Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium

GEZAMENLIJK FEITENONDERZOEK VAN STAKEHOLDERS, DESKUNDIGEN EN DE VLAAMS-NEDERLANDSE SCHELDECOMMISSIE

VLAAMS-NEDERLANDSE Schelde COMMISSIE

Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium

GEZAMENLIJK FEITENONDERZOEK VAN STAKEHOLDERS, DESKUNDIGEN EN DE VLAAMS-NEDERLANDSE SCHELDECOMMISSIE

Colofon

De 'Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium' is uitgevoerd in opdracht van de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie en is onderdeel van IMMERSE (Implementing Measures for Sustainable Estuaries); een Interreg-project dat wordt ondersteund door het Noordzeeprogramma van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie.

Procesbegeleiding LTP-N
rvo.nl

Redactie
Met Andere Woorden

Illustraties
Anne Zuidhof (rvo.nl)

Vormgeving
Delta3/HVR Group

Copyright beelden
Anita Eijlers: cover, pagina 9, 47 en 48
Edwin Paree: pagina 3 en 64
Rijkswaterstaat: pagina 31

April 2019

INHOUD

1 Inleiding ... 6
1.1 Aanleiding ... 6
1.2 Doel ... 6
1.3 Werkwijze ... 8
1.4 Leeswijzer ... 9

2 Thema Waterbeweging en morfologie ... 10
2.1 Samenvatting van de analyse ... 10
2.2 Grootschalige beweging van water en sediment ... 11
2.3 Platen en geulen ... 15
2.4 Troebelheid ... 18

3 Thema Waterkwaliteit ... 22
3.1 Samenvatting van de analyse ... 22
3.2 Primaire productie ... 23
3.3 Toxische stoffen ... 28

4 Thema Leefgebieden ... 32
4.1 Samenvatting van de analyse ... 32
4.2 De samenhang tussen abiotische processen, leefgebieden en flora en fauna ... 33
4.3 Indeling in ecotopen ... 33
4.4 Ontwikkeling van ecotopen ... 34
4.5 Effecten van natuurontwikkeling ... 37
4.6 Effecten van scheepvaart ... 37
4.7 Effecten van baggeren en storten ... 37

5 Thema Flora & Fauna ... 38
5.1 Samenvatting van de analyse ... 38
5.2 Vegetatie ... 38
5.3 Bodemdieren ... 39
5.4 Vissen ... 40
5.5 Vogels ... 42
5.6 Zoogdieren ... 44
5.7 Exoten ... 44

6 Totaalbeeld systeemanalyse ... 48

7 Waardering natuur Schelde-estuarium ... 50
7.1 Over de manier van waarderen ... 50
7.2 Het ecosysteem als geheel ... 50
7.3 Morfologie en waterbeweging ... 51
7.4 Waterkwaliteit ... 51
7.5 Leefgebieden ... 52
7.6 Fauna ... 52

Literatuur ... 54

Bijlage 1 Deelnemers aan de systeemanalyse ... 56

Bijlage 2 Spelregels van de joint fact finding ... 58

Bijlage 3 Begrippenlijst ... 59

SYSTEEMANALYSE NATUUR SCHELDE-ESTUARIUM

1 INLEIDING

Deze systeemanalyse geeft een beschrijving van hoe de natuur in het Schelde-estuarium ervoor staat en welke trends zich voordoen. De analyse is het resultaat van *joint fact finding*: een gezamenlijk feitenonderzoek door de Vlaamse-Nederlandse Scheldecommissie, wetenschappers en een groot aantal stakeholders die zich op verschillende manieren betrokken voelen bij de natuur rond het estuarium.

1.1 Aanleiding

De VNSC wil een langetermijnperspectief voor de natuur van het Schelde-estuarium opstellen: een perspectief voor de natuur op lange termijn. Dat vraagt goed inzicht in hoe de natuur er feitelijk voor staat en welke trends zichtbaar zijn. De VNSC vindt het belangrijk dat er brede overeenstemming bestaat over die feitelijke basis en heeft daarom het initiatief genomen om samen met stakeholders rond het estuarium en deskundigen een analyse van de natuur te maken.

Een groot aantal overheden en belangenorganisaties heeft die uitnodiging aangenomen. In 2017 heeft de groep besproken hoe een gezamenlijke systeemanalyse tot stand zou kunnen komen. Dat heeft een gedeeld plan van aanpak opgeleverd en spelregels voor het proces van *joint fact finding*. Daarmee is de systeemanalyse in het voorjaar van 2018 van start gegaan. In een aantal bijeenkomsten heeft de groep stap voor stap een beeld gevormd van de natuur in het Schelde-estuarium en daar vervolgens een waardering aan verbonden.

1.2 Doel

Dit document geeft de resultaten van de gezamenlijke systeemanalyse van de natuur in het Schelde-estuarium. De deelnemers van de *joint fact finding* (stakeholders , deskundigen en VNSC) geven hierin een beschrijving van de toestand van de natuur en de verwachte ontwikkelingen, op basis van meetgegevens, trends en (mogelijke) verklaringen. De systeemanalyse zoomt in op vier thema's:

- Waterbeweging en morfologie
- Waterkwaliteit
- Leefgebieden
- Flora en fauna

Aan het eind van dit rapport geven de deelnemers aan hoe zij de toestand van de natuur en de trends daarin waarderen.

Afbakening

Deze systeemanalyse biedt geen compleet overzicht van álle kennis over de natuur van het Schelde-estuarium. De analyse bevat de onderwerpen en de literatuurverwijzingen die de deskundigen, stakeholders en VNSC-deelnemers hebben ingebracht. De indruk van de deelnemers is dat de systeemanalyse de relevante informatie bevat om te beoordelen hoe de natuur van het estuarium ervoor staat.

Een estuarium heeft geen duidelijke grenzen: het water gaat geleidelijk over in het land en de rivier gaat geleidelijk over in de zee. In deze systeemanalyse verstaan we onder het Schelde-estuarium de zone vanaf de sluizen bij Gent tot ongeveer de lijn Vlissingen-Breskens. In de breedte gezien is het estuarium beschouwd als het systeem van geulen en intergetijdengebieden tot en met de oeverzone die nog net onder invloed van het getij staat. Waar nodig is onderscheid gemaakt tussen het Vlaamse deel van het estuarium (de Zeeschelde) en het Nederlandse deel (de Westerschelde). Het terugkijken in de tijd om een trend te herkennen is niet hetzelfde als de keuze voor een referentiejaar voor natuurherstel. Dáár doen we in deze systeemanalyse geen uitspraken over.

Trends analyseren en terugkijken

In deze systeemanalyse blikken we op verschillende plaatsen terug in de tijd, om trends te herkennen en zo mogelijk te verklaren. Als het om een recente verandering gaat, volstaat het soms om een jaar of tien terug te kijken. Andere trends zijn al veel langer geleden ingezet, soms eeuwen terug. Een grote ingreep in het systeem kan eeuwen nadien nog tot veranderingen leiden. Dat is relevante kennis om het systeem te begrijpen.

Overzichtskaart Schelde-estuarium

Samenhang met T2015

Tijdens de *joint fact finding* voor de systeemanalyse kwam de evaluatie T2015 van de VNSC tot een afronding. T2015 geeft volgens een afgesproken methodiek aan hoe het ervoor staat met de functies veiligheid, toegankelijkheid en natuurlijkheid en in welke richting het estuarium zich ontwikkelt. De evaluatie betreft de periode 2010-2015. De deskundigen hebben de resultaten van T2015 ingebracht in de *joint fact finding* voor de systeemanalyse, via hun presentaties en de discussies. De thema's van de systeemanalyse komen op hoofdlijnen overeen met belangrijke onderwerpen uit T2015. De stakeholders hebben de T2015-rapportages ontvangen zodra deze gereed waren.

Voor zover de deelnemers het kunnen beoordelen is de systeemanalyse nergens strijdig met T2015. De systeemanalyse belicht wel deels andere onderwerpen en komt tot aanvullende conclusies. Dat heeft de volgende redenen:

» Het doel verschilt: het doel van T2015 is vaststellen in welke richting het estuarium zich in de periode 2010-2015 heeft ontwikkeld ten opzichte van de periode daarvoor en dat evalueren; het doel van de systeemanalyse is begrijpen hoe de natuur in het estuarium zich ontwikkelt en welke processen daarbij een rol spelen.
» De reikwijdte verschilt: T2015 richt zich op drie (gebruiks)functies (veiligheid, toegankelijkheid en natuurlijkheid), de systeemanalyse richt zich op de natuur van het estuarium.
» De zichtperiode verschilt: T2015 gaat over de periode 2010-2015, de systeemanalyse blikt bij sommige onderwerpen verder terug, maakt ook gebruik van recente meetgegevens van na 2015 en geeft een doorkijk naar de toekomst.
» De focus verschilt: T2015 richt zich op een vastgestelde set parameters, voor de systeemanalyse hebben de stakeholders en deskundigen via discussies en vragen eigen accenten gelegd.
» De methode verschilt: T2015 is tot stand gekomen via een opgelegde evaluatiemethodiek, voor de systeemanalyse hebben deskundigen en stakeholders geen vaste methodiek gevolgd maar opvallende ontwikkelingen besproken en bediscussieerd.

Samenhang met Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water
Natura 2000 is het Europese netwerk van beschermde natuurgebieden. Hiermee willen de Europese landen het verlies aan biodiversiteit tegengaan en bestaande natuurgebieden en soorten in stand houden. Het Schelde-estuarium is onderdeel van twee grote Natura 2000-gebieden: 'Schelde en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent' en 'Westerschelde-en Saeftinghe'. In Natura 2000-gebieden gelden doelen voor de instandhouding van een aantal habitats (leefgebieden) en soorten. Ook de Europese Kaderrichtlijn Water is van toepassing op het gehele Schelde-estuarium. Als onderdeel van deze richtlijn hebben Nederland en Vlaanderen doelen gesteld voor de chemische en ecologische waterkwaliteit.

De deelnemers aan de *joint fact finding* hebben voor de systeemanalyse de brede kennis en ervaring van de betrokken deskundigen, meetgegevens en eigen waarnemingen gebruikt. Met die bronnen zijn zij tot een gedeelde beschrijving gekomen van de toestand van de natuur en de ontwikkelingen. Zij hebben zich bij deze beschrijving niet laten beperken door de wettelijke doelen en voorwaarden van Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water, enerzijds omdat de wettelijke doelen niet alle aspecten van de natuur omvatten en anderzijds omdat niet alle deelnemers de doelen en de uitwerking daarvan in aantallen en hectares onderschrijven.

1.3 Werkwijze

Deelnemers
Een groot aantal organisaties heeft een uitnodiging van de VNSC gekregen om aan de systeemanalyse mee te doen. Zo'n 30 stakeholders hebben deze uitnodiging aangenomen, waaronder vertegenwoordigers van natuurorganisaties, havenbedrijven, landbouw, burgerinitiatieven, recreatieverenigingen en overheden uit Nederland en Vlaanderen die niet direct betrokken zijn bij de VNSC. Daarnaast heeft de VNSC 7 deskundigen van Vlaamse en Nederlandse onderzoeksinstellingen gevraagd hun kennis over de thema's in te brengen in de systeemanalyse. Ook 18 medewerkers van overheden die betrokkenen zijn bij de VNSC hebben meegedaan. Bijlage 1 geeft een overzicht van de deelnemers.

Een regieteam heeft de bijeenkomsten van de stakeholders voorbereid. De systeemanalyse is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage van EU Interreg.

Spelregels
De groep heeft gewerkt met een set onderling afgesproken spelregels (zie bijlage 2). Belangrijke spelregels waren dat de systeemanalyse niet over maatregelen en niet over belangen gaat.

Workshops en verdiepende sessies
De vier thema's van de systeemanalyse zijn een voor een besproken. Over ieder thema hebben Vlaamse en Nederlandse deskundigen eerst een introductie gegeven in de plenaire workshop. Alle stakeholders konden daarna aangeven of zij mee wilde doen met de verdiepende sessies over het thema. In de sessies hebben de stakeholders verdiepende vragen aan de deskundigen gesteld, eigen kennis ingebracht en discussies gevoerd. De workshops en verdiepende sessies werden gefaciliteerd door een externe procesbegeleider. Ook over de waardering van de natuur hebben verdiepende sessies plaatsgevonden.

Themadocumenten, verslagen en eindrapport
Bij alle bijeenkomsten waren een externe tekstschrijver en een landschapsarchitect aanwezig. De tekstschrijver heeft de resultaten van de bijeenkomsten verwerkt in themadocumenten. De deelnemers hebben de concepten van de themadocumenten grondig doorgenomen en verbeteringen doorgegeven. Zo is een analyse tot stand gekomen waar iedereen zich in kan vinden als gezamenlijk product. Op enkele punten zouden afzonderlijke deelnemers andere accenten hebben gelegd, bijvoorbeeld waar het over mogelijke verklaringen van trends gaat. Op die punten is gezocht naar een gezamenlijke basis voor de verschillende gezichtspunten. De definitieve themadocumenten vormen de kern van deze eindrapportage. De landschapsarchitect heeft begrippen en processen in beelden verwerkt en een begrippenlijst opgesteld, om ervoor te zorgen dat de gebruikte woorden bij iedereen hetzelfde beeld oproepen.

1.4 Leeswijzer

Deze systeemanalyse begint met twee hoofdstukken over de niet-levende natuur: de waterbeweging en morfologie (hoofdstuk 2) en de waterkwaliteit (hoofdstuk 3). Deze aspecten van het estuarium bepalen in hoge mate de leefomstandigheden voor planten en dieren. Het hoofdstuk over waterkwaliteit gaat ook in op het proces van primaire productie dat aan de basis van de voedselketen ligt. Hoofdstuk 4 brengt in beeld welke leefgebieden in het estuarium aanwezig zijn en hoe deze zich de afgelopen tijd ontwikkeld hebben. Hoofdstuk 5 gaat in op de verschillende soortgroepen en de trends die daarin te zien zijn: bodemdieren, vissen, vogels en zoogdieren. Ook exoten, die van nature niet in het Schelde-estuarium voorkomen, komen hier in beeld. Het laatste onderdeel van systeemanalyse is een totaalbeeld van de natuur in het Schelde-estuarium (hoofdstuk 6). Hoofdstuk 7 geeft weer hoe de deelnemers van de *joint fact finding* de toestand van de natuur en de (verwachte) trends daarin waarderen.

De bijlagen geven een overzicht van de deelnemers aan de *joint fact finding* (bijlage 1), de spelregels voor het gezamenlijke proces (bijlage 2) en de begrippenlijst (bijlage 3).

Begrippenlijst
In de begrippenlijst vind je omschrijvingen van woorden die cursief zijn afgedrukt in de tekst (zie bijlage 3).

2 THEMA WATERBEWEGING EN MORFOLOGIE

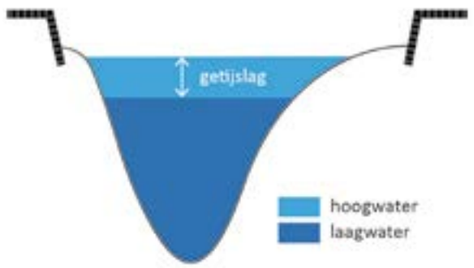
De waterbeweging en de morfologie (het patroon van geulen en platen): samen bouwen ze de leefgebieden voor de natuur in het Schelde-estuarium. De waterbeweging bepaalt waar zand en slib bezinken of juist wegspoelen, en daarmee de vorm van geulen en platen. Andersom bepaalt de vorm van platen en geulen hoe het water stroomt.

Begrippenlijst
In de begrippenlijst vind je omschrijvingen van woorden die cursief zijn afgedrukt in de tekst (zie bijlage 3).

2.1 Samenvatting van de analyse

De getijdenbeweging is de afgelopen eeuw veranderd: het verschil tussen hoog- en laagwater is nu groter en de getijgolf rolt sneller het estuarium in. Dat heeft verschillende oorzaken: het estuarium is nu smaller (door bedijking, inpolderingen en harde grenzen), de geulen zijn ruimer (door de combinatie van vaargeul-verdieping en zandwinning) en het estuarium is korter en rechter (door bochtafsnijdingen). Hoogwaterstanden zijn hoger geworden. In de Westerschelde blijft zeer waarschijnlijk het stelsel van meerdere om elkaar heen slingerende geulen bestaan (meergeulenstelsel).
De platen groeien tot nu toe mee met de hoogwaterstanden. Dat is belangrijk voor de natuur: als de platen bij eb droogvallen, zijn het belangrijke voedselgebieden voor steltlopers en rustgebieden voor zeehonden. Wel wordt op een aantal plaatsen de overgang van platen en slikken naar geulen steiler (de overgang wordt minder geleidelijk). Dat is ongunstig voor de natuur, want juist deze overgangszone is belangrijk voor bodemdieren en vogels. Ook is er een trend naar verstarring: intergetijdengebieden en geulen veranderen nauwelijks meer van plaats. Daardoor treedt minder 'verjonging' van leefgebieden op.

Het water in het Schelde-estuarium is op een aantal plaatsen troebeler geworden. Oorzaken zijn veranderingen in de getijdenbeweging, lage rivierafvoeren en stortingen van slibrijke baggerspecie. De dominante oorzaak kan per gebied verschillen. Hoe dat precies zit, is nog niet helemaal bekend. Troebeler water is ongunstig voor de natuur, omdat daardoor de *primaire productie* afneemt. Een omslag naar een hypertroebel systeem ligt niet in de verwachting, maar is in de Zeeschelde niet uitgesloten. In de Westerschelde bestaat geen risico op een omslag naar een hypertroebele situatie omdat dit zo'n breed systeem is.



Figuur 2 De getijslag is het verschil tussen hoog-en laagwater

2.2 Grootschalige beweging van water en sediment

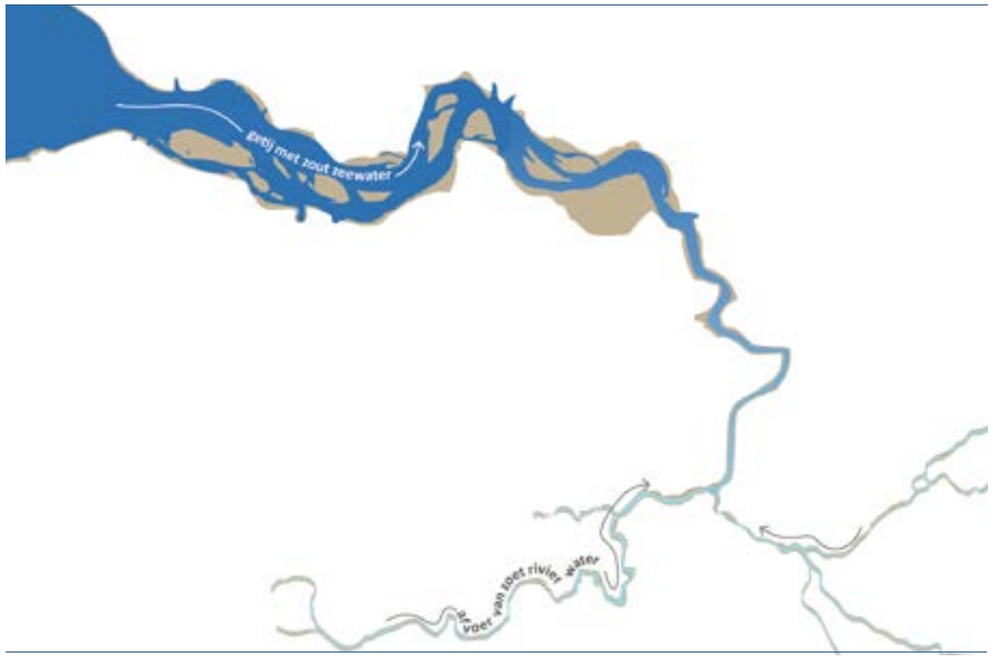
Getijslag

Definitie en belang voor natuur

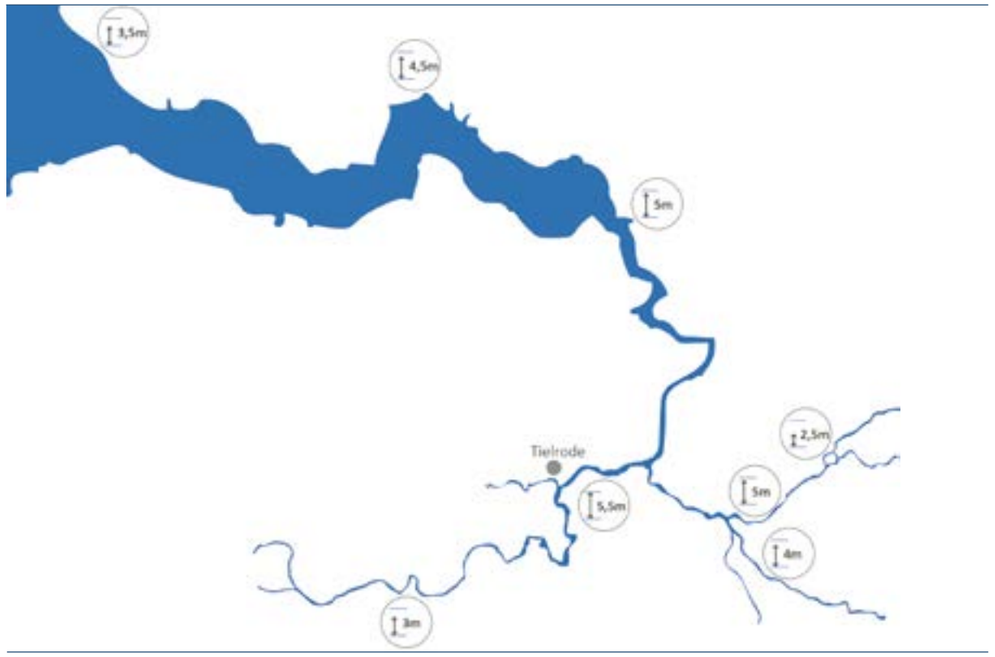
De *getijslag* is het verschil tussen *hoog- en laagwater* (zie Figuur 2). Als de getijslag verandert, kan dat effect hebben op het oppervlak van het *intergetijdengebied* en de tijd dat het intergetijdengebied droogvalt. Dat is vooral belangrijk voor vogels die bij laagwater voedsel zoeken op het intergetijdengebied.

