

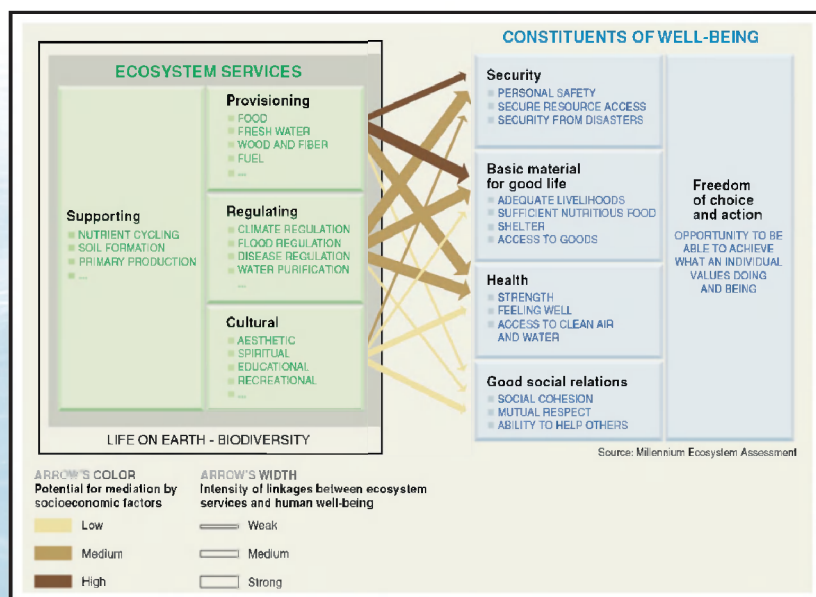
Ecosysteem services: welke, waar en hoeveel, kan dat gemeten worden?

Ecosysteem diensten zijn een recent begrip dat met het groeiende belang van een economische valuatie van natuur en de publicatie van de Millennium Ecosystem Assessment (MEA) zeer veel aandacht gekregen heeft. Het zijn de voordelen die de mens bekomt van de ecosystemen en waar ons voortbestaan in belangrijke mate van af hangt. De ecosystemediensten worden opgedeeld in "provisioning", "supporting", "regulating" en "cultural" services. Elk van die diensten kan gerelateerd worden aan verschillende aspecten van het menselijke welzijn. De vraag dringt zich dan ook op hoe gemakkelijk dit concept vertaalbaar is binnen het waterbeheer. In dit artikel worden een drietal cases besproken waarin we aantonen dat het mogelijk is om de diensten te kwantificeren en op basis daarvan te vertalen naar beheersmaatregelen. In de eerste case wordt aangetoond dat de ecosystemedienst "het leveren van zuiver water" door een stroombekken kan geoptimaliseerd worden en dat de resulterende kost voor de consument de helft is dan wanneer een zuiveringsinstallatie moest gebouwd worden om de gevolgen van de degradatie van het stroombekken te compenseren. Voor het bekken van de Mississippi kon, als tweede case, berekend worden dat de aanleg van moerassen met een oppervlakte van 1% van het stroomgebied voldoende is om via de ecosystemediensten "regulatie van stofstromen" en "waterzuivering" de nutriënten vracht naar de Golf van Mexico zo te reduceren dat de anoxische omstandigheden over een oppervlakte van meer dan 22.000 km² zouden verdwijnen, met alle positieve gevolgen voor de zeevisserij van dien. Tenslotte wordt dieper ingegaan op de achteruitgang van ecosystemediensten van het Schelde estuarium en de mogelijkheden om die concreet te meten. Ook hier kunnen die gegevens vertaald worden in benodigde oppervlakt habitat nodig voor het herstel van de ecosystemediensten.

Inleiding

Het begrip "ecosystem goods and services" of ecosystemediensten heeft zijn intrede gedaan begin de jaren negentig door de invloedrijke werken van onder andere De Groot (1992) en Daily (1997). De mogelijkheid om een link te leggen tussen ecosystemediensten enerzijds en ons economisch systeem anderzijds, zoals aangegeven door Costanza et al. (1997) heeft het onderzoek aan ecosystemediensten een verdere stimulans

Figuur 1: Overzicht van de ecosystemediensten en hun relatie met de socio-economische aspecten van de maatschappij (uit MEA 2005)



gegeven. De opname van het concept als centraal element in de Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) is een derde en cruciale stap die niet alleen het onderzoek aan ecosystemediensten zal bepalen maar ook de toepasbaarheid en het wereldwijde gebruik van het concept in beleid en beheer van ecosystemen. In deze bijdrage willen we dan ook eerst een het concept van ecosystemediensten beschrijven en vervolgens enkele cases toelichten waar het concept gebruikt werd als basis voor inrichting en beheer.

