

Bijlage 1 bij Klimaatadaptief natuurbeheer – het landschap van moerassen en open wateren:

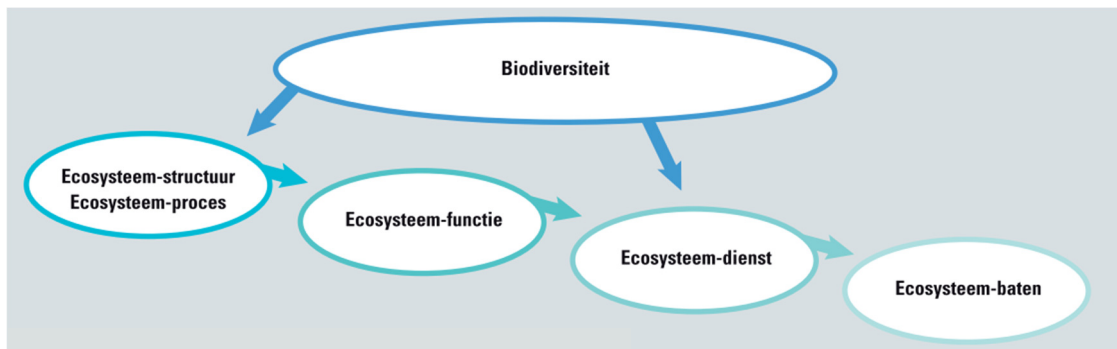
Ecosysteemdiensten van moerassen en open wateren

Het rapport rond klimaatadaptief beheer vertrok initieel vanuit het kijkpunt van ecosysteemdiensten (ESD). Om de focus op het klimaatadaptieve beheer te houden, beslisten we om de uitgebreide teksten rond ecosysteemdiensten van het landschap van moerassen en open wateren enkel als bijlage mee te geven.

1.1. Ecosystemen en de ecosysteemdienstencascade

Ecosysteemdiensten zijn “de voordelen die de maatschappij van ecosystemen ontvangt onder de vorm van goederen en diensten” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

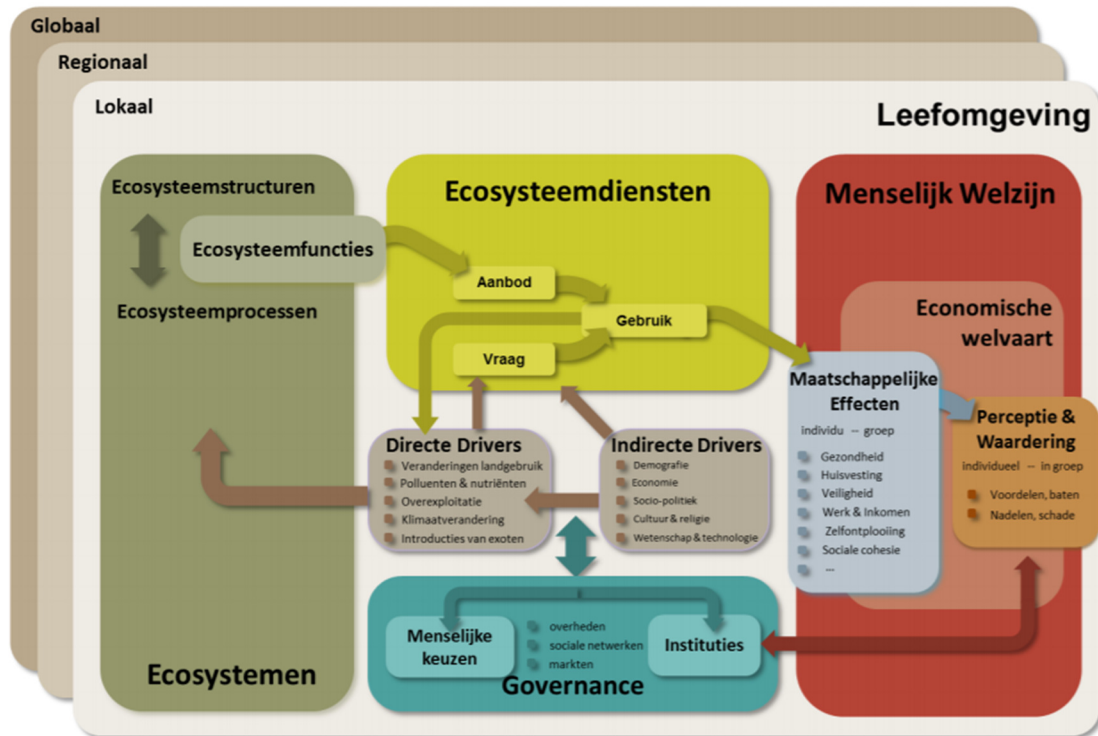
Ecosysteemdiensten staan niet op zichzelf, maar steunen op tal van ecologische processen en structuren die finaal uitmonden in bepaalde baten voor de maatschappij (zie Figuur 1).



Figuur 1 Het ecosysteemdiensten-cascademodel, dat de relatie verduidelijkt tussen biodiversiteit, ecosysteemdiensten en baten voor de maatschappij. Uit Meiresonne & Turkelboom (2014), gebaseerd op Potschin & Haines-Young (2011).

De ecosystemecascade, zoals voorgesteld in (Potschin & Haines-Young, 2011), werd in de natuurrapporten van INBO (Reeth et al., 2014) toegepast op situatie in Vlaanderen en verder uitgebreid tot een ecosysteemdiensten-cyclus (zie Figuur 2). **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Het concept 'ecosysteemfuncties' binnen de cascade of cyclus wordt door verschillende auteurs anders geïnterpreteerd. Initieel werd hiermee de capaciteit van een ecosysteem bedoeld om potentieel van nut te zijn voor de mens (Potschin & Haines-Young, 2011). Om verwarring te vermijden, beschrijven we in dit rapport enkel de structuren en processen enerzijds, en de ecosysteemdiensten anderzijds.



Figuur 2 Conceptueel raamwerk van NARA-T met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosysteemdiensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart. Het raamwerk benadrukt het cyclisch karakter van deze relaties, de invloed van drivers op deze cyclus, de rol van instituties en menselijke keuzes en het belang van verschillende schaalniveaus (Reeth et al., 2014).

Verder in de cascade spreekt men nog van 'ecosysteemwaarde' en '-baten'. De waarde die aan een bepaalde dienst wordt gelinkt is echter afhankelijk van locatie tot locatie en hangt af van de samenleving. Daarom gaan we er in dit rapport niet dieper op in.

Box 1: Ecosysteemdiensten vs. Intrinsieke waarde van natuur
uit Meiresonne & Turkelboom (2014)

Het begrip ecosysteemdiensten heeft de laatste jaren veel aan belang gewonnen en wordt nu in veel beleidsnota's gehanteerd. Het is een visie op natuur die per definitie antropocentrisch is. Dit zorgt ervoor dat de noden en interesses van de maatschappij beter te koppelen zijn aan de natuur. Het zorgt er ook voor dat de diensten van de natuur kunnen meegenomen worden binnen maatschappelijke afwegingskaders. Het concept ecosysteemdiensten kan op elk type natuur worden toegepast. Door deze holistische aanpak kunnen gemakkelijker bruggen gebouwd worden tussen verschillende sectoren

Het 'ecosysteemdiensten' kader is echter maar één manier van kijken naar natuur en heeft zeker niet de pretentie om een allesomvattende denkkader te zijn voor alles wat met natuur te maken heeft. Zo is er bijvoorbeeld het denkkader dat gebaseerd is op intrinsieke waarden van natuur. Het Vlaamse en Europese natuurbeleid van de laatste decaden was in grote mate hierop gebaseerd en heeft geleid tot een natuurwetgeving en een uitgebreid netwerk van natuurreervaten.

Beide denkkaders zijn natuurlijk erg aanvullend en naar gelang de omstandigheden kan één van beide of een combinatie het meest geschikt zijn om de waarde van de natuur te beschrijven.