Huidige situatie en trend

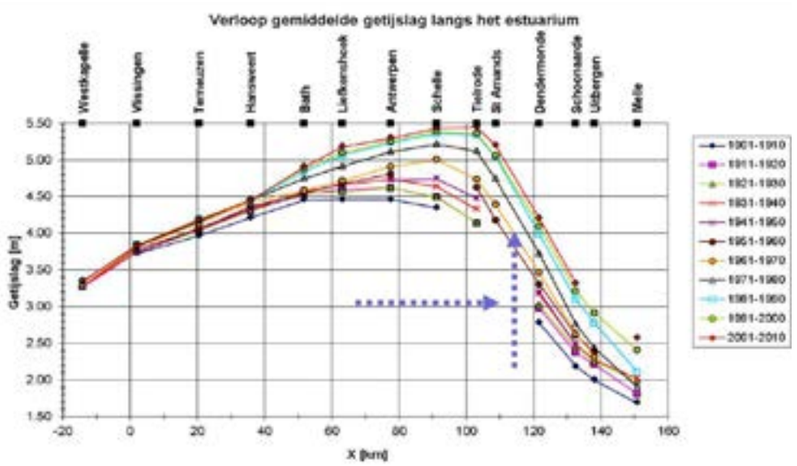
De *getijslag* in een *estuarium* wordt landinwaarts steeds groter. Dat komt doordat een estuarium een trechtervorm heeft: wijd bij de monding en stroomopwaarts steeds smaller. Daardoor stuwt de vloed de waterstand op. Ook in het Schelde-estuarium is dit het geval, het effect is tot ongeveer 100 kilometer vanaf de monding merkbaar, nabij Tielrode. Verder stroomopwaarts ondervindt de vloedstroom meer weerstand van de bodem en neemt de getijslag af (zie Figuur 3).



Figuur 1 Het Schelde-estuarium bezit een volledige zoet-zoutgradiënt



Figuur 3 De getijslag in het Schelde-estuarium wordt landinwaarts steeds groter en neemt vanaf Tielrode weer af



Figuur 4 De figuur[1] laat op verschillende plaatsen in het Schelde-estuarium zien dat de getijslag tussen het begin van de negentiende eeuw en het begin van de twintigste eeuw groter is geworden en dat de plaats met de grootste getijslag stroomopwaarts is verschoven.

In de afgelopen honderd jaar is de getijslag overal in het Schelde-estuarium toegenomen (zie Figuur 4). De toename bedroeg bij Westkapelle enkele centimeters en tussen Schelle en Dendermonde meer dan een meter. De plaats met de grootste getijslag is in deze periode 40 kilometer verder de rivier op geschoven: rond 1900 was de getijslag het grootst bij Liefkenshoek, nu bij Tielrode.

Belangrijke oorzaken van de toegenomen getijslag in de afgelopen eeuwen waren onder meer bedijkingen en inpolderingen en de bochtafsnijdingen in de Boven-Zeeschelde. De laatste halve eeuw is het sediment-beheer de belangrijkste oorzaak geworden: sedimentonttrekkingen (waaronder de commerciële zandwinning) en zandverplaatsingen binnen het estuarium voor de verruiming en het onderhoud van de vaargeul. In ruimere geulen verplaatst de getijgolf zich sneller door het estuarium. Na de eerste verdieping van de vaargeul, in de jaren zeventig, was dat effect het grootst: dit was de omvangrijkste verdieping was en vooral in de Zeeschelde werd een groot deel van het gebaggerde sediment uit het estuarium onttrokken (om haventerreinen op te spuiten).

Of een deel van het estuarium ruimer wordt, hangt af van de locatie waar de baggerspecie naartoe gaat. Wordt de baggerspecie in het zelfde deel van het estuarium teruggestort, dan wordt dat deel netto niet ruimer. Als de baggerspecie uit het estuarium gehaald wordt, bijvoorbeeld om het op het land te gebruiken, vindt wel verruiming plaats. Dat gebeurde onder meer bij de eerste verdieping. Vanaf het einde van de jaren negentig, na de tweede verdieping, transporteerde men een deel van de baggerspecie uit het oostelijk deel van de Westerschelde naar het westen, waardoor het oostelijk deel verruimde. Tegenwoordig gaat de baggerspecie uit de Westerschelde minder ver westwaarts om lokale verruiming te voorkomen.

Verwachting voor de toekomst

De verwachting is dat de getijslag in de Westerschelde tot Antwerpen weinig of niet verder toeneemt.[2] Het *estuarium* is tussen Hansweert en Antwerpen al zo ruim dat verdere verruiming waarschijnlijk weinig effect op de getijslag zal hebben.[2] Bovendien is het beheer erop gericht verdere toename van de getijslag te voorkomen. Stroomopwaarts van Antwerpen is de Zeeschelde nog niet zo ruim en kan de getijslag wel verder toenemen bij sedimentonttrekking.[3]

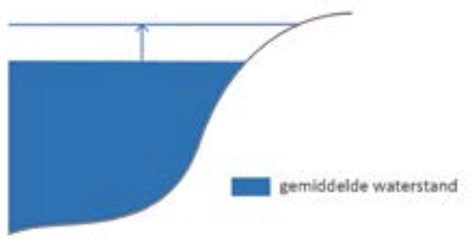
Zeespiegelstijging

Definitie en belang voor natuur

Zeespiegelstijging houdt in dat de gemiddelde waterstand op zee hoger wordt (Figuur 5).

Huidige situatie en trend

Uit de analyse van metingen in de afgelopen honderd jaar blijkt dat de waterstanden bij de monding van de Westerschelde door *zeespiegelstijging* met 20 cm per eeuw zijn gestegen. In het Schelde-estuarium zijn de veranderingen van de waterstanden tot nu toe groter, omdat het getij verder doordringt. Dat is voor het



Figuur 5 Zeespiegelstijging houdt in dat de gemiddelde waterstand hoger wordt

overgrote deel het gevolg van inpolderingen en bedijkingen, sedimentonttrekkingen en zandverplaatsingen voor de verruiming en het onderhoud van de vaargeul en bochtafsnijdingen (zie onderwerp Getijslag).

Verwachting voor de toekomst

De verwachting voor de toekomst is dat de zeespiegel sneller gaat stijgen. De huidige scenario's geven aan dat de waterstand op zee tot 2100 met 60-100 cm stijgt. *Zeespiegelstijging* zal dan meer effect op de waterstanden in het Schelde-estuarium krijgen. De scenario's kunnen veranderen door nieuwe metingen en inzichten. Er zijn nu aanwijzingen dat de *zeespiegelstijging* sneller zou kunnen stijgen.

Zand- en slibtransporten

Definitie en belang voor natuur

Zand bestaat uit relatief grote korrels: één gram zand bevat ongeveer honderdduizend korrels. Slibdeeltjes zijn veel kleiner: één gram slib bestaat uit zo'n 100 miljard deeltjes. Omdat zand zwaarder is, moet water vrij snel stromen om het te kunnen verplaatsen. Het meeste transport van zand vindt vlak bij de bodem plaats. Als de bodem wordt omgewoeld, bijvoorbeeld door golven, zakt het zand daarna weer snel naar beneden. De veel lichtere slibdeeltjes zweven in het water. Ze verplaatsen zich met dezelfde snelheid als het water door het estuarium. Als het water (bijna) stilstaat kunnen slibdeeltjes naar de bodem zakken. Op heel luwe, *laagdynamische* plaatsen blijft het slib dan op de bodem liggen, omdat het water daar onvoldoende kracht heeft om het weer op te woelen.

De verschillen tussen zand en slib zijn terug te zien bij het storten van baggerspecie. Bij het storten van slibrijke baggerspecie ontstaat een sedimentwolk in het water die zich kilometers ver met de getijdenstroom kan laten meevoeren. Het slib mengt zich daarbij steeds meer met water totdat er geen wolk meer zichtbaar is. Zandige baggerspecie verspreidt zich na het storten veel langzamer vanaf de stortlocatie dan slib, omdat het zwaardere zand naar de bodem zakt en er sterke stroming nodig is om het in beweging te brengen.

Zowel zandige als slibrijke bodems zijn onderdeel van *estuariene natuur*. Zandige locaties zijn voedselarm en de leefomstandigheden zijn er vaak moeilijk. Alleen heel specifieke (pionier)soorten kunnen er gedijen. Slibrijke zones zijn juist rijk aan voedingsstoffen en herbergen heel gevarieerde flora en fauna.

Huidige situatie en trend

In het hele *estuarium* vindt zowel zand- als slibtransport plaats, voornamelijk onder invloed van de getijden-stromen en in mindere mate door golven. De omvang en de richting van deze transporten verschillen van traject tot traject. Menselijke ingrepen kunnen de stromingen beïnvloeden en daardoor ook de transporten. Door te baggeren op de *drempels* neemt de stroomsnelheid boven de drempels bijvoorbeeld af. Daardoor zal zich weer zand op de drempels afzetten. Per getij bewegen zich grote hoeveelheden zand heen en weer. De bagger- en stortlocaties liggen verder uit elkaar dan die natuur-lijke transporten. Het netto effect van de menselijke sedimentverplaatsingen (van bagger- naar stortlocaties) kan daarom veel groter zijn dan via natuurlijk transport in het hetzelfde tijdsbestek mogelijk is[4]. In de Westerschelde wordt jaarlijks ongeveer 10 miljoen m^3 sediment gebaggerd en gestort.

Door bodemdieptekaarten van verschillende jaren met elkaar te vergelijken, ontstaat een beeld van de netto transporten van zand en slib in het estuarium tussen deze jaren. Het woord netto is hier heel belangrijk: de netto bodemveranderingen zijn het resultaat van omvangrijke zeewaarts en landinwaarts gerichte transporten. Uit de bodemkaarten blijkt dat de Westerschelde gemiddeld dieper is geworden. Dat heeft te maken met de toegenomen *getijslag*: er is meer ruimte voor water nodig en daarom verdwijnt er zand uit de geulen. Het merendeel van het verdwenen zand is door zandwinning uit het estuarium verwijderd. Een kleiner deel is op de platen terecht gekomen. Ook vindt via natuurlijke processen uitwisseling van zand met de monding plaats.

Berekeningen laten zien dat er netto zand van de Westerschelde naar de Zeeschelde gaat. Binnen de Zeeschelde gaat het slibtransport netto stroomaf-waarts[5], maar de variatie is groot door stortingen en wisselende rivierafvoeren. In de Boven-Zeeschelde gaat ook het zandtransport netto stroomafwaarts.

De belangrijkste sedimentatieplaatsen van zand zijn de drempels in de vaargeulen en de laagdynamische delen van de platen. Slib bezinkt in geulen en havens, op oevers, *slikken* en *schorren* en op *laagdynamische* gebieden en in de zijrivieren.

Verwachting voor de toekomst

Het is niet zeker of de Westerschelde zich blijft verruimen. Als de geulomvang en de getijgolf in evenwicht zijn gekomen, zal de gehele bodem van de Westerschelde zich waarschijnlijk gaan aanpassen aan de *zeespiegelstijging* via een vorm van meegroeien. Als er tenminste genoeg sediment beschikbaar is (zie het onderwerp hieronder). In de Zeeschelde is het effect van *zeespiegelstijging* kleiner. Hoe het sedimenttransport zich ontwikkelt, hangt hier vooral af van de mate waarin de getijslag verder toeneemt. Als de getijslag groter wordt, zal de Zeeschelde zich verruimen. Dat leidt tot transport van zand in stroomafwaartse richting. In de nieuwe overstromingsgebieden die er als onderdeel van het Sigma-plan bij komen, zal zand en slib kunnen sedimenteren.

Meegroeien met de waterstand

Definitie en belang voor natuur

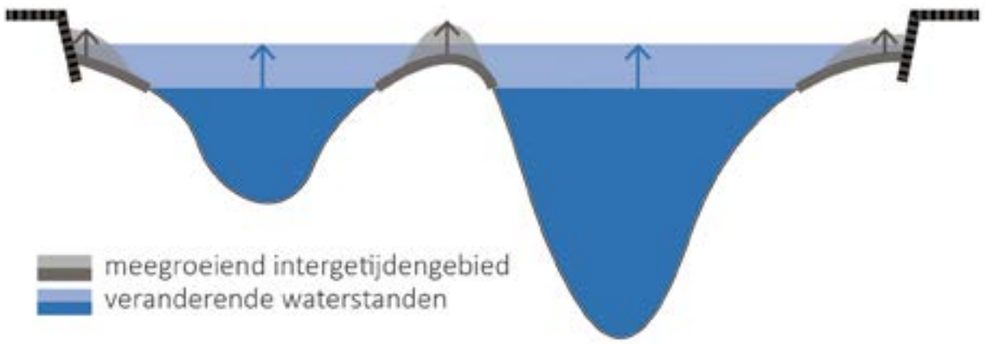
Met 'meegroeien met de zeespiegel' bedoelen we bij kustgebieden meestal dat de bodem in gelijke mate omhoog komt als de zeespiegel, zodat de gemiddelde waterdiepte en de breedte van de stranden gelijk blijven. In het Schelde-estuarium moeten we meegroeien breder opvatten: het meegroeien van het *intergetijdengebied* met alle waterstandsveranderingen, zodat geen verlies van *platen*, *slikken* en *schorren* optreedt (zie Figuur 6). Intergetijdengebieden zijn belangrijke leefgebieden voor de soorten van een *estuarium*. Ook geulen zullen zich aanpassen aan veranderingen in de waterbeweging. Hoeveel sediment daarvoor nodig is, hangt onder meer af van de ontwikkeling van de getijgolf.

Huidige situatie en trend

Langs de Nederlandse kust (zeewaarts van Vlissingen en Breskens) vinden zandsuppleties plaats om de kustlijn op zijn plaats te houden; hier is sprake van kunstmatig meegroeien met de *zeespiegelstijging*. In het Schelde-estuarium zijn de waterstanden tot nu toe meer door andere oorzaken veranderd dan door *zeespiegelstijging* (zie onderwerp Getijslag). Het *intergetijdengebied* groeit tot nu toe op hoofdlijnen mee met die veranderingen[6]. Hoe dat werkt, is niet bekend. Sommige platen groeien zelfs sneller dan de stijging van het *hoogwater*, zoals de Hooge Platen en de Plaat van Ossenisse. De samenstelling en dynamiek van de leefgebieden lijkt daarbij te veranderen (zie ook het onderwerp Intergetijdengebied).

Verwachting voor de toekomst

Het is niet bekend of en hoe het Schelde-estuarium zal meegroeien met de toekomstige *zeespiegelstijging*. Het lijkt aannemelijk dat de *platen* hoger, maar ook steiler worden. Voor meegroeien is veel zand en slib nodig. In de zee is genoeg zand en slib om het *estuarium* mee te laten groeien, maar het is niet zeker of dat sediment ook in het estuarium komt. In de Zeeschelde wordt jaarlijks ruim 1 miljoen m³ zand gewonnen. Het beleid voor de Westerschelde is, net als voor de Nederlandse kust, dat door baggeren of zandwinning netto geen zand uit het estuarium mag verdwijnen (sinds 2014). Wat gebaggerd wordt voor vaargeulonderhoud wordt in de nabijheid verspreid. Als dat niet mogelijk is, gaat het naar een eerstvolgende zeewaarts gelegen stortlocatie.



Figuur 6 Meegroeien: platen en slikken groeien door sedimentatie mee met de zeespiegelstijging

2.3 Platen en geulen

Meergeulenstelsel

Definitie en belang voor natuur

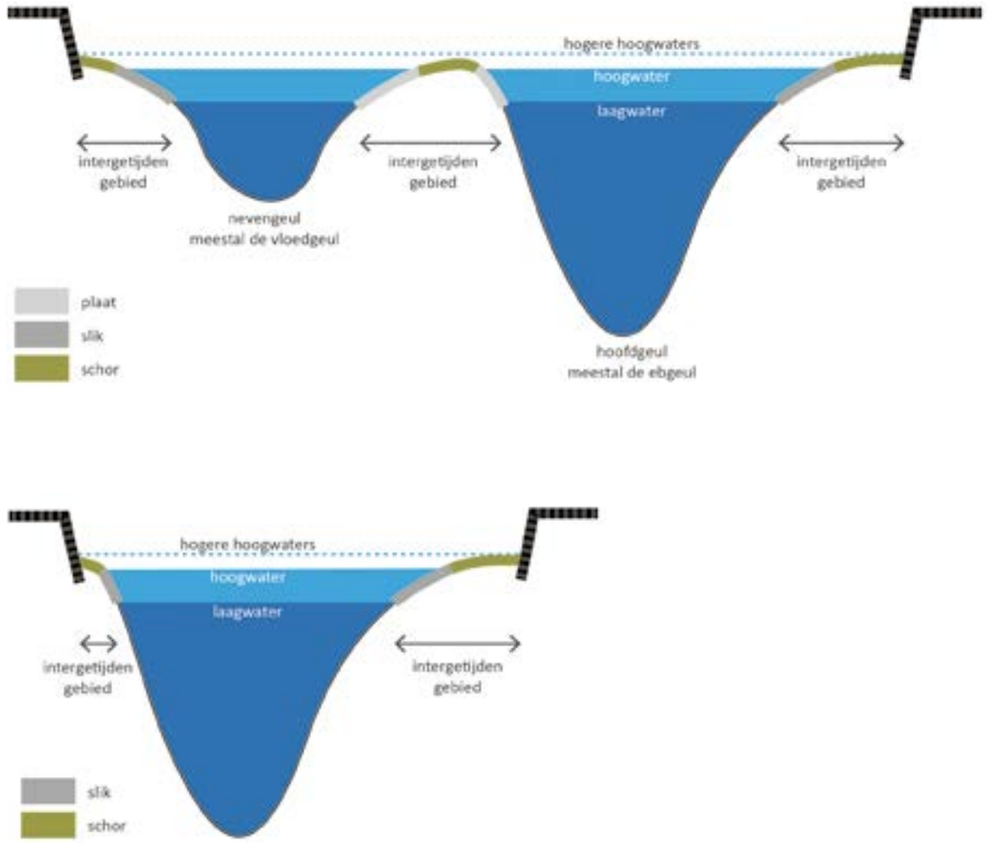
In een *meergeulenstelsel* hebben de vloed- en ebstroom verschillende voorkeursroutes, waardoor een patroon van meerdere om elkaar heen slingerende geulen ontstaat. De vloed kiest een zo recht mogelijk route landinwaarts (vloedgeul), terwijl de ebstroom met grote bochten naar zee gaat (ebgeul), zoals een meanderende rivier. Op de kruispunten zijn de geulen breder en ondieper. Dit zijn de zogenoemde '*drempels*'.

Een meergeulenstelsel kent een grotere variatie in leefgebieden dan een één-geulstelsel, vooral omdat in een meergeulenstelsel ondiepe zandplaten tussen de *eb*- en *vloedgeul* liggen (zie Figuur 7).

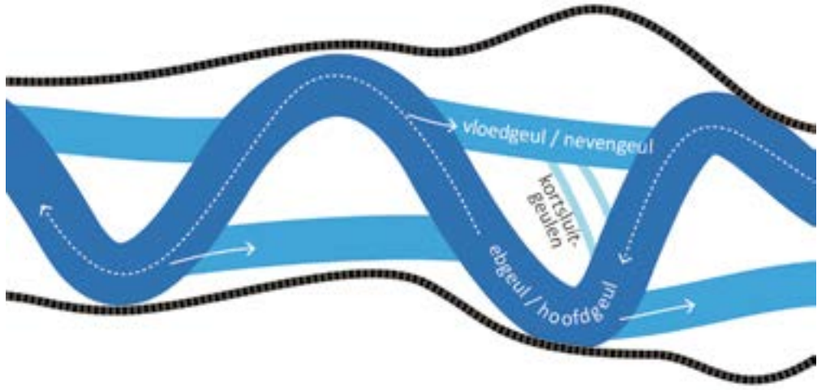
De begrippen meergeulenstelsel en één-geulstelsel gaan over de grote getijdengeulen. In beide stelsels kunnen ook kleinere getijdengeulen aanwezig zijn (denk aan de Schaar van Ossenisse en de Geul van Borssele) en nog kleinere *kortsluitgeulen* over platen.

Huidige situatie en trend

De Westerschelde heeft een *meergeulenstelsel*. De ontwikkeling daarvan verschilt per deelgebied. Het westelijk deel is heel breed. Daar zijn nu nog drie geulen. De geul langs de Hoofdplaat wordt echter ondieper, zeer waarschijnlijk nog als gevolg van de geleidelijke inpoldering en afdamming van de Braakman in 1952. Tussen Terneuzen en Hansweert zijn nu twee geulen, waarvan één (het Middelgat) geleidelijk ondieper en smaller wordt. Tussen Hansweert en Bath was eind vorige eeuw nog sprake van drie geulen. Eén van die



Figuur 7 Meergeulenstelsel (boven) en één-geulstelsel (onder)



Figuur 8 Kortsluitgeulen zijn de verbindingsgeulen tussen de ebgeul en de vloedgeul

geulen is vrijwel verdwenen (de Zimmermangeul); daar ligt nu een breed intergetijdengebied. De andere twee geulen lopen geen risico te verdwijnen. Vanaf Bath is langzaamaan sprake van een *één-geulstelsel*. Twee nevengeulen nabij de grens zijn afgesloten door een geleidedam (de Appelzak en de Schaar van Ouden Doel). De Zeeschelde is nu hoofdzakelijk een één-geulstelsel. Vroeger waren er in de Zeeschelde hier en daar kleine nevengeulen of vloedscharen (een nevengeul met aan de uiteinden een drempel).

Verwachting voor de toekomst

Het is de verwachting dat het *meergeulenstelsel* in de Westerschelde de komende eeuwen blijft bestaan[7]. In het westelijk deel is het Vaarwater langs de Hoofdplaat waarschijnlijk over een eeuw verdwenen; dan blijven daar twee geulen over. Tussen Terneuzen en Hansweert zou op termijn van eeuwen een *één-geulstelsel* kunnen ontstaan, als het Middelgat zich blijft verondiepen, maar uit een recente analyse blijkt dat delen van het Middelgat sinds enkele jaren weer verdiepen. Het is denkbaar dat om nautische redenen lokaal baggerwerk plaatsvindt om een tweede geul in stand te houden, voor de kleinere beroepsvaart en de recreatievaart.

Kortsluitgeulen

Definitie en belang voor natuur

Kortsluitgeulen zijn verbindingsgeulen tussen de *eb-* en *vloedgeul*. Ze ontstaan doordat het water in de ene geul hoger staat dan in de andere. Het water kiest dan een kortere route door het tussenliggende plaatgebied (zie Figuur 8). Kortsluitgeulen verschoven in het verleden vaak langzaam van plaats. Dat leidde tot een voortdurende verjonging van leefgebieden op de zandplaten, doordat steeds opnieuw hogere en lagere zones en zones met meer of minder dynamiek ontstonden.

Huidige situatie en trend

Halverwege de vorige eeuw waren er meer *kortsluitgeulen* in de Westerschelde dan nu. Waarschijnlijk zijn de waterstandverschillen tussen de eb- en de *vloedgeul* afgenomen. Met het verdwijnen van kortsluitgeulen is de variatie in leefgebieden afgenomen. Dat is de afgelopen vijftig jaar vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde gebeurd. De kortsluitgeulen die er nog zijn, verschuiven bijna niet meer en dragen dus ook minder bij aan de verjonging van leefgebieden. Waar kortsluitgeulen zijn verdwenen, zijn grote aaneengesloten *platen* ontstaan. Ook die zijn overigens van waarde voor de natuur.