Ecosysteemdiensten

Ecosysteemdiensten zijn de voordelen die de mens bekomt (ander woord) van ecosystemen (MEA, 2005). Die worden, in de MEA, opgesplitst in "provisioning", "regulating", "supporting" en "cultural" (Fig. 1). De "supporting services" omvatten basis ecosystemeprocessen zoals primaire productie, nutriënt cyclering, zuurstof productie, bodem vorming etc. Deze vormen de basis voor alle andere ecosystemediensten. De "provisioning services" omvatten die zaken die we direct kunnen oogsten of gebruiken zoals voedsel, brandstof, hout, water en genetisch materiaal. De "regulating services" echter zijn die diensten die we krijgen op basis van regulatorische functies binnen ecosystemen. Dit zijn o.a. klimaatregulatie, controle van erosie, regulatie van ziektes, waterzuivering etc. Dit zijn zaken die, in tegenstelling tot de "provisioning services", niet direct kunnen geoogst of gebruikt worden, maar die wel zeer belangrijk zijn voor de mens en onze maatschappij. De vierde groep diensten, de "cultural servi-

ces" vormen een duidelijk aparte categorie en omvatten o.a. esthetische en spirituele waarden, recreatie en onderwijs.

Biodiversiteit en ecosysteem diensten zijn zeer gerelateerde begrippen. Biodiversiteit omvat de structurele component van en de variatie tussen ecosystemen. Het zijn de biota en de ecologische processen binnen de ecosystemen die de services leveren. Er is dan ook een groeiende hoeveelheid literatuur over de relatie tussen structurele biodiversiteit en functionaliteit. Die relatie kan drie verschillende vormen aannemen (fig. 2) (Kremen, 2005). Een asymptotische relatie zou ontstaan wanneer een beperkt aantal soorten instaat voor het grootste deel van de functie, bv. het grootste deel van de primaire productie is te wijten aan een beperkt aantal soorten. Een groot aantal soorten, aanwezig in kleine aantallen en/of met een lage efficiëntie dragen weinig bij aan de totale productie. Een lineair verband is te verwachten wanneer elke soort een zelfde eenheid van functie zou bijdragen en in gemeenschappen met een grote evenness voorkomt. Een exponentiële curve echter is te verwachten wanneer de interactie tussen soorten hun efficiëntie zou vergroten. Dit zijn bv. plant-bacterie of plant-fungi interacties die opname van nutriënten kan verbeteren. Dit betreft dus de relatie tussen biodiversiteit en 1 functie, maar een ecosysteem levert veel verschillende functies. Soorten die misschien weinig bijdragen tot functie 1 kunnen dan juist weer zeer belangrijk zijn voor functie 2 etc. Anderzijds geeft deze relatie het verband aan tussen aantal soorten en de functie, onafhankelijk van welke soort het is. Zo kan het best zijn dat soort 1 in jaar 1 het meest bijdraagt tot functie 1 (bv. primaire productie) maar dat dit in jaar 2 een totaal andere soort, die in jaar 1 onbelangrijk was, het meest bijdraagt tot functie 1. Dit kan het gevolg zijn van kleine verschillen in abiotische factoren tussen jaren of van biotische interacties (predatie, ziektes, ...). Bovendien vervult een ecosysteem verschillende

functies waarvoor meestal ook weer andere soorten nodig zijn. Op basis van deze overweging wordt momenteel aangenomen dat het grootste deel van de biodiversiteit in een ecosysteem een significante bijdrage levert aan de services van dat ecosysteem. Biodiversiteit blijft echter een intrinsieke waarde hebben onafhankelijk van het menselijke belang.

