



Poorten naar de zee: open, toe en op een kier

Voorzichtige revalidatie voor onze estuaria?

Waar getij- en rivierdynamiek elkaar ontmoeten wordt het estuariene landschap geboetseerd. In Nederland en Vlaanderen boetseert de mens sinds mensenheugenis mee, we weten zelfs niet hoe dit landschap eruit zou zien zonder onze tussenkomst. In de tweede helft van de vorige eeuw groeide het besef dat ons boetseren schade toebrengt aan de morfologie en ecologie én aan de gebruiksfuncties van estuaria. Daarom wordt de afgelopen decennia, met wisselend succes, gewerkt aan herstel.

Het estuariene landschap

Estuaria zijn de benedenstroomse delen van riviersystemen die onder invloed staan van getijdenwerking (Fairbridge, 1980). De getijgolf vanuit de zee en de continue zoetwaterstroom vanuit de rivier vormen samen het estuariene landschap met de typerende gradiënten in zout, overspoeling, dynamiek, troebelheid en sedimentsamenstelling. Het samenspel van deze gradiënten creëert een mozaïek van verschillende habitats en ecotopen, waarin specifieke soorten leven. Veel van deze soorten gebruiken naar gelang hun levensfase of -functie ook andere habitats. Daarom is de koppeling met de omliggende polders belangrijk.

Natuurlijke stressfactoren

De zoutgradiënt is sterk bepalend voor de opeenvolging van levensgemeenschappen. Het zoutgehalte op een bepaalde plaats verandert voortdurend onder invloed van getij, wind en regenafvoer; het zoutgehalte in de zoutzones (zout-brak-zoet) is een soort gemiddelde. Planten diersoorten zijn fysiologisch beperkt tot een bepaald spectrum in zoutgehalte, soms smal, soms breed. In het brakke midden-estuarium manifesteert de zoutgradiënt zich het sterkst en is de zoutstress het grootst, daarom vinden we hier een diversiteitsminimum.

Het getij stuurt het water eerst de ene en dan de andere kant uit. Tussen twee kenteringen piekt de stroomsnelheid naar maximale eb- of vloedstroom. Ook hiervoor

hebben bodemgebonden dieren een tolerantievenster. De meeste bodemdieren gedijen niet zo goed onder extremen en jonge vis zoekt de beschutting van luwten op. Estuaria zijn relatief troebel. Naast de toevoer van zwevende stof uit de bovenlopen van de rivieren en de zee doet het getij veel bodemmateriaal opwerpen. In de brakke overgangszone ontwikkelt zich een troebelheidsmaximum, een typisch estuarien fenomeen. De positie van dit maximum kan zich verplaatsen in periodes van langdurige droogte of hevige regenval. Te veel zwevende stof in het water beperkt het doorzicht, de primaire productie, de voedselbeschikbaarheid voor zoöplankton en filteraars en het foerageersucces voor zichtjagende vissen en vogels.

Geulen, platen, slikken, schorren

De getijdenwerking brengt stromingen en erosie-sedimentatieprocessen op gang die het estuarium vorm geven. In hoogdynamische gebieden is de bodem bij elk getij in beweging en vinden we eerder zandige bodems; in de kalmere laagdynamische gebieden komt de bodem nauwelijks in beweging en worden fijnere sedimenten afgezet. Subtidaal, permanent onder water, ontstaan er geulen in typische patronen van eb- en vloedscharen met daartussen ondiepten. Intertidaal, bij laagwater droogvallend, vormen zich tussen de laag- en hoogwaterlijn platen tussen de geulen en slikken langs de randen van

estuaria
ecosysteemfuncties
degradatie
herstelstrategie

E. (Erika) Van den Bergh
Instituut voor Natuur- en
Bosonderzoek (INBO), Havelaan
88, bus 73, 1000 Brussel
erika.vandenbergh@inbo.be

D.J. (Dick) de Jong

Foto: beeldbank.rws.nl/
Joop van Houdt
Het verdrinken land van
Saeftinghe.

het estuarium. Hogerop, boven de hoogwaterlijn waar de overstromingsstress minder wordt, ontstaan met hogere planten begroeide schorren. Kreeksen verzorgen de watertoevoer en drainage van slikken en schorren. Binnen deze grove indeling is er een scala aan kleinere habitats: hoe meer ruimte voor vormgevende processen, hoe meer schakeringen in habitats en habitatfuncties. Tolerantievensters voor zout, overspoeling, stroomsnelheid en drainage zijn sturend voor de mozaïeken van de bodemgebonden planten- en diergemeenschappen. Deze gemeenschappen sturen echter op hun beurt mee aan de geomorfologische processen: wormen beroeren de bodem en bevorderen zo erosie van het slik, structuurbouwende oesters en kokkels beïnvloeden de stromingen en ontwikkelen specifieke habitats, eencellige wieren consolideren het slik zodat hogere planten meer vestigingskansen krijgen, de pionierplanten bevorderen sedimentatie zodat het schor verder ophoogt en andere planten, die minder tegen overspoeling bestand zijn, zich kunnen vestigen.

