gebied even hard getroffen wordt door een verstoring. Herstel treedt op door rekolonisatie vanuit de minder getroffen zones. Zo heeft een licht hellend perceel met een gradiënt van nat naar droog meer veerkracht tegen zomerdroogte of overstromingen dan een vlak gelegen perceel. Ook andere milieugradiënten zoals bodem-pH en -textuur, en hoogteverschillen verhogen de interne heterogeniteit. Deze abiotische heterogeniteit is grotendeels een vast gegeven, maar men kan bijvoorbeeld wel ingrijpen in de waterhuishouding of reliëf aanbrengen en poelen graven bij natuurherstel. Biotische heterogeniteit wordt voornamelijk bepaald door de structuur van de vegetatie en is veel meer beïnvloedbaar via beheer. Denk bijvoorbeeld aan overgangen van open naar dichte vegetatie zoals mantel- en zoomvegetaties, waar na een hete zomer een populatie zich kan herstellen vanuit het koelere microklimaat in de dichte vegetatie. Maar structuurdiversiteit is complexer dan lineaire gradiënten: denk aan gefaseerd maaien en gelaagdheid en boomsoortenmenging in boscystemen.

Interne heterogeniteit wordt vaak bevorderd door natuurlijke processen zoals erosie, sedimentatie, windwerking en begrazing (zie 2.3.3 Spontane processen) en hangt samen met voldoende grote bos- en natuurgebieden. Zo wordt er voor bos van een 'minimum structuur areaal' (MSA) gesproken; dit is de minimale oppervlakte aaneengesloten bos van een bepaald type die noodzakelijk is om de verschillende ontwikkelingsfasen van dat type naast elkaar te laten bestaan zonder ingrijpen van de mens. Het streven naar meer interne heterogeniteit draagt uiteindelijk ook bij tot een grotere biodiversiteit op de verschillende schaalniveaus. Bij multifunctioneel bosbeheer in functie van houtproductie is ook ruimte voor structuurdiversiteit, maar wordt deze bekeken in functie van de beoogde levering van ecosysteemdiensten. Naarmate men meer focust op houtproductie als hoofdfunctie, zal de horizontale structuur eerder eenvoudig zijn. Afhankelijk van de beoogde houtproducten en -soorten kan de verticale structuur eenvoudig tot meerlagig zijn (Wagner et al. 2014).

2.3.3 Spontane processen

Spontane processen zijn niet-gecontroleerde veranderingen in abiotische omstandigheden of vegetatiestructuur. Ze faciliteren veranderingen in het samen voorkomen van soorten.

Wanneer zij ruimtelijke veranderingen induceren, verhogen zij de heterogeniteit van het gebied (zie 2.3.2 Interne heterogeniteit). Voorbeelden zijn overgangen van open naar dichte vegetatie door begrazing, en overgangen van droge naar natte gronden met variatie in grondwaterkwaliteit gestuurd door de natuurlijke waterhuishouding. Andere spontane processen verhogen vooral de temporele veranderingen in soortensamenstelling (meestal gepaard met ruimtelijke veranderingen). Denk aan successie en natuurlijke verjonging, natuurlijke overstromingsdynamiek met erosie en sedimentatieprocessen, windwerking en stormen, droogte en brand. Dit levert nieuwe soortcombinaties op die beter aangepast zijn aan nieuwe omstandigheden. Op die manier kan de biodiversiteit op peil gehouden worden onder klimaatverandering. Deze processen zoveel mogelijk integreren in het beheer leidt ook tot meer veerkrachtige ecosystemen. De voordelen moeten echter steeds afgewogen worden ten opzichte van de nadelen. Sommige van deze processen, zoals brand, vereisen een aanzienlijke oppervlakte en zijn dus enkel in grote natuurgebieden

mogelijk. In een klein gebied is het risico groter dat het volledig afbrandt, wat net een egaliserend effect heeft. Bovendien levert de plotse omslag in de vegetatie na heidebrand vaak een soortenarme grasmat op, gedomineerd door Pijpenstrootje.

Weerstand bieden tegen deze processen, zoals het indijken van rivieren, is duur en verhoogt het risico op uitgestelde, meer extreme verstoringen. Dit geldt ook voor het bestrijden van bos- of heidebranden zonder in te zetten op preventie (bv. aangepaste soortenkeuze, brandgangen, hoeveelheid brandbaar materiaal verminderen): de intensiteit van een volgende brand zal hierdoor nog toenemen. Wanneer bosbranden of stormen de successie van het boscysteem herstarten, kan men dit ook zien als een kans voor spontane ontwikkeling via natuurlijke verjonging. Naarmate het accent meer op houtproductie ligt, zal men via beheer trachten ongeplande verstoringen te voorkomen. Gebeurt het toch, zal men de open plekken echter ook aanplanten met soorten in functie van de gewenste houtproducten. Hierbij is de overweging te maken of men gebruik maakt van herkomsten en soorten aangepast aan de voorspelde toekomstige klimaat, als bijmenging bij lokale herkomsten van inheemse boomsoorten (zie 2.4.3 Geassisteerde migratie).

2.3.4 Ecologische netwerken

Grote populaties kunnen schommelingen in aantallen door het voorkomen van weersextremen beter opvangen en hun herstelvermogen is groter. Kleine populaties daarentegen, zijn gevoelig aan genetische erosie door drift (het door toeval uit een populatie verdwijnen van genetische varianten) en inteelt. Kleine, geïsoleerde natuurgebieden zijn daarom erg kwetsbaar en dienen verbonden (via corridors, step-stones) te worden met grotere gebieden. Binnen een netwerk is het noodzakelijk dat alle successiestadia aanwezig zijn voor het herstel van de soortenrijkdom van het getroffen gebied. Het concept 'minimum structuur areaal' (MSA) uit het natuurgetrouw bosbeheer is in dit verband belangrijk (zie 2.3.2 Interne heterogeniteit).

2.3.5 Andere milieudruk

Klimaatverandering versterkt ook andere milieudrukken: klimaat beïnvloedt immers dezelfde abiotische factoren (zoals vochttoestand, nutriëntenbeschikbaarheid en overstromingsfrequentie) die al in sterke mate beïnvloed worden door de mens. Daarom is het belangrijk ook met deze aspecten rekening te houden. Hierbij moet men onderscheid maken tussen vermijdbare milieudruk (door toedoen van de mens) en onvermijdbare milieudruk, te wijten aan klimaatverandering. Door de vermijdbare milieudruk af te bouwen, worden ecosystemen ook veerkrachtiger aan klimaatverandering.

2.4 Blootstelling verminderen (effectgerichte maatregelen)

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden om de blootstelling van soorten aan klimaatverandering te verminderen. Enerzijds kan dit door de effecten van klimaatverandering op de abiotische omstandigheden te mitigeren (weerstand bieden), door gericht en flexibel vegetatiebeheer, of door soorten en herkomsten te verplaatsen (geassisteerde migratie) naar streken waar het klimaat nog lange tijd geschikt zal blijven.

2.4.1 Weerstand aan abiotische verandering

De blootstelling aan effecten van klimaatverandering kan, tot op zeker niveau, gemitigeerd worden. In reservaten die te klein of te uniform zijn kunnen soorten niet opschuiven volgens milieugradiënten om klimaatverandering te bufferen. In dat geval kunnen de abiotische condities (bv. waterpeilen) in stand gehouden worden om de huidige natuurwaarden te behouden, of om de houtproductie op peil te houden met de huidige boomsoorten.

KADER 1: Natuurbehoud en klimaatverandering

Het klassieke beheer van bos- en natuurresevaten streeft veelal naar het behoud van de aanwezige biota (natuurbehoud). De snelle directionele veranderingen en de grote onzekerheid die gepaard gaan met klimaatverandering stellen de beheerder voor een belangrijke keuze: weerstand bieden tegen biotische veranderingen door de abiotische omstandigheden te behouden (bv. door kunstmatig peilbeheer waar de neerslaghoeveelheid afneemt), berusten op spontane biotische aanpassingen aan de nieuwe abiotische omstandigheden, of het faciliteren van deze aanpassingen. Om te kunnen berusten op spontane biotische aanpassingen zijn veerkrachtige ecosystemen nodig met onder andere grote populaties en uitgesproken milieugradiënten die abiotische veranderingen kunnen bufferen (geschikte groeiplaatsen verschuiven binnen het gebied). Wanneer reservaten te klein zijn, of de gradiënten niet aanwezig zijn, kan het kunstmatig instandhouden van de abiotiek (bv. het aanvoeren van water door peilregeling) de enige optie zijn voor het behoud van sommige soorten of ecosystemen. Weerstand bieden is daarom ook een valabele optie in het licht van klimaatadaptatie, al houdt het ook risico's in: wanneer deze ingrepen niet langer onderhouden (kunnen) worden, of wanneer andere componenten van het ecosysteem wijzigen, kunnen ecosystemen plots omslaan (Zavaleta et al. 2001). Intensief beheer van vast afgelijnde natuur- en bosreservaten met als doel het behoud van soorten in hun huidige verspreidingsgebied zal steeds kostelijker worden en kan onhoudbaar worden wanneer directionele globale veranderingen versnellen.

2.4.2 Gericht en flexibel vegetatiebeheer

Abiotische veranderingen kunnen ook gemitigeerd worden door gericht vegetatiebeheer. Zo kan intensiever dunnen droogtestress ten gevolge van dalende neerslaghoeveelheden verminderen. Bovendien zal dit de weerstand van individuele bomen tegen ziekten en plagen verhogen. Fenologische veranderingen vragen ook om flexibiliteit in het tijdstip en de intensiteit van beheerinterventies. Denk aan aangepaste maaidata en -frequenties in functie van verschuivingen in de bloeiperiode, het broedseizoen of het groeiseizoen. Om dergelijke flexibiliteit in het beheer in te bouwen, is een intensievere beheermonitoring en grotere beheercapaciteit noodzakelijk.

Beheermaatregelen kunnen ook de frequentie en intensiteit van verstoringen als gevolg van klimaatverandering beïnvloeden. Zo kan het wegnemen van biomassa via dunning (vooral bij laagdunning), en maai- of begrazingsbeheer in brandgevoelige bossen op droge zandgronden en heideterreinen het brandrisico en de brandintensiteit doen afnemen doordat minder brandbaar materiaal aanwezig is (Agee & Skinner 2005). Bij brandbeheer initieert men met zekere regelmaat gecontroleerde branden met lage intensiteit, waardoor het risico op een verwoestende grootschalige brand veel kleiner wordt. In middelgrote natuurgebieden, waar branden aanvaardbaar is, maar waar een ongecontroleerde brand de draagkracht van het gebied overstijgt, is dit een goede optie. Voor grove den (*Pinus sylvestris*) en fijnspar (*Picea abies*) vond men dat het ijler houden van bestanden, naast het weghalen van brandbare biomassa, ook de droogtestress vermindert, waardoor het brandrisico afneemt (Giuggiola et al. 2013, Sohn et al. 2013).

2.4.3 Geassisteerde migratie

Wanneer de snelheid van klimaatverandering de verbreedingscapaciteit van soorten overstijgt, zal het verbeteren van de landschapsconnectiviteit niet volstaan om de achteruitgang en uitsterven van die soorten te verhinderen en is er steeds minder overlap tussen het huidige en toekomstige verspreidingsgebied van soorten. De migratiesnelheid van soorten die nodig is om de snelheid van klimaatverandering bij te benen wordt berekend als de ratio van temporele (in °C per jaar) en ruimtelijke (in °C per km) temperatuursveranderingen. De ratio wordt dus uitgedrukt in km per jaar en reflecteert de snelheid waarmee organismen zullen moeten migreren om een constante temperatuur te blijven ervaren (Loarie et al. 2009). Voor eenzelfde klimaatopwarming is deze migratiesnelheid aanzienlijk groter in vlak terrein dan in bergachtige gebieden. Het weinig uitgesproken reliëf in Vlaanderen biedt weinig perspectieven aan soorten om via kleine ruimtelijke bewegingen (naar boven of beneden op een helling) een grote temperatuursverandering te ervaren. In deze zin vormt klimaatverandering een grotere bedreiging in laaggelegen regio's. Het meest recente IPCC rapport (IPCC 2014) becijferde dat in een *business as usual* scenario (3.7 °C opwarming tegen het einde van de eeuw, RCP8.5) de migratiesnelheid in de periode 2050 tot 2100 gemiddeld 0.2 km/jaar (berggebieden) tot 7.4 km/jaar (vlakke gebieden) zal bedragen, met een globaal gemiddelde van 2 km/jaar. Behalve voor berggebieden liggen deze snelheden ver boven de gemiddelde natuurlijke verbredingssnelheid van boom- en kruidachtige soorten, maar ook van knaagdieren en primaten (IPCC 2014).