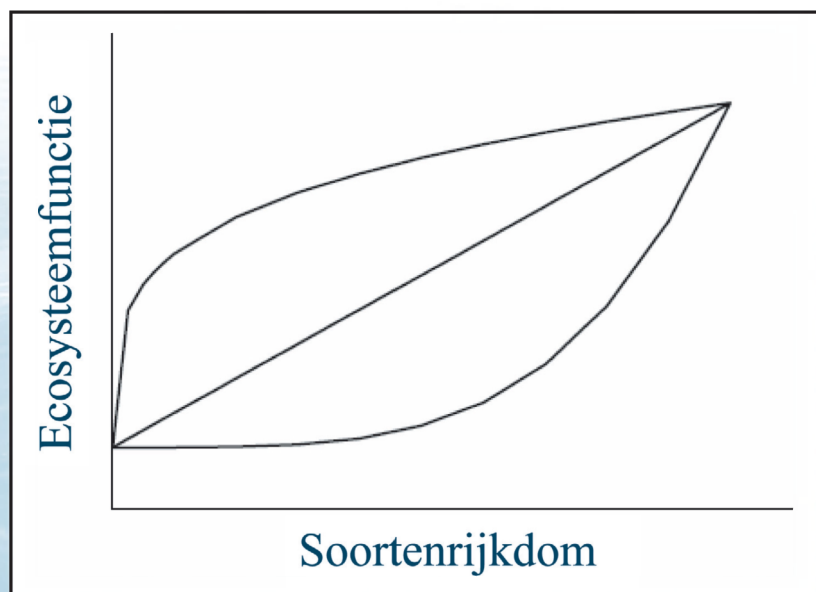
De link tussen ecosystemendiensten en het menselijke welzijn wordt in de MEA verder in detail uitgewerkt (fig. 1).

Case 1: de drinkwatervoorziening van New York

Het drinkwater voor New York wordt aangevoerd vanuit 3 verschillende stroomgebieden: de Delaware, de Catshill en de Croton stroombekkens. In elk bevindt zich één of meer reservoirs (achter een stuwdam) van waaruit het water, zo 4 à 5 miljard liter per dag voor 9 miljoen gebruikers, wordt vervoerd in pijpleidingen over meer dan 150 km afstand. De kwaliteit van het water begon langzaam achteruit te gaan en twee opties werden naar voor geschoven als oplossing. De eerste bestond uit het bouwen van een zuiveringsinstallatie, een investeringskost van ongeveer \$ 6 - 8 miljard en een exploitatiekost van ongeveer \$ 300 miljoen per jaar. De tweede optie is gebaseerd op een analyse van Ernst (2004) die vond dat er een negatief verband is tussen de zuiveringskost van water en het areaal bos in het stroomgebieden. De zuiveringskost per miljoen gallon daalt van meer dan \$140 tot minder dan \$40 wanneer het areaal bos varieert van bijna niets tot meer dan 60% van de oppervlakte. Dit is uiteraard het gevolg van enerzijds de mindere vervuiling wanneer het areaal bos relatief meer oppervlakte inneemt en anderzijds de betere zelfzuiverende werking van de waterlopen onder meer natuurlijke omstandigheden. Op basis van die analyse werd nagegaan wat de mogelijkheden waren om de kwaliteit van het water in de stroomgebieden zelf te verbeteren in plaats van dit te doen via een zuiveringsinstallatie. Dit vereist 2 types maatregelen. Vooreerst het verwerven van land: ongeveer 150.000 ha zou worden aangekocht voor een totaal bedrag van \$1.2 miljard gespreid over 10 jaar. Dit komt bovenop de 50.000 hectare die al in eigendom van de stad zijn. In totaal zou dan ongeveer 30% van de oppervlakte van de stroomgebieden in eigendom van de overheid zijn. Vervolgens zijn investeringen vereist in verbetering van bestaande zuiveringsstations en reductie van diffuse lozingen, samen zo' \$270 miljoen. De keuze voor dit alternatief vereist geen verhoging van de kostprijs voor water en is ook het alternatief waarvoor gekozen werd (Stern, pers. Com.).

Dit voorbeeld geeft heel duidelijk aan hoe een ecosysteem dienst, het leveren van zuiver water, kan aangewend worden op een economisch verantwoorde manier waarbij drinkwaterproductie en behoud van de biodiversiteit van enkele stroombekkens hand in hand gaan.