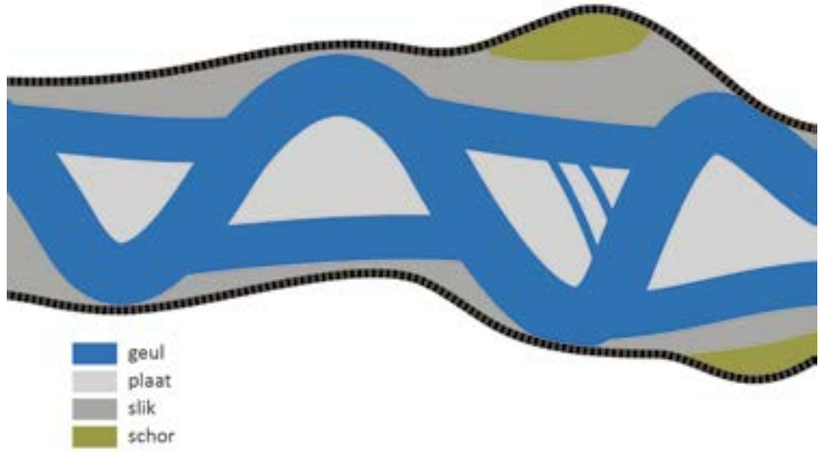
Verwachting voor de toekomst

De *kortsluitgeulen* die nu nog bestaan, lijken niet te veranderen en blijven waarschijnlijk in stand.

Intergetijdengebied

Definitie en belang voor natuur

Intergetijdengebied is de zone die droogvalt bij *laagwater* en overstroomt bij *hoogwater* (zie Figuur 9). De zandige *platen* en slibrijke *slikken* overstromen vrijwel ieder getij. Deze delen van het intergetijdengebied zijn niet of spaarzaam begroeid. *Schorren* zijn begroeid met schorvegetatie en overstromen alleen nog bij hogere hoogwaters. Naarmate een schor ouder wordt, slibt het hoger op en overstroomt het minder vaak. Schorren, slikken en platen zijn belangrijke leefgebieden in een *estuarium*.



Figuur 9 Het intergetijdengebied bestaat uit platen, slikken en schorren

Huidige situatie en trend

Uit ecotopenkaarten van de laatste 20 jaar blijkt dat het totale oppervlak van diepe delen (geulen) en van *intergetijdengebieden* in deze periode min of meer gelijk is gebleven (zie ook hoofdstuk 4 Leefgebieden en Flora en Fauna). Opvallende ontwikkeling is dat het aandeel van *schorren* in het intergetijdengebied toeneemt. Dat komt vooral door schorontwikkeling op de *platen*, waar ze in het verleden niet voorkwamen. Hierdoor gaat foerageergebied voor vogels die van *bodemdieren* leven verloren. In eerste instantie ontstond *pioniervegetatie*, maar door verdere ophoging is die weer grotendeels verloren gegaan. De grootste schorren in de Westerschelde zijn al oud en overstromen alleen nog bij hogere hoogwaters. Ook het mozaïek van hoog- en *laagdynamische* zones verandert.

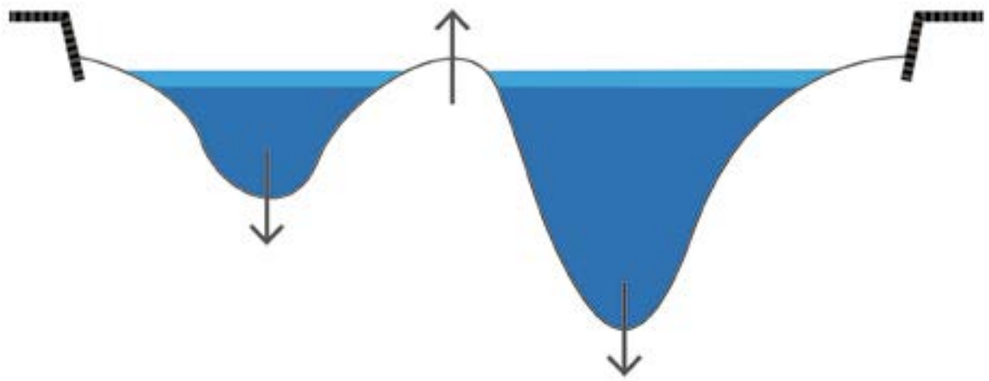
Verwachting voor de toekomst

Het oppervlak van *schorren* op platen zal naar verwachting nog enige tijd toenemen. Het thema Leefgebieden gaat hier verder in op de ontwikkeling van het *intergetijdengebied*.

Versteiling en verstarring

Definitie en belang voor natuur

Versteiling ontstaat doordat de diepe delen dieper worden en/of de hoge delen hoger (zie Figuur 10). Dat heeft gevolgen voor leefgebieden. *Verstarring* houdt in dat de vorm en ligging van *geulen, platen, slikken* en schorren steeds minder verandert in de loop van de tijd (zie Figuur 11). Hierdoor treedt ook minder verjonging op. Dat is ongunstig voor de variatie in leefgebieden.



Figuur 10 Versteiling: diepe delen worden dieper, hoge delen worden hoger

Figuur 11 Verstarring: de vorm en ligging van geulen, platen, slikken en schorren verandert steeds minder in de loop van de tijd

Huidige situatie en trend

Zowel in de Westerschelde als in de Zeeschelde is sprake van *versteiling*: de geulen worden dieper en de *intergetijdengebieden* hoger.[8,9] Stroomopwaarts van Terneuzen zijn de geulen in de laatste halve eeuw vooral dieper geworden door sedimentonttrekkingen (waaronder de commerciële zandwinning) en zandverplaatsingen binnen het estuarium voor de verruiming en het onderhoud van de vaargeul.[10] Mogelijk is er een verband tussen het hoger worden van sommige platen en het storten van baggerspecie nabij plaatranden (zie kader in 4.5). Bedijking leidt ook tot versteiling in bochten, als een geul door natuurlijke dynamiek naar de oever verschuift. De slikken en schorren langs de oever kunnen niet mee schuiven, omdat de dijk een vaste grens vormt. Daardoor wordt de oeverzone steiler en verdwijnt op die plaats intergetijdengebied. Dat is niet alleen ongunstig voor de natuur, maar ook voor de veiligheid: de intergetijdengebieden dempen golven en vormen zo een natuurlijke buffer voor de dijken.

Verstarring op het grote schaalniveau is vooral ontstaan door de bedijking. Hierdoor liggen de grenzen van het *estuarium* vast. Uitbochtende geulen kunnen zich niet verder verplaatsen dan tot de dijk. Dit belemmert ook de migratie van platen. Baggeren op de *drempels* in de vaargeul vermindert de morfologische dynamiek op die plaatsen.[11,12] Het verdwijnen van *kortsluitgeulen* veroorzaakt verstarring van de plaatgebieden: er vindt minder verjonging plaats. Het storten van baggerspecie op plaatranden (plaatrandstortingen) heeft als doel meer *laagdynamisch* leefgebied te creëren, maar beïnvloedt ook de ligging van de platen. Ook de aanleg van kribben en geulwandverdedigingen heeft bijgedragen aan de verstarring, omdat deze verplaatsingen van de geul voorkomen. Op verschillende plaatsen in de Westerschelde leidt de geologie tot een natuurlijke vorm van verstarring, omdat een erosiebestendige bodemlaag verschuivingen moeilijk maakt.

Verwachting voor de toekomst

De verwachting is dat de trend van *versteiling* en de verstarring doorgaat. Als de platen in de Westerschelde meegroeien met de waterstanden, blijft *intergetijdengebied* behouden maar neemt de versteiling waarschijnlijk toe. Het thema Leefgebieden gaat verder in op versteiling en verstarring.

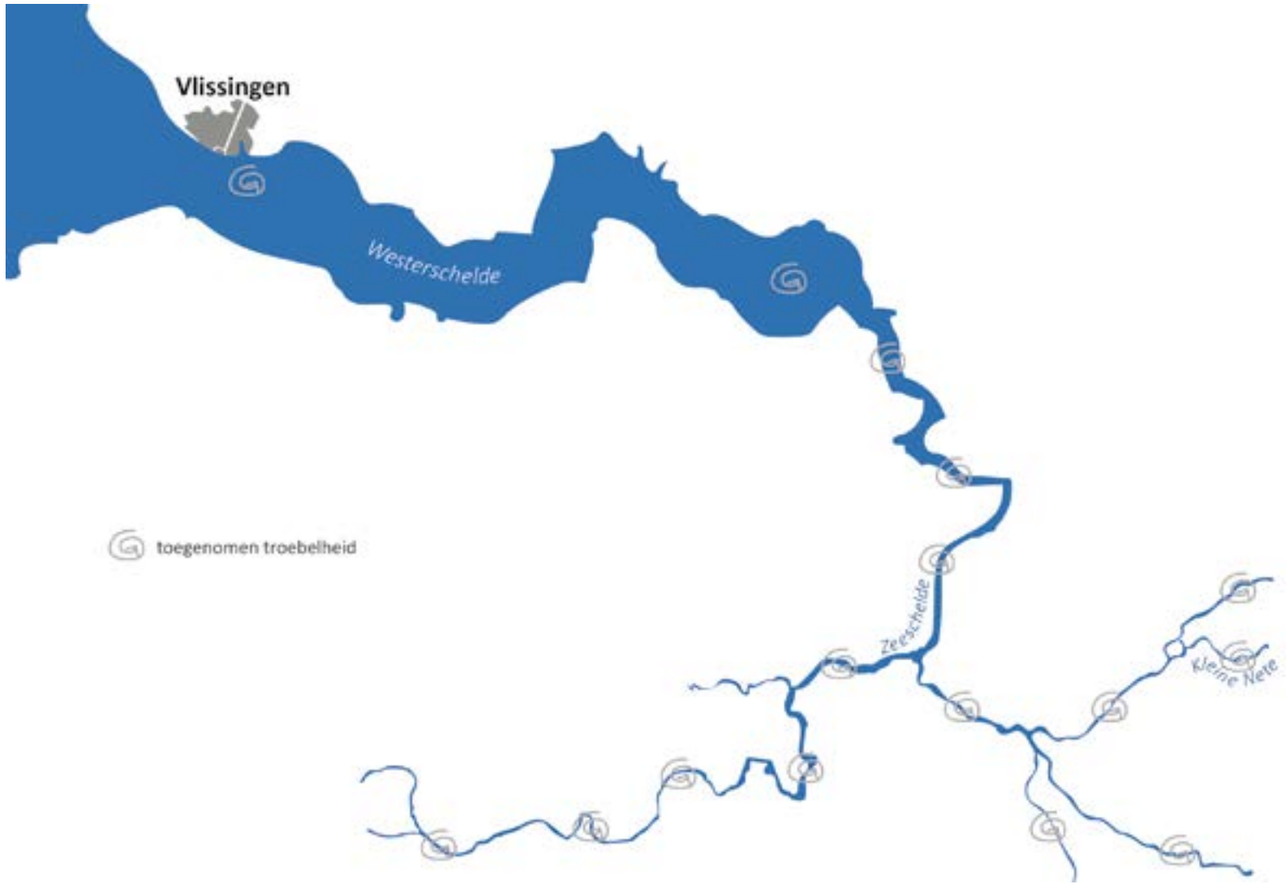
2.4 Troebelheid

Troebelheid

Definitie en belang voor natuur

Onder *troebelheid* verstaan we hier de mate waarin licht in het water door kan dringen. De troebelheid is in belangrijke mate afhankelijk van de hoeveelheid zwevend stof in het water: hoe meer zwevend stof, hoe troebeler het water. Ook de aard van het zwevend stof (fijn of grof, organisch of niet-organisch), de vorming van vlokken* en opgeloste stoffen hebben invloed op de troebelheid. Als het water troebeler wordt, kan de *primaire productie* afnemen en komt er minder zuurstof in het water.

* Kleine slibdeeltjes kunnen door algen of dood organisch materiaal samenklitten tot grotere vlokken die sneller bezinken (vlokvorming of flocculatie).



Figuur 12 De afgelopen jaren is op een aantal plaatsen in het Schelde-estuarium de troebelheid toegenomen

Huidige situatie en trend

In de Zeeschelde is de laatste tijd meer zwevend stof in het water gemeten, vooral sinds 2009 (zie Figuur 12 en Figuur 13).[8] Het gaat met name om mineraal zwevend stof. Het lijkt erop dat dit geen geleidelijke trend is, maar een vrij plotselinge omslag. Ook in het meest oostelijk deel van de Westerschelde en nabij Vlissingen lijkt in de data een toename te zien. De toegenomen troebelheid heeft waarschijnlijk verschillende oorzaken: veranderingen in de getijdenstroming, lage of juist zeer hoge rivierafvoeren, stortingen van slibrijke specie.

De jaren met een relatief hoge troebelheid vallen samen met jaren waarin het zoutgehalte hoger is. Daarom lijkt het erop dat er een relatie is met de veranderingen in de getijdenstroming (zoals de snellere getijgolf) en lage rivierafvoeren in droge jaren. In de Zeeschelde leiden lage rivierafvoeren tot hogere troebelheid, omdat het effect van het getij dan relatief groot is en er minder water is om het zwevend stof te verdunnen of af te voeren. In Figuur 13 is te zien dat 2011 en 2016 jaren met hoge troebelheid in de Zeeschelde waren. In deze jaren was de rivierafvoer in de zomer gedurende enkele maanden zeer laag. In de Boven-Zeeschelde neemt de troebelheid ook bij zeer hoge afvoeren toe, omdat er dan slibrijk water door de gestreken stuw van Merelbeke komt. Bij 'gewoon' hoge afvoeren, bijvoorbeeld na een onweer, spoelt het zwevende stof naar de Beneden-Zeeschelde en is het water in de Boven-Zeeschelde juist (tijdelijk) helderder. Het water wordt ook troebeler op locaties waar regelmatig stortingen van slibrijke baggerspecie plaatsvinden. Het effect hiervan op grotere

afstand van de stortlocaties is nog niet goed bekend. In de Westerschelde bestaat baggerspecie uit de vaargeul vrijwel geheel uit zand. De lichte *vertroebeling* in het oostelijk deel van de Westerschelde heeft dan ook geen verband met stortingen van deze zandige specie, maar mogelijk wel met de toegenomen troebelheid in de Beneden-Zeeschelde. In het westelijk deel van de Westerschelde hangt de toegenomen troebelheid misschien ook samen met de troebelheid op zee. Hoe groot het effect van stortingen van slib uit de havens langs de Westerschelde op de troebelheid is, moet nog verder worden onderzocht.

Ook andere processen kunnen een rol spelen. Zo heeft de invasie van wolhandkrabben wellicht een bijkomend effect op de troebelheid in de Zeeschelde. Bij monitoring in de zijrivier de Kleine Nete werden 320.000 van deze krabben aangetroffen. Ze woelen de bodem om en knagen alle waterplanten af, waardoor de bodem gevoeliger voor erosie wordt. Wolhandkrabben zijn exoten die hier van nature niet voorkomen (zie ook 5.7).

Verwachting voor de toekomst

Het is onzeker of en hoe de *troebelheid* in de komende periode verandert: er zijn verschillende oorzaken voor de troebelheid en per gebied kan de dominante oorzaak verschillen. Het is niet volledig bekend hoe dat precies zit. In de Eems is een omslag opgetreden naar een zogenaamd hypertroebel systeem, waarbij extreem veel slib in het water zit. Deskundigen schatten in dat de kans op zo'n omslag in de Zeeschelde klein is, maar sluiten het ook niet volledig uit[13]. In de Westerschelde bestaat geen risico op een omslag naar een hypertroebele situatie omdat dit zo'n breed systeem is. Het blijft van belang de ontwikkeling in de troebelheid in het hele estuarium goed in de gaten te houden, want ook als de troebelheid in beperkte mate toeneemt kan de *primaire productie* al sterk afnemen. Dat is negatief voor het ecosysteem (zie hoofdstuk 3 Waterkwaliteit).

Bezinkgebieden voor slib

Definitie en belang voor natuur

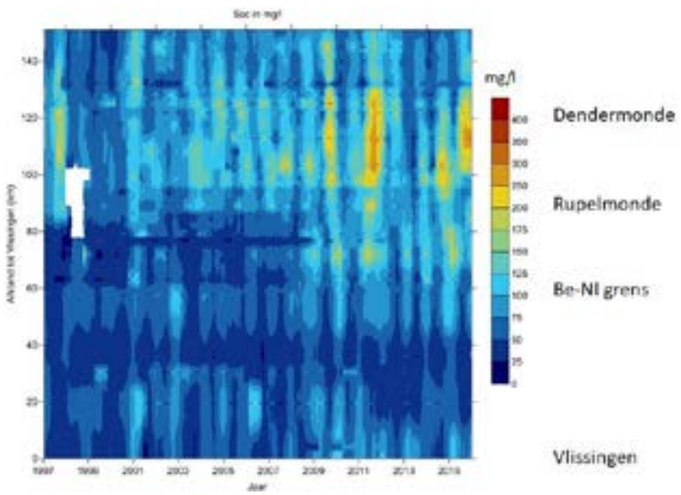
Waar het water heel langzaam stroomt, zakken slibdeeltjes in het water naar de bodem. Van nature zijn de *laagdynamische intergetijdengebieden* langs het estuarium bezinkgebieden voor slib: *slikken*, *schorren* en delen van *platen* (zie Figuur 14).

Huidige situatie en trend

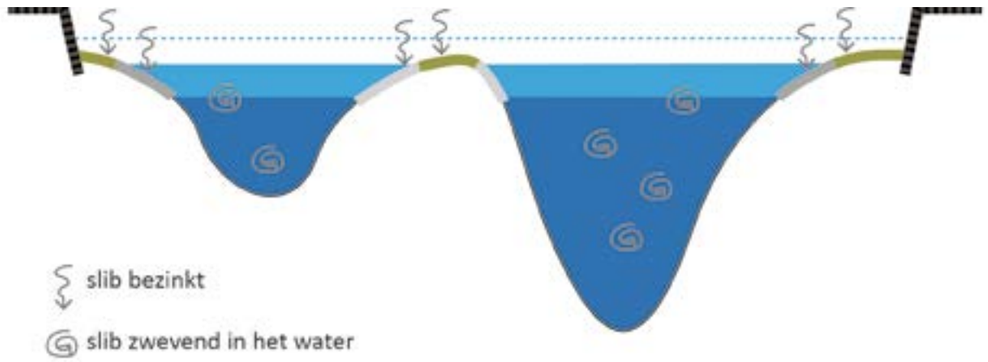
Tot aan het einde van de vorige eeuw is het oppervlak aan bezinkgebieden gestaag afgenomen, vooral door de aanleg van dijken en inpolderingen. Sinds het eind van de vorige eeuw neemt het oppervlak langs de Zeeschelde juist weer toe, door de inrichting van nieuwe bedijkte *intergetijdengebieden*. Deze gebieden dienen ook als gecontroleerde overstromingsgebieden bij wateroverlast en maken deel uit van het Sigma-plan. Delen van Saeftinghe – het grootste schorrengebied langs de Westerschelde – zijn zo hoog opgeslibd dat ze nog maar zelden overstromen en er dus ook weinig slib achterblijft.

Verwachting voor de toekomst

Met de uitvoering van het Sigma-plan neemt het oppervlak bezinkgebieden langs de Zeeschelde verder toe, maar het ontwerp is erop gericht de aanslibbing zo veel mogelijk te beperken, zodat het gebied veel water kan blijven bergen. Op de intergetijdengebieden bezinkt momenteel netto niet veel slib, behalve op nieuwe (kunstmatig) luwe plekken. Na ontpoldering van de Hedwige- en Prosperpolder zal ook daar slib bezinken. In verondiepende geulen in de Westerschelde (zoals het Middelgat en het vaarwater ten zuiden van de Hoofdplaat) bezinkt vooral veel zand, maar ook slib. Omdat de verondiepende geulen een groot oppervlak hebben, gaat het in totaal om een grotere hoeveelheid slib dan de aanslibbing op intergetijdengebieden.



Figuur 13 Deze grafiek laat de sedimentconcentratie in het water zien (mg per liter). Van links naar rechts is de verandering in de loop van de jaren te zien, van boven naar beneden de concentratie op verschillende plaatsen langs het estuarium. Vooral vanaf 2009 zijn meer lichte kleuren te zien in de Zeeschelde en in het oostelijk en westelijk deel van de Westerschelde. Dat betekent dat de sedimentconcentratie daar is toegenomen.
Bron: rapportage T2015.



Figuur 14 Slib bezinkt van nature op platen, slikken en schorren

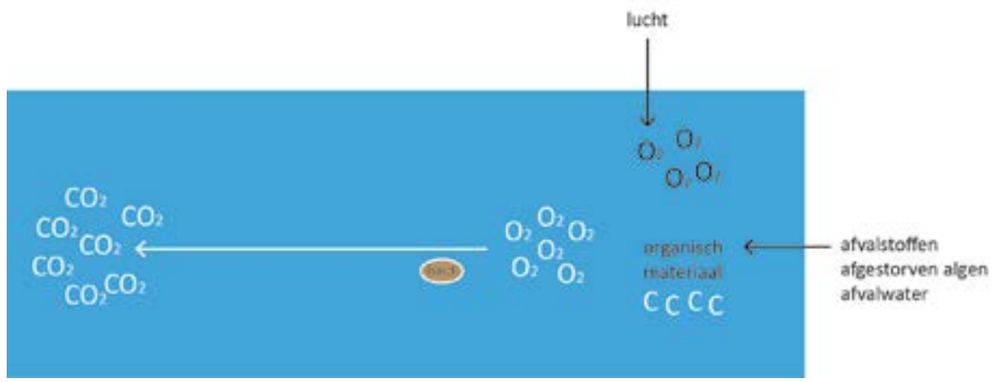
3 THEMA WATERKWALITEIT

De waterkwaliteit bepaalt het leefklimaat voor de natuur: is het water gezond om in te leven en is er genoeg voedsel aan de basis van de voedselketen?

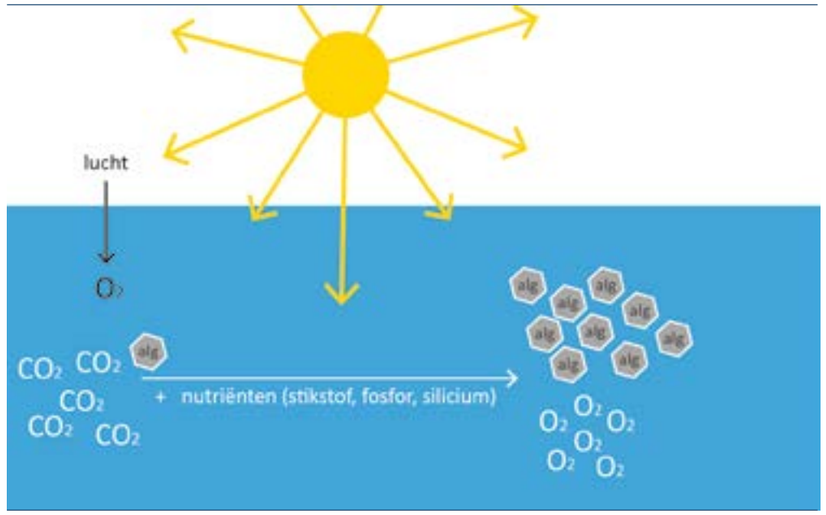
Begrippenlijst
In de begrippenlijst vind je omschrijvingen van woorden die cursief zijn afgedrukt in de tekst (zie bijlage 3).