Voor soorten met een lage verbreedingscapaciteit moet daarom overwogen worden ze over te brengen naar hun (gemodelleerde) toekomstige verspreidingsgebied. Voor boomsoorten moet hier ook de lange levensduur in rekening gebracht worden: het klimaat zal tijdens hun levensduur immers meer veranderen dan bij kortlevende soorten het geval is. Geassisteerde verbreding houdt, naast herintroducties, ook het introduceren in van soorten die voor zover geweten hier niet eerder voorkwamen. Gezien de ervaring met invasieve exoten ligt dit erg gevoelig bij natuurbeheerders. Echter, door de toenemende kennis over de habitatvereisten en verspreiding van sommige soorten, zijn er zeker gevallen waarin de geassisteerde verbreding van soorten weinig risico inhoudt (Hoegh-Guldberg et al. 2008). Het gebruiken van boomsoorten waarvan de noordelijke grens van het verspreidingsgebied Vlaanderen nu (nog) niet bereikt heeft en minder inzetten op soorten waarvan de zuidelijke grens van het verspreidingsgebied net nog Vlaanderen omvat, kan er wellicht voor zorgen dat onze bossen aangepast zijn aan het klimaat van de komende 100 jaar. Het huidig verspreidingsgebied van boomsoorten (zie bv. <http://www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8qnk35>) geeft

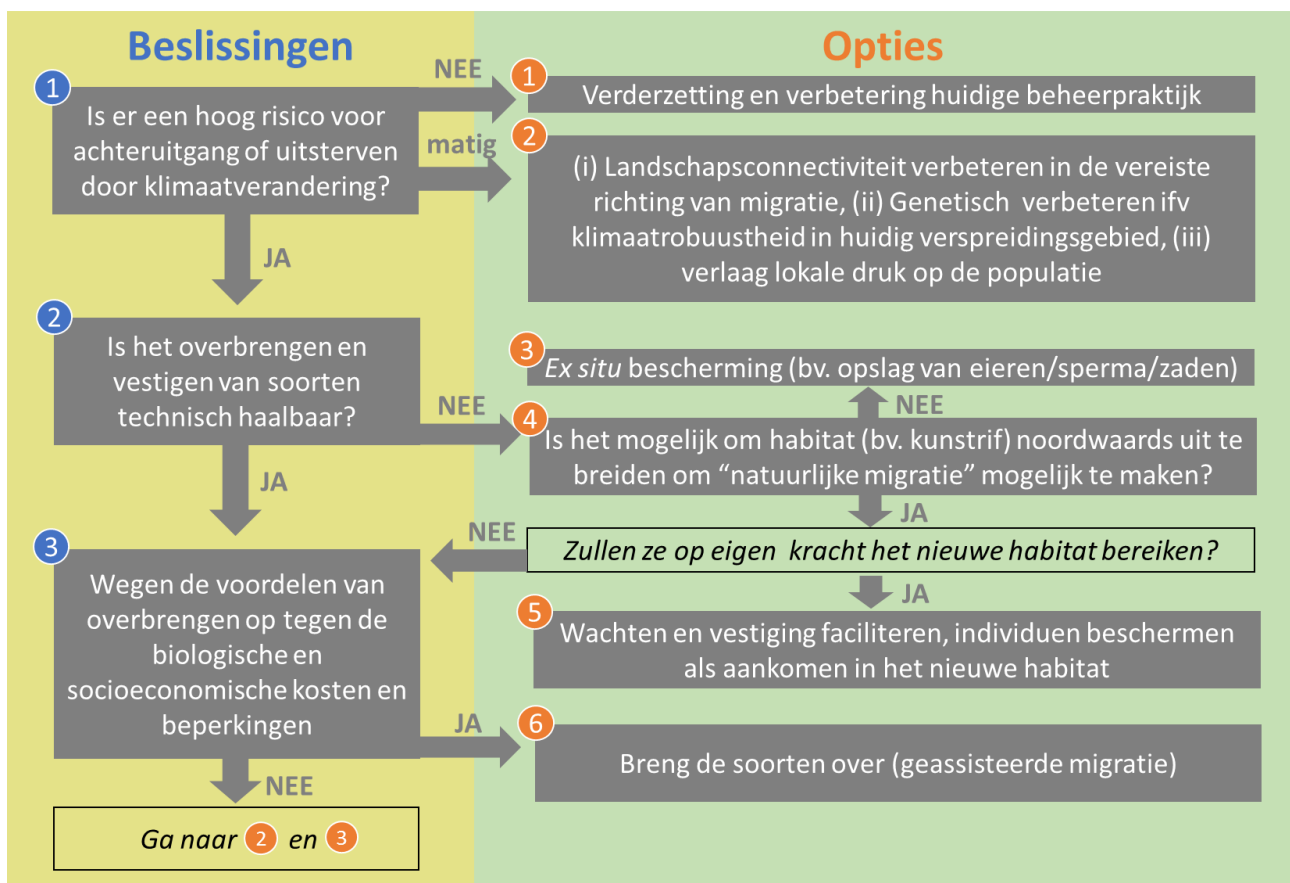
KADER 2: Bosverjonging en klimaatverandering

De beheerder heeft meer invloed op de samenstelling van bosgemeenschappen dan van andere habitatgroepen, met name door de wijze van verjonging (natuurlijk, kunstmatig, of een combinatie van beide). In het licht van klimaatverandering moet het verbreden van de genetische diversiteit daarbij centraal staan (Vranckx 2014). Natuurlijke verjonging is te verkiezen bij grote populaties met een minimale dichtheid of goed met elkaar verbonden kleinere populaties. In het andere geval wordt aangeraden natuurlijke verjonging te combineren met kunstmatige verjonging. Bij toepassing van kunstmatige verjonging wordt aangeraden een kleine bijmenging van andere (bv. zuidelijke) herkomstgebieden aan de lokale herkomsten toe te voegen. Op dit moment ligt de focus bij kunstmatige verjonging op het gebruik van lokale herkomsten van inheemse boomsoorten. Deze worden aanbevolen omdat ze aangepast zijn aan het lokale klimaat, maar het klimaat waarin ze zullen opgroeien verandert. Zeker gezien de lange levensduur van boomsoorten kan dit ertoe leiden dat onze bossen niet voldoende aangepast zijn aan de toekomstige klimaatverandering. Het vasthouden aan een beperkt aantal lokale herkomsten kan bovendien leiden tot genetische verarming. Interessant in dit verband is het recente onderzoek van De Kort et al. (*in druk*), waaruit bleek dat lokale zaadherkomsten van zwarte els (*Alnus glutinosa*) in België niet of nauwelijks lokale genetische adaptatie vertonen. Tussen Belgische, Deense en Italiaanse herkomstregio's was dit wel het geval. De auteurs suggereren om ruimere herkomstregio's, over de landsgrenzen heen te hanteren.

hierbij een ruwe indicatie. Doordat aangepaste soorten minder vatbaar zijn voor ziekten, plagen en andere verstoringen verhoogt ook de zekerheid op de blijvende levering van ecosysteemdiensten. Naast (her)introductions kan men ook verder werken met huidige niet-invasieve exoten, voor zover ze aangepast zijn aan de voorspelde klimaatverandering. Dit ligt mogelijk minder gevoelig bij beheerders en beleidsmakers, omdat we vertrouwd zijn met het beheer van deze soorten.

Wanneer men (her)introductions overweegt, hanteert men best een beslissingskader (Figuur 6): in sommige gevallen kan het volstaan het huidige beheer te optimaliseren, of de landschapsconnectiviteit te verbeteren, in andere gevallen kan geassisteerde migratie noodzakelijk zijn. Het identificeren van soorten met een hoog risico op achteruitgang of uitsterven onder druk van klimaatverandering vergt een grondige kennis van de biologie van die soorten en de biologische, fysische en chemische veranderingen in hun leefomgeving.

De meest bedreigde soorten zijn deze die gebonden zijn aan habitats die sterk achteruitgaan of zelfs zullen verdwijnen. Denk aan het noordwaarts opschuiven van soorten aan de rand van continenten, of het opschuiven van soorten hogerop in de bergen. Ook soorten met lage verspreidingscapaciteit in een vlak en versnipperd landschap zijn sterk bedreigd. Individuen van wijdverspreide soorten kunnen ook uit hun zuidelijke populaties (aangepast aan een warmer klimaat) overgebracht worden naar noordelijke populaties (aangepast aan kouder klimaat), waardoor de kans stijgt dat de noordelijke populatie zich zal kunnen aanpassen aan het veranderend klimaat.



Figuur 6: Beslissingskader voor geassisteerde migratie. Overgenomen en aangepast van Hoegh-Guldberg et al. (2008)

3 Gevoeligheid van landschappen aan klimaatverandering

De afweging tussen een effectgerichte of ecosysteemgerichte adaptatiefocus hangt in sterke mate samen met de landschappelijke configuratie, die bepalend is voor de veerkracht aan klimaatverandering: naarmate landschappen minder veerkrachtig zijn aan klimaatverandering, kunnen we minder berusten op een

ecosysteemgerichte aanpak. In dit hoofdstuk lichten we toe wat landschappen gevoelig (of net veerkrachtig) maakt aan klimaatverandering.

3.1 De rol van landschapsdegradatie en klimaatkwetsbaarheid

De veerkracht van landschappen onder klimaatverandering wordt beperkt door twee 'assen van bezorgdheid' (Gillson et al. 2013):

1. de landschapskwetsbaarheid is de combinatie van de blootstelling aan klimaatverandering en buffering door de aanwezige milieugradiënten. Dit kan gezien worden als snelheid van klimaatverandering (zie 2.4.3 Geassisteerde migratie). Het is een kwalitatieve inschatting van de snelheid waarmee soorten moeten migreren langsheen milieugradiënten om dezelfde milieuomstandigheden aan te kunnen houden. Het gaat bv. om migratie naar het noorden of in de hoogte om eenzelfde temperatuur te behouden, maar ook om migratie volgens een vochtgradiënt bij verdroging, of migratie weg van een waterloop om eenzelfde overstromingsfrequentie te behouden. Omwille van het beperkte reliëf in Vlaanderen (de maximale hoogte van 287 m resulteert in een temperatuurgradiënt van ongeveer 1.7 °C), moeten we vooral denken aan gradiënten in bodemvochtgehalte, -textuur, -zuurtegraad, -nutriënten. Let wel, de landschapskwetsbaarheid houdt geen rekening met de aanwezige soorten en ecosystemen. De totale kwetsbaarheid van een landschap bestaat uit de kwetsbaarheid van elk aanwezig ecosysteem met bijhorende soorten en de landschapskwetsbaarheid.
2. de landschapsdegradatie. De mate van degradatie van het landschap houdt rekening met het percentage beschermd oppervlak, de connectiviteit tussen habitats in het netwerk van beschermde gebieden, en de staat van de matrix buiten de beschermde gebieden. Een weinig gedegradieerd landschap heeft een hoge natuurbehoudscapaciteit en is veerkrachtig. In Vlaanderen zijn de meeste landschappen erg versnipperd, en zijn de natuurlijke biotopen en populaties vrij klein, waardoor ook de natuurbehoudscapaciteit laag tot matig is. In sterk versnipperde gebieden zijn maatregelen ter verbetering van de matrix (grotere reservaatkernen, functionele verbindingen en stapstenen) daarom ook erg belangrijk. Deze situeren zich voornamelijk op het beleidsniveau en liggen buiten het bereik van de lokale beheerder.



Figuur 7: Indeling landschappen volgens kwetsbaarheid aan klimaatverandering en de mate van landschapsdegradatie. Aangepast naar Gillson et al. (2013)

Op basis van deze twee factoren, worden er vier landschapstypes met verschillende klimaatbestendigheid onderscheiden (Figuur 7): veerkrachtige landschappen (intact en weinig kwetsbaar), gevoelige landschappen (gedegradieerd en kwetsbaar), vatbare landschappen (intact maar kwetsbaar) en resistente landschappen (gedegradieerd maar weinig kwetsbaar). In elk type landschap krijgen andere maatregelen prioriteit:

- In veerkrachtige landschappen, met hoge natuurbedekking en brede milieugradiënten, is nauwelijks interventie nodig, maar kan men intensiever gaan monitoren. Zulke landschappen ontbreken eigenlijk in Vlaanderen.
- In gevoelige landschappen, met hoge versnipperingsgraad en weinig milieugradiënten zoals in de polders, is de grootste beheerinspanning nodig en ligt de focus op het uitbreiden van beschermde gebieden, en het verbeteren van de connectiviteit en heterogeniteit van het landschap (focus op beide assen). Voor extreem gevoelige landschappen moet men overwegen of de beschikbare middelen niet meer renderen als ze ergens anders ingezet worden.
- In vatbare landschappen, met hoge natuurbedekking maar weinig milieugradiënten zoals grote bosgebieden in de Kempen, ligt de focus op het verbeteren van de heterogeniteit van het landschap.

- In resistente landschappen, sterk versnipperd maar met brede milieugradiënten zoals valleigebieden, ligt de focus dan weer veeleer op het uitbreiden van beschermde gebieden en het verbeteren van de connectiviteit en de kwaliteit van de matrix (focus op de as van landschapsdegradatie).

Klimaatadaptatie kan niet los gezien worden van de huidige milieudruk op de ecosystemen in het landschap. Bovendien worden deze milieudrukken vaak versterkt door klimaatverandering: klimaat beïnvloedt dezelfde abiotische factoren (zoals vochttoestand, nutriëntenbeschikbaarheid en overstromingsfrequentie) die al in sterke mate beïnvloed worden door de mens (zie ook effectenschema in de parallelstudie van INBO). Daarom is het belangrijk dat ook deze in kaart wordt gebracht, en dat hierbij onderscheid maakt tussen vermijdbare milieudruk (door toedoen van de mens) en onvermijdbare milieudruk, te wijten aan klimaatverandering.

3.2 Identificeren van het landschapstype en andere milieudrukken

Het doel van deze paragraaf is om bos- of natuurgebieden in hun landschappelijke context te plaatsen volgens de twee ‘assen van bezorgdheid’ met betrekking tot klimaatverandering (Figuur 7). Omdat klimaatverandering ook andere milieudrukken versterkt (zie 2.3.5 en parallelstudie door INBO) is het ook belangrijk deze mee te nemen in het uitwerken van een adaptatiestrategie. Daarbij is het onderscheid te maken tussen vermijdbare milieudruk (door toedoen van de mens) en onvermijdbare milieudruk, te wijten aan klimaatverandering.

In een **eerste stap** gaat men na waar het gebied en omgevende landschap op de as van landschapsdegradatie (y-as) gepositioneerd kan worden. De belangrijkste vraag die hier beantwoord dient te worden is: hoe robuust zijn de natuurkernen en in welke mate zijn deze ecologisch met elkaar verbonden:

- Robuuste natuurkernen: voldoende grote oppervlakte voor vitale populaties, hogere soortenrijkdom, beter gebufferd tegen milieudrukken;
- Versnippering: in welke mate biedt het landschap tussen de natuurkernen uitwisselingsmogelijkheden voor organismen (hoe permeabel is het voor migratie, o.a. door stapstenen, ecologische verbindingen, enz.). Verspreide, geïsoleerde natuurkernen zijn ook veel gevoeliger aan milieudrukken zoals vermessing en veranderingen in waterhuishouding.