Figuur 2. Relatie tussen de biodiversiteit en ecosysteemfuncties (naar Kremen, 2005)



Case 2: nutriëntverwijdering in de Mississippi

De volgende case omvat een studie van Mitsch et al. (2005). In de golf van Mexico is een zeer groot deel van de zeebodem (zo'n 20.000 km²) sterk onderhevig aan anoxia door de enorme vracht nutriënten die via de Mississippi worden aangevoerd. Hierdoor is het bodemdierleven ernstig aangetast wat negatieve gevolgen heeft op de vissen en dus op de zeevisserij. Er zijn dan ook dringend maatregelen nodig om de nutriëntenvracht van de rivier te beperken. Eén van de mogelijkheden hiertoe is de uitbreiding van het areaal aan wetlands, immers het is gekend dat die een belangrijke sink kunnen zijn voor nutriënten. Op basis van een analyse van gegevens van 50 "wetland jaren" (1 jaar data van 1 wetland is een wetland jaar) van 12 verschillende wetlands, werd een functie opgesteld die het percentage verwij-

Tabel 1. Overzicht van de verschillende ecosystemendiensten (naar De Deckere en Meire, 2002). In *italic* zijn die diensten, binnen het Schelde estuarium, aangegeven waarvoor kan aangetoond worden dat ze de voorbije decaden negatief werden beïnvloed door menselijke activiteiten.

Viaor	Organisation	Resilience
Supporting services		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>primaire productie</i> • <i>nutrient cyclering</i> • <i>water cyclering</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>habitat voor zeldzame soorten of populaties</i> • <i>biodiversiteit</i> • <i>kinderkamer functie</i> • <i>migratie route</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>bodem vorming</i>
Regulating services		
<ul style="list-style-type: none"> • regulatie van lucht kwaliteit • Klimaat regulatie • Water zuivering en afval verwerking • Regulatie van transport van nutriënten en contaminanten 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Regulatie van ziektes</i> • <i>Regulatie van pestsoorten</i> • <i>pollination</i> • <i>Trofisch-dynamische regulatie</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Waterregulatie (bescherming tegen overstromingen)</i> • <i>Regulatie van erosie en sediment val</i> • <i>Behoud van habitat structuur en karakteristieken (bv. getij karakteristieken)</i> • <i>Regulatie van natuurlijke calamiteiten</i>
Provisioning services		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>zuiver water</i> • <i>zuivere lucht</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hout</i> • <i>Fiber</i> • <i>brandstof</i> • <i>genetische resources</i> • <i>biochemische stoffen, natuurlijke medicijnen en andere pharmaceutica</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>zuiver water</i>

dering van N berekend in functie van de belasting per m² per jaar. Hieruit blijkt dat bij een gemiddelde belasting van 60 NO₃-N g/m².jaar de verwijdering meer dan 40% is met een 95% confidentie interval tussen 18 en 70%. Een reductie van de N vracht naar de Golf van Mexico met 40% is nodig om het hypoxia probleem op te lossen. Op basis van die verwijderingpercentages kon vervolgens berekend worden dat 22.000 km² wetland nodig is om die reductie in vracht te bereiken. Op zich een enorme oppervlakte, maar dit is nog niet 1% van de totale oppervlakte van het bekken!

Case 3: Het Schelde estuarium

Het Schelde bekken is amper 21.863 km², maar met een totale bevolking van meer dan 10 miljoen mensen behoort het tot een van de dichtst bevolkte stroombekkens ter wereld (477 inwoners/km²). Het 160 km lange Schelde estuarium vormt de monding van de Schelde rivier en is zeer sterk door de mens beïnvloed (Meire et al. 2005). De morfologie van het estuarium veranderde drastisch door inpolderingen (meer dan 30% van de totale oppervlakte ging verloren in de 20ste eeuw) en baggerwerken (sommige drempels werden met meer dan 6 meter verdiept). Dit samen met de zeespiegelstijging en veranderingen in het boven-debiet veranderde het hydrodynamische regime: een stijging van de getijamplitude met bijna een meter is het meest uitgesproken. Deze morfo- en hydrodynamische veranderingen resulteerden samen met slechte waterkwaliteit in een sterke achteruitgang van het ecologisch functioneren (Meire et al. 2005, 2007).