Voedsel- en stofstromen

Door de rijke input van organisch materiaal vanuit zee en rivier ontplooiën estuaria zich tot de meest productieve ecosystemen ter wereld (Constanza et al., 1993). Het aangevoerde organisch materiaal wordt bacterieel afgebroken of rechtstreeks benut door detrituseters. Het estuarium heeft dus een soort waterzuiveringsfunctie. Vrijgekomen nutriënten vinden via primaire productie hun weg naar het plaatselijk voedselweb of worden doorgevoerd naar zee. Grote concentraties aan plankton, wormen, kreeftachtigen en weekdieren trekken vissen en vogels aan. Voor vissen fungeren estuaria als paaigebied, kraamkamer, opgroeigebied en foerageergebied. Trekvissen moeten zich tussen zoet water en de zee verplaatsen om zich voort te planten. Veel van deze soorten

zijn commercieel of Europees beschermd en estuariene habitats zijn essentieel voor de Noordzeepopulaties. Ook steltlopers, ganzen en eenden overleven op de estuariene voedselrijkdom; doortrekkers, pendelend tussen broed- en overwinteringsgebied, zijn er in voor- en najaar en overwinteraars in de winter. Ze bouwen bijvoorbeeld essentiële vetreserves op voor de tocht naar hun broedgebieden. Onze estuaria zijn een onontbeerlijke schakel in de levenscyclus van internationaal beschermde watervogels van de Oost-Atlantische trekroute.

De achteruitgang

Estuaria zijn van oudsher aantrekkelijke groeipolen voor nederzettingen en havenontwikkeling. Ze leverden toegang tot de zee en transportmogelijkheden naar het binnenland, voedsel, landbouwgrond, water en waterafvoer. Uitgestrekte schorvegetaties dempten de getij-energie en dus het overstromingsrisico. Estuarien beheer, eeuwenlang louter gericht op economische optimalisatie, bracht de estuariene stressfactoren buiten de grenzen van het estuarien functioneren en verstoorde tenslotte zodanig de structurerende processen, stofstromen en habitatfuncties dat allerlei estuariene ecosystemendiensten achteruitgingen.

Landwinning

De schorren met hun vruchtbare bodems zijn op grote schaal ingepolderd voor landwinning. Regelmatig is ook via kunstmatige schorvorming meer land gewonnen, ten koste van slikken. Naast het grote directe habitatverlies kunnen de rivieren niet meer vrij meanderen en zijn de natuurlijke estuariene vormgevingsprocessen verstard en gereduceerd tot een kleine oppervlakte. Resterende schorren zijn soms omgevormd tot bagger- of huisvuilstort.

Scheepvaart

Geulen werden dieper en rechter gemaakt voor de scheepvaart. Het versterkte trechtereffect veroorzaakt niet alleen grotere getij-amplitudes en verhoogde waterstanden, maar de krachtiger vloedgolf houdt ook meer sediment in beweging, dat zich noodgedwongen in de geul moet neerzetten. Dit kan leiden tot een *fluid mud*-laag: een laag met een zeer hoog slibgehalte dicht boven de bodem, waardoor de hydraulische weerstand van de geul vermindert, met verdere getij-amplificatie tot gevolg. Ten slotte kan het systeem in een alternatieve hypertroebele *steady state* komen, die moeilijk te doorbreken is (Winterwerp & Wang, 2013). Het boven-estuarium van de Eems bevindt zich reeds in deze toestand (Winterwerp et al., 2013) en voor de Zeeschelde loert dit gevaar om de hoek (VNSC, 2013). Dergelijke hypertroebele systemen, zoals in de Boven-Eems, kampen met ernstige zuurstofproblemen waardoor zich geen volwaardig voedselweb kan ontwikkelen. In feite is zo'n rivier ter plaatse min of meer dood. Ook is er geen mogelijkheid voor trekvissen om zo'n zone te passeren.