3.1 Samenvatting van de analyse

In de tweede helft van de vorige eeuw was het slecht gesteld met de waterkwaliteit, vooral in de Zeeschelde. Er was vaak bijna geen zuurstof. De algenproductie was laag, wat doorwerkte in het hele voedselweb. Het water bevatte ook veel nutriënten en veel chemische stoffen in toxische concentraties. De omslag kwam in 2003, na veel investeringen in afvalwaterzuivering. Er kwam net genoeg zuurstof in het water om de primaire productie op gang te brengen en het zelfreinigend vermogen van de Zeeschelde ging werken. Tot 2009 leidde dat tot een spectaculaire verbetering: meer zuurstof en algen. Door de betere zuivering en normen voor lozingen namen geleidelijk ook de gehalten van zware metalen en andere toxische stoffen af. Dat heeft bijvoorbeeld geresulteerd in een toename van vissen in de Zeeschelde. Sinds 2009 zet de verbetering van het zuurstofgehalte zich niet verder voort en is er soms een lichte achteruitgang. Hoewel de zuurstoftoestand nu veel beter is dan eind vorige eeuw, voldoet het zuurstofgehalte nog niet altijd aan de normen van de Kaderrichtlijn Water en de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. De oorzaak is deze keer niet zozeer de vuilvracht, die neemt nog steeds langzaam af, maar de troebelheid die in sommige delen van de Schelde is toegenomen. Algen hebben daardoor te weinig licht om zuurstof en voedsel voor het voedselweb te produceren. De precieze oorzaak van de vertroebeling is niet bekend, er zijn meerdere verklaringen voor. Een omslag naar een zogenoemd hypertroebel systeem lijkt niet waarschijnlijk, maar ook met minder hoge troebelheden kunnen de gevolgen voor het ecosysteem al zeer ernstig zijn. De waterkwaliteit is zeer sterk verbeterd sinds de tweede helft van twintigste eeuw, maar het water, de waterbodem en organismen bevatten in het hele estuarium nog verschillende stoffen in toxische concentraties. In de waterbodem liggen veel metalen en ander stoffen opgeslagen die nog heel lang geleidelijk zullen vrijkomen. Nieuwe stoffen die waarschijnlijk in het hele Schelde-estuarium een groot effect op de ecologie hebben zijn (micro)plastics en hormoonverstorende stoffen.



Figuur 15 Via de lucht en door primaire productie komt zuurstof in het water. Bacteriën zijn de belangrijkste consumenten van zuurstof in het water.



Figuur 16 Primaire productie: algen zetten CO_2 (en H_2O) om in zuurstof en levend koolstof

3.2 Primaire productie

Hieronder belichten we eerst het proces van primaire productie op hoofdlijnen en daarna de afzonderlijke componenten algen, zuurstof en nutriënten.

Primaire productie op hoofdlijnen

Definitie en belang voor natuur

Primaire productie is het proces waarbij *algen* groeien (zie Figuur 16). Dit proces levert organisch materiaal en zuurstof in het water. Beide zijn belangrijk voor het ecosysteem.

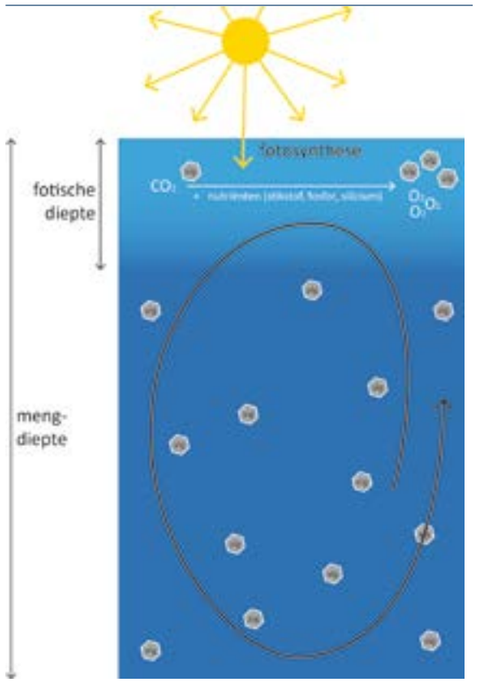
Zuurstof speelt hierbij een cruciale rol (zie Figuur 15). Er komt zuurstof in het water via de lucht en via primaire productie. De belangrijkste consumenten van zuurstof zijn bacteriën die met zuurstof organisch materiaal afbreken. Als er veel organisch materiaal te verwerken is, bijvoorbeeld uit afvalwater of een grote hoeveelheid afgestorven algen, zal het zuurstofgehalte door de bacteriële activiteit sterk dalen. Bij de afbraak van organisch materiaal komt kooldioxide (CO_2) vrij.

Daarmee begint het proces van primaire productie (zie Figuur 16): algen zetten het CO_2 weer om in zuurstof en levend koolstof. Daar hebben ze licht en nutriënten voor nodig. *Groenalgen* gebruiken alleen de nutriënten stikstof en fosfor. Deze algen dragen weinig bij aan het ecosysteem, omdat ze moeilijk eetbaar zijn. *Kiezelwieren* gebruiken ook het nutriënt silicium. Deze algen vormen belangrijk voedsel voor *zooplankton* en *bodemdieren*, die weer door hogere soortgroepen gegeten worden. Als het silicium geheel verbruikt is door kiezelwieren en er is nog wel stikstof en fosfor gaan groenalgen groeien. Als de *algenbloei* groot is ten opzichte van de bacteriële activiteit, komt er meer zuurstof in het water.

Huidige situatie en trend

Uit modelonderzoek[14] blijkt dat waterkwaliteit in de Zeeschelde tot aan de jaren vijftig van de vorige eeuw toereikend was voor een goed functionerend ecosysteem: er was voldoende zuurstof en voldoende *primaire productie*. Daarna verslechterde de situatie en traden zeer lage zuurstofwaarden op. Dat was vooral het gevolg van te veel afvalstoffen. *Algen* produceerden door de overmaat aan afvalstoffen minder zuurstof, terwijl bacteriën juist zeer veel zuurstof verbruikten voor de afbraak ervan. Het gevolg was dat er weinig zuurstof én weinig algen voor het *voedselweb* beschikbaar waren. Sinds 2003 is de primaire productie weer toegenomen.[15,16]

Uit de laatste metingen blijkt echter dat de *algenproductie* in de Boven-Zeeschelde niet verder verbetert. Het lijkt erop dat nu licht de beperkende factor voor de primaire productie is: het water is troebeler en daardoor hebben algen minder licht om nutriënten en kooldioxide om te zetten. Een belangrijke rol hierbij speelt de mengdiepte (Figuur 17). Over het algemeen is het water boven in de waterkolom het helderst. Dieper in het water wordt het troebeler, omdat zwevend stof langzaam naar beneden zakt. De diepte tot waar algen genoeg licht hebben voor *fotosynthese* wordt de *fotische diepte* genoemd. De algen cirkelen als gevolg van turbulentie door de hele waterkolom. Zolang ze onder de fotische diepte zweven, hebben ze geen licht en kunnen ze niet groeien. Als dat



Figuur 17 Mengdiepte en fotische diepte zijn belangrijk voor de primaire productie: zolang algen onder de fotische diepte zweven hebben ze geen licht en kunnen ze niet fotosynthetiseren.

relatief lang duurt, stopt de primaire productie. Dat gebeurt als de totale mengdiepte meer dan 10 x zo groot is als de fotische diepte. Deze situatie kan ontstaan als het water nog vrij helder én heel diep is (risico voor de Westerschelde), maar ook in ondiep en heel troebel water (risico voor de Boven-Zeeschelde). Het minst gunstig is de situatie in de Beneden-Zeeschelde, waar het water redelijk diep en ook vrij troebel is.

Verwachting voor de toekomst

De toekomst van de *primaire productie* hangt onder meer af van de *troebelheid*. Dat geldt in het bijzonder voor de Boven-Zeeschelde, maar ook voor de rest van het estuarium. Als de troebelheid structureel toeneemt, wordt de *fotische diepte* kleiner. De primaire productie kan dan weer sterk dalen. In de Boven-Zeeschelde, waar het zuurstofgehalte sterk afhankelijk is van de primaire productie, kan het zuurstofgehalte dan weer dalen, net als in de tweede helft van de vorige eeuw. Dat zal een stevige klap betekenen voor het zich herstellende ecosysteem in de Boven-Zeeschelde waar de andere delen van het estuarium ook de gevolgen van zullen ondervinden. Primaire productie levert naast zuurstof immers ook in belangrijke mate voedsel voor het ecosysteem.

Daarnaast kan klimaatverandering effect hebben op de primaire productie, onder meer doordat grotere extremen in de rivierafvoer optreden. Bij extreem hoge rivierafvoeren hebben *algen* minder tijd om te groeien. De primaire productie neemt dan af. Bij extreem lage afvoeren hebben algen meer tijd om te groeien, maar het water wordt dan ook troebeler wat een negatief effect op de *algenproductie* heeft. Het precieze effect wordt onderzocht.

Algen

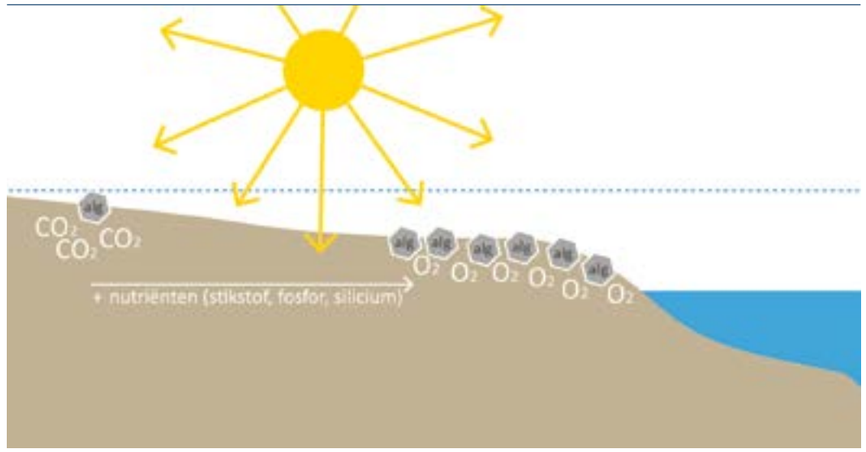
Definitie en belang voor natuur

Algen zijn eenvoudige, eencellige organismen die met lichtenergie CO_2 uit het water opnemen en vastleggen als levend organisch materiaal. Dit proces heet *fotosynthese*. Een maat voor de hoeveelheid algen is de concentratie chlorofyl a (milligram per liter).

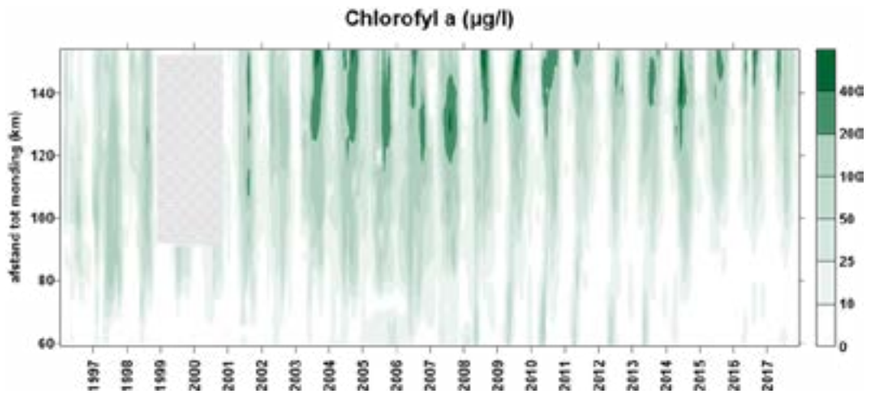
Huidige situatie en trend

Vanaf de jaren vijftig van de vorige eeuw ging de waterkwaliteit door sterke vervuiling in de Zeeschelde sterk achteruit, met lage zuurstofwaarden als gevolg. De periode van 2003 tot 2009 betekende een ommekeer, met het optreden van zeer sterke *algenbloei*. Sinds 2009 is de hoeveelheid algen weer kleiner, met geringe hoeveelheden in 2011 en 2016 (zie Figuur 19). De jaren met weinig *algen* vallen samen met jaren met hoge *troebelheid* en lagere zuurstofgehalten. In de Westerschelde zijn de concentraties algen van nature veel lager, door de grote waterdiepte (de *fotische diepte* is relatief klein ten opzichte van de mengdiepte, zie Primaire productie). Het lijkt erop dat ook in de Westerschelde sinds enkele jaren minder algen in het water zweven, maar deze afname is nog niet significant.[15] Mogelijk is ook hier een effect van toenemende troebelheid merkbaar. Op de slikken en platen in de Zeeschelde en de Westerschelde groeien ook *bodemalgen*. Deze algen beginnen met produceren zodra de plaat droogvalt, met rechtstreeks zonlicht (zie Figuur 18). Troebelheid heeft op deze algen dus veel minder effect. De bodemalgen produceren voedsel voor een ander deel van het *voedselweb* dan de zwevende algen in het water, onder meer voor wormen en verschillende schelpdieren.

In het verleden waren op het strand van Walcheren regelmatig grote schuimvlokken te zien: het eiwit van afgestorven *groenalgen*. Ook op andere plaatsen langs de kust was dat het geval. De groenalgen konden overmatig tot bloei komen door de grote hoeveelheid voedingsstoffen uit de rivieren. Bij de monding van de Westerschelde hing dit vooral samen met voedingsstoffen uit het Schelde-estuarium. Door betere zuivering komt dit tegenwoordig veel minder voor.



Figuur 18 Primaire productie door bodemalgen. Deze algen produceren voornamelijk als de plaat droogvalt en hebben dus geen last van troebelheid.

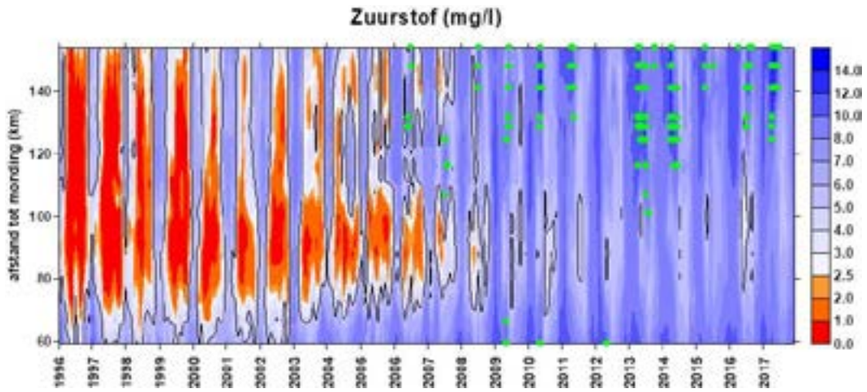


Figuur 19 Bij ieder jaartal is langs de verticale lijn het gemiddelde chlorofylgehalte in de Zeeschelde te zien: helemaal onderaan (km 58) de situatie bij de grens, helemaal bovenaan (km 150) de situatie bij Melle. In 2011 en 2016 was de algenbloei zeer laag. De troebelheid was in deze jaren juist hoog (zie figuur 2).

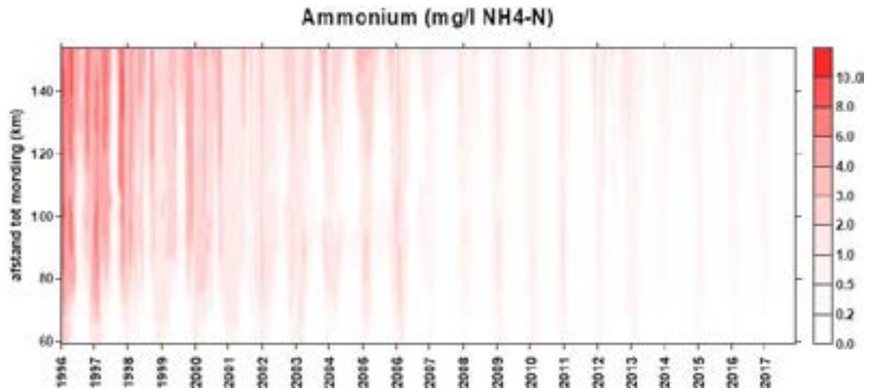
Verwachting voor de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van *algen* hangt in hoge mate af van de troebelheid, met name in de Zeeschelde en mogelijk ook in de Westerschelde. Als de troebelheid toeneemt, hebben algen mogelijk niet genoeg licht om nutriënten en kooldioxide om te zetten in zuurstof en voedsel voor het *voedselweb*. Als licht de beperkende factor voor primaire productie is, betekent iedere vermindering van de lichthoeveelheid een afname van de *primaire productie*. Het effect hangt af van het moment waarop de verhoogde troebelheid optreedt en de duur.

Een kritieke periode is de piek in de *algenproductie*. Als de primaire productie op dat moment beperkt wordt, kan dat groot effect op het ecosysteem hebben. In de Westerschelde is dat ongeveer van half maart tot mei, in de Boven-Zeeschelde een stuk later, van mei-juni tot augustus en zelfs oktober. Als vertroebeling kort duurt (enkele dagen) en niet vaak plaatsvindt, bijvoorbeeld na een eenmalige storting van slib, zal het effect relatief klein zijn en niet doorwerken in hogere trofische niveaus.



Figuur 20 Per jaartal is langs de verticale lijn het gemiddelde zuurstofgehalte langs de Zeeschelde te zien: helemaal onderaan (km 58) de situatie bij de grens, helemaal bovenaan (km 150) de situatie bij Melle. Ter informatie: een zuurstofgehalte van 5.0 mg/l in het zomerhalfjaar (in 95% van de metingen) geldt als de norm voor een goede toestand volgens de evaluatiemethodiek voor het Schelde-estuarium. Voor het winterhalfjaar geldt 6 mg/l als norm.



Figuur 21 Per jaartal is langs de verticale lijn het gemiddelde gehalte van het nutriënt ammonium langs de Zeeschelde te zien: helemaal onderaan (km 58) de situatie bij de grens, helemaal bovenaan (km 150) de situatie bij Melle. Voor ammonium is geen norm vastgesteld in de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium; de Kaderrichtlijn Water hanteert een norm voor 'totaal stikstof' (ammonium en nitraat).

Zuurstof

Definitie en belang voor natuur

Met zuurstof bedoelen we hier opgelost zuurstof in het water, doorgaans uitgedrukt in milligram O_2 per liter. Water neemt zuurstof op uit de atmosfeer, dat is een belangrijke bron. Daarnaast zijn algen belangrijke producenten van zuurstof. De grootste verbruikers zijn bacteriën, die organische afvalstoffen met behulp van zuurstof afbreken of omzetten. Voldoende zuurstof is een voorwaarde voor de meeste organismen die in het water leven.

Huidige situatie en trend

Tot de jaren vijftig was er genoeg zuurstof in het water voor een goed functionerend ecosysteem, ook in de Zeeschelde[17]. Daarna verslechterde de situatie. In de jaren negentig van de vorige eeuw was het zelfs zeer slecht gesteld met het zuurstofgehalte in de Zeeschelde. Soms was er bijna geen zuurstof in het water. De oorzaak was de sterke vervuiling. Bacteriën breken (organische) afvalstoffen af met behulp van zuurstof. Omdat er zo veel afvalstoffen waren, verbruikten de bacteriën bijna al het zuurstof en bleef het water toch nog vuil. *Algen* konden vanwege de vervuiling niet sterk groeien en brachten daardoor onvoldoende zuurstof in het water. Zo bleef de zuurstofarme toestand in stand. Ook de bouw van afvalzuiveringsinstallaties had in eerste instantie weinig effect op het zuurstofgehalte in de Zeeschelde, tot in 2003 de omslag kwam: *algenbloei* werd weer mogelijk, het water werd zuurstofrijker en het zelfherstellend vermogen door bacteriën kwam op gang (zie Figuur 20). Sinds 2009 treden lange perioden met zeer lagen zuurstofwaarden niet meer op, maar is er ook geen verdere verbetering. Volgens de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium en de Kaderrichtlijn Water zijn de zuurstofgehalten nu net hoog genoeg voor bijvoorbeeld trekvissen, maar af en toe zijn er toch nog perioden met minder zuurstof. Daarmee voldoet de Zeeschelde nog niet aan de criteria voor een goede basiswaterkwaliteit. Het lijkt erop dat de zuurstofproductie door algen weer vermindert, dit keer niet door vervuiling maar door gebrek aan licht: jaren met minder zuurstof en minder algen (2011 en 2016) vallen samen met jaren met hoge *troebelheid* (zie Figuur 2). In de Westerschelde is er steeds voldoende zuurstof door de uitwisseling met zuurstofrijk zeewater.

Verwachting voor de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van het zuurstofgehalte in de Zeeschelde hangt vooral af van de *troebelheid* van het water. De sleutel voor een goede zuurstoftoestand ligt de komende jaren dan ook niet meer alleen bij de afvalwaterzuivering langs de Zeeschelde, maar bij de troebelheid en de mechanismen die deze veroorzaken (zie hoofdstuk 2). De overstromingsgebieden met gecontroleerd gereduceerd getij langs de Schelde hebben een gunstig effect op de zuurstofhuishouding: het water stroomt via een waterval de polder in, waardoor flinke beluchting optreedt. In de gebieden zelf zal het zuurstofgehalte nog verder kunnen stijgen door oppervlaktebeluchting en *primaire productie*. Dat zal wellicht niet volstaan als tegelijkertijd de *algenproductie* in de Boven-Zeeschelde sterk afneemt door de troebelheid. Klimaatverandering heeft mogelijk een ongunstig effect: het water warmt door klimaatverandering op en kan dan minder zuurstof bevatten. Dit effect is nog niet meetbaar. Het water in de Zeeschelde is in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw wel iets warmer geworden, maar het lijkt aannemelijk dat lozingen van koelwater daaraan hebben bijgedragen.

Nutriënten

Definitie en belang voor natuur

Nutriënten worden ook wel voedingsstoffen of meststoffen genoemd. De belangrijkste nutriënten in het Schelde-estuarium zijn stikstof (in de vorm van ammonium of nitraat) en fosfor. Deze nutriënten vormen voedsel voor alle *algen*. Een belangrijke groep algen, de *kiezelwieren* of *diatomeeën* heeft nog een derde nutriënt nodig: silicium. Deze algen vormen direct voedsel voor kleine organismen, zoals *zooplankton* en *bodemdieren* (*zoöbenthos*), en zijn daarmee de basis van de *voedselketen*. De algen die zich alleen met stikstof en fosfor voeden, de zogenoemde *groenalgen*, zijn minder geschikt als voedsel voor andere organismen in het *voedselweb*. Zij kunnen zich ophopen en een plaag vormen.