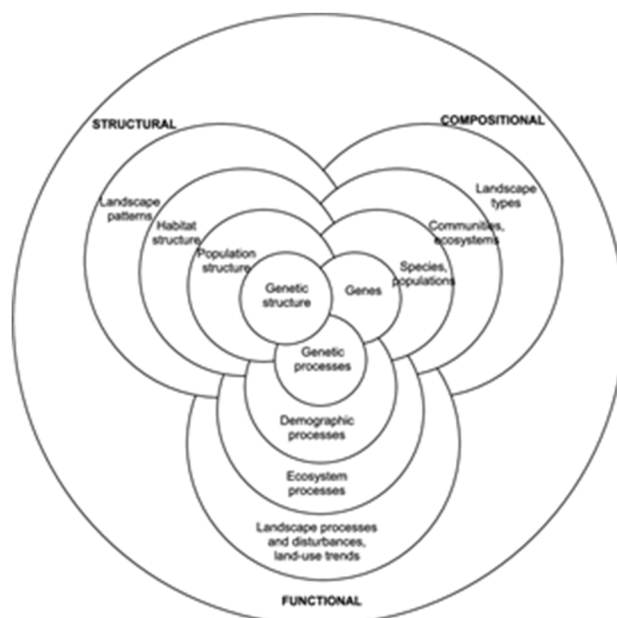
1.2. De rol van biodiversiteit

Biodiversiteit ligt aan de basis van de ecosysteemdiensten-cascade, hier bespreken we die relatie in het algemeen. Verder in het rapport wordt per ecosysteemdienst de relatie met biodiversiteit toegelicht. Twee publicaties die deze relatie tussen biodiversiteit en ecosysteemdiensten expliciet beschrijven zijn (Meiresonne & Turkelboom, 2014) en (Schneiders & Spanhove, 2014).

Biologische diversiteit of biodiversiteit wordt door de *Convention on Biological Diversity* omschreven als “de variabiliteit onder levende organismen van allerlei herkomst, met inbegrip van, onder andere, terrestrische, mariene en andere aquatische ecosystemen en de ecologische complexen waarvan zij deel uitmaken; dit omvat mede de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen” (United Nations, 1992).

(Noss, 1992) deelt biodiversiteit nog verder op in drie categorieën: structurele, compositionele en functionele biodiversiteit (zie Figuur 6). Hierbij is duidelijk de link te herkennen tussen

- de ecologische structuren en de structurele en compositionele component
- de ecologische processen en de functionele component.



Figuur 3 Indeling van biodiversiteit volgens Noss (1992). Biodiversiteit wordt daarbij enerzijds verdeeld in structurele, compositionele en functionele categorieën en anderzijds in diversiteit binnen de soort, tussen soorten en tussen ecosystemen.

Biodiversiteit kan dus op verschillende schaalniveaus en categorieën besproken worden.

Biodiversiteit kan zowel een positieve invloed als een negatieve invloed hebben op ecosysteemdiensten.

- Biodiversiteit kan rechtsreeks bijdragen aan de levering van de ecosysteemdienst. Dit noemen we functionele biodiversiteit. De geleverde dienst(en) hangen dan relatief direct af van een specifiek aspect van biodiversiteit. De aanwezigheid van bacteriën zorgen voor verschillende processen in de waterzuivering. De aanwezigheid van een watervogels zal een directe invloed hebben op de recreatieve en esthetische waarde van een landschap.
- Biodiversiteit kan ook onrechtstreeks ecosysteemdiensten beïnvloeden. Het heeft dan een ondersteunende rol. Dit omvat de soorten en habitats die noodzakelijk zijn voor de ontwikkeling en handhaving van de functionele biodiversiteit (Meiresonne & Turkelboom, 2014). Een voorbeeld is de aanwezigheid van de juiste habitats voor bestuivers die nodig zijn voor de pollinatie (Meiresonne & Turkelboom, 2014).

De aanwezigheid van bepaalde biodiversiteitsaspecten kan ook een negatief gevolg hebben op bepaalde ecosysteemdiensten. Zo verminderen muggen in moerasgebieden de aantrekkelijkheid voor recreatie. De relatie van één bepaald aspect van biodiversiteit is natuurlijk verschillend van ESD tot ESD. Zo kan de aanwezigheid van soorten of habitats die ingericht of gestimuleerd worden voor een bepaalde ecosysteemdienst ook een positieve invloed hebben op andere ecosysteemdiensten.

Naast het belang van biodiversiteit voor het leveren van ecosysteemdiensten, valt het behoud en stimuleren van biodiversiteit voor tal van andere redenen te bepleiten.

- Zo is er nog de intrinsieke waarde van biodiversiteit waarbij biodiversiteit niet per se gewaardeerd wordt vanuit menselijk oogpunt, maar louter voor de ecologische waarde.
- Er is ook de onbekende waarde van biodiversiteit. Daarmee wordt de waarde bedoeld van biodiversiteit die misschien nu nog niet benut wordt, maar die potentieel later een belangrijke invloed kan hebben. Zo ontdekt men nog dagelijks nieuwe medicinale stoffen in verschillende plantensoorten.

1.3. Indeling van ecosysteemdiensten

Er bestaan verschillende internationale indelingen voor ecosysteemdiensten (CICES, 2020; IPBES, 2013; Millenium Ecosystem Assessment, 2003; TEEB). Vaak worden ze ingedeeld in 4 categorieën:

- Voorzienende diensten of productiediensten: producten die ecosystemen leveren die belangrijk zijn voor ons dagelijks bestaan, zoals voedsel, drinkbaar water, hout en genetische bronnen
- Regulerende diensten: het regulerend vermogen van ecosystemen dat mensen benutten. Voorbeelden zijn biologische plaagbestrijding, waterzuivering, bestuiving en het vastleggen van koolstof door bomen
- Socioculturele diensten: de niet-materiële diensten die ecosystemen leveren zoals recreatie, fysieke en psychische gezondheid, spirituele en mystieke waarde, historisch erfgoed, ethische en esthetische aspecten

- Habitat- en ondersteunende diensten: diensten die noodzakelijk zijn voor de andere ecosysteemdiensten, zoals bodemvorming, de nutriëntenkringloop en de primaire productie.

In de recente literatuur worden de 'habitat- en ondersteunende diensten' niet meer als echte, finale ecosysteemdiensten beschouwd, aangezien we er als maatschappij geen rechtstreeks gebruik van maken (CICES, 2020; Meiresonne & Turkelboom, 2014). Deze ondersteunende diensten worden daarom onder de onderliggende ecosysteemstructuren en -processen gerekend, die de andere diensten mogelijk maken (zie het hoofdstuk rond de ecosysteemdienstencascade).

1.4. Bespreking van ecosysteemdiensten

1.4.1. Producerende diensten

1.4.1.1. Algemeen

Het moeraslandschap levert in vergelijking met andere landschappen niet erg veel producten op. Gezien de grote voorraad van water in deze natte gebieden, is waterproductie ongetwijfeld de belangrijkste producerende ecosysteemdienst. Deze dienst wordt hieronder afzonderlijk uitgewerkt.

Naast de waterproductie, leveren moerassen nog enkele andere producten:

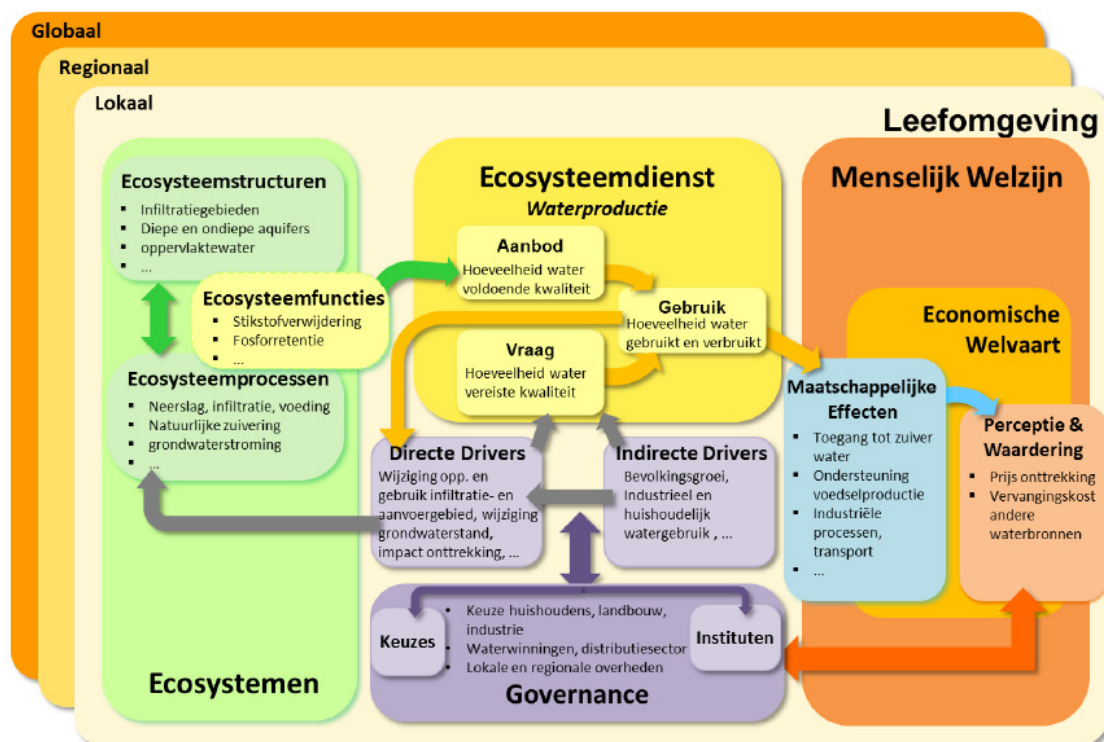
Biomassa uit moerassen kan gebruikt worden als voeder (maaisel van open moerassen), als energiegewas (zowel maaisel van open vegetaties als houtige begroeiing), als bouw materiaal (bv. riet voor daken) of als vezels (bv. moerasmaaisel als basis isolatiemateriaal). Het oogsten biomassa in moerasgebieden is in Vlaanderen echter geen courante praktijk, waardoor deze dienst niet verder besproken wordt.