Zoetwaterbeheer

Gewijzigde waterafvoer heeft grote invloed op de zouthuishouding in de estuaria. Omdat veel polders niet meer onder vrij verval kunnen afwateren wordt steeds meer water via gemalen naar het estuarium gepompt. Overtollige neerslag komt veel sneller het estuarium binnen, waardoor wisselingen in zoutgehalte groter en veelvuldiger worden. De zoutstress wordt verder nog versterkt door ander gebruik van zoet water, zoals beregning en voeding van kanalen. Ten slotte leidt de klimaatverandering tot frequentere perioden van lange droogte en van korte, extreem hevige neerslag. Hoe groter en frequenter de zoutschommelingen zijn, hoe minder de biodiversiteit wordt, vooral in het brakke overgangsge-

bied. Maar ook hoe moeilijker het wordt voor trekvissen om door het estuarium te bewegen tussen rivier en zee.

Afvalwaterbeheer

Tot vrij recent werd veel afvalwater ongezuiverd op de rivier geloosd. Daardoor domineerden bacteriële afbraakprocessen, met vaak regelmatige of soms zelfs constante zuurstofloosheid als gevolg. Wat achterbleef was een dode rivier die alle afval onveranderd doorgaf naar zee. Ook in de Dollard werden grote hoeveelheden (veenkoloniaal) afvalwater geloosd, met sterke effecten op de bodemfauna in de wadplaten. Inmiddels is de waterkwaliteit van de Zeeschelde sterk verbeterd (Barneveld et al., 2018) en zijn de lozingen van ongezuiverd water in de Dollard gestopt.

Overstromingsrisicobeheer

Met de komst van stoommachine en dieselmotor konden overstromingsrisico's vanaf de twintigste eeuw grootschalig aanpakken. Dat leidde tot grootschalige afsluitingen: de Zuiderzee (1916) en de Lauwerszee (1969) in Noord-Nederland en het Deltaplan in Zuidwest-Nederland na de overstromingsramp van 1953. Door deze afsluitingen werd het contact tussen zee en binnenland grootschalig verbroken. Hele grote estuarine gebieden gingen verloren en er ontstonden grote zoet- en zoutwatermeren, waarin na verloop van tijd vaak ernstige waterkwaliteitsproblemen ontstonden. Polderlozingen met geëutrofeerd water leiden in zoete meren vaak tot problemen met blauwalgen en in zoute meren tot sterke zuurstofloosheid of problemen met zeesla. Ook flora en fauna zijn in de nieuwe meren drastisch veranderd.

In de Westerschelde en de Eems-Dollard is ingezet op dijkverzwaring met het oog op de toegankelijkheid van de aangrenzende havens. Het overstromingsgevaar werd

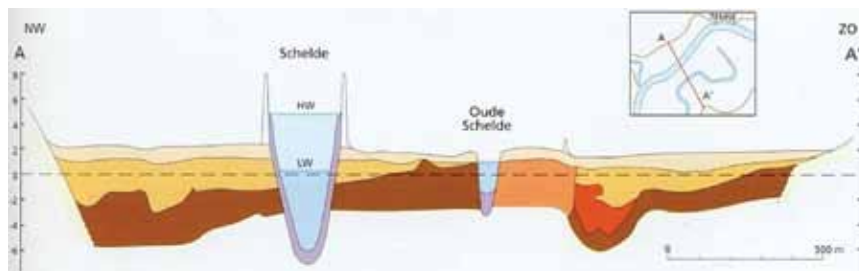
Figuur 1 De Schelde ter hoogte van Temse: de rivier verheft zich boven de vallei omdat de oevers tussen de dijken meegroeien met het getij en de polders inklinken (van Strydonck & De Mulder, 2000).

Figure 1 The Scheldt estuary near Temse (Flanders): the river rises above the valley because riverbanks between the dikes grow with the rising tide and polders subside. (van Strydonck & De Mulder, 2000).

zo verder stroomopwaarts doorgegeven. Dat bleek in 1976 bij de Schelde, toen delen van Vlaanderen bij een stormvloed overstromden. Om ook in de Zeeschelde de overstromingsrisico's te beheersen werd het Sigmapijan uitgetekend, waarbij naast dijkverzwaaring extra waterbergingsruimte werd gecreëerd in gecontroleerde overstromingsgebieden, die de vloedgolf aftoppen en zo het overstromingsrisico stroomopwaarts reduceren.