Huidige situatie en trend

Stikstof (ammonium en nitraat) en fosfaat waren in de jaren zeventig, tachtig en negentig in grote concentraties aanwezig in met name de Zeeschelde, vooral door lozing van ongezuiverd afvalwater en uitspoeling uit de landbouwgebieden. Sinds de waterkwaliteit voldoende is om de *primaire productie* op gang te brengen, benutten *algen* meer nutriënten voor de productie van organisch koolstof en zuurstof. Door deze 'begrazing' van nutriënten, maar vooral ook door de zuivering van afvalwater en strengere bemestingsnormen voor de landbouw, zijn de gehalten van fosfaat, ammonium en nitraat sinds circa 2003 gedaald (zie Figuur 21). De afgelopen jaren is deze trend gestopt. Fosfor vormt nu veel minder een probleem, maar de stikstofgehalten zijn nog te hoog.[15]

Silicium vertoont een ander beeld. Daar was in het verleden juist te weinig van. Silicium komt in het water door verwering van mineralen die silicium bevatten. Algen en planten kunnen opgelost silicium opnemen. Zo komt het terecht in organismen, bijvoorbeeld in de vorm van skeletjes van kiezelwieren. Als deze organismen afsterven, spoelt het dode materiaal aan op schorren en slikken. Het silicium lost daar weer langzaam op in het water en komt weer beschikbaar voor algen en planten. Eind vorige eeuw vreesde men dat bij herstel van de algengroei een tekort aan silicium zou ontstaan, waardoor er veel groenalgen en weinig kiezelwieren zouden komen. Dat zou heel nadelig voor het voedselweb zijn. Een van de doelen van de Sigma-gebieden was daarom ook de levering van silicium te vergroten door meer schorren te creëren. Uit metingen in het Sigma-gebied Lippenbroek blijkt dat dit goed werkt[18,19]. Als er weinig silicium in het Schelde-water zit, voegt het gebied extra silicium toe. Daardoor wordt de kans op ongewenste bloei van groenalgen kleiner.

Verwachting voor de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van de nutriënten hangt vooral af van ontwikkelingen in de zuivering van afvalwater dat in de Zeeschelde geloosd wordt, de

regelgeving over die lozingen en het gebruik van nutriënten in de landbouw. De hoeveelheid silicium neemt toe als er meer schorren komen en als er genoeg *zooplankton* is om *kiezelwieren* te verteren zodat het silicium weer beschikbaar komt.

3.3 Toxische stoffen

Metalen en organische verbindingen

Definitie en belang voor natuur

In het Schelde-estuarium komen metalen als lood, cadmium, kwik, koper, mangaan en zink voor in het oppervlaktewater en de waterbodem. Tot de organische verbindingen behoren onder meer PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen), PCB's (polychloorbifenyl) en bestrijdingsmiddelen. Metalen en organische verbindingen kunnen in hoge concentraties giftig zijn voor planten en dieren. Soorten die lang leven, zoals de aal, slaan in de loop van hun leven een grote hoeveelheid metalen in hun lichaam op, ook als de gehalten vrij laag zijn. Dat kan giftig zijn voor het dier zelf en voor zijn predatoren. Kleine *bodemdieren* die lage concentraties bevatten, kunnen voor vogels die deze dieren in grote hoeveelheden eten toch giftig zijn. Daarnaast kan de cocktail aan verschillende metalen en andere stoffen een giftig geheel vormen, ook als de afzonderlijke stoffen niet in giftige concentraties voorkomen. Het meest kwetsbaar zijn de dieren in de top van het ecosysteem, zoals zeehonden, roofvogels en bruinvissen.

Huidige situatie en trend

In zijn algemeenheid is te stellen dat de waterkwaliteit van het *estuarium*, en vooral van de Zeeschelde, nu zeer veel beter is dan in de tweede helft van de vorige eeuw. De evaluatie van de toestand van het Schelde-estuarium in de periode 2010-2015[20] geeft onder meer de recente ontwikkelingen van toxische stoffen in het water en de waterbodem weer.

In het water voldoet de groep metalen als geheel volgens de evaluatiemethodiek van de VNSC aan de norm, zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde. De gehalten van enkele afzonderlijke metalen zijn op een aantal plaatsen nog wel hoger dan de norm (zie Figuur 22). Dat geldt ook voor de groep van 14 PAK's. Uit de evaluatie blijkt dat de concentraties van bestrijdingsmiddelen in het water de afgelopen jaren in het hele estuarium te hoog waren. Het is niet zeker of alle bestrijdingsmiddelen daadwerkelijk de norm overschreden, want voor een aantal bestrijdingsmiddelen is zowel de norm als het gehalte lager dan de detectielimiet (de concentratie die nog net betrouwbaar te meten is). In de evaluatie is er dan voorzichtigheidshalve van uitgegaan dat zo'n stof de concentratie van de detectielimiet had.

Zone	Klasse	Arseen	Cadmium	Zink
Sterk Polyhalien	1		0,7	
Polyhalien	1			
Mesohalien	1		0,9	
Sterke saliniteitsgradiënt	1	1,2	1,5	0,7
Oligohalien	1	1,0	0,9	0,8
Zoet lange verblijftijd	1	1,1	0,6	0,7
Zoet korte verblijftijd	1	0,9	0,6	1,2
Rupel	1	0,8	0,6	1,1
Durme	1	1,0	0,6	0,7

Indicatie oorsprong			
Atmosferische depositie	10%	51%	25%
Bedrijven	7%	9%	7%
Bodemerosie	78%	37%	13%
Huishoudens	5%	1%	1%
Infrastructuur	0%	0%	43%
Transport	0%	1%	10%

Evaluatie metalen in waterbodem: positief = kwaliteitsklasse 1 & 2 (Geen & lichte afwijking), negatief = 3&4 (Afwijking & sterke afwijking). Inclusief (A) metalen die de norm minimaal 1 jaar overschreden tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen); (B) de toxische eenheid van het hoogste jaar en (C) indicatieve allocatie naar oorsprong (VMM, 2016).

Figuur 22 De gehalten zware metalen in het water voldoen grotendeels aan de norm van de evaluatiesystematiek voor het Schelde-estuarium, al zijn er nog enkele overschrijdingen. Bron figuur: Rapportage T2015.

Bestrijdingsmiddelen worden nog maar sinds enkele jaren gemeten, daarom is nog niet duidelijk welke trend deze stoffen vertonen en wat het effect op het ecosysteem is. Dat vraagt meer onderzoek.

In de bodem van het estuarium en op *schorren* en *slikken* is nog veel vervuiling uit het verleden te vinden, vastgehecht aan fijne sedimentdeeltjes. In de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde wijken metalen (sterk) af van de norm (zie Figuur 23). De concentraties dalen wel geleidelijk. In het verleden was er de vrees dat deze metalen in de Zeeschelde plotseling vrij zouden komen door de zuurstoftoename, als een soort tijdbom. Dat blijkt niet te gebeuren. De metalen komen wel vrij, maar dat gaat traag en zal dus ook nog heel lang duren. Het vaargeulonderhoud in de Westerschelde leidt niet tot het vrijkomen van metalen: er wordt vooral zand gebaggerd en daar hechten metalen zich niet aan. De waterbodem bevat ook te hoge concentraties van verschillende organische stoffen. Vooral PCB's en DDT's overschrijden de norm fors (zie Figuur 24). Dit is zowel in de Westerschelde als de Zeeschelde het geval.

Zone	Klasse	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink
Sterk Polyhalien	3	1	1	3	1	1	2	2	1
Polyhalien	3	3	1	3	1	1	2	2	2
Mesohalien	3	3	3	3	3	1	3	2	3
Sterke saliniteitsgradiënt	4	4	3	2	3	3	3	3	3
Oligohalien									
Zoet lange verblijftijd	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zoet korte verblijftijd	3	2	2	1	2	1	2	2	3
Rupel	4	2	4	1	4	1	4	1	4
Durme	2	2	1	1	2	1	1	1	2

Evaluatie metalen in waterbodem: positief = kwaliteitsklasse 1 & 2 (Geen & lichte afwijking), negatief = 3 & 4 (Afwijking & sterke afwijking). Inclusief (A) metalen die de norm minimaal 1 jaar overschreden tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen); (B) kwaliteitsklasse van het hoogste jaar.

Figuur 23 De gehalten aan zware metalen in de waterbodem overschrijden nog op veel plaatsen de norm.
Bron: rapportage T2015.

Zone	Klasse	Alachloor	Azinfos-methyl	Cumafor	Dichloorvos	Dimethoaat	Fenitrothion	Fenthion	Malathion	Mevinfos	Parathion-ethyl	Som Drins	Som endosulfans	Hexachloor-cyclohexaan
Sterk Polyhalien	3				166,7							0,2	4,0	
Polyhalien														
Mesohalien	3				166,7							0,2	4,0	0,5
Sterke saliniteitsgradiënt	2	5,5	10,0	10,0	42,9	1,0	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	1,6	22,0	2,0
Oligohalien	3	0,0	10,0	10,0	14,3	1,0	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	3,2	20,0	4,5
Zoet lange verblijftijd	3	0,0	10,0	10,0	14,3	1,5	11,1	50,0	12,5	5,0	100,0	1,7	2,2	0,6
Zoet korte verblijftijd	3	0,0	10,0	10,0	14,3	2,5	11,1	50,0	25,0	5,0	100,0	1,5	2,0	0,5
Rupel														
Durme														

Evaluatie Pesticiden in het oppervlaktewater: positief = kwaliteitsklasse 1&2 (Geen & lichte afwijking), negatief = 3&4 (Afwijking & sterke afwijking). Inclusief (A) polluenten die de norm minimaal 1 jaar overschreden tussen 2010-2015: niet opgemeten (Wit), boven (Rood) en onder de norm (Groen), detectielimiet ligt boven de norm (Oranje); (B) de toxische eenheid van het hoogste jaar.

Figuur 24 De gehalten van bestrijdingsmiddelen in het water overschrijden op veel plaatsen de normen. De oranje kleur geeft aan dat niet zeker is of de concentratie de norm overschrijdt, omdat beide gehalten niet meetbaar zijn.
Bron figuur: Rapportage T2015 versie juni 2018.

Voor de evaluatie van de VNSC vinden sinds kort ook metingen van toxische stoffen in dieren plaats. In de Zeeschelde gebeurt dat in paling en de Aziatische korfmossel en in de Westerschelde in bot en mosselen. In alle dieren werden te hoge concentraties gemeten, maar het meest in de vissen. De organismen in de Zeeschelde bevatten te veel kwik, perfluorverbindingen en een aantal PCB's. De organismen in de Westerschelde bevatten te hoge concentraties heptachloor, heptachloorperoxide, kwik en PCB's. Het lijkt erop de hoeveelheid kwik in organismen toeneemt.

Verwachting voor de toekomst

Metalen zullen nog jaren aanwezig blijven in de bodem en geleidelijk vrijkomen in de waterkolom. Het water zal daardoor ook nog jaren metalen bevatten, maar de concentraties zullen naar verwachting steeds verder afnemen. Hoe pesticiden zich zullen ontwikkelen is nog onduidelijk. Waterzuiveringsinstallaties kunnen deze stoffen maar in beperkte mate uit het water halen. Als er strengere regelgeving voor het gebruik van pesticiden komt, zullen de gehalten afnemen.

Nieuwe stoffen

Definitie en belang voor natuur

Met nieuwe stoffen bedoelen we hier stoffen die nog niet standaard gemeten worden en waarvan de effecten ook nog niet goed bekend zijn, maar die waarschijnlijk wel negatieve impact op het ecosysteem hebben. Vaak worden de effecten pas lang nadat ze in gebruik zijn genomen duidelijk.

Huidige situatie en trend

Nieuwe stoffen die waarschijnlijk een groot effect hebben zijn hormoonverstorende stoffen, die onder andere uit anticonceptiepillen. Ook (nieuwe) pesticiden kunnen grote effecten op organismen hebben. De effecten van macroplastic (grote stukken plastic) en microplastics (zeer kleine plasticdeeltjes) zijn veel in het nieuws. Macroplastics hebben direct effecten op dieren: ze kunnen de spijsvertering blokkeren, dieren kunnen erin verstrikt raken of erin stikken. Uit een net gestart onderzoek van de Universiteit van Antwerpen blijkt dat macroplastics in de Zeeschelde vooral uit dunne folie bestaan (hier is nog niet over gepubliceerd). Microplastics zijn vooral verstorend door de hormoonverstorende stoffen die erin verwerkt zijn, zoals weekmakers en vlamvertragers.

Verwachting voor de toekomst

Er zijn weinig gegevens over de gehalten van nieuwe stoffen en de trends daarin. Deze stoffen worden nog niet structureel gemeten en daarom is het ook lastig te voorspellen hoe ze zich ontwikkelen. Hormonen zullen naar verwachting nog lange tijd in het water zitten. Deze stoffen breken niet snel af en blijven dus lang aanwezig en er zijn nog geen technieken om deze stoffen bij de zuivering uit het water te halen. Ook de hoeveelheid microplastics zal blijven toenemen. Er lopen nu wel verschillende initiatieven om de toevloed van plastic te beperken, zoals het verbod op plastic tasjes. Waarschijnlijk zullen er ook 'nieuwe stoffen' bij komen.

4 THEMA LEEFGEBIEDEN

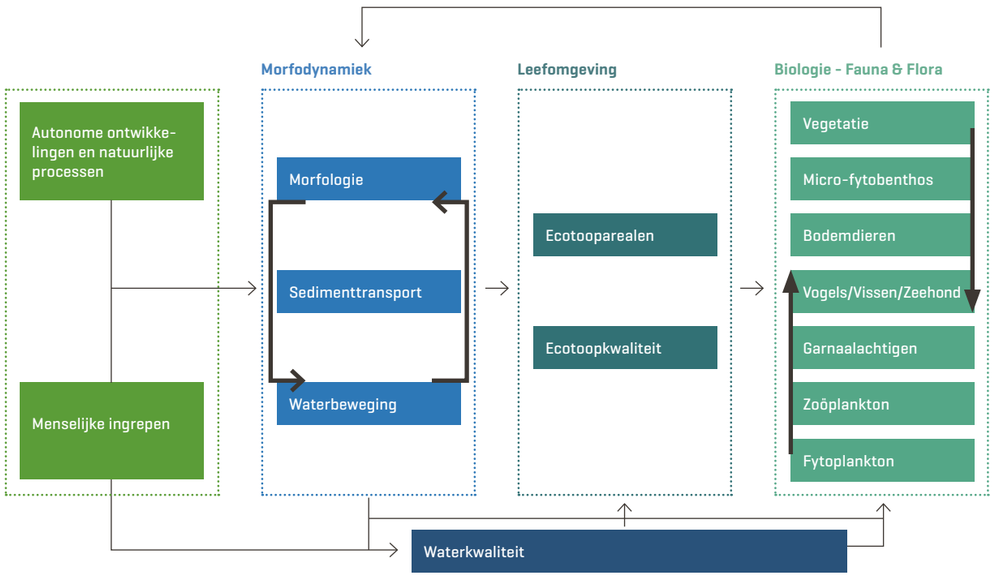
De combinatie van leefgebieden in het estuarium bepaalt voor een groot deel welke planten en dieren er kunnen leven. De omvang en de kwaliteit van de leefgebieden spelen daarbij een rol.

Begrippenlijst

In de begrippenlijst vind je omschrijvingen van woorden die cursief zijn afgedrukt in de tekst (zie bijlage 3).

4.1 Samenvatting van de analyse

Planten en dieren in het Schelde-estuarium gebruiken het water en de bodem als leefgebied. Omdat water en bodem steeds in verandering zijn (en elkaar beïnvloeden), veranderen ook de leefgebieden. Dit hoofdstuk belicht voornamelijk de veranderingen in de laatste tien tot twintig jaar, maar blikt soms verder terug en zoomt in op recente trends. In het Schelde-estuarium zijn laagdynamische intergetijdengebieden van bijzonder belang. Dit zijn productieve leefgebieden waar bodemdieren in grote aantallen voorkomen en vogels en vissen voedsel zoeken. Door verschillende menselijke ingrepen is dit gebied de afgelopen eeuw veel kleiner geworden. In de Zeeschelde worden de slikken hoger, smaller en deels ook dynamischer. Dat is ongunstig voor het bodemleven. In de Westerschelde vinden we laagdynamisch intergetijdengebied op slikken en platen. Sinds 2010 is het oppervlak min of meer stabiel gebleven, waarschijnlijk dankzij plaatrandstortingen. Een ander kenmerkend leefgebied zijn de schorren. Die zijn de afgelopen tien jaar in het hele estuarium in oppervlak toegenomen. In de Zeeschelde komt dat door de aanleg van Sigma-gebieden en in de Westerschelde door ophoging van de platen. Een hypothese is dat de ophoging van platen sneller verloopt waar plaatrandstortingen plaatsvinden.



Figuur 25 Samenhangen in het Schelde-estuarium (waterkwaliteit is inclusief zoutgehalte)

4.2 De samenhang tussen abiotische processen, leefgebieden en flora en fauna

Figuur 25 laat zien hoe de waterbeweging, morfologie, waterkwaliteit, leefgebieden en soorten met elkaar samenhangen. Autonome ontwikkelingen (zoals *zeespiegelstijging*) en menselijke ingrepen hebben invloed op de waterbeweging en de transporten van zand en slib. Dit bepaalt waar slibrijke of zandige *ecotopen* en diepe of ondiepe ecotopen tot ontwikkeling komen. Die ecotopen zijn de leefgebieden voor planten en dieren. De omvang en de kwaliteit van de leefgebieden bepalen voor een belangrijk deel welke soorten planten, *bodemdieren*, vissen, vogels en zoogdieren in het Schelde-ecosysteem voorkomen.

De ontwikkelingen in de waterbeweging, de morfologie en de waterkwaliteit zijn beschreven in de hoofdstukken Waterbeweging & Morfologie en Waterkwaliteit.
Dit hoofdstuk gaat hieronder eerst in op de leefgebieden en daarna op de flora en fauna in het Schelde-estuarium. Aan het eind staat een totaalbeeld van de ecologische toestand.

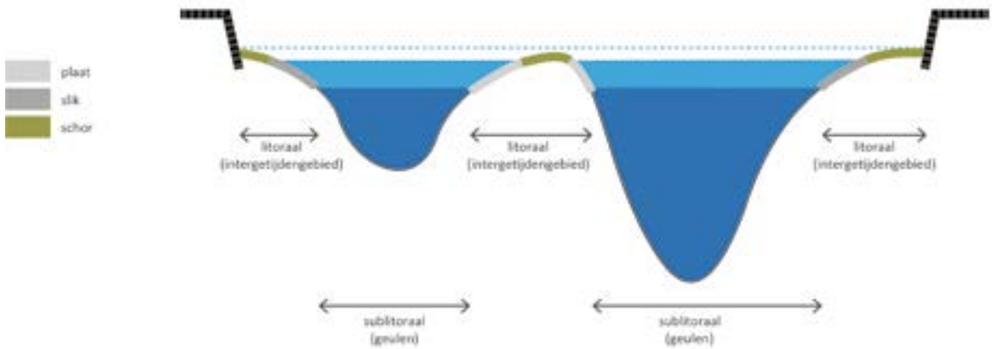
4.3 Indeling in ecotopen

Het Schelde-estuarium is in te delen in *ecotopen*: zones met karakteristieke combinaties van zoutgehalte, bodem, dynamiek, waterdiepte en begroeiing. Deze indeling is nuttig, omdat het leefgebied van de meeste soorten in het *estuarium* uit een of meer specifieke ecotopen bestaat. Veranderingen in de ecotopen (denk aan omvang, variatie, ligging en spreiding) kunnen daarom een verklaring bieden voor veranderingen in het voorkomen van soorten.

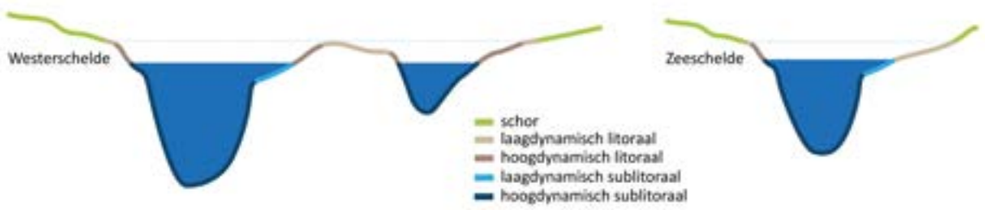
Met name de volgende kenmerken bepalen de indeling:

- *laagdynamisch* of *hoogdynamisch*: dit gaat over de stroomsnelheid bij de bodem. De grens ligt bij een stroomsnelheid van 60 tot 80 cm/s. Boven deze snelheid begint zand te bewegen. De meeste *bodemdieren* verdragen dat niet. Slechts enkele bodemdieren kunnen leven in hoogdynamische omstandigheden, voornamelijk kleinere en mobiele soorten. De meeste bodemdieren hebben een voorkeur voor een stabiele, laagdynamische bodem. Vaak bevatten deze laagdynamische zones slib, wat de samenhang van de bodem versterkt.
- litoraal of sublitoraal (zie Figuur 26): *litoraal* is de zone tussen *laag-* en *hoogwater* (het *intergetijdengebied*). Slikken en platen zijn de kale, onbegroeide intergetijdengebieden. Schorren zijn begroeide intergetijdengebieden; deze liggen boven gemiddeld hoogwater. *Sublitoraal* is de zone die permanent onder water staat. Er is ook nog het *supralitoraal*: de hooggelegen zone die alleen bij heel hoge waterstanden onder water staat.

Ecotopen zijn relatief gemakkelijk in kaart te brengen met luchtfoto's, veldonderzoek en modelberekeningen van zoutgehalte, stroomsnelheid, bodemhoogte en waterstanden. De ecotopenkaart van een deel van de Westerschelde geeft een indruk van de verspreiding van de verschillende ecotopen (zie Figuur 27). Alle ecotopen vervullen een rol in het ecosysteem. Een grote variatie aan ecotopen zorgt ervoor dat veel verschillende soorten planten en dieren geschikte leefgebieden vinden. Dat is belangrijk: naarmate een ecosysteem uit meer soorten bestaat ('complexer' is) kan het flexibeler meebewegen met veranderingen (zoals klimaatverandering) en is het beter bestand tegen exoten en ziekten.