Moerassen zijn vaak rustgebieden voor jachtwild. Oppervlaktewateren zijn van cruciaal belang voor alle vrijwel alle vissoorten en voor heel wat waterwild. We gaan niet dieper in op de jacht op waterwild. Riviervisserij heeft in Vlaanderen vooral een recreatieve functie en bespreken we onder de ecosysteemdienst groene ruimte voor buitenactiviteiten - recreatie.

1.4.1.2. Waterproductie

Definitie

De ecosystemedienst 'waterproductie' omvat het geheel van hydrologische en ecologische processen die de productie van voldoende en kwaliteitsvol water voor menselijk gebruik ondersteunen (Vrebos et al., 2014). Waterretentie, het bewaren van water in het ecosysteem en de bodem is een proces dat sterk gelinkt is aan de waterproductie en wordt hier mee besproken. We focussen hier vooral op het kwantitatieve aspect van de waterproductie.



Figuur 4 Conceptueel raamwerk van NARA-T voor de ecosystemedienst 'waterproductie' met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosystemediensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart (Vrebos et al. 2014)

Situering en belang in Vlaanderen

Water wordt zowel gewonnen uit oppervlaktewateren als uit grondwater. In 2018 werd voor de drinkwaterproductie 357,0 miljoen m³ water gewonnen, waarvan 47 % uit grondwater en 53 % uit oppervlaktewater. Wat de totale grondwaterwinning betreft (ook door andere gebruikers), bedroeg het totale vergunde debiet voor de winning van grondwater 377 miljoen m³ per jaar (cijfer jaar 2018). De vergunde hoeveelheid is sinds 2000 met ruim 25% gedaald (VMM, 2020). De vele kleinere grondwaterwinningen (<500m³/jaar) zijn meestal vrijgesteld van vergunningsplicht en zitten niet in bovenstaande cijfers. Het totale captatie van oppervlaktewater uit de bevaarbare waterlopen bedraagt de laatste jaren ca. 2 miljard m³/jaar (Peeters 2020)

Neerslag is in Vlaanderen de voornaamste bron van water en de bepalende factor voor de watervoorziening. Het gemiddelde van 800 mm/jaar rekent om naar 11 miljard m³ water per jaar voor Vlaanderen (Michielsen et al., 2012). Ondanks de relatief hoge neerslaghoeveelheden kampt onze regio toch met waterschaarste. Vooral door onze hoge

bevolkingsdichtheid beschikken we per persoon over heel wat minder drinkbaar water dan andere Europese landen.

Gemiddeld 92,5% van de tijd valt er echter geen neerslag. De laatste jaren komen langdurige droogteperiodes voor, waar in verschillende opeenvolgende maanden amper een druppel regen valt. Ook in deze periodes is het van levensnoodzakelijk belang om toegang te blijven hebben tot voldoende hoeveelheden water van voldoende kwaliteit voor essentiële behoeften.

Gerelateerde structuren en processen

Moerassen en oppervlaktewater spelen een niet te onderschatten rol bij de waterproductie. In de eerste plaats vormen ze – als ze tenminste niet gedraineerd worden - een immens reservoir van water. Bij extreme droogte zijn het vaak de laatste plaatsen in de ruime omgeving waar nog water aanwezig is en beschikbaar voor mens en natuur. Ten tweede bieden moerassen in depressies de mogelijkheid om het grondwater aan te vullen: oppervlakkige run-off van regenwater (of zelfs uittredend grondwater van hoger gelegen bronnen) wordt er opgevangen en krijgt er (opnieuw) de kans om in de bodem te infiltreren.

Directe drivers

De belangrijkste drivers voor grondwaterproductie zijn klimaatparameters zelf (neerslaghoeveelheid en spreiding van de neerslag). De mate waarin regenwater versneld wordt afgevoerd, de oppervlakte en infiltratiecapaciteit in de inzigtgebieden bepalen in grote mate de potentiële grondwaterproductie. De mate waarin water in ecosystemen wordt opgeslagen beïnvloedt de oppervlaktewaterproductie.

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

De plantengroei bepaalt in sterke mate de interceptie, evapotranspiratie en de uiteindelijke hoeveelheid water dat overblijft voor infiltratie. Bomen (vooral altijdgroene naaldbomen) zullen meer water tegenhouden (tot 65%) en verbruiken, waardoor de waterinfiltratie onder bossen lager zal liggen dan de infiltratie onder open habitats. Volgens Ellison et al.(2017) is de infiltratie het hoogst bij een combinatie van open vegetaties met houtige elementen

Een hoge biodiversiteit in bodemleven een grote impact kan hebben op de infiltratiecapaciteit. Biodiverse bodems hebben meestal een hogere infiltratiecapaciteit en zijn beter gebufferd tegen omgevingsveranderingen. Hierbij spelen verschillende groepen van bodemleven een verschillende rol die samen de infiltratiecapaciteit aanzienlijk verhoogt (Bardgett et al., 2001). Moerasvegetaties dragen bij aan het zuiveren van het water. Slib bezinkt en nitraten worden er verwijderd (zie ecosysteemdienst waterzuivering).

De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Waterproductie heeft ook een effect op de biodiversiteit. Gronden die droog (/droger) worden gepompt, zijn niet langer geschikt voor soorten die goed gedijen in een nat gebied. Een groot deel van de habitattypes en soorten waarvoor Vlaanderen een belangrijke bijdrage levert aan de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn is bijzonder kwetsbaar voor verdroging (Stevens et al., 2014).

1.4.2. Regulerende diensten

1.4.2.1. Algemeen

Het moeraslandschap is bij uitstek een systeem van de regulerende diensten. Hieronder gaan we verder in op de koolstofopslag (in functie van globale klimaatregulatie), lokale klimaatregulatie, regulatie van de waterkwaliteit, overstromings- en droogterisicobeheersing, waarvoor moerassen bovengemiddeld scoren.

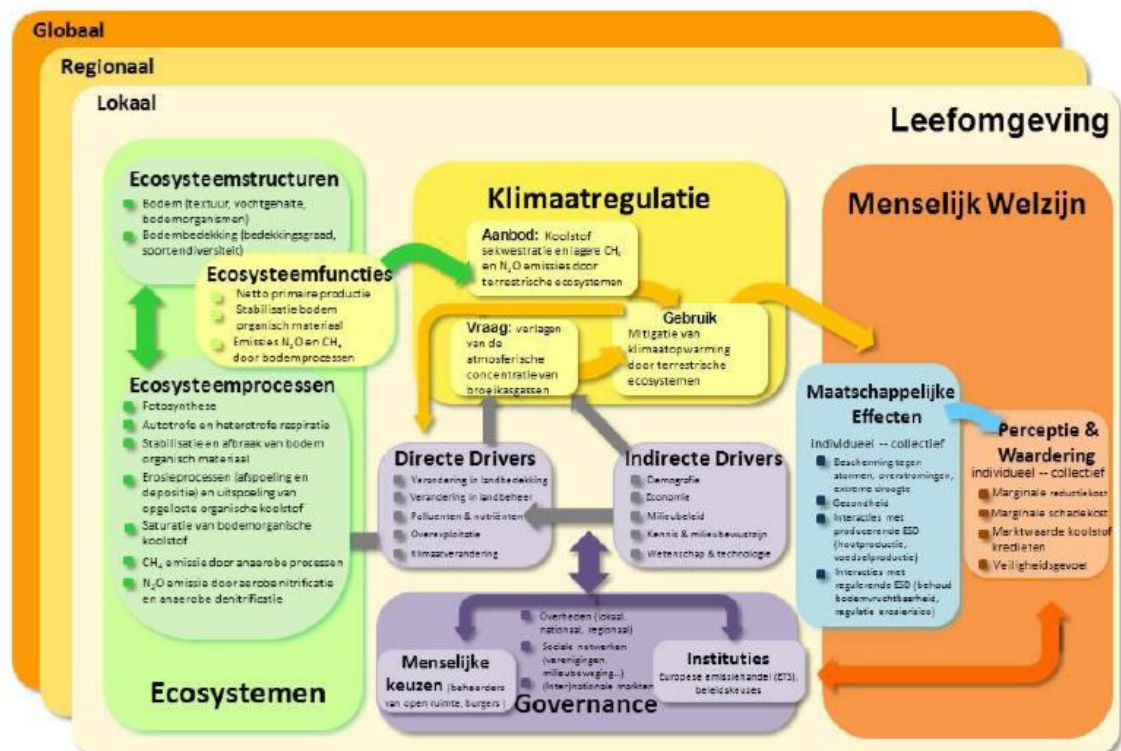
Daarnaast leveren moerasvegetaties, net als vrijwel alle andere vegetaties een bijdrage aan o.a. de erosierisicobeheersing, het wegvangen van fijn stof, geluidsregulatie, regulatie van de luchtkwaliteit en – wanneer slikke- en schorrevegetaties mee beschouwd worden - zelfs een bijdrage aan de kustbescherming. We gaan niet verder in op deze regulerende ecosysteemdienst