De afsluiting van de vele grote wateren en de verbreding van de dijken betekent een enorm verlies aan estuariene biotopen. De vervanging van de vele kleine sluizen en gemalen door minder maar grotere gemalen in de verzwaarde dijken beperkt voor vissen drastisch, zo niet volledig, de laterale migratiemogelijkheden naar binnendijkse paaihabitats.

De Oosterschelde werd slechts gedeeltelijk afgesloten met een stormvloedkering die nog gereduceerd getij toelaat. Daar ontstond zandhonger: door de verminderde getijdenstromingen in de geulen is de balans tussen aan- en afvoer van zand naar de slikken en platen zodanig verstoord, dat ze eroderen, waarbij ze uiteindelijk hun functie als foerageergebied voor steltlopers verliezen (Witteveen & Bos, 2013). Het overstromingsrisico krijgt een extra dimensie omdat het estuarium zich geleidelijk boven het landschap verheft. Polders groeien niet meer mee maar klinken daarentegen in (figuur 1).



Coastal squeeze

Wanneer waterstanden hoger worden door stijging van de zeespiegel en een toegenomen trechtereffect, zouden slikken en schorren in natuurlijke situaties zich naar achteren verplaatsen. Nu verhinderen de dijken dit en worden deze habitats 'platgedrukt' tussen geul en dijk, de zogenoemde coastal squeeze (Pontee, 2013). De overstromingsgradiënt van de habitats wordt noodgedwongen steiler, de habitatmozaïek wordt dus niet alleen smaller maar verliest tevens kwaliteit en diversiteit. Er resten bijvoorbeeld voornamelijk nog smalle stroken climaxschor met weinig mogelijkheid tot verjonging. Om de laatste schorstroken van erosie te vrijwaren worden schorkliffen dikwijls met breuksteen vastgehouden, zodat schorverjonging helemaal verhindert wordt.

Herstelmaatregelen

De belangrijkste problemen in de nog aanwezige estuaria en nieuw gevormde meren zijn estuariene habitatverlies, waterkwaliteitsproblemen inclusief veranderde zouthuishouding, erosie en weggefallen verbindingen en gradiënten. Om deze problemen het hoofd te bieden wordt inmiddels gewerkt aan allerlei maatregelen, waarvan een aantal ook al concreet is uitgevoerd of binnen kort wordt uitgevoerd. Hieronder volgt een aantal voorbeelden van maatregelen, zowel gericht op soortgroep(en) of een specifiek probleem, als in een breder perspectief.

Visintrek

Op Texel is een 'stekelbaarshevel' voor driedoornige stekelbaarzen aangelegd om de voedselvoorziening van de lepelaars te verbeteren. Stekelbaarzen 'broeden' in zoet water, maar als ze daarnaast in zout water opgroeien worden ze groter en zijn ze daarmee beter voedsel.

Eind jaren tachtig werd het idee geopperd om de

Haringvlietsluizen open te zetten en zo de estuariene dynamiek gedeeltelijk te herstellen (Storm et al, 2006). Het kierbesluit werd in 2000 getekend maar pas in januari 2019 gingen de sluisen echt open, één schuif. Zo kunnen trekvisseren zoals zalm, steur en zeeforel de sluisen passeren, maar de estuariene dynamiek wordt maar heel beperkt hersteld. Verzilting mag namelijk niet oostelijker dan de Spuimonding optreden om de zoetwatervoorziening van de omgeving te garanderen.

Om de Afsluitdijk voor trekvisseren passeerbaar te maken zal daar een vijf kilometer lange vismigratierivier worden aangelegd: een permanente opening waardoor trekvisseren via een geleidelijke zout-zoetovergang weer vrij kunnen zwemmen tussen zout- en zoetwater (zie www.deafsluitdijk.nl/projecten/vismigratierivier).

Habitatcreatie

Herstel van estuariene natuur betekende aanvankelijk vooral de creatie van binnendijkse habitats. Belangrijke zoute voorbeelden daarvan zijn Plan Tureluur op Schouwen en Tholen (Zeeland, ca 1000 ha, 1991-2014) en Breebaart (Groningen, ca 60 ha, 2001). Brakke en zoete voorbeelden langs de Zeeschelde zijn respectievelijk Doelpolder Noord (70 ha, 2007) en het noordelijk eiland langs de Rupel (50 ha, 1997).