De ecosystemendiensten van het estuarium werden in kaart gebracht en gelinkt aan het concept van "ecosystem health". Dit concept is gebaseerd op drie pijlers: "organization", "vigor" and "resilience" (Rapport, 1992). Voor elk van deze pijlers kunnen de ecosystemendiensten gedefinieerd worden (tabel 1)(De Deckere & Meire, 2000; Van den Berg et al. 2003; Adriaensens et al. 2005). De "organization" refereert vooral aan de structurele biodiversiteit, de aanwezigheid van soorten, hun interacties in voedsel webben en de trofische structuur van het systeem. Afgeleide diensten zijn een evenwichtig voedsel web (geen dominantie van specifieke soorten, geen pest soorten, etc.); een habitat voor zeldzame en bedreigde soorten. Specifiek voor estuaria is de kinderkamerfunctie voor vis en crustacea van uitzonderlijk belang. Ze zijn bovendien de primaire migratie routes voor anadrome en catadrome vis soorten. Uiteindelijk kunnen verschillende soorten geoogst worden als voedsel, constructiemateriaal (hout,..) etc. De tweede pijler, "vigor" omvat alles rond de kracht van het system en wordt vooral beschreven door de primaire productie en de nutriënt cyclering. Afgeleide functies zijn ondermeer de regulering van transporten van nutriënten en pollutanten naar de Noordzee door de capaciteit om vrachten vanuit het bekken te reduceren via biogeochemische processen. Dit is eveneens gekoppeld aan de

gasuitwisseling met de atmosfeer en klimaatregulatie. De "resilience" tenslotte beschrijft de buffer functie van het systeem voor dynamische processen. Dit leidt op zijn beurt tot functies of diensten zoals water regulatie, bescherming tegen overstromingen, buffer voor sedimenten en bescherming tegen erosie.

De huidige toestand van deze ecosystemendiensten werd geëvalueerd en hieruit bleek dat de globale toestand van de meeste ecosystemendiensten sterk verminderd is. Op basis hiervan werden dan doelstellingen afgeleid. Zo moet de dienst waterregulatie verbeterd worden door het beter bufferen van de bovenstroomse afvoer en het verder dissiperen van de getijdenenergie (tabel 2). Deze doelstellingen moeten vervolgens ruimtelijk gedifferentieerd worden. Zo kan het beter bufferen van bovenstroomse afvoer uiteraard alleen bovenstrooms gebeuren. Dissipatie van getijdenenergie moet dan weer vooral in de Westerschelde en in de Zeeschelde afwaarts Temse plaats vinden. Het halen van deze doelstellingen vereist echter de nodige maatregelen die uiteraard ook ruimtelijk gedifferentieerd moeten zijn (Adriaenssens et al. 2005; Van den Bergh et al. 2005). De essentiële vraag is ook hier het kwantificeren van die maatregelen. Hoeveel moeten we bovenafvoer bufferen, hoeveel getij-energie kunnen we dissiperen, hoeveel nutriënten moeten verwijderd worden etc. Daarnaast moeten we dan weten hoe verschillende maatregelen bijdragen tot het leveren van die ecosystemendiensten. Dit werd benaderd op 2 manieren: via directe metingen in het veld en via modellering.

Hoewel al heel veel ecologisch onderzoek werd verricht in het Schelde estuarium (Meire en Van Damme, 2005) blijft er nog een groot hiaat in onze kennis over verschillende ecosystemendien-

Tabel 2. Overzicht van verschillende doelstellingen voor het verbeteren van de ecosystemendiensten langsheen de Schelde en dit opgesplitst voor verschillende zones: Vlakte van de Raan; Vlissingen- Hansweert; Hansweert-grens; Grens-Burcht; Burcht-Temse; Temse-Dendermonde; Dendermonde-Gent; Durme; Zenne, Dijle, Nete; Stroomopwaarts