1.4.2.2. Globale klimaatregulatie - koolstofopslag

Definitie

De ecosysteemdienst regulatie globaal klimaat omvat alle processen die het klimaat reguleren zodat negatieve impact op menselijk welzijn en biodiversiteit vermeden wordt.

Eén van die processen betreft de fluxen van broeikasgassen (vooral koolstofdioxide, maar ook methaan en lachgas). Ecosystemen zullen in sommige gevallen broeikasgassen afgeven, waarbij ze als “source” (bron) aangeduid worden, en in sommige gevallen broeikasgassen opnemen, waardoor ze als “sink” (put) functioneren. Koolstof opslag resulteert in een toename van de koolstofvoorraad van het ecosysteem en een daling van de atmosferische CO₂ concentratie en draagt zo bij aan klimaatadaptatie én aan klimaatmitigatie. Het is ook mogelijk dat een ecosysteem in evenwicht is en er dus geen fluxen van broeikasgassen optreden (Lettens et al. 2014). Zelfs indien een systeem in evenwicht is, speelt de grootte van de koolstofvoorraad een belang in de koolstofbalans.

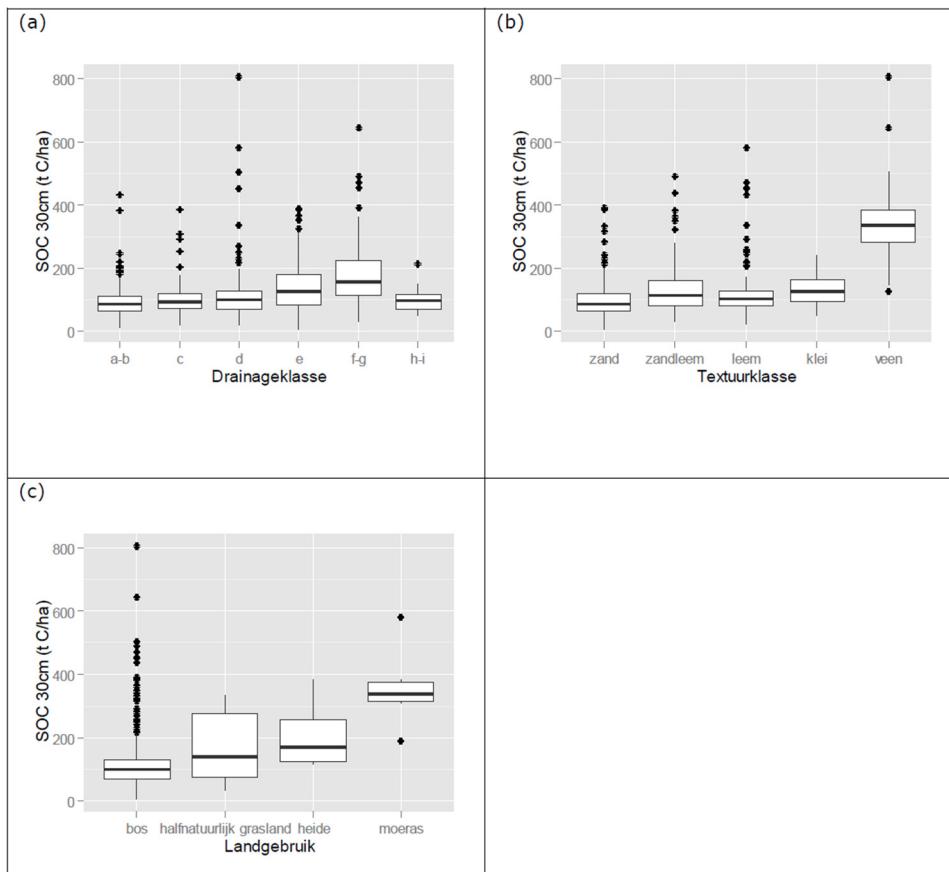


Figuur 5: Conceptueel raamwerk van NARA-T voor de ecosystemedienst 'Klimaatregulatie' met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosystemediensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart (Letpens et al. 2014).

Situering en belang in Vlaanderen

Koolstofopslag in (semi-)terrestrische ecosystemen bestaat uit de koolstofopslag in de bodem (inclusief de strooisellaag voor natuurlijke ecosystemen) en in dode en levende biomassa (ondergronds en bovengronds). Bodems bevatten wereldwijd twee tot drie keer meer koolstof dan er aanwezig is in de atmosfeer of in levende planten (Houghton, 2003; Prentice et al., 2001).

Heel wat factoren beïnvloeden het koolstofgehalte in de bodem. In de regel bevatten vochtige bodems hogere hoeveelheden koolstof dan droge bodems. Veenbodems die bijna permanent nat zijn hebben daardoor een zeer hoge koolstofvoorraad. Bij actieve veenvorming is dit een van de weinige systemen waar de koolstofvoorraad blijft toenemen. (Anderson et al. 2014)



Figuur 6 Koolstofvoorraden in de bovenste 30 cm van verschillende bodems, volgens drainageklasse, textuur en landgebruik (naar Lettens et al. 2014)

Bovengrondse wordt koolstof in de vegetatie opgeslagen. Vooral in bossen is de bovengrondse koolstofvoorraad relevant. In open vegetaties is de koolstofvoorraad beperkt, en wordt het grootste deel van de geproduceerde biomassa jaarlijks geoogst, afgebroken of in de bodem opgeslagen.

Gerelateerde structuren en processen

De opbouw van organisch materiaal is wordt gestuurd door de primaire productie. Autotrofe organismen (planten en algen) maken met behulp fotosynthese koolwaterstoffen uit CO₂ en water. Netto primaire productie bepaalt de bovengrondse koolstofopslag in (half)natuurlijk ecosystemen, evenals de hoeveelheid strooisel.

De afbraakprocessen achteraf bepalen hoeveel van de aangemaakte koolstofverbindingen er uiteindelijk in de bodem of in het sediment terecht komen. Vooral in natte, anaerobe omstandigheden van moerassen en open wateren wordt niet alle organische materiaal afgebroken. In zure omstandigheden wordt meestal meer organisch opgehoopt door mindere microbiële activiteit. Het deel van het strooisel dat niet wordt afgebroken, komt uiteindelijk in de bodem terecht. Bij veenvorming blijft een relatief groot deel van de primair geproduceerde biomassa in de bodem.

Bij drainage van venige bodems zal een deel van de koolstofverbindingen in de bodem oxideren, met vrijstelling van CO₂. Wereldwijd levert het verdrogen van veengronden zo'n 5% van alle broeikasgassen.

Onder zuurstofloze omstandigheden in moerassen en op de bodems van stilstaande wateren kan methaan (CH₄) ontstaan door anaerobe afbraak van koolstofverbindingen (methanogenese). Bij het vernatten van gedegreerde moerassen komt er meer methaan vrij dan uit onverstoorte moerassen. Methaan is zo'n 25-30 keer sterker broeikasgas dan CO₂, maar heeft in vergelijking met CO₂ en N₂O een relatief korte levensduur in de atmosfeer. Wanneer rekening wordt gehouden met de sterkte en de persistentie van de broeikasgassen in de atmosfeer, dan zorgt een onmiddellijke vernatting van (gedegreerde) moerassen toch voor een verminderde totale uitstoot van broeikasgassen (Günther et al. 2020).

Directe drivers

Landgebruiksveranderingen zijn in Vlaanderen een belangrijke driver in de koolstofopslag. In het verleden zijn zeer veel moerassen drooggelegd, voornamelijk in functie van de landbouw. Ook nu nog worden natte weilanden van voormalige moeraslocaties steeds intensiever gebruikt en zelfs omgezet naar akkers, met een drastische daling van de koolstofgehalten tot gevolg.