Deze gebieden zijn echter geen vervanging van getijdengebied. Hoewel er een omgeving wordt gecreëerd, waar allerlei estuariene planten- en diersoorten zich thuisvoelen en ook broeden, kan de specifieke bodemkundige en morfologische structuur van een getijdengebied zich hier niet ontwikkelen en ook getijgebonden planten komen zelden of nooit voor. Op zoute slikken foeragerende steltlopers doen dit veelal niet binnendijs (en omgekeerd); ze rusten er slechts. Meer recent wordt getijdennatuur echt hersteld: Perkpolder (Westerschelde, ca 75 ha, 2015) en Rammegors (Oosterschelde, ca 145

ha, 2016) zijn gebieden die weer onder getij-invoel zijn gebracht. Rond 2022 worden hieraan de uitgepolderde Hedwigepolder en Prosperpolder (Westerschelde/Zeeschelde, ca 470 ha) toegevoegd. In de Zeeschelde zijn al eerder kleinere gebiedjes ontpolderd: Paardenschor (10 ha, 2004), Lillopolder (10 ha, 2012), Ketenisseschor (30 ha, 2002), Fasseit (10 ha, 2017) en Heusdenschor (10 ha, 2006) (Speybroeck et al., 2011).

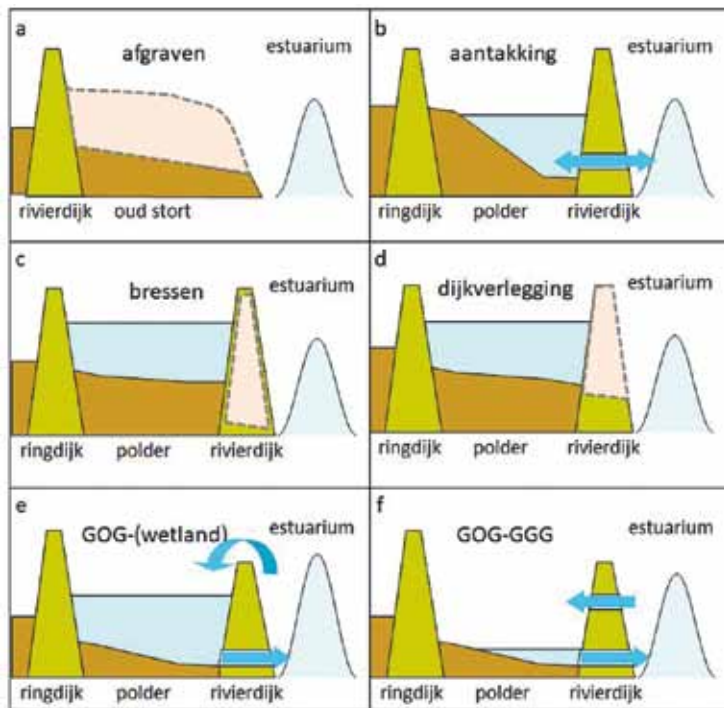
Op de eroderende platen en slikken in de Oosterschelde kunnen de effecten van de zandhonger worden gemitigeerd door gerichte suppleties met zand. Na een aantal beperkte proefsuppleties wordt in de winter van 2019-2020 de eerste grote suppletie uitgevoerd op de Roggenplaat, waarmee de plaat zijn huidige foerageerfunctie voor steltlopers de komende veertig tot vijftig jaar kan blijven vervullen.

Samenwerken aan ecosysteemdiensten

Waterbouwkundige ingrepen voor specifiek gebruik ontwrichten dikwijls andere ecosysteemdiensten en vaak ook andere watersystemen. Het groeiende besef hiervan leidde tot een transitie naar integraal waterbeheer en duurzaam ecosysteembeheer, op initiatief van overheden maar in groeiende samenspraak met belanghebbenden en andere maatschappelijke geledingen. Zo ontstonden bekkengerichte en bekkenoverstijgende overlegorganen.

Het Schelde-estuarium

Het Vlaamse Sigmaplan is een veiligheidsplan én ecologisch herstelplan in één. Aanvankelijk was het alleen gericht op beveiliging tegen overstromingen vanuit de zee, maar het geactualiseerde Sigmaplan houdt ook rekening met overstromingsgevaar door overvloedige neerslag en met behoeften van landbouw en recreatie (Couderé et al, 2005). Ruimte voor het estuarium is



Figuur 2 Ecologische herstelmaatregelen van het Sigmaplan: a. schorherstel (buitendijkse storten afgraven); b. aantakking binnendijkse waterpartij; c-d. Ontpoldering van hoger gelegen polders door (c) bressen in de rivierdijk en (d) rivierdijk afgraven; e-f. laaggelegen polders, ingericht als gecontroleerd overstromingsgebied (GOG) worden ingericht als (e) binnendijks wetland of (f) estuariene habitat onder gecontroleerd gereduceerd getij (GGG) met een hoge inwateringsluis en een lage uitwateringsluis (www.sigmaplan.be).