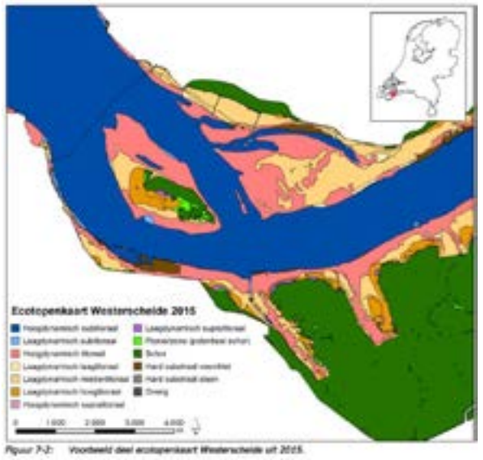
Figuur 26 Litoraal en sublitoraal



Figuur 27 Opeenvolging van ecotopen zoals die vaak te vinden is in de Westerschelde (links) en de Zeeschelde (rechts)

Een groot deel van het estuarium bestaat uit het ecotoop '*hoogdynamisch sublitoraal*': geulen met relatief snelstromend water. Dit ecotoop is van belang voor de verspreiding van voedingsstoffen, *zooplankton* en larven en vormt de route van trekvis van en naar de paaigebieden. *Laagdynamisch* sublitoraal (over het algemeen ondiep water) is nog maar heel beperkt aanwezig. Op de overgang van geulen naar platen en langs oevers is vaak een opeenvolging van ecotopen te zien: *hoogdynamisch litoraal* langs de geulranden (zandige platen), iets hoger *laagdynamisch litoraal* (slibrijke *platen* en *slikken*) en nog hogere zones met *pionierbegroeiing* en schorren. Laagdynamisch litoraal heeft grote betekenis voor het ecosysteem van het estuarium. Hier komen veel kiezelwieren en andere algen voor die een belangrijke voedselbron voor de rest van het voedselweb vormen. De laagdynamische zone is normaal gesproken ook het rijkst aan bodemleven; de rijkdom varieert wel van plaats tot plaats. De bodemdieren die hier leven, vormen onder meer het bulkvoedsel voor steltlopers. Schorren herbergen plantensoorten die karakteristiek voor een estuarium zijn en dienen als hoogwatervluchtplaats voor vogels (samen met de dijkvoet en gebieden landwaarts van de dijken). Ook zijn schorren belangrijk als broedgebied.

Op sommige plaatsen liggen stevige klei- of veenbanken ('hard substraat veen/klei' in Figuur 28). Om oevers tegen erosie te beschermen zijn vaak stenen aangebracht ('hard substraat stenen').



Figuur 28 Een stukje uit de ecotopenkaart van de Westerschelde in 2015: het gebied tussen Hansweert (linksboven) en Bath (rechtsboven). Het 'eiland' links van het midden is de plaat van Walsoorden. De groene zone rechtsonder is het Verdronken land van Saeftinghe.

4.4 Ontwikkeling van ecotopen

Huidige situatie en trend

Uit ecotopenkaarten is de oppervlakte van de verschillende *ecotopen* en de verandering in de loop van de jaren af te leiden. Dat is belangrijke informatie over de beschikbare leefgebieden, naast de kwaliteit van de ecotopen.

Ontwikkeling ecotopen Zeeschelde

Figuur 29 laat zien hoe de ecotopen in de *Zeeschelde* zijn veranderd in de periode 2001-2016. In deze figuur ontbreekt het omvangrijke ecotoop 'diep sublitoraal' (diepe geulen): het oppervlak van dit ecotoop valt buiten het bereik van de verticale as. In de periode 2001-2016 is het oppervlak diep sublitoraal toegenomen van ongeveer 2050 hectare tot bijna 2300 hectare. Een deel van deze toename (ruim 100 hectare) is het gevolg van het baggeren van het Deurganckdok. De toename op andere plaatsen (circa 150 hectare) betekent dat de geulen in de Zeeschelde breder worden en opschuiven richting de oever. Dit gaat vooral ten koste van het oppervlak matig diep water. Ook het oppervlak ondiep water en laag slik zijn licht afgenomen ten opzichte van 2001. Vooral de Boven-Zeeschelde wordt gemiddeld dieper (verruimt). Dit is deels een gevolg van de winning van sediment in de Boven-Zeeschelde (in combinatie met vaargeulonderhoud) en deels een spontane reactie op verdiepingen benedenstrooms.

De oeverzone staat dus onder druk van de uitdijende geul. Het middelhoge slik bolt daarbij op. Deze ontwikkelingen leiden samen tot *versteiling* (zie Figuur 30).

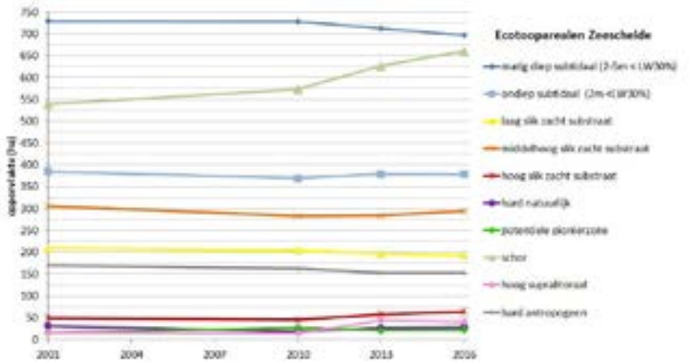
Het oppervlak hoog slik en schor in de Zeeschelde neemt toe. Dat is voornamelijk een gevolg van de nieuwe Sigma-projecten. De randen van *schorren* zijn op veel plaatsen vastgelegd met breuksteen. Op sommige plaatsen breidt de schorvegetatie zich uit over de breuksteen, waardoor het schor iets breder is geworden. De laatste twee jaar zijn de *slikken* in het middendeel van de Zeeschelde dynamischer geworden[21]. De periode van twee jaar is te kort om vast te stellen of dit een trend is en wat de oorzaak is.

Ontwikkeling ecotopen Westerschelde

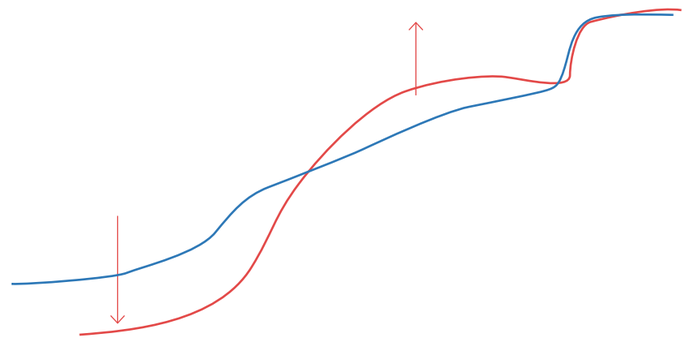
Voor de Westerschelde laat Figuur 31 zien hoe het oppervlak van de verschillende ecotopen is veranderd in de laatste twintig jaar (1995-2015). Rond 2010 lijkt er een trendbreuk te zijn. Sinds 2010 hebben de ecotopen in de Westerschelde zich op hoofdlijnen als volgt ontwikkeld:

- *laagdynamisch* (sub)*litoraal* is min of meer stabiel gebleven;
- *hoogdynamisch* (sub)*litoraal* is licht afgenomen;
- (pionier)schor op de *platen* is toegenomen.

In de Westerschelde neemt het *hoogdynamisch sublitoraal* verreweg het grootste oppervlak in (voor dit ecotoop geldt de schaalverdeling aan de rechterkant van de figuur). Dit zijn voornamelijk de geulen. De ontwikkeling van het areaal hoogdynamisch sublitoraal laat na 2010 een knik zien en lijkt daarna stabieler. Een voor de hand liggende verklaring is de nieuwe stortstrategie die toen werd ingevoerd (zie kader Plaatrandstortingen). De evaluatie[22] die de VNSC recent heeft laten uitvoeren laat zien dat de geulen in de periode 2010-2015 dieper, maar ook smaller zijn geworden. De oppervlakteafname van de geulen is voor ongeveer de helft ten goede gekomen aan *laagdynamisch sublitoraal* en voor de andere helft aan schorren. De uitbreiding van het schorrenoppervlak is via een tussenstap tot stand gekomen: eerst heeft een tijdelijke uitbreiding van *laagdynamisch litoraal* en de *pionierzone* plaatsgevonden. Doordat de platen hoger werden, kon er begroeiing komen



Figuur 29 De ontwikkeling van ecotopen in de Zeeschelde in de periode 2001-2016. Het ecotoop diep sublitoraal (diepe geulen) ontbreekt in deze figuur. Het areaal hiervan nam in deze periode geleidelijk toe van 2050 tot bijna 2300 hectare.
Bron: gegevens Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.



Figuur 30 In de Zeeschelde worden de geulen breder en de slikken hoger. Dat leidt tot versteiling.

die zich vervolgens verder uitbreidde. Zo heeft de pionierzone zich verder ontwikkeld tot schor. De uitbreiding van schorren is volledig te danken aan de uitbreiding van schorren op de platen. Sommige soorten profiteren daarvan, maar deze uitbreiding gaat ten koste van foerageergebied voor steltlopers die al onder druk staan en wordt daarom als ongunstig voor het ecosysteem beschouwd.

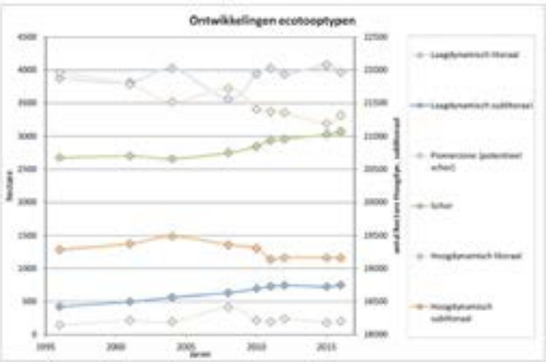
De afgelopen jaren is het areaal laagdynamisch litoraal min of meer stabiel gebleven. Dit areaal is redelijk gelijkmatig over de hele Westerschelde verdeeld. Ook het areaal pionierzone is sinds 2010 stabiel gebleven. Dit areaal is relatief klein en dat is normaal in een *estuarium*. Een pionierzone is altijd een tussenstadium: ofwel de beginnende plantengroei mislukt en de zone verandert weer in onbegroeid laagdynamisch litoraal ofwel de plantengroei slaat aan en de zone evolueert naar schor. De ophoging van de platen leidt tot versteiling van het systeem.

Kwaliteit van leefgebieden
Naast de oppervlakte is ook de kwaliteit van leefgebieden van belang. Er is geen overall beeld van de kwaliteit van leefgebieden in het *estuarium*. Ook is er geen eenduidige definitie van de kwaliteit. Aspecten die de kwaliteit beïnvloeden zijn bijvoorbeeld waterkwaliteit (zie hoofdstuk 3 Waterkwaliteit), *troebelheid* (zie thema Waterbeweging en Morfologie), veranderingen in het zoutgehalte (afhankelijk van de rivierafvoer) en verstoring (zie 5.5 Vogels).

Veel soorten zijn ook afhankelijk van leefgebieden buiten het estuarium. Zo hebben vogels die in de Westerschelde foerageren ook hoogwatervluchtplaatsen nodig waar ze tijdens hoogwater kunnen uitrusten. Deze zijn in het estuarium te vinden, maar soms ook achter de dijken, op het land. Verschillende vissoorten verblijven maar een deel van hun leven in het estuarium. Ze trekken als volwassen vis of juist als jonge vis van de zee naar het estuarium en soms nog verder, tot in de beken en poldersloten. Denk bijvoorbeeld aan paling of stekelbaars. De aanwezigheid van deze vissen hangt daarmee ook af van de kwaliteit en de bereikbaarheid van de beken en poldersloten. Dijken, sluizen en duikers met terugslagkleppen beperken op veel plaatsen nog de uitwisseling van vis en andere organismen in het water.

Verwachting voor de toekomst
Laagdynamische leefgebieden komen onder druk te staan als de *getijslag* toeneemt. De getijslag kan met name stroomopwaarts van Antwerpen nog toenemen, bijvoorbeeld door klimaatverandering en sedimentbeheer (zie 2.2). Als dat gebeurt, zullen de laagdynamische zones in oppervlak afnemen en de overgangen tussen *hoog-* en *laagdynamische* gebieden versteilen. Onderzoek kan meer duidelijkheid geven over een verband tussen sedimentbeheer (waaronder plaatrandstortingen) en ophoging en versteiling van *platen*. Het oppervlak *slikken* en *schorren* in de Zeeschelde zal toenemen door de uitvoering van het Sigma-plan.

Ook de kwaliteit van de leefgebieden kan in de toekomst veranderen. Door klimaatverandering treden naar verwachting in de zomer langere perioden van droogte op, waardoor de rivierafvoer kleiner wordt. Daardoor wordt het water in de Zeeschelde zouter. Het zoetwaterdeel van het estuarium krimpt dan iets en het brakwaterdeel wordt iets groter. Het is ook de verwachting dat er meer hevige buien in de zomer optreden. De plotseling overgang van een droge periode met zouter water naar een zoete 'flush' zal voor veel organismen een shock zijn. Als ook de troebelheid significant toeneemt, zal dit eveneens een ongunstig effect op de kwaliteit van de leefgebieden hebben. Welke mate van verzilting en vertroebeling kritiek is, verschilt per soort. Wat de grenzen zijn, is niet bekend. Daar is onderzoek voor nodig. In Nederland zijn er ideeën om het Volkerak-Zoommeer te verzilten. Als dat gebeurt, zal ook het spuiwater dat bij Bath in de Westerschelde komt, zouter worden. Als gevolg daarvan zal het overgangsgebied van zoet naar zout kleiner worden.



Figuur 31 De ontwikkeling van ecotopen in de Westerschelde in de periode 1995-2015. De verticale as aan de rechterkant geldt voor het ecotoop hoogdynamisch sublitoraal; de verticale as aan de linkerkant geldt voor de andere ecotopen.
Bron van de gegevens: Evaluatierapport T2015[22] (bijlage H.1).[22]

4.5 Effecten van natuurontwikkeling

Ecotopen veranderen ook door maatregelen om de natuur in het Schelde-estuarium te versterken (vaak in combinatie met verbetering van de veiligheid). Langs de Zeeschelde leiden de maatregelen uit het oorspronkelijke en geactualiseerde Sigma-plan tot uitbreiding van het areaal schorren (circa 1500 hectare) en slikken (circa 500 hectare). Deze maatregelen bestaan uit ontpolderingen en de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden. Voorbeelden zijn de ontpoldering van Lillo en Wijmeers en de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden met gereduceerd getij in de Polders van Kruibeke (deels), Lippenbroek, Bergenmeersen en Zennegat. Het Natuurpakket Westerschelde leidt tot uitbreiding van het areaal slikken en schorren met 600 hectare door ontpoldering van de Hedwigepolder (300 hectare) en natuurontwikkeling in de projecten Waterdunen, Perkpolder en Buitendijkse projecten (300 hectare). In de Westerschelde vinden plaatrandstortingen plaats om het areaal laagdynamisch litoraal en sublitoraal te vergroten (zie kader).

Plaatrandstortingen

Het laagdynamisch (sub)litoraal is van groot belang voor het ecosysteem, vanwege de rijkdom aan bodemdieren. De laatste honderd jaar is het oppervlak laagdynamisch litoraal en sublitoraal sterk afgenomen. Daarom is het beleid erop gericht deze zone te vergroten. Om dat te bereiken, wordt sinds 2010 een deel van de baggerspecie uit de vaargeul nabij plaatranden gestort. Dit heeft effect op het areaal van de platen en de stroomsnelheden zijn verminderd. Hoogdynamisch sublitoraal is veranderd in laagdynamisch (sub)litoraal.

Analyse van de stortingen toont aan dat de nieuwe laagdynamische zones rijker aan bodemdieren zijn dan de hoogdynamische zones die hier voor de stortingen waren.[23,24] De nieuw gecreëerde laagdynamische zones zijn even rijk aan bodemdieren als bestaande laagdynamische zones in de directe omgeving.

Tegenover deze winst aan laagdynamisch areaal staat dat hoger op de platen tegelijkertijd laagdynamisch litoraal is verdwenen door ophoging en schorontwikkeling. Deze trend was al voor de plaatrandstortingen zichtbaar. De monitoring geeft geen verband tussen de stortingen en de (doorgaande) ophoging. Er is wel een hypothese dat de stortingen de ophoging versnellen. Die hypothese stelt dat de dynamiek langs de rand van de plaat door de plaatrandstortingen afneemt, waardoor ook de stroomsnelheden hoger op de plaat afnemen en daar meer sediment blijft liggen. Vanwege het grote belang van laagdynamisch litoraal wordt deze hypothese verder onderzocht. De wetenschappelijke toetsing is lastig, omdat er zo veel ontwikkelingen in de Westerschelde gelijktijdig gaande zijn.

4.6 Effecten van scheepvaart

Scheepvaartgolven kunnen effect hebben op leefgebieden. Op een aantal plaatsen liggen slikken dicht langs de vaargeul en is sprake van erosie. Dat is ongunstig, vooral omdat het areaal laagdynamische leefgebieden de afgelopen eeuw al door verschillende menselijke ingrepen veel kleiner is geworden. Daarom vindt nu onderzoek plaats naar de invloed van golven op platen, slikken en schorren. Bekend is al dat de omvang van scheepvaartgolven sterker samenhangt met de vaarsnelheid dan met de grootte van het schip.[26,27,28]

4.7 Effecten van baggeren en storten

De kunstmatige verplaatsingen van zand en slib (het sedimentbeheer) vormen op dit moment de belangrijkste ingrepen van de mens in het estuarium. Het onderzoek en de kennis concentreren zich op het beheer van de vaarweg naar de Schelde-havens. Het sedimentbeheer omvat echter meer. Zo wordt ook slib gebaggerd bij de havenbekkens. Het verspreiden van dit slib in het estuarium kan invloed hebben op de leefgebieden, ook al is het 'gebiedseigen' slib (het slib dat bij de havenbekkens bezinkt is afkomstig uit het estuarium). Door de stortingen kan bijvoorbeeld de gemiddelde slibconcentratie veranderen. Ook de seizoenscyclus in de slibconcentratie (hoger in het ruwe winterseizoen en lager in het rustigere zomerseizoen) kan wijzigen. Het totale effect van het sedimentbeheer is onvoldoende in te schatten, omdat er geen compleet en centraal gedeeld overzicht van het sedimentbeheer is.

5 THEMA FLORA & FAUNA

De aanwezigheid van planten en dieren in het Schelde-estuarium hangt samen met de waterbeweging en de morfologie, de waterkwaliteit en de leefgebieden. Ook concurrentie tussen de verschillende soorten planten en dieren bepaalt de opbouw van het ecosysteem.

Begrippenlijst

In de begrippenlijst vind je omschrijvingen van woorden die cursief zijn afgedrukt in de tekst (zie bijlage 3).

5.1 Samenvatting van de analyse

De flora en fauna in het Schelde-estuarium laten verschuivingen zien. Deze hangen deels samen met de veranderingen in de leefgebieden en deels met de waterkwaliteit. Het Schelde-estuarium herbergt waardevolle flora, maar er is een trend te zien naar meer eindstadia en minder pionierstadia. Dat heeft te maken met ophoging en veroudering van de schorren. In de Zeeschelde is de biomassa van bodemdieren door het toegenomen zuurstofgehalte eerst sterk toegenomen en daarna weer afgenomen. In de Westerschelde is de totale biomassa van bodemdieren stabiel, maar vrij laag. Opvallend is de sterke afname van kokkels in de afgelopen jaren. De visstand in het estuarium staat er beter voor en het estuarium vervult weer belangrijke functies voor vissen. Zo is het hele estuarium weer bereikbaar voor trekvissen door de verbeterde zuurstofsituatie in de Zeeschelde. Daardoor kan het estuarium ook weer zijn functie als kraamkamer voor vis vervullen; dat blijkt uit het grote aantal jonge vissen in de Zeeschelde. De situatie van de vogels is veel minder gunstig. Het aantal overwinterende vogels neemt zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde af en in de Westerschelde vertonen ook de kustbroedvogels een negatieve trend. Uit vergelijking met andere gebieden in de delta, de rest van Nederland en West-Europa blijkt dat de verklaringen in het Schelde-estuarium gezocht moeten worden. De zeehonden, die helemaal verdwenen waren, doen het nu weer goed. De populatie groeit.

5.2 Vegetatie

Huidige situatie en trend

Vegetatie komt in het Schelde-estuarium vooral voor op de schorren en in beperkte mate ook op de slikken (denk aan wieren en zeekraal). De evaluatie van het Schelde-estuarium over de periode 2010-2015[22] komt tot de conclusie dat het *estuarium* op internationale schaal waardevolle vegetaties heeft. Er is wel een ongunstige trend gaande: *schorren* laten een geleidelijke ophoging en *successie* naar *climaxvegetatie* zien, zonder dat daar substantiële verjonging tegenover staat. Dit speelt zowel in de Zeeschelde als de Westerschelde. Climaxvegetatie is een stabiel eindstadium van geleidelijk veranderende vegetatie.

Hierbij spelen de volgende factoren een rol:

» De vegetatietypen op de oevers worden minder gevarieerd en er is steeds minder verjonging: langs de Zeeschelde en de zijrivieren overheersen riet, reuzenbalsemien (een *exoot*) en wilgenstruweel steeds meer de oeverbegroeiing. Brakke biezen en zilt grasland zijn hier steeds minder te vinden. In de Westerschelde is steeds minder zeebies te vinden. De schorvegetatie in de Westerschelde verschuift naar vegetatietypen die horen bij hoge schorren die nog maar weinig overstromen.

» De randen van schorren en oevers staan onder druk door erosie: in de Zeeschelde, waar de oeverzones heel smal zijn, kan dit ertoe leiden dat schorren helemaal verdwijnen. Daarom vinden op steeds meer plaatsen bestortingen met steen plaats om oevers te beschermen. Op deze beschermde oevers kan vegetatie stand houden. Dat heeft echter ook een keerzijde: de *versteiling* en *verstarring* van het systeem neemt toe.

» Op de *platen* in de Westerschelde vindt een *successie* plaats naar *pioniervegetatie* en schor: dit gaat op termijn ten koste van foerageergebied voor steltlopers.

Successie is een natuurlijke ontwikkeling. In een geheel natuurlijk estuarium staat daar verjonging tegenover: er ontstaan op andere plaatsen nieuwe pionierstadia. Verjonging is in het Schelde-estuarium bijna niet meer mogelijk, door de insnoering van het estuarium tussen de dijken, verstarring van de randen (kribben, strekdammen, breukstenen bescherming van schorren) en verdieping van geulen. Verjonging kan ook kunstmatig tot stand komen, bijvoorbeeld door hoge schorren af te graven of door ontpoldering. Langs de Zeeschelde ontwikkelen zich nieuwe, jonge schorren door de uitvoering van het geactualiseerde Sigma-plan.

Het grootste schorrengebied in het Schelde-estuarium is Saeftinghe. Ook dit schor ontwikkelt zich in de richting van een eindstadium. Het schor verlandt en verzoet en er groeit steeds meer riet. Hiermee wordt het gebied belangrijker voor vogels die in riet broeden en minder belangrijk voor *kustbroedvogels*. Omdat het schor hoger komt te liggen, wordt het bovendien geschikter leefgebied voor predatoren, zoals vossen en marterachtigen.