doelstelling	01 VRaa	02 V/Han	03 HanGr	04 GrBur	05 BurTm	06 TmDem	07 DemGt	08 Durme	09 ZeDNe	10 strSc
maximaliseren buffer bovenstroomse afvoer	0	0	0	0	+	+	++	++	++	++
maximaliseren tidale energiedissipatie	+	++	++	++	++	+	+	+	+	0
uitbreiden meergeulenstelsel	0	++	++	0	0	0	0	0	0	0
optimaliseren natuurlijk habitatprocessen	++	++	++	++	++	++	++	++	++	0
minimaliseren turbiditeit	0	+	+	++	++	++	+	++	+	0
optimaliseren koolstofhuishouding	0	0	0	0	0	0	0	0	0	++
optimaliseren stikstofhuishouding	0	0	+	+	+	++	++	++	++	++
optimaliseren zuurstofhuishouding	0	0	0	+	++	++	++	++	++	++
optimaliseren fosforhuishouding	0	0	0	0	0	0	+	+	+	++
optimaliseren siliciumhuishouding	+					++	++	++		0
optimaliseren primaire productie	0	+	+	++	++	++	++	++	+	0
optimaliseren condities voor zoöplankton	0	+	+	+	++	++	++	++	++	0
optimaliseren condities voor benthos	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
optimaliseren vismigratie	0	+	+	+	+	++	++	++	++	++
uitbreiden areaal ondiep laagdynamisch water	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
uitbreiden areaal slik	+	++	++	++	++	++	++	++	++	0
verlagen dynamiek slik	0	++	++	0	0	0	0	0	0	0
uitbreiden areaal schor	+	++	+	+	++	+	++	+	++	0
verjongen schor	+	++	++	++	++	++	++	0	0	0
uitbreiden areaal wetland	0	0	0	+	+	+	++	+	++	0

sten. Processen in het pelagiaal (primaire productie, mineralisatie,..) en op slikken zijn relatief goed gekend. Veel minder is geweten over de interactie tussen het pelagiaal en de schorren. Hier vatten we kort enkele recente studies samen. In het Tielrode broek nabij Tielrode werd een volledig ecosysteem 15N labelling experiment uitgevoerd. Dit leverde experimentele evidentie voor het grote potentieel van zoetwaterschorren om N retentie en transformatie te bevorderen (Gribsholt et al. 2005, 2006). De schorren stimuleren nitrificatie van ammonium tot nitraat. Transformatie via denitrificatie en nitrificatie is even belangrijk als de retentie van N. Wortels, bovengrondse vegetatie, sediment en plant detritus weerhouden ongeveer 4 % van het toegevoegde ammonium, terwijl 9% werd genitricieerd. Hoewel denitrificatie niet direct gemeten werd gedurende het experiment, kunnen we inschatten dat tot 14 % van het toegevoegde ammonium werd verwijderd uit het estuariene ecosysteem door denitrificatie in het zoetwaterschor.

Naast hun belang voor N, vertegenwoordigen zoetwaterschorren ook een grote voorraad biogeen Si (BSi), zowel in het sediment als in de vegetatie (Struyf et al. 2005). BSi is gemakkelijk oplosbaar vergeleken met mineraal Si, wat als inert beschouwd wordt op biologische tijdschalen (Van Cappellen 2003). Het feit dat zoetwaterschorren, gedomineerd door *Phragmites australis*, over een grote stock reactief silicium beschikken, maakt hun een belangrijke buffer voor opgelost silicium in het estuariene ecosysteem. Oplossing van BSi verrijkt het poriënwater met opgelost silicium (DSi) vergeleken met het estuariene pelagisch water. Concentraties DSi in poriënwater van de zoetwaterschorren langsheen de Schelde kunnen een grootteorde meer zijn dan de concentraties DSi in het water gedurende de zomer. Jaargemiddeld zijn de poriënwater DSi concentraties ongeveer 500 μM (or 14 mg L⁻¹), terwijl DSi concentraties maximaal rond de 300 μM schommelen in het pelagiaal, en kunnen zakken tot 10 μM in de zomer (Struyf et al. 2005). Als gevolg van dit BSi-recycling mechanisme, zijn zoetwater getijden gebieden belangrijke buffers in de estuariene Si cyclus: ze exporten het meeste DSi, wanneer de DSi-inhoud in het overstromingswater en het pelagiaal uitgeput is (Struyf et al. 2006) door fytoplankton bloei. De ratio van DSi tegenover N en P is bepalend voor het al dan niet uitbreken van schadelijke algenbloei in het estuarium of de kustzee. Bij te lage DSi concentraties worden kiezelwieren gelimiteerd in hun groei en kunnen andere groepen zoals blauwwieren of schuimalgen dominant worden met alle gevolgen van dien (release van toxische stoffen, schuimvorming,..). Als DSi-buffers kunnen schorren gedeeltelijk de antropogene over-input van N en P in de estuaria compenseren. Zowel het sediment als de vegetatie spelen een analoge rol in dit mechanisme, namelijk die van buffer voor recycleerbaar Si.