Versnippering versterkt de invloed van andere milieubedreigingen zoals verdroging en vermessing door randeffecten. Veranderingen in de waterhuishouding verstoren het grondwaterregime op lokale tot regionale schaal. De invloed van nutriënten aangevoerd via grond- of oppervlaktewater uit naburige landbouwgebieden is het grootst in de randzones nabij akkers of eutrofe waterlopen. Voldoende grote kerngebieden en bufferzones zijn daarom heel belangrijk voor een goede milieukwaliteit. Daarnaast leidt versnippering ook tot kleinere populaties, genetische verarming en verkleint het de kans op succesvolle migratie. Op basis van een kwalitatieve inschatting van deze ecologische samenhang op landschapsschaal, kunnen we bos- en natuurgebieden plaatsen op de as van landschapsdegradatie.

In een **tweede stap** positioneren we het bos- of natuurgebied op de tweede as van bezorgdheid (x-as): in welke mate is het landschap kwetsbaar aan klimaatverandering. Deze as omvat de variatie in microklimaten en milieugradiënten die zorgen voor klimaatbuffering binnen het landschap. Dit zorgt voor een aanbod aan ‘toevluchtsoorden’ (refugia) voor soorten onder klimaatverandering, bepaald door het reliëf (koelere noordhelling, dalende temperatuur met de hoogte), vochtgradiënten (temperatuurbuffering door water/bodemvocht), vegetatiestructuur (koelte door overschaduwing), bodemtextuur (vocht en temperatuurbuffering leem versus zand). Daarbij is het belangrijk dat deze refugia gebieden een zo stabiel mogelijk klimaat hebben dat relatief onafhankelijk is van klimaatverandering: de waterbevoorrading in een vallei is veel stabiel dan op het plateau dat die vallei bevoorraad. Zo zullen soorten op hete zomerdagen

beschutting vinden in vochtige, beboste valleien. Dit wil niet zeggen dat warme microklimaten onbelangrijk zijn: warmteminnende soorten blijven de snelle opwarming van hoger gelegen droge zandgronden of zuidgerichte kalkhellingen nodig hebben. De temperatuur- en vochtgradiënten binnen het landschap is best zo groot mogelijk, omdat dit ook een grote diversiteit aan habitats en soorten met zich meebrengt en een aanzienlijke klimaatbuffer betekent. In het licht van klimaatverandering lijkt het vooral belangrijk deze gradiënt uit te breiden aan de koele zijde.

Op basis van de aanwezigheid van klimaatrefugia en (a)biotische gradiënten op landschapsschaal, kunnen we ons landschap dus plaatsen langsheen de as van klimaatkwetsbaarheid.

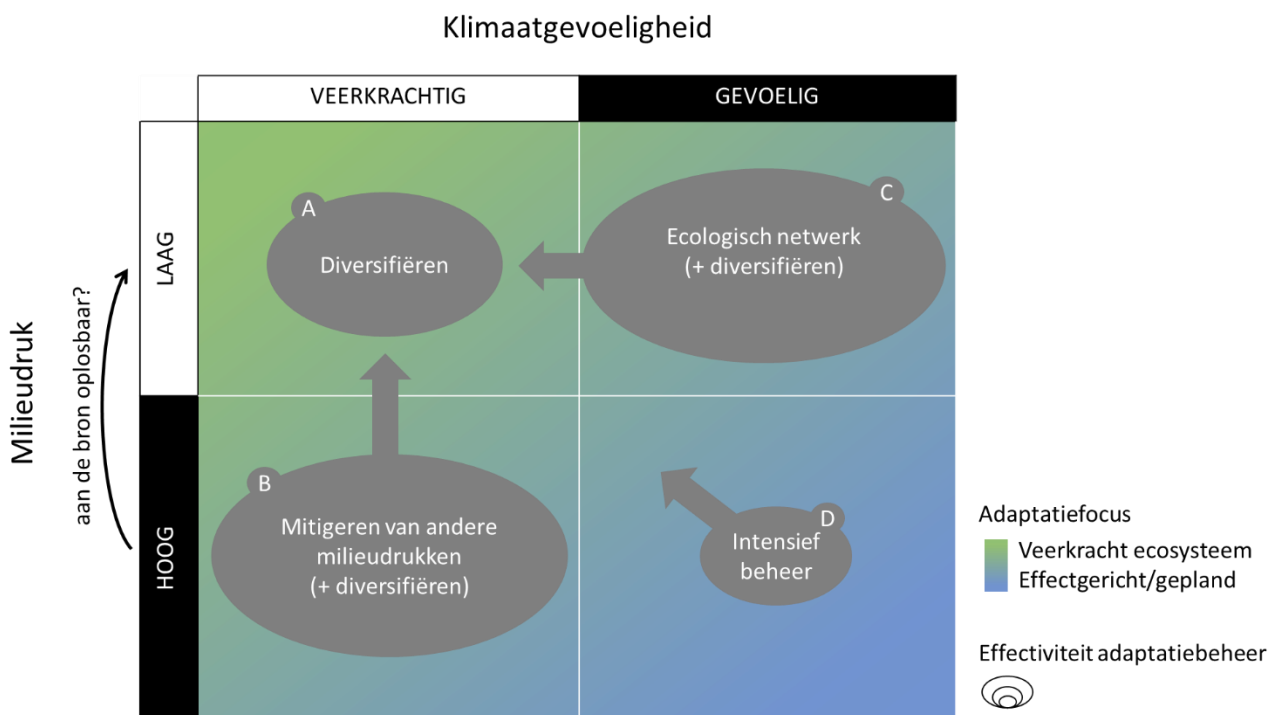
In een **derde stap** bepalen we de mate waarin de ecosystemen in het landschap lijden onder andere milieudruk. Landschapsdegradatie bepaalt voor een deel hoe sterk bos- en natuurfragmenten onder druk staan van andere milieudruk door randeffecten, maar dat geldt niet voor milieueffecten van externe oorsprong zoals atmosferische stikstofdepositie en verontreinigde waterlopen (met brongebied buiten het beschouwde landschap). Denk aan de klassieke milieuthema's als verdroging, verzuring, vermesting:

- Hydrologie: Wanneer (vooral stroomopwaarts) grote delen van het stroombekken buiten het beheerde gebied gelegen zijn, is de grondwatertafel en de overstromingsdynamiek in sterke mate afhankelijk van externe maatregelen. Denk aan landgebruik (verharde oppervlakte, braakliggende gronden, vegetatiebedekking) die voor versnelde waterafvoer zorgen, kunstmatige peilregeling en waterwinning. In sommige gevallen wordt het beheerde gebied als gecontroleerd overstromingsgebied gebruikt, en is het in zeer hoge mate afhankelijk van buitenaf.
- Vermesting: De problematiek van vermesting is een veelkoppig monster. Fosfaatbemesting onder het voormalig landbouwgebruik hypothekeert de natuurpotenties vaak decennia lang (met mogelijks blijvende gevolgen). Intensievere buien zorgen voor meer erosie, wat leidt tot aanvoer van sedimentgebonden fosfaten uit stroomopwaarts gelegen gebieden. Deze komen terecht in open water, en bij overstromingen ook op het land. Ook nitraatuitspoeling in nabijgelegen landbouwgebied zorgt voor eutroof grond- en oppervlaktewater. Erosiebufferstroken zijn daarom zeer belangrijk.
- Atmosferische (stikstof)depositie: De invloed van verzurende en vermestende deposities wordt hoofdzakelijk bepaald door de aanwezigheid van bronnen in de (ruime) omgeving en de mate van captatie door de vegetatie. Maar ook de gevoeligheid van habitats is verschillend: droge zandige gronden zijn gevoeliger voor verzuring, waar valleigronden beter gebufferd zijn door de invloed van grondwater of de aanwezigheid van kleimineralen.

De kwalitatieve inschatting van deze milieubedreigingen op landschapsschaal zal helpen om een gepaste adaptatiestrategie op te stellen.

4 Adaptatiestrategie op maat van landschappen

Startend van de klimaatgevoeligheid bepaald in het landschapsschema, en de intensiteit van andere milieudrukken op het landschap (3.2), bepalen we de effectiviteit van adaptatiebeheer en de globale adaptatiestrategie in het licht van klimaatverandering. Hiervoor vertrekken we vanuit vier hypothetische landschappen (kwadranten in Figuur 8) die uiterste posities innemen op vlak van klimaatgevoeligheid (gevoelig versus veerkrachtig aan klimaatverandering), en met hoge of lage milieudruk. Voor elk van deze landschappen bespreken we de effectiviteit van klimaatadaptatie en het type adaptatiemaatregelen waarop beheerders en planners best focussen (4.1). In een tweede paragraaf (4.2) illustreren we deze werkwijze voor drie concrete landschappen (gevalstudies) in Vlaanderen. We verwijzen naar de assen uit Figuur 9 als 'versterken van het ecologisch netwerk' (y-as) en 'diversifiëren van het beheer' (x-as).



Figuur 8: Ondersteunend schema voor het bepalen van de adaptatieprioriteit en – strategie in functie van klimaatgevoeligheid en de huidige milieudruk in het landschap. Naarmate het ecosysteem gevoeliger is aan klimaatverandering en onder hogere milieudruk staat (A→D), verschuift de adaptatiefocus van ecosysteemgericht onderhoudsbeheer naar intensief, effectgericht beheer. De grootte van de ellipsen geeft de verwachte effectiviteit van het adaptatiebeheer weer.

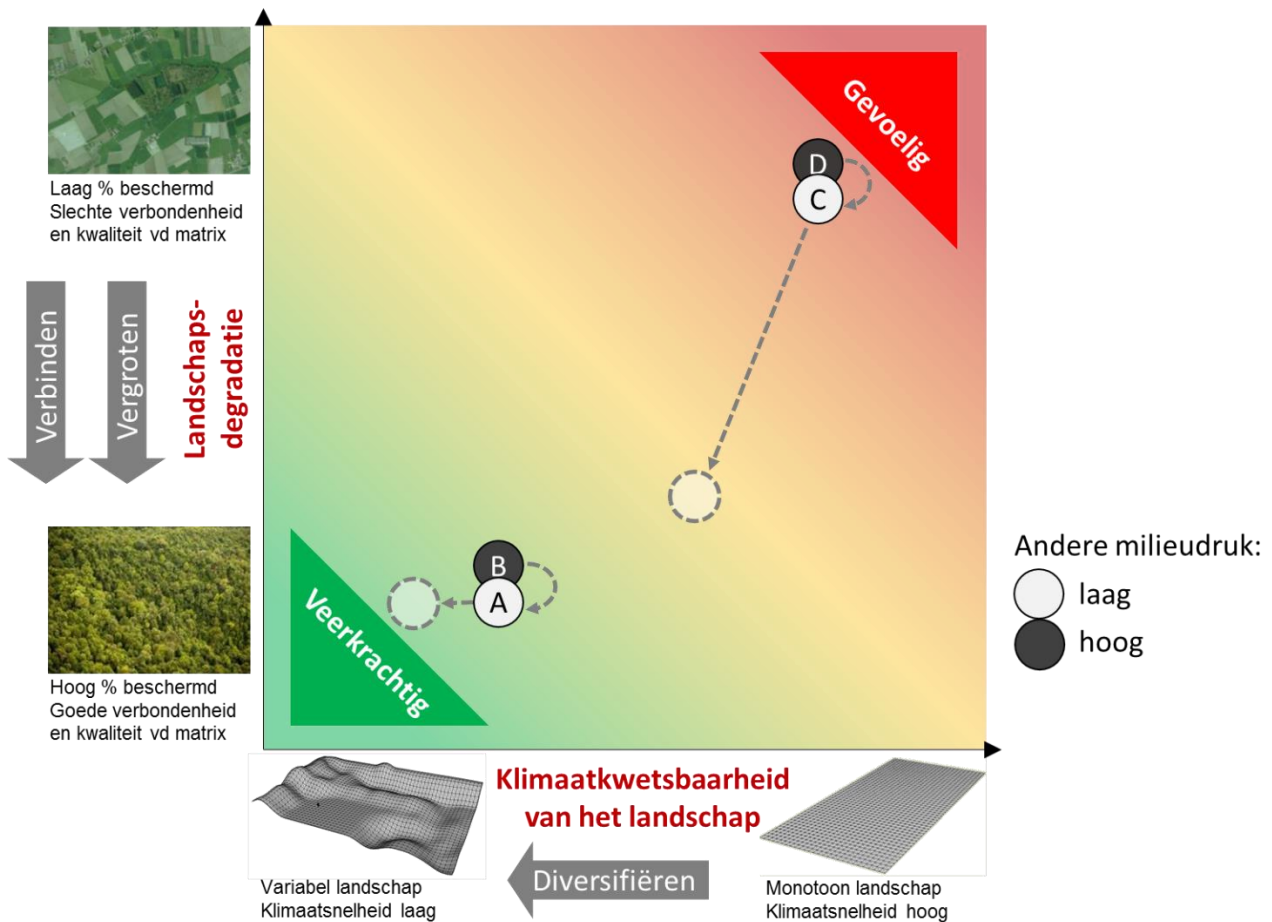
4.1 Strategieën voor typelandschappen

In deze paragraaf beschrijven we een adaptatiestrategie voor vier typelandschappen (combinaties van klimaatgevoeligheid en intensiteit van andere milieudruk):

A. Veerkrachtig landschap met lage milieudruk (Figuur 9 A)

In een veerkrachtig landschap met lage milieudruk (bv. grote aaneengesloten gebieden die het grootste deel van een stroomgebied omvatten) ligt de focus op ecosysteemgericht onderhoudsbeheer (diversifiëren van het beheer), zoals het uitbouwen van een maximale (structuur)diversiteit met ruime variatie in successiestadia, het ruimte bieden aan spontane processen en het beheer van calamiteiten (branden, stormen, plagen). Natuurgetrouwe bosbeheersystemen zoals plenter-, groepen- of schermkapbeheer, die

zorgen dat structuurdiversiteit ook door de tijd behouden blijft, evenals gefaseerd maai- of hakhoutbeheer zijn hier op hun plaats. In heide- of graslandgebieden kan men lokaal de variatie in microklimaat verhogen door te streven naar een afwisseling met boomgroepjes, struweel, niet-jaarlijks gemaaide ruigten, gefaseerd maai-beheer, herstel van microreliëf met bulten en slenken... Echter, de intrinsieke klimaatkwetsbaarheid, onder andere bepaald door reliëf, grondwaterstromen en bodemtextuur, zal uiteindelijk bepalend zijn voor de maximaal bereikbare veerkracht tegen klimaatverandering. In beperkte mate zijn ook effectgerichte maatregelen, zoals het gebruik van kunstmatige verjonging in combinatie met natuurlijke verjonging, al dan niet met diverse herkomsten, hier op hun plaats. Investeren in een intensievere monitoring van bedreigde soorten is aanbevolen.