Verdere verdroging van moerassen door grondwaterwinning, verharding of klimaatwijziging leidt tot toegenomen oxidatie van organisch materiaal en lagere koolstofvoorraden in de bodem (Letpens et al. 2014).

Anderzijds worden er door grootschalig natuurbeheer of natuurinrichting ingezet op het vernatten van volledige valleien of depressies in het landschap (vb. Zwarte beek, Kalmthoutse heide), waardoor koolstofstock lokaal zullen toenemen.

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

Een hogere diversiteit van soorten heeft over het algemeen een stabielere netto primaire productie. Diverse systemen zijn beter bestand tegen aanvallen van ziekten en plagen of tegen veranderingen in klimaat zoals een toename in de temperatuur of het veelvuldiger voorkomen van extreme weersomstandigheden zoals droogte (Cardinale et al., 2012; Diaz et al., 2006; Pereira et al., 2013; Tilman, 1999). In moerassen kunnen heel veel verscheidene soorten aspectbepalend zijn, zowel vaatplanten als mossen (zie beschrijving van moerasvegetaties in stap 1). In waterlichamen spelen algen en hun grazers (vnl. *Daphnia*) een erg belangrijke rol.

De accumulatie van organisch materiaal en de opbouw van koolstofvoorraden zijn gelinkt aan de afwezigheid van heterotrofe organismen die dit materiaal weer omgezet wordt in CO₂ of CH₄. Bij heel wat organismen vindt onder zuurstofarme omstandigheden gisting plaats, waarbij de organische stof onvolledig in andere organische stoffen wordt omgezet en waarbij methaan wordt vrijgesteld. De gezamenlijke microbiële diversiteit van om het even welke bodem zou in theorie altijd volstaan om alle aanwezige organische moleculen af te breken. Het feit dat een deel van het organisch materiaal gedurende millennia bewaard blijft in de bodem is bijna uitsluitend te wijten aan de fysische en chemische stabilisatie in bodemaggregaten of organo-minerale complexen (Dungait et al., 2012).

De diversiteit en abundantie van bodemorganismen die organisch materiaal afbreken heeft een invloed op de afbraaksnelheid van het organisch materiaal en op de fractie die voor langere tijd in de bodem opgeslagen blijft. Macro-organismen zorgen voor fragmentatie en verspreiding van het organisch materiaal in de bodem (regenwormen, pissebedden, mijten) en voor bioturbatie en aggregaatvorming (regenwormen) (Fox et al., 2006; Rawlins et al., 2007). Micro-organismen spelen een belangrijke rol in de recycling van voedingsstoffen en het

beschikbaar stellen van nutriënten voor planten (bacteriën, schimmels, mycorrhiza). De aanwezigheid van deze organismen is afhankelijk van standplaatskarakteristieken (pH, textuur, vocht) en de hoeveelheid en kwaliteit van het strooisel.

In aquatische systemen bepaalt de primaire productie door fytoplankton en aquatische planten de potentiële koolstofsekwestratie. Het zoöplankton kan het sedimentatieproces versnellen omdat ze het fytoplankton 'aggregeren' tot uitwerpselen die snelle bezinken. Ook sommige bacteriën kunnen een gelijkaardige rol spelen door de vorming van geaggregeerde partikels. Bodemwoelende vissen kunnen sediment opnieuw in suspensie brengen, wat de sedimentatie en koolstofsekwestratie net vertraagt. Bacteriën spelen ook de hoofdrol in de eventuele verdere afbraak van organisch materiaal in de bodem van het waterlichaam.

De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Heel veel soorten zijn evolutionair aangepast aan het relatief stabiel klimaat van de voorbije millennia. Klimaatwijziging wordt beschouwd als een van de belangrijkste drukken op de globale biodiversiteit. Zeker wanneer de leefgebieden sterk gefragmenteerd zijn zoals in Vlaanderen, valt te verwachten dat er zonder aangepast beheer heel wat soorten en ecosystemen aangetast zullen worden.

1.4.2.3. Lokale klimaatbuffering: zomerse verkoeling en winterse warmte

Definitie

Vegetatie heeft door de effecten van albedo (het weerkaatsen van licht), beschaduwden, intern watertransport, verdamping en transpiratie en het beïnvloeden van luchtstromingen een invloed op het plaatselijk klimaat. Daarbij komt dat in groenelementen steeds ook water aanwezig is, dat door de hoge warmtecapaciteit temperaturen sterk kan bufferen. Natuurlijke ecosystemen zijn daarom in staat om het microklimaat te milderen, door verkoeling in de zomer en het beperken van warmteverliezen tijdens de winter (Meiresonne & Turkelboom 2015).

Situering en belang in Vlaanderen

Extreme hitte heeft een impact op de menselijke gezondheid. Een hittegolf leidt heel vaak tot voortijdige overlijdens. De hittegolven van 2019 zorgden in België voor 700 sterfgevallen bovenop het verwachte aantal (Siensano, 2019). Hittegolven hebben vooral in een stedelijke context een aanzienlijke impact, omdat de temperatuur er gemiddeld 1,5 tot 3°C (met pieken tot 8°C) hoger ligt dan landelijke gebieden.

De verkoelende eigenschappen van ecosystemen zijn vooral goed gedocumenteerd in een stedelijke context, waar vooral bomen en parken zorgen voor het verminderen van het hitte-eiland effect in steden in het binnenland. Door het beschaduwden kunnen bomen een temperatuursreductie van 5-7°C realiseren. Ook vijvers en waterlopen kunnen door de bufferende werking, evaporatie of aanvoer van koeler water voor bijkomende afkoeling zorgen. Grondwatergevoede rivieren werken het sterkst bufferend door de vrij constante temperatuur, ook onder klimaatverandering (Kaandorp et al 2019).

Gerelateerde structuren en processen

Schaduwwerking is het belangrijkste proces dat bijdraagt aan de lokale klimaatregulatie. Het overgrote deel van de inkomende straling wordt gereflecteerd of geabsorbeerd door de planten, waardoor deze niet wordt omgezet in warmtestraling. In het landschap van moerassen en wateren is schaduwwerking grotendeels beperkt tot de broekbossen. In de meer open moerassen en wateren zijn vrijwel geen structuren aanwezig die schaduw geven.

Naast de schaduwwerking, speelt evapotranspiratie een belangrijke rol. Evapotranspiratie heeft ook een impact op de temperatuur en de luchtvochtigheid. Enerzijds verbruikt het verdampen en respiratie van water energie en verlaagt dit dus de plaatselijke temperatuur. Anderzijds zorgt het verdampte water voor een verhoogde luchtvochtigheid, wat in combinatie met hoge temperaturen door de meeste mensen als onaangenaam ervaren wordt.

Evapotranspiratie beïnvloedt lokale turbulenties, convectiepatronen en wolkenvorming kunnen op die manier het klimaat lokaal beïnvloeden (Fisher et al 2017).

Warmtebuffering wordt ook geleverd door de massa op zich. Door de hoge warmtecapaciteit van water (maar ook heel wat andere materialen), wordt een deel van de inkomende energie opgeslagen in het materiaal zelf, waardoor de lucht zelf minder opwarmt. De warmtecapaciteit van water is vier tot vijf keer hoger dan die van beton. Omgekeerd zal dit materiaal ook energie vrijstellen, wat in koudere periodes ook bufferend werkt. In waterlichamen zorgen convectiestromingen er bovendien voor dat niet enkel het water aan de oppervlakte, maar ook dieper water (vaak tot 3 à 6 meter) meetelt voor de buffering van de temperatuur. Water zal

daarenboven latente warmte opnemen of afgeven bij respectievelijk bij verdamping en ijsvorming, wat extra bijdraagt tot de buffering van het lokale klimaat.

Tot slot vermelden we ook nog de windbreking die vooral voor een mildering zorgt van de gevoelstemperaturen bij extreme koude, maar daarentegen ook zorgen voor het verminderen van een aangename bries bij hitte. Door het open karakter van een typisch landschap van moerassen en wateren is windbreking minder relevant.

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

Lokale klimaatbuffering wordt vooral beïnvloed door de structuur van het landschap en de soorten. Sommige soorten zorgen voor een sterker koelingseffect, maar ook hier speelt vooral de boomstructuur (o.a. de Leaf Area Index) een rol.