Figure 2 Ecological restoration measures in the Sigmaplan: a. tidal marsh restoration through excavation of dumps outside the dike; b. connection of inland water through the dike; c-d. realignment of higher polders (c) through breaching or (d) removal of the riverdike; e-f.: flood control areas in low lying polders are at the same time (e) inland wetlands or (f) estuarine habitat under controlled reduced tide through a high water inlet combined with a low water outlet (www.sigmaplan.be).

het sleutelwoord voor veiligheid én voor natuurlijkheid. In het kader van dit plan werden de belangrijkste ecologische knelpunten voor de Zeeschelde in beeld gebracht, vertaald naar verstoorde estuariene processen en werden mogelijke herstelmaatregelen voorgesteld. De natuurinrichting is eerder gericht op herstel van de plaatselijk grootste knelpunten voor de ecosysteemprocessen dan op herstel van ecosysteem patronen, waarbij een grote variatie in maatregelen wordt uitgevoerd (figuur 2). Buitendijks wordt, waar de rivierdynamiek het toelaat, de harde dijkverdediging vervangen door milieuvriendelijker alternatieven. Buitendijkse storten worden afgegraven, hoger gelegen polders worden ontpolderd en binnendijkse waterpartijen worden met een opening in de dijk 'aangetakt' aan de Schelde. Laaggelegen polders worden ingericht als gecontroleerd overstromingsgebied (GOG). De landbouwfunctie kan omgezet worden in binnendijks wetland of, met een slimme sluis in estuariene natuur, met gereduceerd getij (Van den Bergh et al, 2005; figuur 2).

Een Vlaams-Nederlands samenwerkingsverband heeft voor het Schelde-estuarium als geheel de Langetermijnvisie Schelde-estuarium 2030 (LTVS) opgesteld. Deze is goedgekeurd in 2001 en wordt uitgevoerd door de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (www.vnsc.eu). In de LTVS zijn gezamenlijke geïntegreerde doelstellingen geformuleerd voor veiligheid tegen overstromingen, toegankelijkheid voor de Scheldehavens en een gezond en dynamisch ecosysteem. Een eerste maatregelenpakket is vastgelegd in de Ontwikkelingsschets 2010 en wordt uitgevoerd. Via een 'flexibele stortstrategie' wordt het gebaggerde sediment zodanig ingezet dat de benodigde baggeractiviteiten zo min mogelijk ecologische schade geven.

De Zuidwestelijke Delta

In de Zuidwestelijke delta ontstonden na het gereedkomen van de Oosterscheldekering in de diverse bekkens uiteenlopende problemen, met waterkwaliteit en zandhonger als de meest prominente. Deze problemen werkten niet alleen door naar ecologie maar ook naar andere gebruiksfuncties, zodat een geïntegreerde aanpak nodig was. Daartoe werd de Zuidwestelijke Delta opgericht, een organisatie waarin alle overheidslagen, ondernemers en belangenorganisaties samenwerken aan 'een klimaatbestendige, veilige, ecologisch veerkrachtige en economisch vitale Zuidwestelijke Delta met voldoende zoetwater'. Het doel is de waterhuishoudkundige problemen, die zijn ontstaan na en door de Deltawerken, op te lossen en men kijkt vooruit naar waterveiligheid op langere termijn. Er werden verschillende scenario's voor herstel van estuariene dynamiek in de meren onderzocht (Baptist et al, 2007). In het Veerse meer is er permanente wateruitwisseling met de Oosterschelde via de Katse Heule. De plannen om ook in het Grevelingenmeer de grote zuurstofloosheid in de diepere geulen het hoofd te bieden door beperkt getij in te voeren (40-50 cm) krijgen vorm. Onderzoek naar duurzame maatregelen om zuurstofloosheid en blauwalgen in het Volkerak tegen te gaan hebben geleid tot het (voorlopige) besluit het systeem zout te maken.