Figuur 9: Vier hypothetische landschappen gepositioneerd op het landschapsschema (Figuur 7) met aanduiding van de intensiteit van andere milieudrukken op het landschap. (A) veerkrachtig, lage milieudruk; (B) veerkrachtig, hoge milieudruk; (C) gevoelig, lage milieudruk; (D) gevoelig, hoge milieudruk

B. Veerkrachtig landschap met hoge milieudruk (Figuur 9 B)

In een veerkrachtig landschap met hoge milieudruk, moeten we ons de vraag stellen of de milieudruk aan de bron oplosbaar is. Bijvoorbeeld erosiebestrijding door het verwerven van grond of door beheerovereenkomsten in stroomopwaarts gelegen gebieden, het verminderen van emissies van verzurende en vermistende stoffen, of het verminderen van grondwaterwinning. In dat geval komen we in voorgaande situatie terecht. In het andere geval, ligt de focus op het (effectgericht) mitigeren van die milieudruk, gecombineerd met ecosysteemgericht onderhoudsbeheer (diversifiëren van het beheer). Het mitigeren van milieudruk is echter minder effectief dan brongerichte maatregelen. Voorbeelden zijn: erosie mitigeren door

de aanleg van een zandvang of een rietmoeras waar het water het gebied binnenstroomt, verdroging mitigeren door het plaatsen van stuwen, verzuring mitigeren door bekalking, en vermessing mitigeren door cyclisch plaggen. Het wegnemen of mitigeren van de huidige milieudruk vraagt vaak een langetermijnplanning en kan in sommige gevallen onmogelijk blijken omdat andere functies primeren. Dit wil echter niet zeggen dat maatregelen om de (structuur)diversiteit op te krikken zinloos zijn. Wel moeten de baten van natuurlijke processen afgewogen worden tegenover de nadelen van de veroorzaakte milieudruk. Zo zijn overstromingen vaak niet wenselijk omwille van de slechte waterkwaliteit, of wordt connectiviteit actief verhindert om verspreiding van invasieve exoten te verhinderen.

C. Klimaatgevoelig landschap met lage milieudruk (Figuur 9 C)

In een klimaatgevoelig landschap met lage milieudruk, ligt de focus op het nemen van ecosysteemgerichte maatregelen. Hoewel het verminderen van landschapsdegradatie (versterken ecologisch netwerk) de grootste potentie heeft, is dit niet steeds mogelijk. Bovendien speelt dit zich hoofdzakelijk af op macroniveau bij de beleidsmakers uit de verschillende beleidsdomeinen. De terreinbeheerder zelf heeft hier vaak minder vat op. Dit wil niet zeggen dat het diversifiëren van het beheer zinloos is. In gefragmenteerde landschappen, met kleine, geïsoleerde natuurkernen, is het daarom belangrijk om een landschappelijke visie op hoger niveau te ontwikkelen, en hierbij te streven naar maximale variatie in biotopen en beheervorm. In sterk gedegradeerde landschappen is het bijkomend belangrijk om de diversiteit tussen en binnen biotopen in de landschapsmatrix (niet-beheerd tussengebied) te verhogen, zoals het graven van poelen in tuinen en graasweiden. Dit verhoogt ook de connectiviteit van het landschap (ecologisch netwerk). Wanneer de veerkracht van het landschap door het nemen van deze maatregelen niet voldoende toeneemt, zullen de effectgerichte maatregelen aan belang winnen. Zo kan het louter berusten op natuurlijke verjonging in te kleine populaties voor genetische verarming zorgen, en kan geassisteerde migratie nodig zijn om soorten te evacueren uit geïsoleerde gebieden die onder druk van klimaatverandering niet meer geschikt zijn.

D. Klimaatgevoelig landschap met hoge milieudruk (Figuur 9 D)

In een klimaatgevoelig landschap met hoge milieudruk, moeten we ons eveneens de vraag stellen of de milieudruk aan de bron oplosbaar is. Indien wel, komen we in voorgaande situatie terecht. Indien niet, is intensief effectgericht beheer noodzakelijk om de milieudruk te mitigeren en de aanwezige natuurwaarden in stand te houden in het versnipperde landschap. Waar mogelijk, proberen we ook de veerkracht te verhogen. De baten van natuurlijke processen moeten ook hier afgewogen worden tegenover de nadelen van de veroorzaakte milieudruk. Zo kunnen overstromingen de heterogeniteit van het gebied verhogen, maar moeten we dit afwegen tegenover de invloed van een slechte waterkwaliteit. In deze landschappen zijn de mogelijkheden voor adaptatiebeheer beperkt.

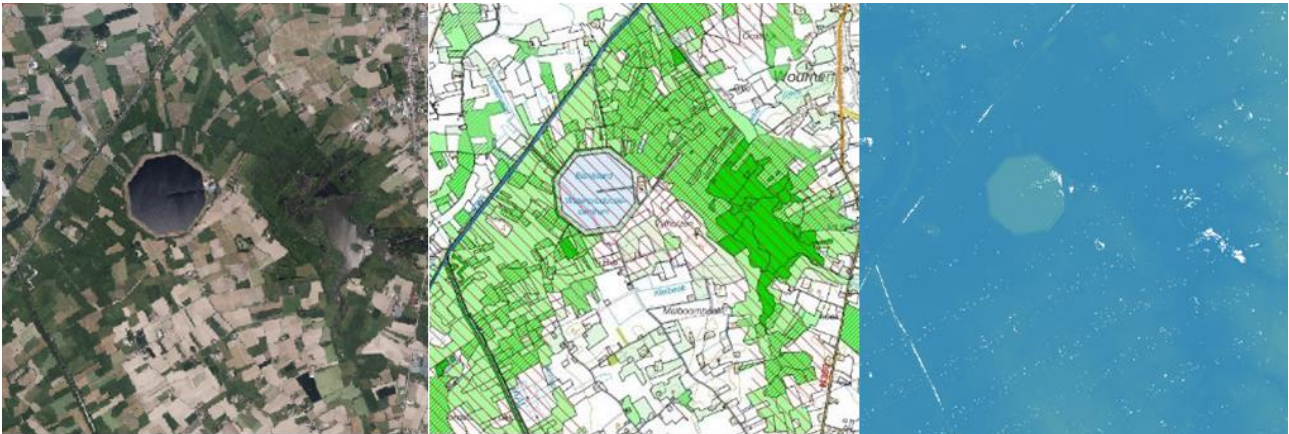
Afhankelijk van de uitgangssituatie in het strategisch schema kunnen beheerders en planners dus prioriteiten voor klimaatadaptatie bepalen, en ligt de focus dus meer op diversifiëren van het beheer, het versterken van het ecologisch netwerk, of het mitigeren van andere milieudruk. De bereikbare veerkracht (bepaald door het haalbare landschapsherstel en de intrinsieke klimaatkwetsbaarheid) is bepalend voor het belang van effectgerichte maatregelen, maar zelfs in een – voor Vlaanderen – veerkrachtig ecosysteem kan het natuurlijke aanpassingsvermogen tekort schieten om de snelheid van klimaatverandering op te vangen. Veel heeft te maken met de intrinsieke gevoeligheid van het vlakke Vlaamse landschap aan klimaatverandering.

4.2 Gevalstudies als illustratie

Voor de organisatie van de thematische werkgroepen, werden drie typelandschappen geselecteerd op basis van het schema in Figuur 6. Ter voorbereiding van de workshops werd door INBO een screening gemaakt van de klimaatgevoeligheid van elk van de drie landschappen en de aanwezige habitats en soorten. Mogelijke adaptatiemaatregelen werden door UGent opgesteld en besproken. Tijdens de workshops zelf werden, na inleidende presentaties door INBO en UGent, de mogelijkheden voor adaptatie in het natuur- en bosbeheer van deze landschappen bediscussieerd met terreinbeheerders en experts. Hiervoor hadden zij kaarten met de (a)biotische toestand en beschermde gebieden ter beschikking, evenals een schematisch overzicht van de belangrijkste klimaateffecten en mogelijke adaptatiemaatregelen. Deze documenten, alsook de bevindingen van deze drie cases zijn te vinden in elektronische bijlage bij dit rapport.

Hier bespreken we de identificatie van het landschapstype en de intensiteit van andere milieudruk op de ecosystemen in de drie landschappen, zoals besproken in paragraaf 3.2:

De IJzervallei rond de Blankaart tussen Woumen, Merkem, de samenvloeiing van de Ieperlee en de IJzer en de Houtensluisvaart en de IJzer.



Figuur 10: Orthofoto, biologische waarderingskaart en hoogtemodel van de landschapscase in de IJzervallei

- Korte omschrijving: Riviervallei en moerasgebied in de polders met als belangrijkste natuurwaarden ecologisch waardevolle poldergraslanden, (riet)moerassen en open water. Het is een zeer belangrijk gebied voor avifauna.
- Landschapsdegradatie: **MATIG** Vrij aaneengesloten natuurgebied, maar omgeven door intensieve poldergraslanden.
- Klimaatkwetsbaarheid: **HOOG** De Blankaart is een erg monotoon, laaggelegen landschap met weinig milieugradiënten. Omdat het landschap grotendeels boomloos is, is er ook weinig variatie in vegetatiestructuur en de daarmee samenhangende microklimaten. Een overstroming of een hittegolf treft het hele landschap min of meer even hard – hoewel grote waterlichamen zoals de Blankaartvijver wel voor temperatuurbuffering zorgen (Fridley 2009). Het is daarom erg kwetsbaar aan klimaatverandering
- Andere milieudruk: **HOOG** De natuurdoelstellingen in het landschapsvenster zijn in zeer hoge mate afhankelijk van het landgebruik en –beheer erbuiten. De beken die de Blankaartvijver voeden voeren water aan uit de groentestreek rond Roeselare. Door erosie wordt sedimentrijk ‘modderwater’ aangevoerd, rijk aan nutriënten en pesticiden. Groententeelt is op zich al erg

gevoelig aan erosie, en omwille van de relatief hoge opbrengsten, is het voor landbouwers niet interessant om beheerovereenkomsten zoals af te sluiten voor aanleg van grasbufferstroken of houtkanten.

- Conclusie: Dit landschap neigt naar het type 'gevoelig' met een matige versnippering en met geringe milieugradiënten (polders). Bovendien staan de natuurwaarden sterk onder druk, met name door bodemerosie stroomopwaarts in de zandleemstreek.

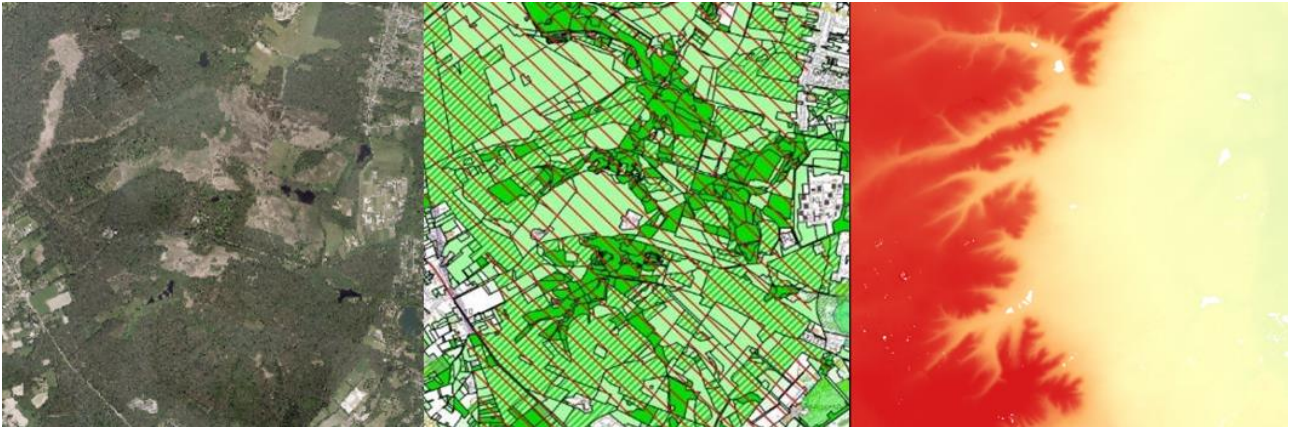
De vallei van de Ijse, Laan en Dijle tussen Overijse, Neerijse, Sint-Joris-Weert en Ottenburg.



Figuur 11: Orthofoto, biologische waarderingskaart en hoogtemodel van de landschapscase in de Ijse-Laan-Dijle vallei

- Korte omschrijving: Riviervalleien in de leemstreek met uitgesproken reliëf. De belangrijkste natuurwaarden zijn de valleigraslanden, -ruigten en -bossen. De leemplateau's zijn grotendeels onder akkergebruik, met enkele boskernen en een restant heischraal grasland.
- Landschapsdegradatie: **MATIG HOOG** De beheerde oppervlakte in het landschapsvenster is relatief groot, maar de valleigebieden zijn niet verbonden met de natuur- en bosfragmenten op de plateau's.
- Klimaatkwetsbaarheid: **LAAG** Valleilandschap met brede milieugradiënten die samenhangen met het reliëf: van diepe beekdalen tot hooggelegen plateau's. Soorten ontsnappen aan een overstroming aan de valleiranden, en aan een hittegolf in de beboste valleidelen, rond bronnen of op noordhellingen. Het landschap is daarom minder kwetsbaar aan klimaatverandering (in vergelijking met de rest van Vlaanderen).
- Andere milieudruk: **MATIG HOOG** Met heel wat erosie door afstroom uit akkers op de plateau's, en jaarlijks terugkerende overstromingen met sedimentrijk en eutroof water. De plateaubossen en -graslanden staan onder druk van verzurende deposities.
- Conclusie: Dit landschap neigt naar het type 'resistent' landschap, vrij sterk versnipperd maar met heel wat gradiënten in bodemvocht en -textuur onder invloed van de riviervalleien. Bovendien staan de natuurwaarden onder druk, met name door bodemerosie stroomopwaarts en op de plateau's.