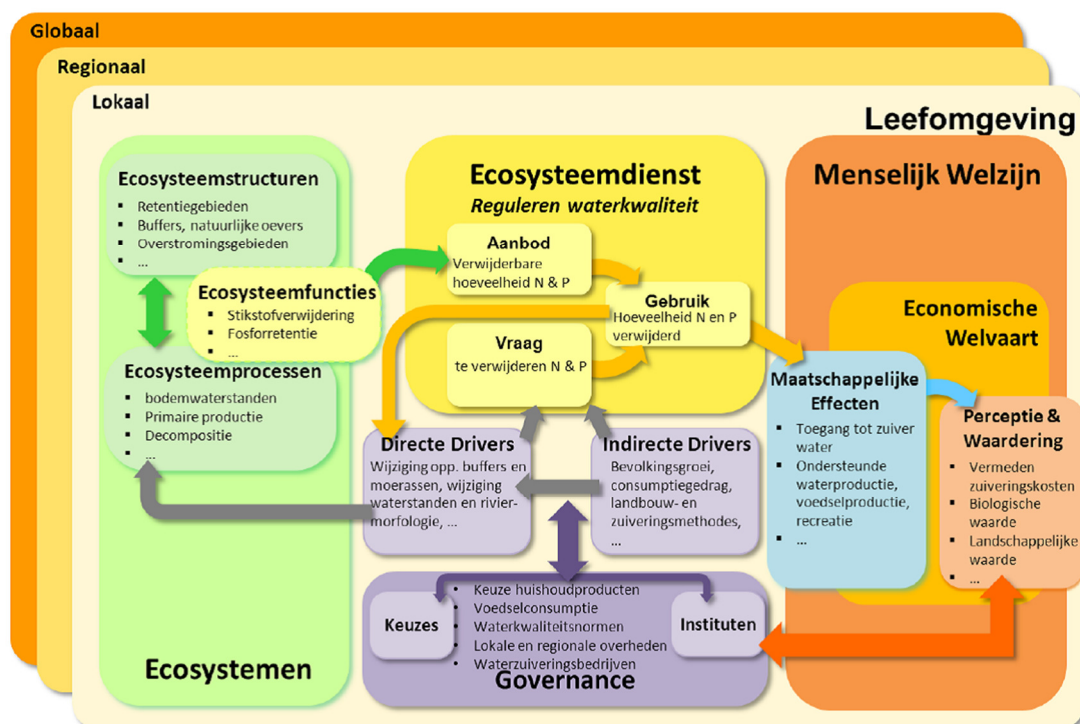
De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Niet de gemiddelde, maar net de extreme temperaturen zijn voor heel veel soorten van belang voor hun overleving. Om die reden is de aanwezigheid van plekken met een gebufferd microklimaat minstens even belangrijk voor fauna en flora als voor de mens.

1.4.2.4. Waterzuivering

Definitie

De ecosystemedienst 'regulatie van de waterkwaliteit' beschrijft het aanbod, de vraag en het gebruik van een goede chemische toestand van (grond)waterlichamen wat betreft nutriëntenconcentraties (Vrebos et al., 2014).



Figuur 7 Conceptueel raamwerk van NARA-T voor de ecosystemedienst 'Regulatie Waterkwaliteit' met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosystemediensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart (Vrebos et al. 2014).

Situering en belang in Vlaanderen

De nood aan waterzuivering in Vlaanderen is groot. In 2018 kreeg 4 % van de Vlaamse waterlichamen een beoordeling beter dan matig. Zo'n 28 % van de waterlichamen scoort matig, 44% ontoereikend en 24% heeft voor minstens één biologisch kwaliteitselement nog de slechte beoordeling (VMM 2020). Een teveel aan nutriënten (voornamelijk N en P) in vrijwel alle oppervlaktewateren is een van de belangrijkste oorzaken van een ontoereikende waterkwaliteit.

Zuivering van afvalwater vindt voornamelijk plaatst in rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI). Ongeveer 87% van de bevolking is aangesloten op de riolering, van 83% wordt het water gezuiverd in een RWZI. Minder dan een procent heeft een "individuele behandelingsinstallatie voor afvalwater (IBA). Het afvalwater van de overige huishoudens, alsook de effluenten van waterzuiveringsinstallaties wordt deels verder gezuiverd door natuurlijke processen in moerassen en waterlopen (zie hieronder).

Gerelateerde structuren en processen

De nood aan waterzuivering is sterk gelinkt aan diverse factoren. In de eerste plaatst speelt de toevoer van ongezuiverd of onvoldoende gezuiverd afvalwater. Daarnaast spelen nutriënten

(vooral N) weg uit landbouwgronden – buisdrainage van landbouwgronden versterkt dit proces. Tot slot is er ook de belasting van het water met (aangerijkt) sediment afkomstig bemeste landbouwgronden (voornamelijk door erosie na hevige regenval).

Allerhande fysische en biochemische processen in de bodem (mechanische filtratie, mineralisatie, nitrificatie, denitrificatie, redox, ionenvrijstelling) bepalen de beschikbaarheid van deze nutriënten. Enkele van deze cycli worden onder het proces nutriëntenrecyclage besproken.

Verschillende fysische omgevingsvariabelen spelen hierop in, zodat deze cycli sterk kunnen verschillen tussen ecosystemen (Staes et al. 2010, Vrebos 2014). De grondwaterstanden zijn een bepalende factor in dit geheel, aangezien deze bepalen of er aerobe dan wel anaerobe reacties zullen plaatsvinden.

Directe drivers

Gezien de enorme afname van de oppervlakte moerasgebied in Vlaanderen, daalt ook het potentiële aanbod voor natuurlijke waterzuivering. Herstel van wetlands zal bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit.

De kwaliteit en kwantiteit van (gezuiverd) afvalwater bepaalt direct de vraag naar waterzuivering. Dit hangt grotendeels af van de aansluitingsgraad, aanwezigheid en gebruik van overstorten en mate van uitspoeling en erosie uit landbouwgronden. Hiebij moeten we opmerken dat de natuurlijke waterzuivering niet zal volstaan om grote hoeveelheden vervuild water te verwerken.

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

Heel wat bacteriën en andere micro-organismen spelen een rol in de verschillende chemische reacties. Microbiële gemeenschappen zijn sterk afhankelijk van de abiotische omstandigheden, waarin aanwezigheid van water en zuurstof twee zeer belangrijke factoren zijn.

De bever als ecosysteemingenieur heeft potentieel ook een grote impact op het waterzuiverend vermogen van een ecosysteem. Bij de bouw van dammen ontstaan stilstaande plassen waar sediment zal bezinken. In sommige gevallen ontstaan een soort doorstroommoerassen, waardoor het waterzuiverend vermogen toeneemt. Bij erg vervuild water zorgen beverdammen echter voor een zware nutriëntenbelasting op de moerassen rond de waterlopen, waardoor deze vegetaties zelf sterk te lijden hebben van de bijkomende nutriëntentoevoer.

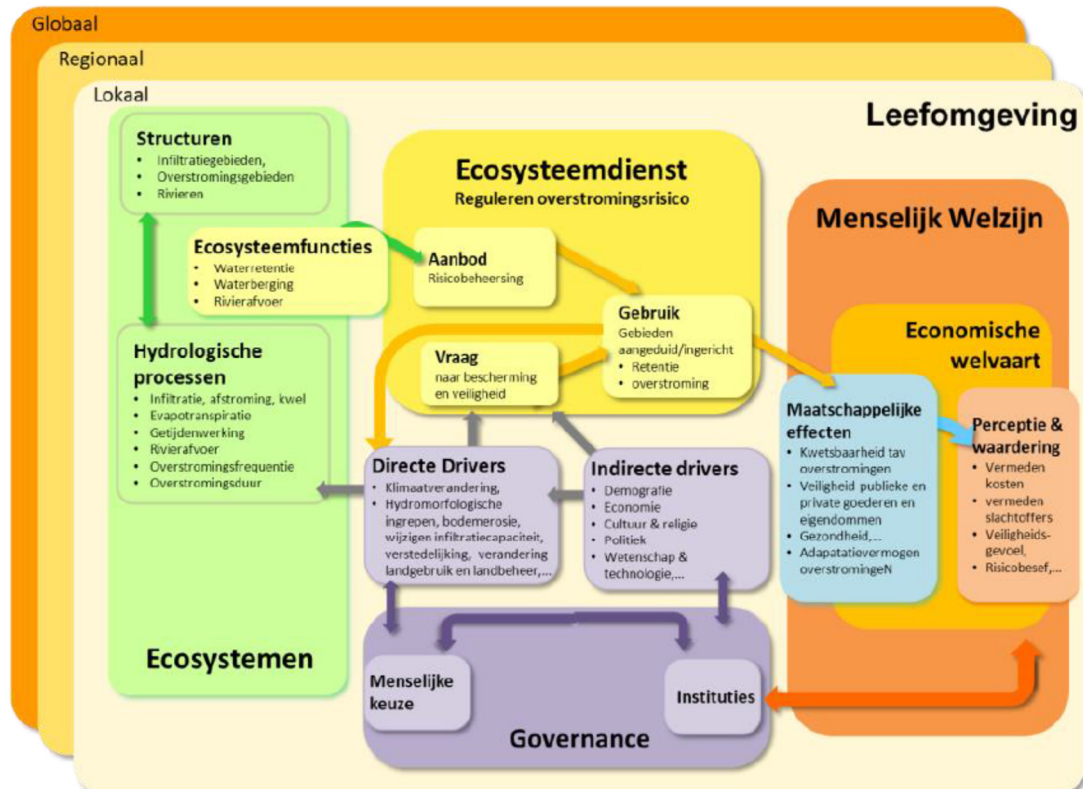
De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Het volledige ecosysteem profiteert van schoner water: het doet de biodiversiteit toenemen en allerlei planten en dieren opbloeien. De bijdrage van natuurlijke zuivering is daarbij zeer groot.