Eems - Dollard

Voor de Eems brachten provincie, rijk en regionale partijen in het MIRT-onderzoek 'Economie en Ecologie Eems-Dollard in balans' (2010) de belangrijkste ecologische knelpunten voor de Eems-Dollard in beeld en analyseerden mogelijke oplossingen. Een topprobleem hier is de slibproblematiek. De oplossingsrichtingen en maatregelen zijn uitgewerkt in het Meerjarig Adaptief Programma Eems-Dollard 2050 (ED2050). De

achtergrondgedachte is dat gezonde en weerbare natuur bijdraagt aan een aantrekkelijk vestigingsklimaat. Bedrijfsleven en natuur- en milieuorganisaties spraken af om bij ieder concreet economisch initiatief een ecologische 'plus' te realiseren, in aanvulling op de wettelijke eisen. De inzet is dat de Eems-Dollard in 2050 voldoet aan het ecologisch streefbeeld. Er vindt afstemming met Duitsland plaats, waar een soortgelijke samenwerkingsovereenkomst gesloten werd. Ook hebben Nederland en Duitsland samen een Integraal Management Plan opgesteld (Rijksoverheid & Provincie Groningen, 2016), waarin de Natura 2000-opgaven en mogelijke maatregelen voor het gebied staan. Aan Nederlandse kant zijn er diverse zaken opgepakt, zoals meer inzicht in de interactie tussen waterstroming en sediment, zand en slib en mogelijkheden om in te grijpen, zodat de vertroebeling in het estuarium vermindert.

Kunnen onze estuaria herleven?

Wij hebben de Vlaams-Nederlandse estuaria zwaar naar onze hand gezet, wat niet goed was voor de ecologie maar ook niet voor de gebruiksfuncties. Daarbovenop zullen de gevolgen van klimaatverandering alleen maar toenemen. Er zijn veel initiatieven gestart en er worden maatregelen genomen, concreet of meer abstract, om onze estuaria te rehabiliteren. Wat moeten we nastreven, wat is haalbaar en hoe kunnen we ecosysteembaten prioriteren?

Het klassieke rivierbeheer stoelt veelal op symptoombestrijding: vervanging van vernietigde overtij- en foeraageerplaatsen voor vogels, het 'oplossen' van vismigratieknelpunten, eroderende oevers fixeren, et cetera. Dit kan interessante natuur opleveren en enkele soorten vooruit helpen, maar typische estuariene functies worden hiermee maar zeer gedeeltelijk ondersteund.

In de ecosysteembenadering worden knelpunten niet

apart behandeld maar in het grotere geheel gekaderd en vertaald naar onderliggende verstoorde estuariene processen. Maatregelen die deze processen in de gewenste richting sturen zouden meer duurzame oplossingen bieden. De bouwstenen van het Sigmaplan en van de Ontwikkelingsschets 2010 werden volgens deze benadering samengesteld tot één coherent herstelplan van ecosystemendiensten voor het Schelde-estuarium.

De keerzijde van dit sleutelen aan processen is de relatief onvoorspelbare reactie van de complexe ecosystemen. De stormvloedkering in de Oosterschelde zou bescherming tegen overstroming bieden én het estuarium zou blijven, maar men had niet gerekend op de zandhonger. Estuariene processen worden echter hoe langer hoe inzichtelijker dankzij ervaring, expertoordeel en ecosystemmodellen. Men weet nu bijvoorbeeld dat 10% getij in het Grevelingenmeer een oplossing kan bieden voor zuurstofproblemen, maar ook dat oevers daardoor zul-

len eroderen én dat rijke orchideeënweiden in het gedrang komen.

Onze estuaria kunnen niet 'hersteld' worden, maar op basis van de best mogelijke inzichten kunnen ecosystemfuncties wel herwonnen worden. Het is van belang om blijvend de vinger aan de pols te houden en zo nodig adaptief in te grijpen. Telkens moeten ook keuzes gemaakt worden en belangen worden afgewogen: scheepvaart, landbouw, waterafvoer, waterkwaliteit, recreatie, estuariene versus niet-estuariene natuur. Modellen kunnen hoe langer hoe beter de maatschappelijke kosten en baten van beheer- en beleidskeuzes projecteren. De ingestelde overlegorganen zijn een goed forum om scenario's te vergelijken en weloverwogen beslissingen te faciliteren. Economische belangen wegen echter nog steeds onevenredig zwaar door in de uiteindelijke beslissingen.

Summary

Estuaries, gateways to the sea: open, closed and ajar

Erika Van den Bergh & Dick de Jong

Estuaries, ecosystem functions, degradation, restoration strategies.