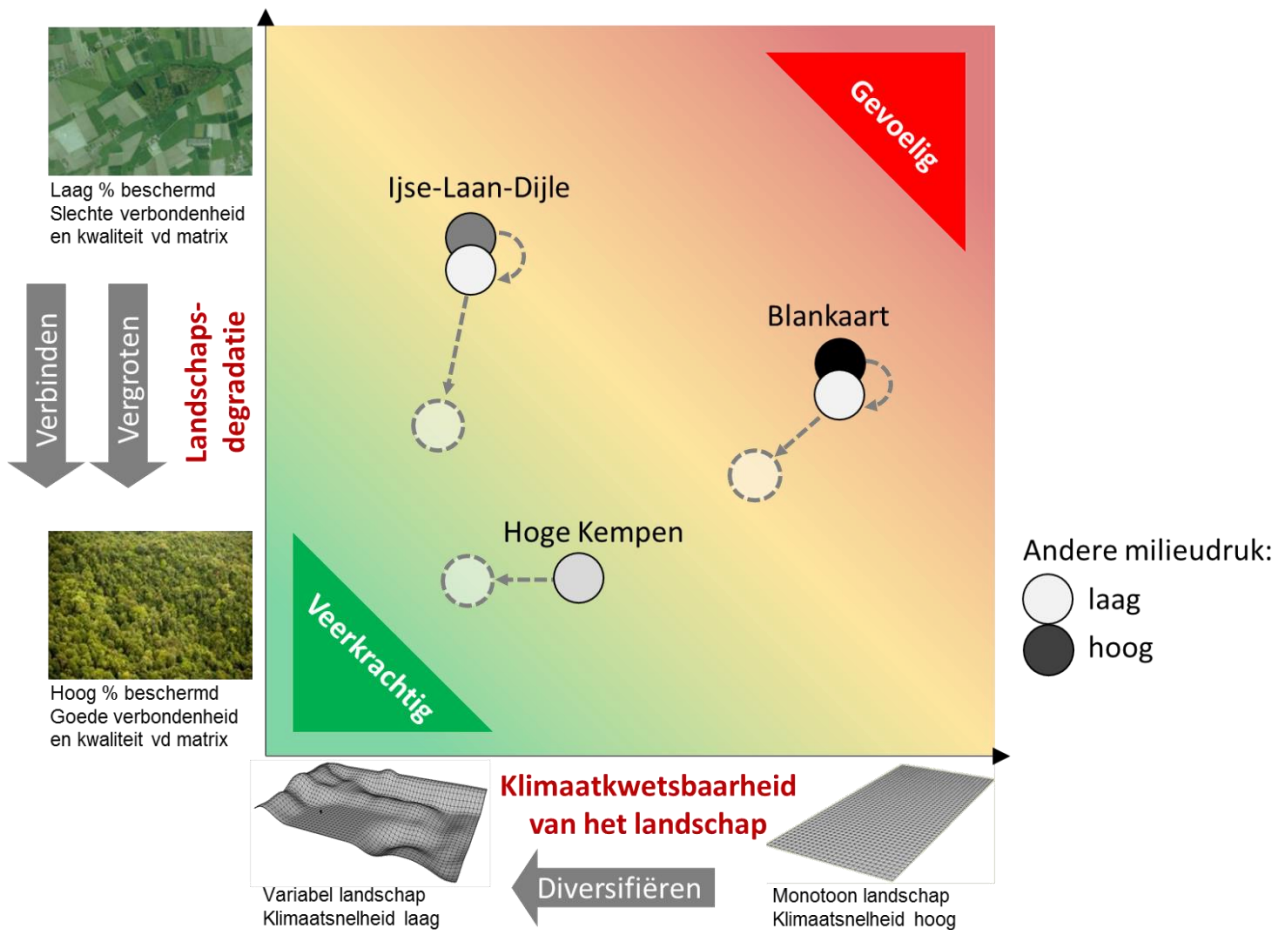
De Hoge Kempen tussen Zutendaal, Opgrimbie en Lanaken.



Figuur 12: Orthofoto, biologische waarderingskaart en hoogtemodel van de landschapscase in de Hoge Kempen

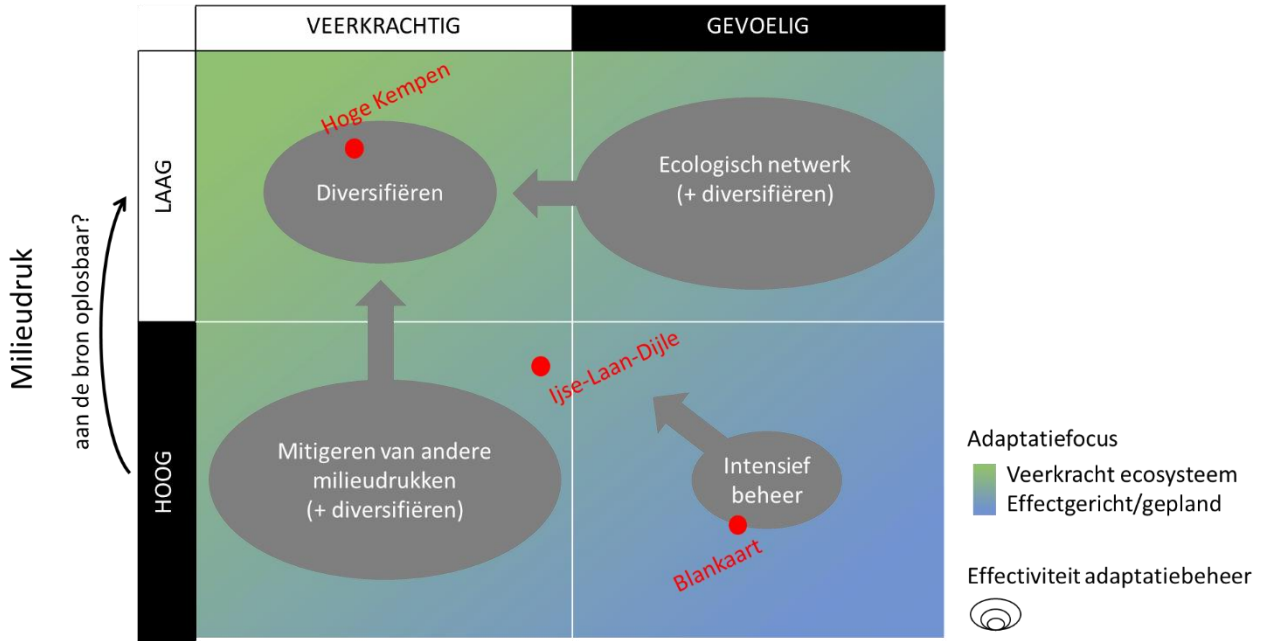
- Korte omschrijving: Hoofzakelijk aaneengesloten bos- en natuurgebied. De belangrijkste natuurwaarden zijn de centraal gelegen (vochtige) heide en oligotroof elzenbroek in de beekvalleien. Deze worden omgeven door uitgestrekte bosgebieden die hoofdzakelijk bestaan uit naalduaanplantingen, maar ook eiken-berkenbos
- Landschapsdegradatie: **LAAG** In sterke mate intact, grotendeels aaneengesloten natuur- en bosgebied, doormidden gesneden door een baan en bebouwd in de periferie.
- Beoordeling Klimaatkwetsbaarheid: **MATIG** Reliëfrijk, vooral aan de steilrand van het Kempens Plateau en de beekvalleien. De grote variatie in vegetatiestructuur van open heide tot gesloten bos zorgt voor een ruim aanbod aan microklimaten. Wel omgeven grote monotone naalduhoutbestanden de kern van het gebied, en het volledige gebied is wel gelegen op zandige bodem, waardoor het relatief snel en gelijkmatig opwarmt tijdens een hittegolf. Omwille daarvan is dit landschap matig kwetsbaar aan klimaatverandering.
- Andere milieudruk: **LAAG** De voornaamste milieudruk wordt veroorzaakt door drainage in functie van de uitbating van zandgroeves, en door stikstofdeposities (voor Vlaanderen relatief laag).
- Conclusie: Het landschap situeert zich tussen het type ‘vatbaar’ en ‘veerkrachtig’ met goed aaneengesloten natuur- en bosgebieden, maar met matige gradiënten: het landschap omvat wel de steilrand van het Kempens plateau en enkele beekvalleien, maar het volledige oppervlak bestaat overwegend uit zure zandgrond. Bovendien bestaat meer dan 50% van de oppervlakte uit naalduaanplantingen.

De locaties van de drie cases in het landschapsschema worden weergegeven in Figuur 13. In Figuur 14 worden de cases gelokaliseerd in het strategisch schema. In de IJse-Laan-Dijle vallei geniet adaptatiebeheer de hoogste effectiviteit, met focus op het mitigeren van andere milieudrukken (als ze niet aan de bron oplosbaar zijn), gekoppeld aan het diversifiëren van het beheer en het versterken van de landschapsconnectiviteit. Voor de Hoge Kempen volstaat grotendeels een ecosysteemgericht onderhoudsbeheer (diversifiëren van het beheer). Om in de Blankaart echt aan klimaatadaptatie te kunnen werken, is een voorwaarde dat de huidige milieudruk door bodemerosie uit de zandleemstreek aan de bron wordt aangepakt. Werken aan de landschapsconnectiviteit en het diversifiëren van het beheer zijn daarom niet zinloos op dit moment, maar moeten wel afgewogen worden tegenover de eventuele verhoging van de milieudruk.



Figuur 13: Positionering van de drie cases op basis van de landschapsdegradatie, de gevoeligheid aan klimaatverandering en de intensiteit van andere milieudruk naar analogie met Figuur 9. Vanuit deze posities kan de mate waarin de landschappen klimaatverandering kunnen bufferen (veerkracht) verhoogd worden via beleids- en beheerinspanningen (stippellijnen). Hierbij moet ook de andere milieudruk aangepakt worden via brongerichte of mitigerende maatregelen

Klimaatgevoeligheid



Figuur 14: Locatie van de drie cases in het strategisch schema. In de Ijse-Laan-Dijle vallei genieten adaptatiemaatregelen de hoogste effectiviteit, met focus op het mitigeren van andere milieudrukken (als ze niet aan de bron oplosbaar zijn), gekoppeld met het verbeteren van het ecologisch netwerk en het diversifiëren van het beheer. Voor de Hoge Kempen volstaat grotendeels een ecosysteemgericht onderhoudsbeheer (diversifiëren van het beheer). Om in de Blankaart echt aan klimaatadaptatie te kunnen werken, is een voorwaarde dat de milieudruk door bodemerosie uit de zandleemstreek aan de bron wordt aangepakt. Het verbeteren van het ecologisch netwerk en beheerdiversificatie zijn daarom niet zinloos op dit moment, maar moeten wel afgewogen worden tegenover de eventuele verhoging van de milieudruk.

5 Overzicht adaptatiemaatregelen

In dit laatste hoofdstuk geven we een overzicht van mogelijke adaptatiemaatregelen. In een eerste paragraaf bespreken we eerst de belangrijkste generieke maatregelen; de daaropvolgende paragrafen behandelen achtereenvolgens maatregelen voor heide, bos, grasland, moeras en open water. De maatregelen worden opgelijst in tabelvorm, waarbij we telkens aangeven over welk type maatregel het gaat:

- Groen = ecosysteemgerichte maatregel (zie §2.2) die inzet op het verbeteren van het ecologisch netwerk of het vergroten van de (a)biotische variatie in het landschap (y- en x-as in Figuur 9, §4.1)
- Blauw: effectgerichte maatregel (zie §2.2) die de blootstelling aan (de effecten van) klimaatverandering vermindert
- Grijs: maatregelen die ook andere milieudruk vermindert (zwarte kleuring in Figuur 9, §4.1)

In de rechtse kolommen geven we bijkomend aan of deze maatregelen bijdragen aan de doelen voor biodiversiteit en drie ecosystemendiensten:

- **Houtproductie:** belangrijk beheerdoel in bosgebieden van ANB, naast biodiversiteit en recreatie. Hier ingeschat als geproduceerd volume of verlaging van het (brand)risico.
- **Waterberging:** is in sterke mate bepalend voor de ruimtelijke ordening. Maatregelen die de waterberging verhogen, helpen ook de klimaatadaptatie van woonzones en landbouwland.
- **Koolstofopslag:** geeft aan of een adaptatiemaatregel ook bijdraagt aan klimaatmitigatie door een verhoogde opslag van koolstof in de bodem (organisch materiaal en veen) of de biomassa.

Een groene kleur wijst op een positief effect, rood (zelden) op een negatief effect, en grijs op een neutraal effect.

5.1 Habitatoverschrijdende adaptatiemaatregelen

Veel adaptatiemaatregelen zijn niet onder te brengen onder een specifiek habitatgroep, en worden daarom hier apart besproken. In bijlage vind je ter info ook de maatregelentabel uit 'Guidelines on climate change and Natura 2000' (European Union 2013).

Identificeren van klimaatrefugia en verzekeren van het goede beheer ervan. Klimaatrefugia zijn bijvoorbeeld bosrijke valleiden met hoge kweldruk, of noordgerichte hellingen (toevluchtsoord tijdens hete zomerdagen), maar evengoed microreliëf in een overstromingsgebied (toevluchtsoord tijdens overstromingen). Een voorbeeld uit de Hoge Kempen: door kleilagen aanwezig in het Kempens plateau, zijn er nattere zones op de steilrand (kwelwater treedt uit door lokale kleilagen). Hier zijn er kansen voor veenontwikkeling (beekmijtertje zit al op randen van de rabatten) en wordt gedacht aan het dempen van de rabatten. Het identificeren van deze lokale grondwatersystemen is belangrijk, omdat ze microhabitats creëren die ook kunnen dienen als klimaatrefugia.