1.4.2.5. Droogte- en overstromingsrisicobeheersing

Definitie

Dit hoofdstuk omvat twee diensten die gerelateerd zijn aan het bufferen van de waterhoeveelheid. Overstromingsrisicobeheersing is de capaciteit van een ecosysteem om water te bergen en op die manier overstromingen elders te vermijden. Droogterisicobeheersing slaat eveneens op de capaciteit om water te bergen, maar dan over een langere tijdsspanne om gebruikt te worden als waterbron gedurende droogteperiodes. De mechanismen die bij die laatste spelen werden eerder al besproken onder de ecosysteemdienst waterproductie. Hieronder focussen we op de overstromingsrisicobeheersing.



Figuur 8 Conceptueel raamwerk van NARA-T voor de ecosysteemdienst 'overstromingsrisicobeheersing' met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosysteemdiensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart (Van Schneiders et al. 2014). Droogterisicobeheersing werd in het NARA-T niet expliciet behandeld, maar het raamwerk daarvoor is sterk gelijkend op dat van waterproductie.

Situering en belang in Vlaanderen

Circa 30% van Vlaanderen is overstromingsgevoelig gebied. Onder het huidige waterbeheer is een groot deel daarvan ingedijkt. Ongeveer 4% overstroomt nog minstens eens op de 100 jaar. Binnen die 4% woont naar schatting 1% van de bevolking. De uitbetaalde schade veroorzaakt door overstromingen wordt geraamd op 40-75 mln. €/j en deze kan in de toekomst, indien geen bijkomende acties ondernomen worden, oplopen tot 140-325 mln. €/j (Cauwenberghs, 2013).

In een groot deel van de overstromingsgevoelige gebieden kan het huidige landgebruik en –beheer bijgestuurd worden, zodat het combineerbaar is met het heersende overstromingsregime. Een formele aanduiding van deze gebieden als overstromingsgebied zou kunnen helpen om lokale conflicten tussen berging en vraag naar beveiliging tegen

overstromingen te verminderen. Op dit ogenblik is ongeveer 0,8 % van Vlaanderen formeel aangeduid als overstromingsgebied.

De geïntegreerde aanpak van overstromingen en verdroging volgens het principe ‘vasthouden-bergen-afvoeren’, is één van de krachtlijnen in de waterbeleidsnota Vlaanderen. Deze visie sluit nauw aan bij de ecosysteemdienstenbenadering.

Gerelateerde structuren en processen

Grondwaterinfiltratie en vertraagde afvoer zijn de belangrijkste processen bij zowel droogte- als overstromingsrisicobeheersing. Infiltratie is overal van belang, waarbij hellingsgraad, textuur, landbedekking en verharding belangrijke factoren zijn.

Overgangszones van infiltratiegebieden naar valleigebieden hebben een belangrijke ondergrondse sponswerking. Het al dan niet draineren van deze gronden met relatief diepe grondwaterstanden maken een groot verschil in de buffercapaciteit van het landschap (van Winden et al. 2014). Valleien zelf hebben eveneens een belangrijke rol bij het bergen van water, waardoor stroomafwaarts overstromingen vermeden worden. De marge in valleien om ondergronds extra water te bufferen is echter beperkt door de van nature hoge waterstanden. Bovengrondse buffering door overstromingen is er wel mogelijk, maar dit heeft steeds een grote impact op het landgebruik.

Directe drivers

Verharding, bodemverdichting en sommige andere landgebruiksveranderingen leiden tot minder infiltratie. Overige inrichtingen die een impact hebben op waterbuffering, vertraagde afvoer en waterberging (bv. hermeanderingen, aanleg overstromingsgebieden) hebben uiteraard ook een belangrijke impact op de vraag en aanbod van de ecosysteemdienstenlevering.

Klimaatverandering is eveneens een belangrijke driver: een veranderend neerslagpatroon met langere droogteperiodes en heviger regenval doet de vraag naar deze ecosysteemdiensten sterk toenemen. De effecten van de overige drivers worden versterkt door de klimaatwijziging.

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

Het waterbergend vermogen van een landschap hangt vrijwel volledig af van de topografie van het landschap. Biodiversiteit op zich speelt daarin een minimale rol. Toch zal biodiversiteit indirect een impact hebben op de levering van de ESD. In tegelstelling tot bebouwde valleien of valleien in intensief landbouwgebruik, is het maatschappelijker meer aanvaardbaar om natuurlijke valleien te gebruiken als overstromingsgebied.

Biodiversiteit speelt echter wel een rol in retentie en verminderde afstroom. Vegetatie zorgt voor interceptie van de neerslag, waardoor er minder water de bodem bereikt en dus ook zal resulteren in een lagere run-off. Vooral de structuur van de plantengemeenschappen zal een impact hebben op de interceptie. Een hogere biodiversiteit leidt vaak tot hogere gehalten organisch materiaal. Bodems rijk aan organisch materiaal verhogen zowel de doordringbaarheid voor water als het waterbergend vermogen. Naast het gehalte aan organisch materiaal speelt de bodemfauna een rol in deze processen.

Plantengroei, plantenresten, veenvorming en/of hout vertraagt de afvoer, vooral in kleinere beken. De bever heeft als ware ecosysteemingénieur een bijzonder grote impact op de

vertraagde afvoer en het waterbergend vermogen in valleien, in het bijzonder in de boven- en middellopen van rivieren.

De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Voor een aantal soorten van onze riviersystemen zijn overstromingen met water van goede kwaliteit echt nodig. Sommige vissen paaien vooral in dergelijke overstromingsvlaktes (bv. de bedreigde kwabaal), veel overwinterende watervogels concentreren zich in overstroomde valleigebieden... Een toename in overstromingsoppervlakte, -frequentie en -duur verhoogt de kans op verder herstel van de aquatische fauna.

In bepaalde gevallen zijn overstromingen ongunstig. De schade door overstromingen hangt o.a. af van de hoeveelheid en kwaliteit van het sediment dat meegevoerd wordt met het water. Water dat afstroomt van weinig bedekte bodems zullen typisch meer sediment meevoeren. Voor terrestrische plantengemeenschappen leidt het vaak tot verschuivingen naar meer voedselrijke systemen. De kwaliteit van het rivierwater speelt een belangrijke rol in de combineerbaarheid met bepaalde natuurtypen. Ook de intensiteit van de overstromingen speelt een rol: te lange overstromingsduur en te hoge frequentie zijn niet goed.