Naast het direct meten van de omvang van verschillende ecosystemendiensten is een modelmatige inschatting essentieel. Voor de Zeeschelde werd

een bestaand ecosysteemmodel voor de Westerschelde aangepast en uitgebreid (Cox et al. 2005). Dit maakt het mogelijk om de impact van bv. aanleg van extra schorren of gecontroleerde overstromingsgebieden met een gecontroleerd gereduceerd getij op de waterkwaliteit van de Schelde in te schatten. Zo kon aangetoond worden dat de aanleg van een gecontroleerd gereduceerd getij over een oppervlakte van zo'n 200 ha nabij Kruikeke een significante impact heeft op de zuurstofconcentratie in de Schelde over een afstand van meer dan 20km. Ook de primaire productie wordt hierdoor gestimuleerd.

Uiteindelijk werd op basis van de kwantificering van de ecosystemendiensten uitgerekend hoeveel oppervlakte estuarien habitat moet hersteld worden langsheen de Schelde om aan de goede ecologische kwaliteit te voldoen voor de Europese Kaderrichtlijn Water en aan de doelstellingen van de Europese habitat- en vogelrichtlijn (Adriaensens et al. 2005). Die oppervlaktes nodig voor een verbetering van het ecologisch en geomorfologische functioneren, werden ook gekoppeld aan de oppervlaktes nodig voor de veiligheid (ecosysteemdienst "buffer tegen overstromingen"), immers veel gebieden kunnen verschillende ecosystemendiensten leveren.

Conclusie

Het concept van ecosystemendiensten is erg belangrijk omdat het een link vormt tussen enerzijds de ecosystemen en anderzijds onze maatschappij met zijn socio-economisch systeem. De opgesomde voorbeelden geven duidelijk aan dat het mogelijk is om de verschillende ecosystemendiensten te omschrijven en gebiedspecifiek te gaan evalueren. Dit kan vervolgens in een oppervlakte vertaald worden die nodig is om bepaalde doelstellingen te bereiken (oppervlakte van het stroombedden dat moet beschermd worden om voldoende zuiver water te leveren voor New York, de oppervlakte wetland nodig voor het anoxia probleem in de Golf van Mexico op te lossen en de oppervlakte schor om de waterkwaliteit in de Schelde te verbeteren). Deze voorbeelden geven duidelijk de bruikbaarheid van het concept weer.

Anderzijds is het uiteraard zo dat nog heel wat kennis ontbreekt om dit concept gemakkelijk toe te passen. Extra kennis is nodig over de link tussen een ecosystemedienst (bv. leveren van zuiver water) en de ecologische processen die hieraan ten grond liggen. Dit gaat van zeer simpel zoals bv. bij de ecosystemedienst "buffer tegen overstromingen" waarbij vooral het bergingsvolume van het gebied moet gekend zijn tot zeer complexe diensten zoals primaire productie of regulatie van stofstromen. Hierbij is inzicht nodig in spatio-temporele schalen waarop de processen zich afspelen en in de omgevingsfactoren die de ecologische processen beïnvloeden. Daarnaast is het uiteraard eveneens essentieel om inzicht te hebben in de soorten en/of andere ecologische "assess" die de ecologische processen bepalen

en dus de diensten leveren. Dit zijn de zogenoemde "ecological service providers (ESP)" (Kremer, 2005).

Kortom, het is een veel belovende benadering, maar er is dringend meer onderzoek nodig naar kwantificering van de ecosystemendiensten en de onderliggende processen. Dan kan het concept verder vertaald worden richting inrichting en beheer.

Literatuur

Adriaensens, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertens, W., Nachtergale, L., Struyf, E., Van Braeckel, A., Van Hove, D. & Meire, P. 2005. Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium, Universiteit Antwerpen, Rapport Ecobe 05R.82, Antwerpen.

Costanza et al. (1997) Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, & M. van den Belt, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253- 260.

Cox, T., Soetaert, K en Meire, P., 2005. Studieopdracht in het kader van de actualisatie van het Sigmaplan. Eindrapport Opdrachtgever: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ, Afdeling Zeeschelde. Rapport ECOBE 05-R75

Cox, T., Maris, T., De Vleeschouwer, P., De Mulder, T., Soetaert, K. & Meire, P. 2006. Flood control areas as an opportunity to restore estuarine habitat. *Ecological Engineering*, 28: 55-63.

Daily, G.C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington.