Verbindingen doorheen de landschapsmatrix

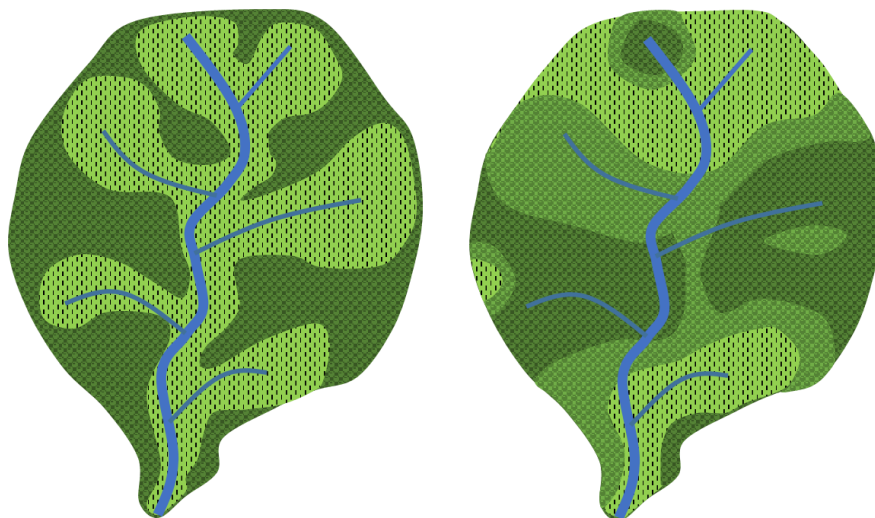
Zeker in meer versnipperde landschappen is aangepast beheer in het tussenliggende landschap van groot belang om landschapsdegradatie tegen te gaan en bijkomende habitats of verbindingen te realiseren. Denk aan het ecologisch beheer van tuinen en industrieterreinen, de aanleg van poelen in tuinen en weiden, de (her)aanplant van houtkanten of de aanleg van grasbufferstroken langs akkerranden, beheer i.f.v. extensieve graslanden. Door het ondersteunen van ecologische aanleg van tuinen en industrieterreinen, kunnen bovendien ook zaadbronnen van exotische soorten vermeden worden. De aanleg van grasbufferstroken of houtkanten door landbouwers wordt ondersteund via het systeem van beheerovereenkomsten. Deze missen

echter vaak de nodige daadkracht door hun tijdelijke karakter en vrijwillige deelname. Collectieve beheerovereenkomsten kunnen helpen om ecologische verbindingen te realiseren, maar hun tijdelijke karakter blijft een probleem. Een mogelijk alternatief is het economisch herwaarderen van vermarktbaar ecosysteemdiensten zoals hout: het benutten van de brandbare biomassa (houtsnippen) voor verwarming van tuinbouwserres, publieke gebouwen, of wijkverwarming kan de impuls vormen voor de duurzame uitbouw van een netwerk van houtkanten, zoals in het Waalse dorpje Malempré gebeurt. Bovendien wordt klimaatadaptatie zo geïntegreerd met klimaatmitigatie (hout als hernieuwbaar alternatief voor fossiele brandstoffen). Ook (spoor)weg- en kanaalbermen vormen belangrijke verbindingen in het landschap en vragen een gepast beheer.



Vergroening industrieterrein: huidige situatie (l) en ontwerp (r). Foto: Pro Natura.

Continuïteit van beheervormen over milieugradiënten heen. Vegetatietypen worden gestuurd door milieugradiënten alsook beheervorm en –intensiteit. Om de grootst mogelijke variatie aan vegetatietypen te creëren, is het belangrijk dat elke beheervorm (zoals maai/begrazingsbeheer, kapbeheer, nietsdoen) over zo breed mogelijke milieugradiënten voorkomt. Ook geleidelijke en grillige overgangen verruimen het spectrum aan habitatvariatie. In Figuur 15 wordt dit geïllustreerd aan de hand van een stroomgebied. Links liggen de graslanden (lichtgroen) steeds in de valleien, en de bossen steeds op de plateau, met scherpe overgangen tussen beiden. Rechts liggen de graslanden en bossen over de valleigradiënt heen, met verspreide boomgroei in het grasland en open plekken in de boskernen. Bovendien zijn de overgangen geleidelijk, met ruigtes en hakhout.



Figuur 15: Opdeling van beheervorm evenwijdig aan de vallei-plateau gradiënt (l) of over de gradiënt heen met graduele overgangen (r)

Opstellen van rampenplannen

Het opstellen van rampenplannen zal, waar relevant, noodzakelijk zijn om snel en correct te reageren op calamiteiten zoals stormen, bosbranden of grootschalige overstromingen. Hierbij kan veel geput worden uit de ervaring in andere gebieden. Zo heeft men in de Kalmthoutse heide heel wat ervaring met heidebranden: de brandweer kent de juiste technieken en de interventie gebeurt snel. Ook is er al heel wat ervaring opgebouwd in verband met brandpreventie. Bij een brand dient ook een databank aangelegd te worden met de aanleiding, de bestrijding en de vegetatieontwikkeling voor en na de brand.

Beheercapaciteit en -flexibiliteit verhogen

Om flexibel te kunnen inspelen op vervroegde bloeiperiodes, verlengde vegetatieseizoenen of verkorte winterperiodes kan tijdelijk een verhoogde beheercapaciteit nodig zijn. Zo is een exploitatie in natte bossen of een winterse maaibeurt van een rietland vaak enkel mogelijk wanneer de ondergrond bevroren is (en bovendien wenselijk om bodemcompactie te vermijden). In het verkorte tijdsvenster voor deze werkzaamheden kan dus extra beheercapaciteit nodig zijn. Door een stijging in productiviteit en een verlengd vegetatieseizoen, kan ook een extra maaibeurt in het begin van de winter of het vroege voorjaar nodig zijn. Om in te spelen op onverwachte evoluties op het terrein, kan meer flexibiliteit worden ingebouwd bij de keuze van de maatregelen om voorziene doelen te bereiken.

Adaptief beheer (zie ook §2.2)

De huidige beheerplannen zijn mogelijks te statisch om de effecten van klimaatverandering op te vangen. Duidelijke doelstellingen zijn noodzakelijk, maar er kan meer flexibiliteit worden ingebouwd bij de keuze van de maatregelen om de doelen te bereiken. Daarbij is een goede monitoring gekoppeld aan regelmatige bijsturing van het beheer belangrijk. Na storm- of brandschade, zal het bovendien noodzakelijk zijn om de doelen te herbekijken.

Met de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000 gebieden tegen 2050 rijst de vraag of deze vrij statische benadering wel klimaatbestendig is. De focus op soorten brengt beheerders in problemen wanneer doelsoorten uit het gebied verdwijnen. Zo is roerdomp een doelsoort voor veel valleigebieden, maar zal Vlaanderen volgens de klimaatatlas voor broedvogels tegen 2100 niet meer geschikt zijn voor deze soort. Nuance is hierbij wel nodig, want klimaatveloppes hebben ook een aantal nadelen: ze zijn louter gebaseerd op huidige areaal en een subset van klimaatvariabelen die hiermee samenhangen. Toch wordt best op niveau van het verspreidingsgebied van een soort gekeken. Indien de soort elders goed stand houdt of vooruitgang boekt, hoeft het geen probleem te zijn dat we een soort lokaal 'verliezen'. We moeten wel de reden van achteruitgang of verlies trachten te achterhalen. Bovendien dienen we eveneens op te volgen welke nieuwe soorten zich (spontaan) vestigen, en welke we in de toekomst kunnen verwachten.

Beheer van invasieve exoten

Klimaatverandering verhoogt de kans op invasie van exoten. Intensivering van de monitoring (vroegtijdige opsporing) en tijdige bestrijding is de voornaamste maatregelen om invasieve exoten onder controle te houden. Indien dit verwaarloosd wordt, is het beheer vaak niet meer economisch te verantwoorden.

Waterbuffering en integraal waterbeheer

Het bufferen van water is voornamelijk van belang voor grondwaterafhankelijke habitats, maar vermindert ook bodemerosie door *runoff*. De maatregelen spreiden zich uit over het volledige stroomgebied. Maatregelen in functie van laaggelegen (kwel)zones situeren zich typisch op de plateau's en de bovenlopen in het stroomgebied. Zo zorgen beboste plateau's en steilranden voor maximale infiltratie van bodemvocht (open loofbos > naaldbos) en minimale afstroom, en zorgt hermeandering van de bovenlopen voor vertraagde afvoer. Beiden hebben tot gevolg dat de aanvoer van grondwater in de vallei stabiel is, wat

cruciaal is voor grondwaterafhankelijke bos- en natuurtypen zoals vochtige schraallanden, rietlanden en broekbossen. Ook voor de watervoorziening van beken en vijvers is dit heel belangrijk. Om water op te houden, kan het beekwater eventueel via parallelgreppeltjes afgeleid worden naar een doorstroommoeras of nat schraalland. Ook kan de bedding verhoogd worden (of de oevers verlaagd) zodat het beekje sneller overstroomt. Op de plateau's kunnen rabatten gedicht worden om waterafvoer te verminderen en kan men afstroomwater van wegen (indien de kwaliteit goed is) naar het grondwater afleiden in plaats van naar de riolering. Hierdoor verhoogt de grondwatervoeding en treden overstorten minder snel in werking, waardoor de waterkwaliteit verbetert. Ook open plekken creëren rond vennen kan de lokale waterbevoorrading verhogen door verdamping te verminderen.

Buiten het beheerd gebied zijn de belangrijkste acties het terugdringen van de verharde oppervlakte, het opvangen en bufferen van regenwater en het scheiden van regenwater en afvalwater.

Geassisteerde migratie

Het verplaatsen van weinig mobiele soorten met een hoog risico op achteruitgang of uitsterven door klimaatverandering moet overwogen worden om hun voortbestaan te verzekeren. Waar de risico's bij herintroducties klein zijn – de belangrijkste voorwaarde is dat de reden van verdwijnen is weggenomen – zijn de risico's van het overbrengen van nieuwe soorten veel moeilijker in te schatten. Men kan vrij goed voorspellen of een gebied klimatologisch geschikt is voor een nieuwe soort, maar hoe de acceptorgemeenschap zal reageren op de nieuwkomer (door nieuwe soortcombinaties) is onduidelijk. Daarom is een duidelijk afwegingskader heel belangrijk (Figuur 6). Elke migratie-actie dient goed voorbereid en opgevolgd te worden, en start best met enkele kleinschalige experimenten.

Geassisteerde migratie zou de laatste optie moeten zijn, als er geen functionele verbindingen zijn naar bronpopulaties, of weinig mobiele soorten. Bovendien worden soorten ook vaak onbedoeld overgebracht via maaimachines, grazers, bezoekers of via waterlopen en overstromingen.

Er zullen ook keuzes moeten gemaakt worden: we focussen hier beter op de betekenisvolle soorten voor het ecosysteemfunctioneren (echte ecosystemingenieurs zoals bevers of halfparasieten), dan op zeldzame specialisten of aabare soorten. Toch zijn die zeldzame soorten wellicht net diegene die we het eerst dreigen te verliezen. Daarom is een gecombineerde aanpak mogelijks de beste.

Tabel 1: Oplijsting van habitatoverschrijdende maatregelen met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosystemendiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

Habitat-overschrijdend	ecologisch netwerk		(a)biotische variatie		blootstelling		andere milieudruk		biodiversiteit		houtproductie		waterberging		C-opslag	
Identificeren van klimaatrefugia en verzekeren van het goede beheer ervan	X	X														
Verbindingen doorheen de landschapsmatrix	X															
Continuïteit van beheervormen over milieugradiënten heen		X														
Opstellen van rampenplannen		X	X													
Beheercapaciteit en -flexibiliteit verhogen		X	X													
Adaptief beheer		X	X													
Beheer van invasieve exoten		X		X												
Waterbuffering en integraal waterbeheer			X	X												
Geassisteerde migratie			X													

5.2 Habitatspecifieke adaptatiemaatregelen

Hier geven we een overzicht van mogelijke habitat-specifieke adaptatiemaatregelen voor de belangrijkste habitatgroepen in Vlaanderen. Het is duidelijk dat we hier niet volledig zijn, zo ontbreken kusthabitats zoals duinen, slikken en schorren. Het overzicht wordt gegeven aan de hand van tabellen (zie hoger).

Maatregelen die weerstand bieden aan klimaatverandering via kunstingrepen zijn te verantwoorden als de baten (bv. bijzondere natuurwaarde die anders verloren gaat) groter zijn dan de kosten van instandhouding. Bovendien is regelmatige evaluatie noodzakelijk. Een voorbeeld hiervan is het kunstmatig behoud van hoge grondwaterstanden tijdens de lente en de zomer in bedreigde waardevolle broekbossen, laagvenen, rietlanden en graslanden (zoals blauwgrasland en vochtig heischraal grasland). Daarbij moet regelmatig herbekeken worden of de natuurdoelstellingen ook op lange termijn behouden kunnen blijven. Indien niet, moet bekeken worden welk beheer het meest effectief is om verandering te faciliteren. Zo kan men een uitdrogend laagveen laten verbossen tot een broekbos, of via maaibeheer omvormen naar een nat hooiland. Hierbij is het wel belangrijk dat onderscheid gemaakt wordt tussen effecten van klimaatverandering en vermijdbare milieudruk.

5.2.1 Heide

Het beheer van heide in functie van klimaatverandering is voornamelijk gericht op areaalvergroting, verbindingen tussen heidekernen, het creëren van maximale structuurvariatie met verspreide boomgroei en geleidelijke overgangen naar bos (koelere klimaatrefugia) en het beheer van heidebranden.