Estuarine landscapes are shaped by the interactions of tidal currents and river flows. Gradients in salt, inundation regime, hydrodynamics, turbidity, organic matter and sediment composition create a mosaic of gulleys, bare mudflats and sand bars, vegetated tidal marshes and connecting tidal creeks. The complexity and completeness of the habitat network relies on the available uninterrupted space for habitat differentiation. The habitat configuration and connectivity with the hinterland

determine the estuarine functionality, especially for estuarine species that rely on different habitats in different life stages. Estuaries are cited among the most productive ecosystems. They process the exogenic input of nutrients and organic matter from the sea and the river into food for all kinds of species that live permanently or temporarily in the estuary

Traditionally, estuaries are attractive settlement places and typical port development areas. For centuries, estuarine management aimed at economic optimization only, leading to the near destruction of the ecosystem services and biodiversity.

In the Netherlands most estuaries were closed from the sea by dams or storm surge barriers for safety reasons. After some decades water quality problems arose in the artificial lakes, threatening ecosystems and human

use. It also became apparent that the estuaries had lost their function for migrating fish due to the closures and for migrating birds due to extensive habitat loss. At first some species specific rehabilitation measures were taken locally, but the need to include local people and governments led to the installation of institutions in the different areas which are an alliance of different government levels, entrepreneurs and shareholders to address the water problems and look for climate proof, ecologically resilient and economically vital areas, the South-west Delta, the Scheldt estuary and the Ems. In the Flemish Scheldt the Sigma Plan aims at both safety for floods and ecological restoration. These institutions take estuarine restoration strategies and decisions to a higher level of integration and sustainability. They

aim to recover ecosystem goods and services and measures are taken to reinstate the underlying estuarine processes. For the Ems-Dollard area the Netherlands and Germany have also jointly drawn up an Integrated Management Plan, which contains among others Natura 2000 plan development tackling issues such as the interaction between water flow and sediment, sand and sludge, and options for intervention to reduce turbidity in the estuary. Modeling results and expert judgment underpinning the projected outcome and cost/benefits for different scenarios facilitate the societal debates about choices to be made. Economic arguments however mostly prevail disproportionately in the final decision processes. The article mentions examples of

Literatuur

Barneveld, H.J., R.P. Nicolai, T.J. Boudewijn et al., 2018. Evaluatierapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. Lelystad. HKV Lijn in Water.

Baptist, M.J., I. de Mesel, L.C. Stuyt et al., 2007. Herstel van estuariene dynamiek in de zuidwestelijke Delta. Wageningen. Imares, rapport C119/07.

Constanza, R., W.M.M. Kemp & W.R. Boynton, 1993. Predictability, scale, and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems: implications for managements. *Ambio* 22:88-105.

Couderé, K., J. Vincke, L. Nachtergaele et al., 2005. Geactualiseerd Sigma-plan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde: synthesesnota. Antwerpen. Waterwegen & Zeekanaal NV.

Fairbridge, R.W., 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Olausson, E., and Cato, I. (red.). *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. New York. Wiley.

Pontee, N., 2013. Defining coastal squeeze: A discussion. *Ocean & Coastal Management* 84:204-207.

Rijksoverheid & Provincie Groningen, 2016. IMP Eemsestuarium (november 2016). Integraal Managementplan Eemsestuarium voor Nedersaksen en Nederland. – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN).

Speybroeck, J., G. Van Ryckegem, B. Vandevorde et al., 2011. Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het Schelde-estuarium. 2derapportage van de projectmonitoring periode 2006-2009. Brussel. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, rapport R.2011.21.

Storm, K., J. Kuijpers & C. Harmsten, 2006. Eb... en weer vloed in het Haringvliet. *Landschap* 23: 199-207.

Van den Bergh, E., S. Van Damme, J. Graveland et al., 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.

Van Strydonck, M. & G. de Mulder, 2000. De Schelde, verhaal van een rivier. Leuven. Davidsfonds, ISBN 90-5826-059-3.

VNSC, 2013. Evaluatie Verdrag Beleid en Beheer Schelde-estuarium. Bergen op Zoom.

Winterwerp, J.C. & Z.B. Wang, 2013. Man-induced regime shifts in small estuaries-I: theory. *Ocean Dynamics* 63: 1279-1292.

Winterwerp, J.C., Z.B. Wang, A. Van Braeckel et al., 2013. Man-induced regime shifts in small estuaries—II: a comparison of rivers. *Ocean Dynamics* 63: 1293-1306.

Witteveen & Bos, 2013. MIRT verkenning zandhonger Oosterschelde, Milieueffectrapportage Hoofdrapport.