De Deckere, E. & Meire, P. 2000. De ontwikkeling van een streefbeeld voor het Schelde estuarium op basis van de ecosystemefuncties, benaderd vanuit de functie natuurlijkheid. Universiteit van Antwerpen, 2000.

De Groot 1992. *Functions of nature; Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff, Amsterdam.

Ernst C. 2004, *Protecting the Source: Land Conservation and the Future of America's Drinking Water*, Trust for Public Land, Washington D.C.

Gribsholt, B., Boschker, H.T.S., Struyf, E., Andersson, M., Trampler, A., De Brabandere, L., Van Damme, S., Brion, N., Meire, P., Dehairs, F., Middelburg, J.J. & Heip, C. 2005. Nitrogen processing in a tidal freshwater marsh: a whole ecosystem ¹⁵N labelling study. *Limnology & Oceanography*, 50: 1945-1959.

Gribsholt, B., Struyf, E., Tramper, A., Andersson, M.G.I., Brion, N., De Brabandere, L., Van Damme, S., Meire, P., Middelburg, J.J., Dehairs, F. & Boschker, H.T.S. 2006. Ammonium transformation in a nitrogen-rich tidal freshwater marsh *Biogeochemistry*, 80: 289-298.

Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters* 8: 468-479.

Maris, T., Cox, T., Temmerman, S., De Vleeschauwer, P., Van Damme, S., De Mulder, T., Van den Bergh, E. & Meire, P. (2007). Tuning the tide: creating ecological conditions for tidal marsh development in a controlled inundation area. *Hydrobiologia* 588: 31-43.

Meire, P., Van Damme, S., 2005. (Eds.) Ecological functions in the Schelde estuary: from past to future. Special issue. *Hydrobiologia*, 540.

Meire, P., Ysebaert, T., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Maris, T. & Struyf, E. 2005. The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia*, 540: 1-11.

Meire, P., Van Damme, S., Struyf, E., Maris T., Backx, H., 2007 Ecosystem services: a key element in protecting biodiversity of wetlands, rivers and estuaries. Pg 41 - 56 in Bourdeau P. en E. Zaccà (Eds) *The Millennium Ecosystem Assessment Implication for Belgium*. Proceedings of a conference held in Brussels on 27 October 2006, Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, Brussel.

Millenium Ecosystem Assessement 2005 Ecosystems ad Human well-being: current state and trends. Island Press, Washington

Mitsch W.J., J.W. Dayb, L. Zhang, R. en Lane, R. 2005. Nitrate-nitrogen retention in wetlands in the Mississippi River Basin. *Ecological engineering* 24: 267-278.

Rapport, D. J., 1992. Evaluating ecosystem health. *Journal of Aquatic Ecosystem Health* 1: 15-24.

Struyf, E., Dausse, A., Van Damme, S., Bal, K., Gribsholt, B., Boschker, H.T.S., Middelburg, J.J. & Meire, P. 2006. Tidal marshes and biogenic silica recycling at the land-sea interface. *Limnology and Oceanography*, 51: 838-846.

Struyf, E., Van Damme, S., Gribsholt, B., Middelburg, J.J. & Meire, P. 2005. Biogenic silica in freshwater marsh sediments and vegetation. *Marine Ecology Progress Series*, 303: 51-60.

Van Cappellen, P. 2003. Biomineralisation and global biogeochemical cycles. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 54: 357-381.

Van den Bergh, E., Van Damme, S., Graveland, J., de Jong, D.J., Baten, I. & Meire, P. 2003. Studierapport ontwikkelingsmaatregelen te behoeve van de ontwikkelingschets voor 2010 voor het Schelde estuarium. (NOPSE) Werkdocument/RIKZ/OS/2003.825x.

Van den Bergh, E., Van Damme, S., Graveland, J., de Jong, D.J., Baten, I. & Meire, P., 2005. Ecological Rehabilitation of the Schelde Estuary (The Netherlands-Belgium; Northwest Europe): Linking Ecology, Safety against Floods, and Accessibility for Port Development. *Restoration Ecology* 13: 204-214

Patrick Meire
Universiteit Antwerpen - Campus Drie Eiken
Departement Biologie
Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer
Universiteitsplein 1
BE-2610 Wilrijk

Telefoon: 0032 3 820 2274
e-mail: patrick.meire@ua.ac.be
http://www.ua.ac.be/ecobe