Tabel 2: Oplijsting van habitatspecifieke maatregelen voor heide met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosysteemdiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

Heide	ecologisch netwerk (alibiotische variatie)	blootstelling	andere milieudruk	biodiversiteit	houtproductie	waterberging	C-opslag
Verhoog de oppervlakte bestaand habitat en verminder de effecten van fragmentatie door gerichte ontwikkeling en herstel rond bestaande habitatvlekken (groter kerngebied en verminderen van randeffecten). Bijvoorbeeld kwelzones of zones met veel reliëf.	X						
Intensivering van het beheer om versnelde vergrassing en verbossing tegen te gaan door een combinatie van begrazing, maaien en/of branden om een diverse vegetatiestructuur te bekomen.		X					
Overweeg bij herstel van gedegradeerde heide te plaggen, chopperen of te maaien volgens een vochtgradiënt.		X					
Ontwikkel/behoud structuurdiversiteit in de vegetatie in functie van een ruim aanbod van micro habitats en niches, inclusief open grond, zones met (korst)mossen, kruiden, dwergstruiken met variabele leeftijd, natte heide en moeras en verspreide bomen en struiken.		X					
Zorg dat er rampenplannen zijn in geval van heidebrand. Met name verouderde en vergraste heide zijn brandgevoelig (ook natte heide is brandgevoelig in het voorjaar). Verminder het risico op heidebrand, inclusief aanleg en beheer van brandgangen (maaien, ploegen of frezen), waterbassins en publieke toegankelijkheid bij verhoogd brandgevaar. Overweeg ook het frequenter maaien of preventief branden van bepaalde zones, of het behoud van loofbos als brandvertrager of buffer (bv. naast bewoonde gebieden).		X	X				
Zorg ervoor dat hydrologische omstandigheden van vochtige heide gewaarborgd blijven, bijvoorbeeld door het elimineren van kunstmatige drainage en wateronttrekking.			X	X			
Pas de periode van beheerwerken aan de nattere winters en langer groeiseizoen. Zo kunnen nattere winters machinale werkzaamheden bemoeilijken en kan een vervroegd broedseizoen het tijdsvenster voor kapwerkzaamheden verkleinen.			X	X			

5.2.2 Bossen

Het beheer van bossen in functie van klimaatverandering is voornamelijk gericht op areaalvergroting, verbindingen tussen boskernen, het creëren van maximale structuurvariatie met open plekken en geleidelijke overgangen naar heide en grasland en het beheer van calamiteiten (bosbranden, stormen, plagen en ziekten).

Tabel 3: Oplijsting van habitatspecifieke maatregelen voor bossen met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosystemendiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

Bossen	ecologisch netwerk	(a)biotische variatie	blootstelling	andere milieudruk	biodiversiteit	houtproductie	waterberging	C-opslag
Kleine bosjes uitbreiden waardoor populaties robuuster worden en randeffecten verminderen. In droge bossen kan dit droogtestress en impact van atmosferische deposities verminderen.	X			X				
Randeffecten verminderen rond broekbossen door de zone van extensief beheerd land te vergroten.	X			X				
Zones voor bosuitbreiding goed overwegen, met voldoende variatie in bodem, hellingsrichting, topografie. Identificeer daarbij zones die het best gebufferd zijn tegen de effecten van klimaatverandering zoals bronzones en noordhellingen.		X						
Structuurdiversiteit verhogen.		X						
Variëren in beheervormen zoals plenterbeheer, femelkap- en schermkapbeheer om meer diverse leeftijdsstructuur te creëren en beschaduwning te verminderen om verjonging te stimuleren. Leeftijdsverdeling verhogen, waardoor ook droogte- en stormgevoeligheid afneemt.		X						
Omvorming van naaldbos naar gemengd loofbos om brandrisico te verminderen op droge zandgronden.		X						
Stormschade aangrijpen als opportuniteit voor spontane bosontwikkeling, of gestuurde bosomvorming.		X						
Inzetten op een bredere genetische basis door aangepaste herkomstkeuze. Hierbij kan gedacht worden aan het beperkt bijmengen van herkomsten uit bijvoorbeeld Zuid-Frankrijk met overwegend lokale herkomsten.		X						
Verminder de impact van ziekten en plagen door te streven naar biodiverse structuurrijke bossen, door plaagbestrijding of het verhogen van de weerstand van individuele bomen.		X	X					
Gebruik van een grotere mix van soorten en herkomsten bij aanplantingen (bv. kleine bijmenging van herkomsten uit Zuid-Frankrijk), aangepaste soortenkeuze.		X	X					
Plaatselijk sterker dunnen om droogtestress en brandgevaar te verminderen.		X	X					
Beukenbossen op droogtegevoelige gronden omvormen naar gemengde loofbossen.		X	X					
Overwegen om boomsoorten met natuurlijk verspreidingsgebied net ten zuiden van België op te nemen in het beheer. Mogelijke voorbeelden zijn Tamme kastanje, Gewone esdoorn en Elsbes.		X	X					
Beheer van invasieve exoten (vroegtijdig opsporen, zaadbronnen opsporen).		X		X				
Onderetage verwijderen om kroonvuur te vermijden. Mantel-zoom vegetaties zouden een remmend effect hebben bij een bosbrand omdat de zuurstofaanvoer via de wind sterk gereduceerd wordt.			X					
Zorg ervoor dat hydrologische omstandigheden in valleibossen gewaarborgd blijven, bijvoorbeeld door het elimineren van kunstmatige drainage en wateronttrekking, maar ook het vermijden van te hoge overstromingsfrequentie, -duur en -diepte.			X	X				
Verzuringgevoelige droge zandgronden: boomsoortenkeuze in functie van gunstig strooiseffect (pH buffering) zoals trilpopulier en linde.			X	X				

De beheerder heeft meer invloed op de samenstelling van bosgemeenschappen dan van andere habitatgroepen, met name door de wijze van verjonging (natuurlijk, kunstmatig, of een combinatie van beide). In het licht van klimaatverandering moet het verbreden van de genetische diversiteit daarbij centraal staan. Dit kan aan de hand van deze drie stappen:

- (1) Beslissen over de nood aan gefusioneerde verjonging of zelfs volledige kunstmatige verjonging i.f.v. de genetische populatiegrootte van de moederbomen. Indien de populatie van een boomsoort groot genoeg is kan men werken met volledig natuurlijke verjonging.
- (2) Indien gekozen wordt voor gefusioneerde of kunstmatige verjonging, werken met een mix van lokale/inheemse herkomsten.
- (3) Bij aanplanten eventueel bijmengen met zuidelijke herkomsten overwegen (zie PhD van Guy Vranckx, §6.2). Het betreft het beperkt bijmengen van plantmateriaal uit herkomstgebieden met een klimaat dat vergelijkbaar is aan ons toekomstig klimaat.

Naast het lijstje van bos-specifieke adaptatiemaatregelen, geven we hier ook een lijstje met typische natuurgetrouwe bosbeheermaatregelen en –systemen en de mate waarin ze aan adaptatieprincipes tegemoet komen (Tabel 4, Brang et al. 2014). Hieruit blijkt dat femelkap (dat is het kappen van relatief kleine groepen bomen binnen elk bosbestand) tenminste gedeeltelijk tegemoet komt aan alle adaptatieprincipes. Beheer volgens het plenter- (selectief bomen kappen) of schermkapsysteem (een ijl scherm van hoge bomen blijft nog even staan terwijl het grootste deel wordt weggekapt) blijken globaal genomen minder te scoren. Dit heeft te maken met de grote variatie aan groeiomstandigheden in voldoende grote verjongingsgaten, gebruikt bij femelkap, waarin zowel licht- als schaduwboomsoorten hun gading vinden. Bovendien leent deze beheervorm zich er beter toe om risicovolle opstanden (bv. omwille van brandgevaar in naaldbossen op droge zandgronden) te vervangen, waar plenterbeheer nooit grootschalig ingrijpt. Schermkap is enkel aangewezen waar het stormrisico laag is. Toch wordt aanbevolen te variëren in de beheervorm, omdat dit de diversiteit en risicospreiding vergroot op landschapsschaal.

Tabel 4: Relatie tussen adaptatieprincipes en bosbouwkundige maatregelen. Uit Brang et al. (2014)

Beheermaatregel of -systeem	Principes					
	1. Boomsoort-diversiteit verhogen	2. Structuur-diversiteit verhogen	3. Behouden en verhogen van genetische variatie binnen boomsoorten	4. Weerstand van individuele bomen tegen (a)biotische stress verhogen	5. Risicovolle bestanden vervangen	6. Staande houtvoorraad laag houden
Boomgerichte selectiesystemen						
Verjongingskappen						
Lange verjongingsperiodes						
Behoud van zaadbomen						
Natuurlijke verjonging						
Kunstmatige verjonging						
Introductie van andere herkomsten						
Opstandsverpleging						
Dunnen						
Impact van houtoogst verminderen						
Verkorte rotatieduur						
Wilddruk onder controle houden						
Plenterbeheer						
Femelkap beheer						
Schermkap beheer						

donkergroen: de maatregel/beheersysteem kan gebruikt worden om een principe volledig te implementeren

lichtgroen: de maatregel/beheersysteem kan gebruikt worden om een principe gedeeltelijk te implementeren

5.2.3 Graslanden

Het beheer van graslanden in functie van klimaatverandering is voornamelijk gericht op areaalvergroting, verbindingen, het creëren van maximale variatie in vegetatiestructuur, (micro)reliëf, bodem en vocht. Zo kan men streven naar afwisseling van graslandruigtes en geleidelijke overgangen naar moeras. Of men kan streven naar verspreid struikgewas en boomgroei, met geleidelijke overgangen naar bos (indien geen beheerfocus op weidevogels). Verder zijn het in stand houden van een geschikt hydrologisch regime en flexibel beheer in functie van veranderde bloei- en broedperiodes ook zeer belangrijk.

Voor poldergraslanden worden bijkomend een aantal specifieke maatregelen gedefinieerd. Reden hiervoor zijn de specifieke waterhuishouding in de polders en de invloed van zilte kwel.

Tabel 5: Oplijsting van habitatspecifieke maatregelen voor bossen met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosystemendiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

Graslanden	ecologisch netwerk (a)biotische variatie	blootstelling andere milieudruk	biodiversiteit	houtproductie	waterberging	C-opslag
Areaalvergroting door herstel van ecologisch waardevol grasland.	X		X			
Zones voor graslanduitbreiding goed overwegen, met voldoende variatie in bodem, hellingrichting, topografie.		X				
De vegetatiestructuur bevorderen door te variëren in beheervorm en –tijdstip. Denk hierbij aan extensieve begrazing en gefaseerd maaibeheer. Dit zorgt voor continu aanbod van diverse microklimatologische omstandigheden.		X				
Zet in op het behoud en de versterking van (micro)reliëf, kreekruigden en komgronden.		X				
Hanteren van een gepaste begrazingsdruk en periode van begrazing rekening houdend met de grotere seizoenale variatie in groeiomstandigheden en bloei- en broedperiodes.		X	X			
Laat verspreide boomgroei en struikgewas toe, in gebieden niet niet beheerd worden in functie van fauna van grote open graslandcomplexen. Schaduwrijke plaatsen zijn koeler op hete zomerdagen.		X	X			
Door productiviteitstijging zal frequenter maaibeheer nodig zijn. Daarnaast is een flexibele timing van maaibeurten nodig rekening houdend met de grotere seizoenale variatie in groeiomstandigheden en bloei- en broedperiodes.			X			
Extra vroege maaisnede (en verlate tweede maaisnede) in functie van broedvogels.			X			
Zorg ervoor dat hydrologische omstandigheden in valleigraslanden gewaarborgd blijven, bijvoorbeeld door het elimineren van kunstmatige drainage en wateronttrekking, maar ook het vermijden van te hoge overstromingsfrequentie, -duur en -diepte.			X	X		
Veenafbraak verminderen door de grondwaterstand te verhogen. Zilt water versnelt de veenafbraak.			X	X		
Verhogen van de waterbuffercapaciteit: de maatregelen moeten gebiedsspecifiek uitgewerkt worden.			X	X		
Inundatie met stagnerend regen- en overstromingswater vermijden door grachten te ruimen, laantjes te trekken of het peil kunstmatig te regelen.			X	X		
Vermijd het gebruik van brak water om het waterpeil in de polders te verhogen tijdens langdurig droge periodes.			X	X		
Zoutinvasie zal toenemen in poldergraslanden onder invloed van klimaatverandering. In zones waar dit een knelpunt is (huidige waardevolle vegetatie kan niet landinwaarts opschuiven), kan men de grondwaterstanden en waterbuffer te verhogen. In andere zones kan dit ook kansen bieden aan zilte vegetaties en kan men het natuurbeheer hierop afstemmen.			X	X		
Waar een toename in zoutinvasie niet tegen te houden is, verzeker de connectiviteit naar en het beheer van landinwaarts gelegen poldergraslanden.	X					

5.2.4 Moeras, rietland en natte ruigten

Het beheer van moeras, rietland en natte ruigten in functie van klimaatverandering is voornamelijk gericht op areaalvergroting en het verminderen van randeffecten, het beschermen van zones met stabiel hydrologisch regime of het kunstmatig instandhouden ervan. Verder is ook het creëren van structuurdiversiteit en geleidelijke overgangen naar broekbos en grasland belangrijk.

Tabel 6: Oplijsting van habitatspecifieke maatregelen voor moeras, rietland en natte ruigten met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosysteemdiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

moeras, rietland en natte ruigten	ecologisch netwerk (alibionische variatie)	blootstelling	andere milieudruk	biodiversiteit	houtproductie	waterberging	C-opslag
Moerasgebieden uitbreiden.	X						
Randeffecten verminderen rond moerasgebieden door de zone van extensief beheerd land te vergroten om nutriëntenaanrijking en verdroging terug te dringen. Aanvoerwater van slechte kwaliteit kan omgeleid worden.	X		X				
Variëren in beheervormen in grotere gebieden om een mozaïek aan habitattypes te creëren: volledige gradiënt van onbeschaduwde zones zonder struikgewas en bomen tot gesloten bos (behalve in gebieden die beheerd worden in functie van fauna van grote open moerascomplexen).		X					
Voor rietland: Zorg voor verscheidenheid in leeftijdsklassen en zones met dood riet door te variëren in beheerregime.		X					
Identificeer en bescherm zones waar de waterkwaliteit en -kwaniteit waarschijnlijk behouden zal blijven in de toekomst.		X					
Behoud permanent natte geïnundeerde habitats met geringe fluctuaties in waterniveau, bijvoorbeeld door het elimineren van kunstmatige drainage en wateronttrekking. Hydrologische herstelmaatregelen moeten gebiedsgericht uitgewerkt worden.			X	X			
grachtennetwerk: verhoog waterberging bij overstroming en behoud een hoog waterpeil in perioden met weinig water. Maak optimaal gebruik van het beschikbare water (en benut nieuwe bronnen van geschikt water waar haalbaar) om een constant waterpeil te behouden tijdens lente en zomer.			X	X			
Verzeker geschikt maai- of graasbeheer in combinatie met kapbeheer waar noodzakelijk om successie naar bos te verhinderen.			X	X			

5.2.5 Open water

Het beheer van open water in functie van klimaatverandering is voornamelijk gericht op het beschermen van open water met verzekerde watertoevoer van goede kwaliteit en het creëren van hydrologische en biologische connectiviteit. Ook de aanleg en beheer van voldoende grote oeverzones met ruimte voor spontane processen zoals het meanderen van rivieren met een dynamische bedding en geleidelijke overgangen naar moeras, rietland en natte ruigten zijn heel belangrijk.