1.4.3. Socioculturele diensten

1.4.3.1. Algemeen

Naast tastbare producten en regulerende processen, wordt nog een laatste vorm van diensten onderscheiden: de socio-culturele diensten. Hieronder wordt onder andere gerekend:

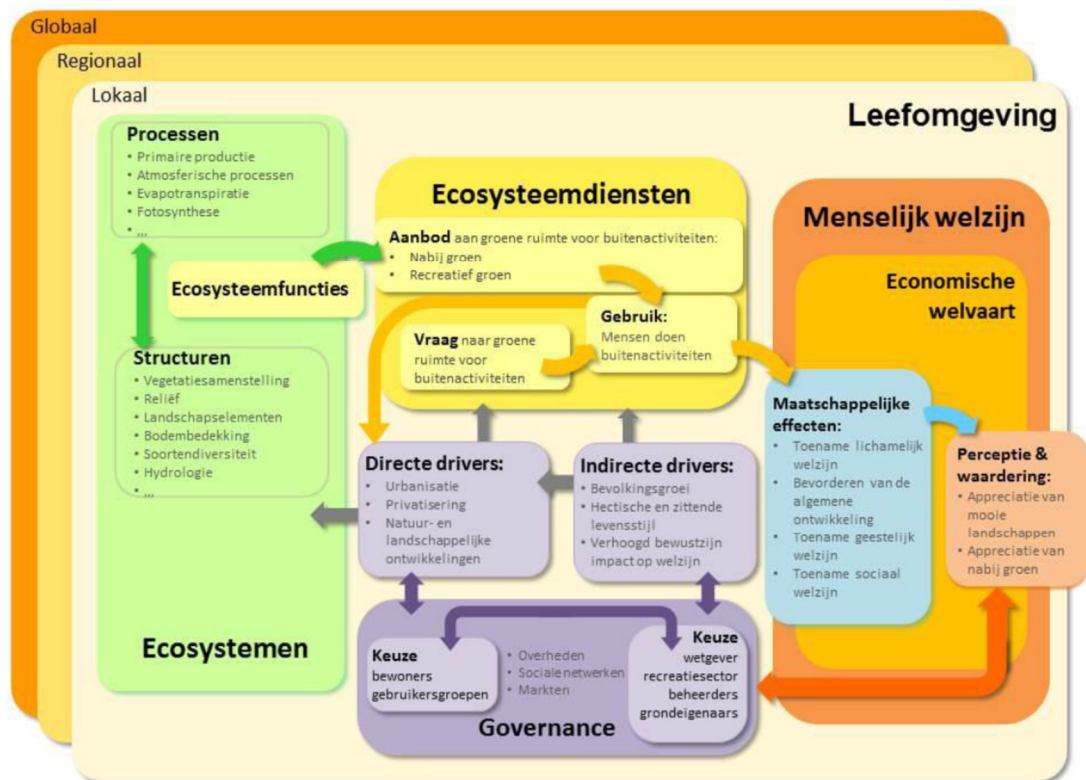
- de ruimte die natuur ons biedt voor recreatie
- de rol die natuur speelt in onze mentale en fysieke gezondheid en ons sociaal welzijn
- de rol die natuur speelt als trekpleister voor toerisme
- het spirituele aspect van natuur
- de schoonheid van natuur en de inspiratie die we er uit halen voor cultuur, kunst en design
- de cultuurhistorische waarde van natuur

De waarde van deze diensten is in veel gevallen zeer moeilijk of onmogelijk in monetaire waarde uit te drukken. Soms kunnen wel afgeleiden gebruikt worden als inschatting. Zo gaat de waarde van huizen in de omgeving van groen naar omhoog, wat een indicatie geeft voor de waarde van de schoonheid van de natuur en de natuur als recreatieplaats.

1.4.3.2. Recreatie: groene ruimte voor buitenactiviteiten

Definitie

De ecosysteemdienst recreatie kan omschreven worden als de mate waarin landschappen een groene, aangename omgeving bieden voor buitenactiviteiten. De dienst wordt geleverd wanneer mensen gebruik maken van het moeraslandschap om er buitenactiviteiten te doen en er niet-materiële voordelen (lichamelijke beweging, rust, verkoeling, ontspanning, verwondering, inspiratie, kennis ...) van ondervinden (Van Herzele en Wiedemann, 2003). Het ervaren van niet-materiële voordelen uit de natuur heeft een grote invloed op ons individueel en collectief lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn en de algemene ontwikkeling van kinderen (Simoens et al., 2014).



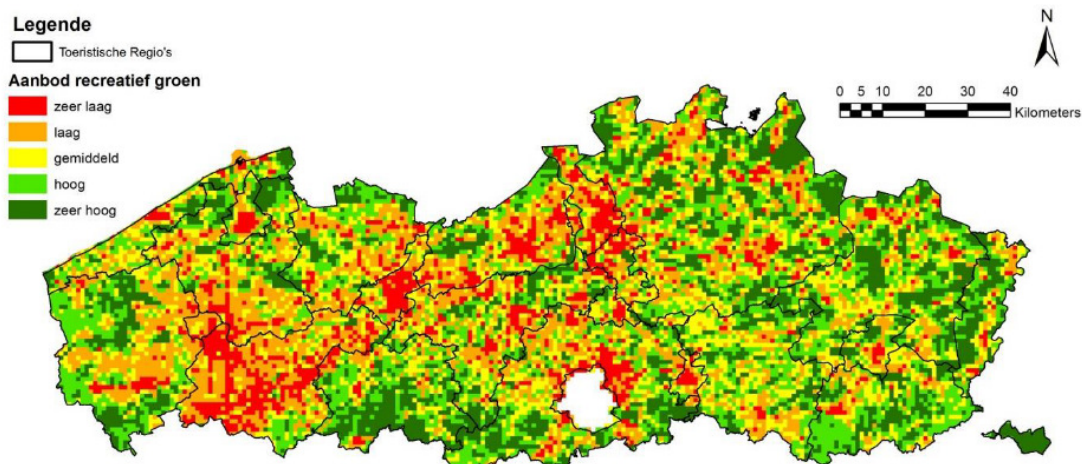
Figuur 9 Conceptueel raamwerk van NARA-T voor de ecosysteemdienst 'recreatie: groene ruimte voor buitenactiviteiten' met de voornaamste relaties tussen ecosystemen, ecosysteemdiensten en hun invloed op menselijk welzijn en economische welvaart (Simoens et al. 2014).

Situering en belang in Vlaanderen

Het belang van de ESD in onze huidige maatschappij is aanzienlijk. De groene ruimte biedt mensen een plek om te bewegen en in contact te komen met de natuurlijke omgeving.

Door de hoge bevolkingsdichtheden in steden, zijn voor de gebieden in en nabij de grote steden meest geschikt voor buitenactiviteiten. In de stedelijke omgeving zijn groene ruimtes echter vaak schaars. Ongeveer 21 % van de bevolking in Vlaanderen beschikt niet over een groene ruimte op wandelafstand voor dagdagelijks gebruik.

De aantrekkelijke groene ruimtes voor recreatie en beleving zijn ongelijk verdeeld over Vlaanderen. De meest aantrekkelijke vinden we terug ter hoogte van de IJzervallei, Heuvelland, de Oostkust- en Scheldepolders, de valleien van grotere rivieren, de Vlaamse Ardennen, het Zoniën- en Meerdaalwoud, de Kempense natuur- en bosgebieden, Haspengouw en Voeren.



Figuur 10 Kaart met aanbod van recreatief groen (Simoens et al. 2014)

Onderliggende structuren en processen

De geschiktheid van een landschap voor buitenluchtrecreatie hangt af van de aantrekkelijkheid van het landschap. De mate van aantrekkelijkheid van het gebied heeft dus een invloed op de mate van gebruik ervan voor buitenactiviteiten. Via onderzoek werden een aantal kenmerken van landschappen geïdentificeerd die voor het gros van de mensen de aantrekkelijkheid verhogen. Ruimte, natuur, cultuur & historie, rust & stilte en uitrusting zijn bevorderen de algemene belevingswaarde of de aantrekkelijkheid van landschappen (Van Herzele en Wiedemann, 2003).

Een voorwaarde voor het gebruik is dat het landschap toegankelijk is voor bezoekers. Moerassen zijn zonder uitgebouwde infrastructuur vaak helemaal niet toegankelijk vanwege het water en vaak instabiele ondergrond. Grotere waterlichamen in een natuurlijke omgeving hebben voor heel veel mensen een uitzonderlijke aantrekkingskracht (natuurzwemmen, schaatsen, watersporten, vissen...).

Relatie met biodiversiteit

De invloed van biodiversiteit op de ESD

Een hoge biodiversiteit betekent een meerwaarde voor beleving en recreatie. Een hoge biodiversiteit is één van de aspecten van groene ruimtes die positief gewaardeerd wordt door mensen. Aaibare of indrukwekkende soorten worden disproportioneel hoog gewaardeerd. Vogels blijven de meest populaire soortengroep (60%). Dagvlinders en planten behoren tot de 'klassieke' groepen.

Onaangename of gevaarlijke soorten maken landschappen minder aantrekkelijk. Dit laatste geldt zeker ook voor moerassen waar muggen hoge dichtheden kunnen bereiken.

Voor hengelaars vormen vissen uiteraard de hoofdattractie, waarbij vooral de grotere soorten en exemplaren een bijzondere aantrekkelijk zijn. Vaak specialiseren hengelaars zich op bepaalde soorten zoals karper, snoek, paling of brasem.

De invloed van de ESD op de biodiversiteit

Intensief gebruik van groene ruimtes voor buitenactiviteiten kan een bedreiging vormen voor de biodiversiteit, vooral door verstoring van fauna. Bij populaire bestemmingen zoals zwemvijvers krijgen soms erg waardevolle vegetaties geen ontwikkelkansen.