Verwachting voor de toekomst

De verwachting is dat in natuurontwikkelingsgebieden nieuwe *schorren* en *slikken* tot ontwikkeling kunnen komen. De schorranden zullen meer onder druk komen te staan door toenemende hoogwaterstanden en hogere stroomsnelheden. De begroeiing op de bestaande schorren zal bij toenemende hoogwaterstanden en sedimentatie geleidelijk homogener worden en evolueren naar een *climaxstadium*: een eindstadium van de *successie*. In de Boven-Zeeschelde kan de toenemende zoutindringing als gevolg hebben dat typische zoetwaterschorren veranderen in brakwaterschorren.

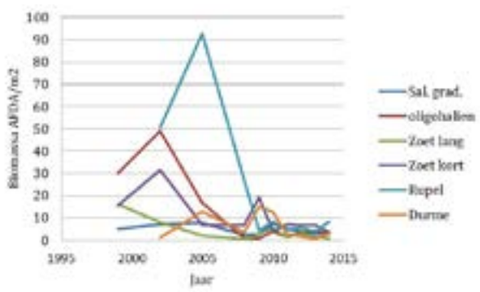
De verlanding van Saeftinghe zal verdergaan. Met de natuurontwikkeling in de aangrenzende Hedwige-Prosperpolder ontstaat een groot, vrijwel aaneengesloten natuurgebied langs de rand van het estuarium. Mogelijk ontstaan in de Hedwige-Prosperpolder jongere successiestadia die in Saeftinghe niet meer aanwezig zijn. Verdergaande successie in Saeftinghe kan ook interessante nieuwe leefgebieden brengen. Een deel van Saeftinghe staat nu al geheel onder invloed van een zoetwaterbel die met regenwater gevoed wordt. Een brak getijdenschor dat evolueert naar een volledig door regenwater gedomineerd gebied is uniek in Europa. Op heel lange termijn kan zelfs hoogveenbos tot ontwikkeling komen. In het verleden lagen hoogveenbossen op de overgangen van schorren naar land. Hoogveenbossen zijn in Nederland en Europa helemaal verdwenen.

5.3 Bodemdieren

Huidige situatie en trend

De Zeeschelde had tot het begin van deze eeuw een beperkte en soortenarme bodemdierenpopulatie, omdat er onvoldoende zuurstof was, vooral in de Boven-Zeeschelde. Toen het zuurstofgehalte toenam door afvalwaterzuivering, profiteerden de wormen (Oligochaeta) als eerste van de grote voedselvoorraad in het nog steeds vervuilde water. Deze *bodemdieren* kunnen al met heel weinig zuurstof leven. Dat leidde tot een tijdelijke explosie van wormen rond 2005 (zie Figuur 32). Daarna verbeterde de waterkwaliteit verder en nam het zuurstofgehalte verder toe. Ook de predatie nam toe: door de verbeterde waterkwaliteit kwamen er meer vogels, vissen en kreeftachtigen die op de bodemdieren op *intergetijdengebieden* en in geulen foerageren. Daardoor nam de biomassa van bodemdieren na 2005 weer af. Sinds 2010 is de biomassa vrij laag, maar wel stabiel. Het aantal soorten is eveneens klein, wat normaal is in een zone met een zoet-zoutgradiënt. Ook de hoge stroomsnelheden in de Zeeschelde maken het gebied voor minder soorten geschikt. Uit veldonderzoek blijkt dat steurgarnalen of juveniele grondels waarschijnlijk belangrijke predatoren van bodemdieren zijn geworden. De Chinese wolhandkrab heeft zich de afgelopen jaren explosief ontwikkeld in de bovenlopen van het estuarium. Alleen al in de zijrivier Kleine Nete werden in drie maanden 320.000 wolhandkrabben gevangen in één enkele val[29]. Mogelijk is dit ook een belangrijke predator van bodemdieren. Er is echter weinig bekend over de functie van krabben in het voedselweb.

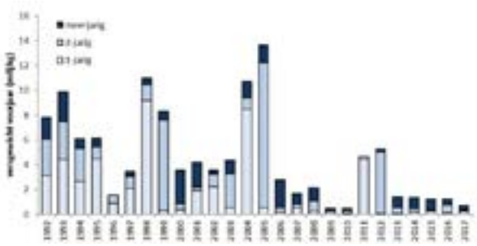
In de Westerschelde is de diversiteit van de bodemdieren goed. De totale *biomassa* is stabiel, maar wel vrij klein. De biomassa van de afzonderlijke bodemdieren laat een wisselend beeld zien dat niet gemakkelijk te verklaren is. Wel is duidelijk dat de samenstelling aan het veranderen is, vooral van de schelpdieren: de biomassa van bodemdieren die hun voedsel uit het water filteren (zoals de



Figuur 32 De biomassa van bodemdieren in de Zeeschelde en de zijrivieren. De piek in de blauwe lijn laat de tijdelijke explosie van wormen in de Beneden-Zeeschelde rond 2005 zien, een gevolg van het toegenomen zuurstofgehalte. **Bron: Evaluatierapport T2015 (figuur 8-18).**[22]

kokkel) neemt af, terwijl de biomassa van schelpdieren die zich ook met een sifon kunnen voeden toeneemt (nonnetje, platte slijkgaper)[30]. Deze verschuiving is niet het gevolg van concurrentie: de filteraars leven van *algen* in het water, terwijl de soorten met een sifon zich ook met bodemalgen kunnen voeden.

Figuur 33 laat zien dat de biomassa van kokkels sterk wisselt, maar dat er over het geheel genomen een forse afname is. Het evaluatierapport van de VNSC[30] geeft twee verklaringen voor de afgenomen biomassa: er was weinig broedval van kokkels door warme winters en de voedselconcurrentie door de Japanse oester neemt toe. De tweede verklaring lijkt bij nader inzien minder logisch, omdat er maar heel weinig Japanse oesters in de Westerschelde zijn (veel minder dan in de Oosterschelde). Een aanvullende verklaring kan zijn dat er minder voedsel voor kokkels (en andere filteraars) is, doordat de *primaire productie* in de Westerschelde de afgelopen jaren sterk afgenomen is (gehalveerd). De sterke afname van de primaire productie is op een beperkt aantal metingen gebaseerd. Het is niet bekend of dit een significante trend is en of de afname samenhangt met een toename van de *troebelheid* (zie hoofdstuk 2 Waterbeweging & Morfologie). Uit de verspreiding van kokkels in de afgelopen jaren blijkt dat deze soort nu alleen nog voorkomt in een beperkt aantal gebieden (mogelijk de beste locaties), terwijl ze vroeger veel breder verspreid over de *platen* voorkwamen. Het lijkt niet aannemelijk dat de achteruitgang van kokkels te maken heeft met vervuiling of temperatuur: het water is op dit moment veel schoner dan eind vorige eeuw en bevat ook meer zuurstof. Kokkels in de Westerschelde lijken minder lang te leven dan kokkels in de



Figuur 33 Biomassa van kokkels in de Westerschelde. Van nature laten kokkels grote fluctuaties zien. Zo zijn er jaren waarin kleine kokkelschelpen zich massaal vestigen (piek) en jaren waarin massale sterfte optreedt omdat het water te zoet wordt door een grote rivierafvoer. Los van deze fluctuaties laat de grafiek zien dat de biomassa van kokkels in de Westerschelde sterk is afgenomen. Bron: Troost et al., 2017[31]

Oosterschelde en de Waddenzee. Er vestigen zich wel jonge dieren, maar slechts een klein deel blijft langer dan twee jaar in leven (zie Figuur 33). Nonnetje en platte slijkgaper, die in biomassa toenemen, zijn sterk afhankelijk van de *algenproductie* op de platen. Die productie vindt plaats als de platen droogliggen. Troebelheid en concurrentie om voedsel in het water hebben daar geen invloed op.

Verwachting voor de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van de *bodemdieren* hangt van veel factoren af: de hoeveelheid nutriënten , ontwikkelingen in de waterzuivering, troebelheid en *primaire productie*, waterdynamiek en de ontwikkeling van de predatoren als vissen, krabben en garnaalachtigen. De verwachting is dat de chemische waterkwaliteit zich gunstig blijft ontwikkelen en dat de hoeveelheid nutriënten voorlopig ongeveer gelijk zal blijven (op lange termijn wordt een wereldwijd tekort aan nutriënten verwacht). Als de troebelheid toeneemt, neemt de primaire productie af. Dan komt minder voedsel beschikbaar voor bodemdieren die afhankelijk zijn van algen die in het water zweven. De watertemperatuur neemt mogelijk toe door klimaatverandering; het effect zal vooral in de Zeeschelde merkbaar zijn. Dat is gunstig voor bodemdieren. Anderzijds zullen ook de stroomsnelheden toenemen door de *zeespiegelstijging*, wat ongunstig is. Het is moeilijk te voorspellen welke factoren het grootste effect hebben op toekomstige ontwikkeling van de bodemdieren.

5.4 Vissen

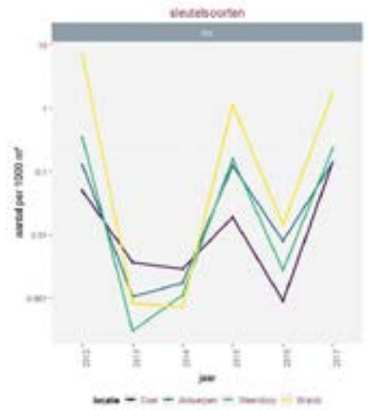
Huidige situatie en trend

De visstand is enorm vooruitgegaan sinds het begin van deze eeuw en staat er nu weer goed voor. Dat is vooral het gevolg van de verbeterde waterkwaliteit en de toename van het zuurstofgehalte in de Zeeschelde, waardoor vissen weer van de Westerschelde naar de Zeeschelde kunnen zwemmen. Door de verbeterde waterkwaliteit is ook de hoeveelheid voedsel voor vis toegenomen (*zooplankton*, *bodemdieren*, garnalen). De diversiteit van de visstand is sterk verbeterd en neemt nog steeds toe. Alleen de soorten die heel gevoelig voor zuurstof zijn ontbreken nog, zoals de houting. Enkele soorten nemen in het hele *estuarium* in aantal af, waaronder paling en tong. Paling doet het ook in andere landen slecht. Bevissing, parasieten, klimaatsverandering en barrières in de migratieroute spelen daarbij een rol[32]. De palingen uit Lippenbroek blijken meer te wegen dan palingen met dezelfde lengte uit de Zeeschelde. Dit kan betekenen dat de Sigma-projecten bijdragen aan een grotere kans op succesvolle reproductie van de paling in de Sargassozee[33].

De fint is een van de soorten die in aantal is toegenomen en sinds 2012 ook weer paait in de Zeeschelde (zie Figuur 34). Uit modelberekeningen blijkt dat de Zeeschelde in de jaren 2007 en 2008 ongeschikt was als leefgebied voor de fint door gebrek aan zuurstof en in 2011 door een te hoge *troebelheid* (te hoog zwevend-stofgehalte)[34]. In de jaren 2009 en 2010 was het leefgebied volgens het model wel geschikt, maar er zijn toen geen paaiactiviteiten en larven gezien. Sinds 2012 is regelmatig paai gesignaleerd en in drie jaren zijn ook opgroeiende larven waargenomen: 2012, 2015 en 2017. Voor deze jaren zijn geen modelberekeningen van de geschiktheid van het leefgebied beschikbaar. Het is daarom niet bekend met welke omstandigheden de aanwezigheid van de larven samenhangt.

De opwaartse delen van estuaria hebben een belangrijke functie als *kraamkamer* voor opgroeiende vis. Uit onderzoek blijkt dat de Zeeschelde[34,35] en de nieuwe Sigma-gebieden[36,37] deze functie nu ook weer vervullen: van een groot aantal vissen blijken relatief heel veel jonge exemplaren voor te komen (zie Figuur 35). Er zijn wel grote verschillen van jaar tot jaar in het aantal juvenielen. Dit hangt mogelijk samen met wisselingen in het voedselaanbod (zooplankton, garnalen, *algen*). Voor verschillende vissoorten zijn de bovenloop van de Schelde, kleinere beken en de polderwateren nog onvoldoende bereikbaar, waardoor ze een deel van hun levenscyclus niet kunnen volbrengen. De oorzaak zijn barrières als pompgemalen, sluizen en duikers met terugslagkleppen.

De visstand in de Westerschelde hangt waarschijnlijk vooral samen met de ontwikkelingen in vispopulaties op de Noordzee. Over het algemeen is de trend in de Westerschelde positief, maar er zijn ook soorten die een negatieve trend laten zien (zoals paling en tong). De *biomassa* van vis bleef in de periode van 2010 tot 2015 redelijk stabiel, waarbij sommige soorten een negatieve en andere een positieve trend vertoonden[21].Het aantal soorten in de Westerschelde is licht toegenomen.



Figuur 34 Het aantal gevangen finten in de Zeeschelde met ankerkuil in de periode 2012-2017. De jaren 2012, 2015 en 2017 waren goede reproductiejaren voor de fint.[21]

Het lijkt erop dat de Westerschelde zijn *kinderkamerfunctie* minder goed vervult dan voorheen, een trend die ook zichtbaar is in de andere deltawateren en de Waddenzee[39]. De trend verschilt per vissoort, maar de meeste vissoorten laten een dalende trend zien. Een van de mogelijk belangrijke oorzaken is de watertemperatuur die door klimaatverandering hoger wordt. Vooral voor schol in de Waddenzee lijkt dit een belangrijke oorzaak. Vissen zijn koudbloedig en hun stofwisseling verloopt sneller in warmer water. Ze hebben dan meer energie nodig, dus meer voedsel. Het lijkt erop dat jonge schol in de loop van de zomer te weinig voedsel vindt in de Waddenzee. Ze moeten dan naar dieper water om af te koelen, zodat hun stofwisseling vertraagt en ze met minder voedsel toe kunnen. Dit kan ook een rol spelen in de Westerschelde. Ook andere oorzaken kunnen een rol spelen, zoals veranderingen in het voedselaanbod of toegenomen predatie. Er is nog onvoldoende kennis om hierover een uitspraak te doen.

	Bot	Baars	Haring	Blankvoorn	Spiering	Snoekbaars	Zeebaars	Brasem	Tong	Kolblei	Dunlipharder
juveniel%	98,6	83,3	100,0	56,7	92,9	89,8	99,2	87,1	98,3	50,0	90,3
adult%	1,4	16,7	0,0	43,3	7,1	10,2	0,8	12,9	1,7	50,0	9,7

Relatieve aantallen juveniele vis ten opzichte van adulte individuen gevangen in et voorjaar, de zomer en het najaar in Zeeschelde (fuikcampagnes 2016).

Figuur 35 Het percentage juveniele en adulte vissen in de Zeeschelde is een indicatie voor de kraamkamerfunctie[38].

Verwachting voor de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van de diversiteit en het voorplantingssucces van de vissen hangt vooral af van de ontwikkeling van het zuurstofgehalte, de *troebelheid*, leefgebied en voedselaanbod. Als de zuurstofgehalten door een eventuele toenemende troebelheid weer afnemen, zal de vispopulatie zich negatief ontwikkelen. Als de troebelheid toeneemt, kan dat ook de leefomstandigheden voor vis negatief beïnvloeden (voor zowel eizetting en ontwikkeling van eitjes als vislarven, jonge en volwassen vis). Nemen de zuurstofgehalten juist verder toe en vermindert de troebelheid, dan kunnen meer kritische vissoorten het estuarium en de zijrivieren gaan benutten (zoals houting en zeeforel). Een verdere vermindering van *laagdynamisch* leefgebied zal nadelig zijn voor de ei-afzetting van bepaalde vissoorten en levensfasen. Door klimaatverandering (zeespiegelstijging en drogere zomers) kan het zoutgehalte in de Zeeschelde toenemen. Dat zal negatief uitpakken voor vis, onder meer voor de larven van trekvis.

5.5 Vogels

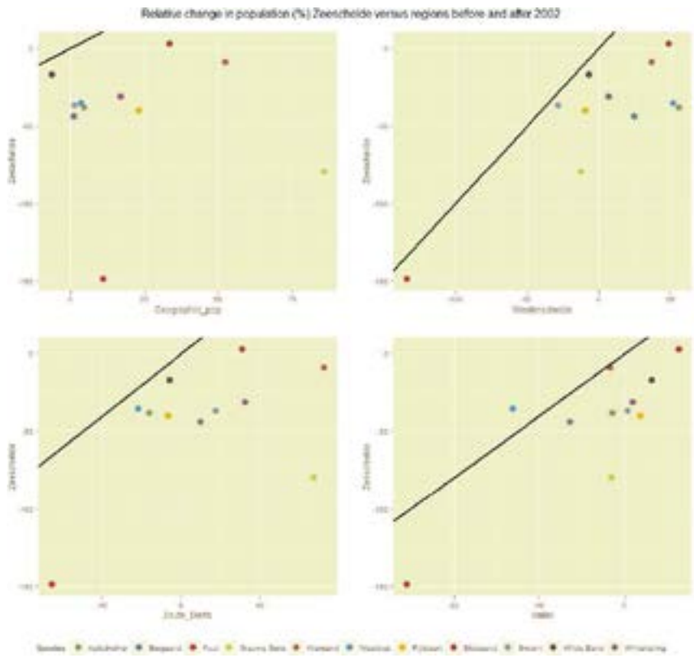
Huidige situatie en trend

Met de vogelstand gaat het niet goed. Het aantal overwinteraars is in de periode 2005-2015 afgenomen in zowel de Zeeschelde als de Westerschelde. In de Zeeschelde betreft dit vooral eenden, in de Westerschelde vooral steltlopers. In de Westerschelde hebben ook de *kustbroedvogels* het zwaar. Een aantal soorten in de Westerschelde vertoont al een neergaande trend sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw.

In de Zeeschelde is vooral het aantal overwinterende eenden afgenomen, zoals de wintertaling, bergeend en pijlstaart. Het aantal wintertalingen nam aan het begin van deze eeuw juist toe, omdat er door de wormenexplosie heel veel voedsel beschikbaar was (zie Bodemdieren). De wormenpiek is inmiddels voorbij - een teken van verbeterde waterkwaliteit - en het ecosysteem is complexer geworden (zie Figuur 36). Er zijn andere *bodemdieren* bij gekomen, maar ook meer vissen en garnalen die op bodemdieren foerageren (met name de steurgarnaal). Waarschijnlijk is daardoor minder voedsel beschikbaar voor eenden en nemen deze in aantal af. Het aantal overwinterende eenden ontwikkelt zich in de Zeeschelde relatief slechter dan in de Westerschelde en ook slechter dan in de overige deltawateren en vergelijkbare gebieden in Nederland en West-Europa (zie Figuur 37). Dat wijst erop dat de afname van de eenden in Zeeschelde eerder te wijten is aan systeemeigen kenmerken dan aan regionale of internationale trends. Er zijn geen indicaties dat de aantallen zeer sterk toenamen in andere gebieden.

In de Westerschelde blijven visetende overwinteraars stabiel. De overwinteraars die van planten of bodemdieren leven, nemen in aantal af. Ook *kustbroedvogels* hebben het zwaar, zoals bontbekplevier, kluut, strandplevier en visdief. De vraag is of de negatieve trends door ongunstige omstandigheden in de Westerschelde komen of door ontwikkelingen buiten het *estuarium*, zoals klimaatverandering, strenge winters of

Figuur 36 Vereenvoudigde voorstelling van de ecosysteemveranderingen in de Zeeschelde. In de periode van zuurstofloosheid in de jaren zeventig-tachtig van de vorige eeuw was geen sprake van een functioneel voedselweb (niet afgebeeld). Daarna verbetert de waterkwaliteit geleidelijk en komt beperkt zuurstof beschikbaar (linker figuur, ecosysteem voor 2007). Sommige tolerante soorten nemen daarbij tijdelijk sterk in aantal toe, zoals wormen (Oligochaeta) en eenden. Na 2007 wordt het ecosysteem geleidelijk complexer (meer verschillende soorten), omdat de waterkwaliteit en de zuurstofsituatie sterk verbeterd zijn (rechter figuur, ecosysteem na 2007). Er zijn minder bodemdieren (omdat er minder voedsel voor bodemdieren is). De aanwezige bodemdieren worden niet alleen door eenden gegeten, maar ook door vissen en garnalen.



Figuur 37 Ontwikkeling van watervogels in de Zeeschelde in vergelijking met andere gebieden. Als een punt rechtsonder de getrokken lijn staat, ontwikkelt de betreffende soort zich in de Zeeschelde slechter dan in het andere water. Geographic-pop staat voor de Noordwest-Europese populatie, Vallei betreft alle waterrijke gebieden in de vallei van de Zeeschelde[40].

gebeurtenissen elders in de trekroutes. Om hier inzicht in te krijgen, is de trend van de overwinteraars en broedvogels in de Westerschelde vergeleken met de trend in de andere deltawateren (zie Figuur 38). Hieruit blijkt dat de meeste vogels het in de Westerschelde slechter doen dan in andere deltawateren, met name de omnivoren (hiertoe behoort 80 procent van de vogels in de Westerschelde)[41]. Dat wijst erop dat de oorzaak voor de afname van deze soorten in ieder geval ten dele in de Westerschelde ligt.