Tabel 7: Oplijsting van habitatspecifieke maatregelen voor open water met aanduiding van de ecosysteemgerichte (groen) en effectgerichte (blauw) adaptatieprincipes, alsook het mitigeren van andere milieudruk (grijs) waaraan de maatregel tegemoet komt. Ook de verwachte kwalitatieve effecten op biodiversiteit en de ecosystemendiensten houtproductie, waterberging en koolstofopslag worden weergegeven (groen: positief effect, rood: negatief effect, neutraal effect)

	ecologisch netwerk	(al)biotische variatie	blootstelling	andere milieudruk	biodiversiteit	houtproductie	waterberging	C-opslag
Open water								
Verbeter de waterkwaliteit door de aanvoer van sediment-beladen eutroof water en toxische stoffen zoals pesticiden te minimaliseren. Dit kan bijvoorbeeld via de aanleg van erosiebufferstroken langs akkers en waterlopen, of een zandvang, defosfatatie-installatie of rietmoeras stroomopwaarts van een natuurgebied.	X			X				
Behoud of herstel hydrologische connectiviteit tussen sites waar dat vroeger het geval was, ten behoeve van de bewegingsvrijheid van soorten (verlaging van de stuw, voorzien van een omloopkanaal, voor zoveel mogelijk soorten toegankelijk). Waar van toepassing moet het verwijderen van barrières afgewogen worden tegenover het risico op eutrofiering en de verspreiding van invasieve exoten. In het algemeen houden stuwen invasieve exoten slechts op korte termijn tegen; op lange termijn is dit geen argument om stuwen te behouden.	X							
Optimaliseer de boombedekking langs de oever om variatie in licht- en schaduwzones te voorzien. Dit voorziet de beste mozaïek van biotopen, aanvoer van blad- en takstrooisel, en zorgt voor een buffer tegen een stijgende watertemperatuur op zonnige dagen.		X	X					
Creëer halfnatuurlijke vegetatie zoals bos en grasland langs kritieke afvloeiings trajecten (runoff) om de oppervlakkige afvoer van regenwater te vertragen en infiltratie in de bodem te bevorderen.			X	X				
Bevorder de natuurlijke infiltratie van de bodems in het rivierbekken en de percolatie naar het grondwater door herstel van het aandeel bodem organische stof en door het vermijden van bodemcompactie.			X	X				
Blokkeer drainage waar mogelijk en in overeenstemming met het landbouwbeheer.			X	X				
rivieren								
Herstel de natuurlijke biologische connectiviteit in het riviernetwerk en tussen de rivier en de overstromingsvlakte door kunstmatige barrières te verwijderen.	X							
Laat een groter deel van de overstromingsvlakte natuurlijk overstromen om piekdebieten in stroomafwaarts gelegen stedelijke gebieden te vermijden.	X	X						
Laat rivieren hermeanderen waar dit geen probleem vormt voor het overstromingsrisico van woongebieden. Dit houdt het verwijderen van stuwen, dijken en verharde oevers in.	X	X						
Houd rekening met natuurlijke rivierprocessen zoals de verplaatsing van de rivierbedding en de overstromingsvlakte bij het plannen van landgebruik en –beheer. Ontwikkel langetermijn plannen voor het rivierbeheer en het beheer van halfnatuurlijke habitatmozaïeken binnen een ruimere erodeerbare corridor, en pas toegewezen percelen en natuurdoelstellingen hieraan aan.		X						
Begeleid het natuurlijk rivierherstel door kruid-, slib- en andere ruiming tot een minimum te beperken. Groot houtig strooisel is belangrijk in het rivierecosysteem.		X	X					
Herstel rivierkanalen en oevers actief waar begeleid natuurlijk herstel niet mogelijk is. Zo kan toch een meer natuurlijke mozaïek van karakteristieke biotopen gecreëerd worden door het verhogen van het rivierbed, het herprofilen van de oever en het aanplanten van bomen op de oevers.		X	X					
Beheer de opstuwing en onttrekking van water om de impact op de natuurlijke stroming te minimaliseren.			X	X				
vennen en vijvers								
Behoud of herstel het omringende habitat en golfbrekende structuren om zones te vrijwaren van golfslag. Golfwerking leidt tot troebel water (resuspensie van sediment), waardoor waterplanten weer minder kans krijgen en het water zuurstofarm is. Bodemwoelende vissen zoals karper kunnen dit probleem versterken, daarom kan afvissen overwogen worden.	X		X	X				
Compenseer habitatverlies en voorzie stapstenen die soorten toelaten om zich te verplaatsen door de omgeving door het graven van nieuwe poelen.	X							
Beperk de recreatiedruk om de veerkracht te verhogen. Beheer van invasieve exoten zodat ze de watermassa niet koloniseren.			X	X				

A. In en rond het reservaat

Categorie 1: verminderen van de huidige milieudruk

natuurherstel
vergroten van het beschermd gebied
buffer zones aanleggen
beheer van invasieve exoten, ongewenste dominantie van soorten en van ziekten en plagen
verbindingen over of onder infrastructuur (ecotunnels en ecluducten)
teggengaan van externe bronnen van vervuiling of (ongewenste) verstoring

Categorie 2: verhogen van de heterogeniteit van het ecosysteem

meer structuurgradiënten: vegetatiestructuur, terreinmorfologie
plaats maken voor natuurlijke landschapsvormende processen: sedimentatie, moerasontwikkeling, meanders herstellen

Categorie 3: de abiotische randvoorwaarden verzekeren

de waterberging ter plaatse verhogen: aanpassen drainage, meanders herstellen, herbebossing
watertoevoer tijdens periodes van droogte verzekeren mbv. bufferbekkens en/of irrigatiesystemen
drainage verzekeren tijdens periodes van overvloedige neerslag
periodiek maaien of plaggen om nutriëntenaanrijking te beperken

Categorie 4: beheer van verstoringen en natuurrampen

brandbeheer: bufferstroken, preventief branden
verstoringbeheer van stormen: menging van boomsoorten en -leeftijden, creatie van natuurlijke kustbescherming (bv. het Zwin)
overstromingsbeheer: zorgen voor voldoende refugia bij overstromingen

Categorie 5: het verhogen van de landschapsconnectiviteit

Is altitudinate en stroomopwaartse migratie mogelijk?
Zijn refugia tijdens brand of overstromingen bereikbaar?

Categorie 6: andere maatregelen

verplaatsen van soorten
beheer van invasieve exoten
uitbreiding of bijkomende locaties voor beschermde gebieden waar mogelijk

B. Netwerk niveau

verbeteren van de connectiviteit door het ontwikkelen van stapstenen en corridors
geschikt beheer van de landschapsmatrix en ontwikkeling van groene infrastructuur
maatregelen die het barrière-effect van (spoor)wegen en waterlopen verminderen
creatie van nieuwe gebieden om gaten in het netwerk op te vullen

Referenties

- Aertsen W. 2011. Forest site productivity in temperate regions: empirical modelling in environmental and geographical space. PhD thesis. KU Leuven: Leuven.
- Agee J, Skinner, C. 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management* 211:83-96.
- Beier P, Brost B. 2010. Use of land facets to plan for climate change: conserving the arenas, not the actors. *Conservation Biology* 24:701-710.
- België. *In voorbereiding*. Federaal Plan 'Adaptatie aan klimaatverandering'
- Brang P, Spathelf P, Bo Larsen J, et al. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87:492-503.
- Dawson T, Jackson ST, House JJ, Prentice IC, Mace GM. 2011. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332:53-58.
- De Frenne P, Rodríguez-Sánchez F, Coomes DA, et al. 2013. Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110: 18561-18565.
- De Kort, H., Mergeay, J., Vander Mijnsbrugge, K., Decocq, G., Maccherini, S., Kehlet Bruun, H. H., Honnay, O., Vandepitte, K. 2014. An evaluation of seed zone delineation using phenotypic and population genomic data on black alder *Alnus glutinosa*. *Journal of Applied Ecology* 51:1218-1227.
- Diffenbaugh NS, Field CB. 2013. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. *Science* 341: 486-492.
- European Union. 2013. Guidelines on climate change and Natura 2000.
- Fridley JD. 2009. Downscaling climate over complex terrain: high finescale (<1000 m) spatial variation of near-ground temperatures in a montane forested landscape (Great Smoky Mountains). *American Meteorological Society* 48:1033-1049.
- Gillson L, Dawson TP, Jack S, McGeoch MA. 2012. Accommodating climate change contingencies in conservation strategy. *Trends Ecol. & Evol.* 28:135-142.
- Giuggiola A, Bugmann H, Zingg A, et al. 2013. Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests. *Forest Ecology and Management* 310:827-835.
- Hanewinkel M, Cullmann DA, Schelhaas MJ, Nabuurs GJ, Zimmermann NE. 2012. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3:203-207.
- Heller NE, Zavaleta ES. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biol. Cons.* 142:14-32.
- Hermij M, De Blust G. (Ed.) 1997. Punten en lijnen in het landschap. Schuyt & Co./Marc Van de Wiele: Haarlem & Brugge. 336 pp.
- Hoegh-Guldberg O, Hughes L, McIntyre S, et al. 2008. Assisted colonization and rapid climate change. *Science* 321:345-346.
- Hof C, Levinsky I, Araujo MB, Rahbek C. 2011. Rethinking species' ability to cope with rapid climate change. *Global Change Biology* 17: 2987-2990.
- Hooper DU, Chapin FS III, Ewel JJ, et al. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75:3-35.

- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press: Cambridge.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Final Draft IPCC WGII AR5 Technical Summary.
- Kint, V. 2013. ANB-project 'Bosbeheer voor benutting en klimaatverandering'. Ongepubliceerde beleidsnota (dd 19/07/2013).
- Loarie SR, Duffy PB, Hamilton H, et al. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462: 1052-1055.
- López-Hoffman L, Breshears DD, Allen CD, Miller ML. 2013. Key landscape ecology metrics for assessing climate change adaptation options: rate of change and patchiness of impacts. *Ecosphere* 4:101.
- McLachlan JS, Hellmann JJ, Schwartz MW. 2007. A framework for debate of assisted migration in an era of climate change. *Conservation Biology* 21: 297–302.
- Meiresonne L, Turkelboom F. 2012. Biodiversiteit als basis voor ecosysteemdiensten in regio Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (1). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Nationale Klimaatcommissie. 2008. Nationaal klimaatplan van België 2009 – 2012. http://www.klimaat.be/files/6713/8304/8603/NKP_2009-2012-2_1.pdf
- Nationale Klimaatcommissie. 2010. Belgian national climate change adaptation strategy.
- Natural England, RSPB. 2014. Climate Change Adaptation Manual.
- Smith MD, Knapp AK, Collins SL. 2009. A framework for assessing ecosystem dynamics in response to chronic resource alterations induced by global change. *Ecology* 90:3279-3289.
- Sohn JA, Gebhardt T, Ammer C, Bauhus J, Häberle KH, Matyssek R, Grams TEE. 2013. Mitigation of drought by thinning: Short-term and long-term effects on growth and physiological performance of Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management* 308:188–197.
- Stein BA, Staudt A, Cross MS, Dubois NS, Enquist C, Griffis R, ..., Pairis A. 2013. Preparing for and managing change: climate adaptation for biodiversity and ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:502–510.
- Teuling AJ, Seneviratne SI, Stoeckli R, et al. 2010. Contrasting response of European forest and grassland energy exchange to heatwaves. *Nature Geoscience* 3:722-727.
- Thuiller W, Lavorel S, Araujo MB, et al. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102: 8245-8250.
- Thomas CD, Cameron A, Green RE, et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Thomas JA, Simcox DJ, Clarke RT. 2009. Successful conservation of a threatened *Maculinea* butterfly. *Science* 325: 80-83.
- Travis JMJ. 2003. Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 270: 467-473.
- Van Uytvanck J, De Blust G. 2012. Handboek voor beheerders: Europese habitatdoelstellingen op het terrein. Deel 1: Habitats. Lannoo, Tielt.
- Van Uytvanck J, Goethals V. 2014. Handboek voor beheerders: Europese habitatdoelstellingen op het terrein. Deel 2: Soorten. Lannoo, Tielt.
- Vlaanderen. 2013. Vlaams Klimaatbeleidsplan 2013-2020. <http://www.lne.be/themas/klimaatverandering/klimaattips/klimaattips/wat-doet-de-vlaamse-overheid/vlaams-klimaatbeleidsplan>

Vonk M, Vos CC, van der Hoek DCJ. 2010. *Adaptatiestrategie voor een klimaatbestendige natuur*. Planbureau voor de Leefomgeving en Wageningen UR, Den Haag.

Vranckx G. 2014. Genetic diversity, gene flow and inbreeding in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in fragmented forest stands. Doctoraatsthesis, KU Leuven, Groep Wetenschap & Technologie.

Wagner S, Nocentini S, Huth F, Hoogstra-klein M. 2014. Forest Management Approaches for Coping with the Uncertainty of Climate Change: Trade-Offs in Service Provisioning and Adaptability. *Ecology and Society* 19:32.

Warren R, VanDerWal J, Price J, et al. 2013. Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change* 3: 678-682.