Er zijn verschillende verklaringen denkbaar voor de afnemende aantallen vogels in de Westerschelde, zoals minder voedsel, minder goede bereikbaarheid van voedsel, minder broedgebied, meer verstoring, meer predatie of afnemende vogeltrek door warmere winters:

» Minder voedsel kan voor sommige bodemdiereters een verklaring zijn: het aantal kokkels is afgenomen. Scholeksters foerageren bijvoorbeeld op kokkels en kunnen daar dus last van hebben. Soorten met een bredere voedselkeuze hebben er geen last van, want de totale *biomassa* van bodemdieren is stabiel gebleven (zie Bodemdieren). Ook voor grauwe ganzen is het voedselaanbod een mogelijke verklaring voor het afnemende aantal: deze planteneters eten vooral zeebies en die plant komt steeds minder voor in de Westerschelde (zie Vegetatie). Mogelijk is een deel van de grauwe ganzen uitgeweken naar voedselgebieden landwaarts van de dijken, zoals percelen met wintertarwe.
» De beschikbaarheid van voedsel voor steltlopers hangt in de Westerschelde direct samen met de tijd dat *laagdynamische slikken* en platen droogvallen. Uit onderzoek blijkt dat kleine steltlopers, zoals de drieteenstrandloper, het meest kritisch zijn. Deze vogels moeten ten minste 60% van de getijcylus langs de waterlijn kunnen foerageren. Ze verliezen te veel energie als ze grote afstanden moeten vliegen naar drooggevallen foerageergebieden. Dat is bijvoorbeeld het geval als grote delen van platen heel plotseling onder water komen te staan of als platen heel versnipperd onderlopen. Gunstiger voor steltlopers zijn platen die heel geleidelijk onder water komen te staan, zoals de Hooge Platen.
» Veel *kustbroedvogels*, zoals sterns en plevieren, broeden op de hoge, deels onbegroeide delen van platen en schelpenbanken. Dat de platen steeds hoger worden, lijkt voor de kustbroedvogels dan ook een gunstige ontwikkeling, maar door de toenemende begroeiing met schorvegetatie neemt het broedgebied van een aantal soorten toch af. Tekort aan rustig broedgebied in de buurt van foerageergebieden lijkt een belangrijkere oorzaak voor de afname van het aantal kalegrondbroeders dan tekort aan voedsel.
» Hogere temperaturen door klimaatverandering kunnen ertoe leiden dat vogels minder ver door-

PLEISTERAARS EN OVERWINTERAARS

Gebied (N2000)	Viseter	Invertebraten-eters	Schelpdier-eters	Planten-eters	Omnivoor	Predator
Voordelta	+	+	++	0	0	0
Haringvliet	++	++	0	++	++	+
Hollands Diep	++	+	0	++	++	+
Grevelingen	++	++	0	++	++	+
Krammer-Volkerak	++	++	0	++	++	+
Oosterschelde	+	++	++	++	++	++
Zoommeer	0	+	+	0	+	0
Markiezaat	0	+	0	+	+	+
Veerse Meer	0	+	+	++	++	0
Westerschelde en Saeftinghe	0	++	++	+	+	++
Duinen Goeree en Kwade Hoek	0	+	+	+	0	+
Binnendijks	0	0	0	++	?	0

Figuur 38 De trends van pleisteraars en overwinterende vogels in de periode 1980-2015 in de Westerschelde en andere wateren in de Zeeuwse Delta. De kleuren geven de trend in de aantalsontwikkeling aan: groen positief, geel neutraal, rood negatief. De tekens geven het belang van het gebied voor de betreffende groep in de Zuidwestelijke Delta weer: ++ groot, + matig, 0 niet of nauwelijks. Bron: Van der Winden et al. 2017[41].

trekken. Overwinterende vogels zullen mogelijk vaker in noordelijke overwinteringsgebieden pleisteren.

» Het is onbekend of meer verlichting effect heeft op de vogelstand. Uit het gebied rond de Thames is bekend dat roofvogels daar later op de avond kunnen jagen, omdat er dan nog licht genoeg is.
» Verstoring door recreatie kan een rol spelen voor vogels die in de buurt van de dijken broeden, zoals de bontbekplevier, en voor vogels die gebruik maken van hoogwatervluchtplaatsen. Het is goed denkbaar dat de verstoring is toegenomen, onder meer doordat onderhoudswegen langs de Westerscheldedijken de afgelopen jaren zijn opengesteld voor recreanten. Het 'verstoringslandschap' van de Westerschelde wordt momenteel in kaart gebracht.
» Ook toegenomen verstoring door predatie kan een rol spelen, bijvoorbeeld predatie door roofvogels, vossen en ratten. Zo is er een toename van het aantal slechtvalken langs de Schelde. Op de Hooge Platen komen ratten voor. Vossen leven onder meer in Saeftinghe.

Verwachting voor de toekomst

De trends in de voedselbeschikbaarheid, leefgebieden en rust zijn voor de meeste vogels negatief. In nieuwe natuurgebieden langs het estuarium zullen broed- en foerageermogelijkheden tot stand komen. Daardoor kunnen de trends voor sommige soorten zich in positieve richting ombuigen. Voor *kustbroedvogels* zijn de vooruitzichten op dit moment somber.

5.6 Zoogdieren

Huidige situatie en trend

In de vallei van de Zeeschelde is het aantal bevers toegenomen en recent is ook de otter gespot. In de Westerschelde ontwikkelt de populatie gewone zeehonden zich uitgesproken positief. Voor de eeuwwisseling was het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde minder dan een procent van het aantal in de Waddenzee. Inmiddels heeft de populatie in de Westerschelde zich meer dan verdubbeld (zie Figuur 39). Ook grijze zeehonden en bruinvissen laten zich weer regelmatig zien in de Westerschelde.

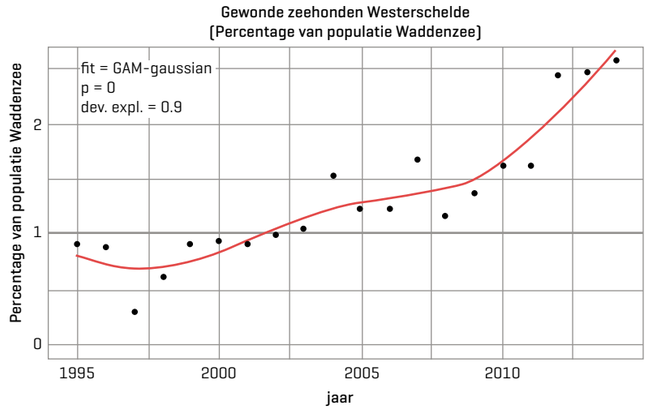
Verwachting voor de toekomst

Als het Sigma-plan verder in uitvoering is, zal de populatie otters en bevers langs de Zeeschelde zich uitbreiden. Ook het aantal zeehonden in de Westerschelde neemt waarschijnlijk nog verder toe. Hoe groot de zeehondenpopulatie kan worden, hangt van een heleboel factoren af.

5.7 Exoten

Huidige situatie en trend

Exoten zijn planten of dieren die van origine niet in een gebied voorkomen en ook niet binnenkomen door opschuivende temperatuurgrenzen (klimaatveranderingen), maar door mensen zijn meegebracht. Exoten



Figuur 39 Het aantal gewone zeehonden in de Westerschelde als percentage van de populatie in de Waddenzee. Bron: T2015 rapportage[42]

% Exoten per fuikdag	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Zandvliet/Paardenschor	0,8	0,2	0,3	0,7	3,8	3,6	1,8	2,9	0,2
Antwerpen	20,2	4,2	15,7	3,8	11,3	1,7	15,8	7,7	6,6
Steendorp	4,9	5,5	28,4	2,6	2,1	1,1	6,7	2,2	4
Kastel	3,4	2,7	1,6	2,4	2,1	0,5	0,8	4	0,9
Appels	20,8	1,1	5,8	1,8	3,2	0,3	0,1	4,8	1,3
Overbeke	8,3	6,9	21,8	5,4	5,3	2,5	4,4	9,6	6,5

Figuur 40 Het percentage exoten in visfuiken op verschillende plaatsen in de Zeeschelde tussen 2009 tot 2016[43]

kunnen een verrijking van het ecosysteem zijn. Sommige exoten breiden zich echter in korte tijd snel uit en verdringen andere soorten. In dat geval spreekt men van '*invasieve exoten*'.

In de Zeeschelde heeft de vervuiling en de daaropvolgende verbetering van de waterkwaliteit gezorgd voor een plotselinge verandering in het ecosysteem. Door de toename van het zuurstofgehalte zijn de omstandigheden voor het waterleven verbeterd en kunnen planten en dieren leefgebieden opnieuw koloniseren. De herkolonisatie gebeurt door soorten die toevallig aanwezig zijn. Dat kunnen inheemse soorten zijn, maar ook niet-inheemse soorten (*exoten*). Vaak profiteren juist de exoten van de vrijkomende leefgebieden (niches), omdat deze soorten weinig natuurlijke predatoren hebben.

Exoten kunnen zowel gunstig als ongunstig zijn voor het ecosysteem. Exotische wormen zoals de longworm en degewone groenworm in de Zeeschelde lijken op dit moment vooral een verrijking voor het ecosysteem: zevormen voedsel voor vis en zijn geen bedreiging voor inheemse soorten omdat ze leefgebieden met een hogere dynamiek verkiezen. In de Boven-Zeeschelde start de kolonisatie met kleine tweekleppige exoten, zoals de driehoeksmossel en de quaggamossel. Ook deze exoten lijken overwegend positief. Ze zorgen voor waterfiltratie. Ook maken ze de structuur van breuksteen ruwer, waardoor andere soorten zich beter kunnen hechten.

Het visbestand van de Zeeschelde bestaat voor gemiddeld 4% uit exoten. De aantallen van exotische vissen wisselen sterk van jaar tot jaar, maar er is geen sprake van een duidelijke toename (zie Figuur 40). Grote uitschieters, zoals in de jaren 2009 en 2011, zijn voornamelijk het gevolg van snoekbaars, een soort die in Nederland als ingeburgerd beschouwd wordt. In de Zeeschelde zijn de zwartbekgondel en blauwbandgrondel als invasieve soort te beschouwen, maar deze vissen zijn hier (nog) niet dominant.

Langs de bovenloop van de Zeeschelde is het ecosysteem nog redelijk intact. Hier kunnen nieuwkomers het evenwicht aantasten en zelfs een omslag in het

ecosysteem teweegbrengen. De Chinese wolhandkrab kan daar een voorbeeld van zijn. Door de verbeterde waterkwaliteit koloniseert deze krab de bovenlopen van de Schelde. Uit onderzoek blijkt dat deze krabben in de Zeeschelde vooral plantaardig voedsel eten. De Chinese wolhandkrab wordt dan ook gezien als mogelijke oorzaak van de dramatische afname van waterplanten in de Kleine Nete. In dat geval heeft deze exoot een grote impact op het ecosysteem. Op de oevers leidt de invasie van reuzenbalsemien en Japanse duizendknoop tot verdringing van andere plantensoorten.

Ook in de Westerschelde komen verschillende soorten voor die van origine in andere werelddelen thuishoren. In het zoute mondingsgebied zijn twee soorten schelpdieren belangrijk geworden: de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) en de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*). De Amerikaanse zwaardschede is sinds eind vorige eeuw een van de dominante soorten in de Noordzeekust. De totale *biomassa* op de vlakte van de Raan en in het mondingsgebied van de Westerschelde samen was in 2017 bijna 15 miljoen kilo[44]. De Japanse oester heeft zich eveneens in het zoute deel van het estuarium gevestigd. In 2015 is 8 hectare aan Japanse oesterbanken gemeten, met daar bovenop 12 hectare gemengde mossel-oesterbanken[45]. Het lijkt erop dat ook de Japanse oester een gunstige kant voor het ecosysteem heeft: enerzijds is de soort een voedselconcurrent voor mosselen (in de Westerschelde is dat effect heel klein), anderzijds zijn de oesterbanken een goede vestigingsplaats voor jonge mosselen.

Een exoot die mogelijk een grote rol speelt in het zoute deel van het Schelde-estuarium is de Amerikaanse ribkwal (*Mnemiosis leidyi*). Deze soort leeft van oorsprong langs de Atlantische kust van Noord- en Zuid-Amerika, maar is in de jaren tachtig via ballastwater van vrachtschepen in de Zwarte Zee terechtgekomen. Dat leidde daar tot de ineenstorting van het ecosysteem. In 2006 is de ribkwal voor het eerst waargenomen in de Westerschelde[46]. Inmiddels hebben ze zich fors uitgebreid. Ankerkuilen voor vismonitoring zijn soms onbruikbaar omdat ze vol met deze planktonsoort zitten. De ribkwallen eten massaal zooplankton, maar worden zelf niet gegeten. Ze vormen daarmee een dood spoor in de voedselketen. Het effect van de ribkwal in de Westerschelde is niet bekend, daar is meer onderzoek voor nodig.

Verwachting voor de toekomst

Het havengebied blijft een potentiële bron van exoten, die vaak in het ballastwater of vastgegroeid aan de scheepswand Nederland binnenkomen. Daarom is de kans op nieuwe *exoten* in het Schelde-estuarium groter dan in andere deltawateren. Dat geldt zowel voor de Zeeschelde als de Westerschelde. De Chinese wolhandkrab en de Amerikaanse ribkwal kunnen aanzienlijke impact op het ecosysteem krijgen. Als de troebelheid vermindert, kunnen driehoeksmosselen en andere tweekleppige schelpdieren zich uitbreiden in de Zeeschelde. Door de verbetering van de waterkwaliteit en opwarming van water kan het estuarium in de toekomst voor nieuwe exoten aantrekkelijk worden. In 2017 is het Ballastwaterverdrag in werking getreden; het doel is onder meer te voorkomen dat schepen via het ballastwater nieuwe exoten meebrengen.

Door klimaatverandering verschuiven leefgebieden. Ook daardoor zullen nieuwe soorten het Schelde-estuarium koloniseren. Deze 'klimaatvolgers' worden niet als exoten beschouwd.

6 TOTAALBEELD SYSTEEMANALYSE

De ontwikkelingen in de natuur van het Schelde-estuarium, zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, geven het volgende totaalbeeld.

Zeeschelde
In de Zeeschelde heeft de waterkwaliteit zich uitgesproken positief ontwikkeld. Daardoor is het *voedselweb* de afgelopen tien jaar gevarieerder en complexer geworden. Er zijn meer *kreeftachtigen* gekomen en er paaien weer vissen in de Zeeschelde. De vogelstand staat er minder goed voor. Het totaal aantal soorten in het ecosysteem (inheems en *exoot*) is nog steeds laag in vergelijking met een natuurlijk systeem.

Het is moeilijk te voorspellen hoe de soortensamenstelling verder evolueert. De samenstelling van de bodemdieren lijkt redelijk stabiel, maar de samenstelling van soorten die in het water leven is nog volop in ontwikkeling (zoals *zooplankton* en vis).

De toename in het zuurstofgehalte heeft begin deze eeuw tot grote veranderingen in het ecosysteem geleid ('regime shift'). De effecten lijken zich te stabiliseren. Er zijn nog wel grote variaties van jaar tot jaar, maar die hebben voornamelijk te maken met het weer (droge en natte zomers en de effecten daarvan op bijvoorbeeld troebelheid).

Voor de toekomst zijn er verschillende punten van zorg. Een eerste punt is de toename van het zoutgehalte in de zoete Schelde, die stress kan opleveren voor zoetwaterorganismen. Daarnaast speelt de toename van de *troebelheid* die de primaire productie lijkt te belemmeren (zie hoofdstuk 2 Waterbeweging & Morfologie voor de oorzaken van de toenemende troebelheid en hoofdstuk 3 Waterkwaliteit voor het effect daarvan op de primaire productie). Dat kan gevolgen hebben voor het hele *estuarium*. Tot slot staat de kwaliteit van leefgebieden onder druk door de toenemende waterdynamiek en *versteiling* van oevers. Daardoor wordt de kwaliteit van het leefgebied voor bodemdieren, vissen en vogels slechter. Daar staat tegenover dat door de uitvoering van het Sigma-plan het areaal *schorren* en *slikken* zal toenemen, waaronder ook het areaal laagdynamische leefgebieden.

De kans op de komst van nieuwe exoten blijft in het hele Schelde-estuarium relatief groot door de aanwezigheid van de havens. Dat geldt zowel voor de Zeeschelde als de Westerschelde. Exoten kunnen een negatieve impact op het ecosysteem hebben, maar zijn soms juist een verrijking.

Westerschelde
In de Westerschelde is het effect van de verbeterde waterkwaliteit veel minder uitgesproken, omdat de waterkwaliteit in het verleden minder slecht was dan in de Zeeschelde. De *biomassa* van *bodemdieren* is redelijk stabiel, maar wel vrij laag. De visstand en de populatie van de gewone zeehond staan er goed voor. Dat geldt niet voor de vogels, die vrijwel allemaal een negatieve trend laten zien. De oorzaak lijkt een combinatie van factoren: afnemende omvang en kwaliteit van leefgebieden, verstoring van broedgebied en afnemende voedselbeschikbaarheid.

Voor de toekomst zijn er twee punten van zorg: de ontwikkeling van *laagdynamisch intergetijdengebied* en de *primaire productie*. Het areaal laagdynamisch intergetijdengebied is in de afgelopen eeuw sterk verkleind en hoewel het nu niet verder lijkt af te nemen, lukt het ook niet het areaal te vergroten. Er komt wel nieuw laagdynamisch intergetijdengebied bij langs de randen van platen (ten koste gaat van het ecologisch minder belangrijke *hoogdynamisch sublitoraal*), maar er gaat ongeveer evenveel verloren door ophoging van de platen. De primaire productie is de afgelopen jaren sterk afgenomen, mogelijk speelt toenemende *troebelheid* daar een rol bij. Als deze trend zich voortzet, komt er minder voedsel beschikbaar aan de basis van het *voedselweb*. Samen met de afname van de afname laagdynamische gebieden kan dat ongunstig uitpakken voor de biomassa van bodemdieren en daarmee ook voor de vogels en vissen die daarvan leven.

Referentiebeeld
Wat is goed? Een exact ideaalbeeld van de flora en fauna in het *estuarium* is niet te schetsen. Het voedsel dat via *primaire productie* beschikbaar komt, kan zich op verschillende manieren verdelen over soortgroepen en zo kan een toename van de ene soort ten koste gaan van een andere. Als een algemene achteruitgang te zien is, zoals in de vogelstand, is dat zeker als negatief te beschouwen. Voor vissen in de Zeeschelde, die lange tijd vrijwel geheel afwezig waren, kunnen de soortensamenstelling in het verleden en de visstand in vergelijkbare estuaria als referentie dienen. Uit de recente evaluatie van het Schelde-estuarium[22] blijkt dat in de verschillende zones van de Zeeschelde 25-70% van de referentiesoorten aanwezig zijn.

7 WAARDERING NATUUR SCHELDE-ESTUARIUM

De deelnemers aan de *joint fact finding* hebben met kennis uit de voorgaande hoofdstukken geformuleerd hoe zij de toestand van de natuur in het Schelde-estuarium en de (verwachte) trends waarderen.

7.1 Over de manier van waarderen

Doel van waarderen

De overheden en stakeholders die samen met deskundigen de systeemanalyse in de vorige hoofdstukken hebben opgesteld, hebben deze kennis vertaald in een set waarderende zinnen: zinnen die aangeven welke toestand en trend uit de systeemanalyse blijkt en hoe de groep die gezamenlijk beoordeelt. De waarderende zinnen gaan over de onderwerpen die in voorgaande hoofdstukken aan bod komen.

Bij de waardering stond deze vraag van de VNSC centraal: *Is de natuur robuust en veerkrachtig genoeg om karakteristieke estuariene waarden te behouden tegen een achtergrond van klimaatverandering en menselijk gebruik?*

De gezamenlijke waardering vormt de basis voor het advies dat de groep aan de VNSC uitbrengt over het langetermijnperspectief voor de natuur.

Manier van waarderen

De groep is tot een waardering van de natuur gekomen door de feiten en de trends uit de systeemanalyse gezamenlijk te bespreken en te beoordelen. In veel gevallen heeft de groep gezamenlijk kunnen vaststellen of de toestand zich gunstig of ongunstig ontwikkelt. Het was niet altijd mogelijk om te bepalen of de natuur robuust en veerkrachtig genoeg is. Een deel van de groep geeft aan niet te beschikken over de kennis die daarvoor nodig is. Ook is er geen gedeelde maatlat om tot een gezamenlijk oordeel over dit vraagstuk te komen.

Voor deze waardering heeft de groep geen gebruik gemaakt van bestaande maatlatten voor de natuur, zoals de evaluatie die de VNSC heeft laten uitvoeren (T2015) of de vastgestelde natuurdoelen van Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water. De toetsing aan deze bestaande maatlatten vindt immers al plaats op de daarvoor vastgestelde momenten; dat hoeft deze groep niet te doen. Een deel van de deelnemers vindt dat de toetsing aan deze maatlatten de basis moet zijn voor het antwoord op de vraag of de natuur robuust en veerkrachtig genoeg is. Een ander deel vindt deze maatlatten niet geschikt om de toestand van de natuur te waarderen. Alle deelnemers realiseren zich dat we in de praktijk wel met de wettelijke kaders te maken hebben.

De groep heeft natuurlijk wel de *kennis* benut die T2015 en beoordelingen voor Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water hebben opgeleverd.

7.2 Het ecosysteem als geheel

Uit de systeemanalyse blijkt dat de natuur van het Schelde-estuarium de afgelopen tientallen jaren uiteenlopende veranderingen heeft ondergaan, deels positief en deels negatief. Positief is vooral de spectaculaire verbetering van de waterkwaliteit in de Zeeschelde sinds het begin van deze eeuw. In het hele estuarium hebben ook de visstand en de zoogdieren zich goed ontwikkeld. Negatief is het kleine areaal laagdynamisch slik dat dat met de huidige dynamiek niet vanzelf weer zal toenemen. Negatief zijn ook het dalende aantal overwinterende vogels en kustbroedvogels en de successie van de vegetatie waar vrijwel geen verjonging meer tegenover staat. In zijn algemeenheid laat het estuarium een trend van versteiling en verstarring zien.

Een recente bron van zorg is de vertroebeling die de afgelopen jaren op verschillende plaatsen gemeten is. De kans dat het estuarium 'hypertroebel' wordt, is weliswaar klein, maar een kleine toename van de troebelheid in de Boven-Zeeschelde kan al ernstig zijn: de primaire productie en het zuurstofgehalte, die zich de afgelopen jaren juist zo goed hersteld hebben, kunnen hierdoor weer dalen. Als dat gebeurt, werkt dat door in het hele ecosysteem.

Samenvattend: de huidige toestand van de natuur is op een aantal punten niet goed. De verwachtingen voor de toekomst, zoals beschreven in deze systeemanalyse, geven geen aanleiding te veronderstellen dat de gesignaleerde negatieve trends tot stilstand komen of een positieve wending nemen. Het systeem kan deze niet zelf herstellen.

We hebben 'robuuste en veerkrachtige natuur' als volgt geïnterpreteerd: 1) een estuarium dat de natuurwaarden en processen herbergt die karakteristiek zijn voor een estuarium in dit deel van de wereld, 2) een soortenrijk (complex) ecosysteem en 3) natuur die de gevolgen van klimaatverandering en menselijk gebruik kan opvangen. Wij stellen op basis van de systeemanalyse vast dat het Schelde-estuarium hier niet aan voldoet.

7.3 Morfologie en waterbeweging

De afgelopen eeuw is de getijslag overal in het Schelde-estuarium toegenomen. De verwachting is dat de getijslag in de Westerschelde tot Antwerpen weinig of niet verder toeneemt. Met name stroomopwaarts van Antwerpen kan de getijslag nog wel verder toenemen, onder meer door klimaatverandering en zandwinning. Als dat gebeurt, zullen de laagdynamische zones in oppervlak afnemen en de overgangen tussen hoog- en laagdynamische gebieden nog meer versteilen. Dat is ongunstig voor de natuur.

Het is belangrijk de definitie van meergeulenstelsel breed genoeg te maken: onder een meergeulenstelsel verstaan we niet alleen de aanwezigheid van meer dan één grote geul. Ook de zandplaten tussen deze geulen en bijvoorbeeld kortsluitgeulen en scharen zijn onderdeel van een meergeulenstelsel. Essentieel voor estuariene natuur is een dynamisch meergeulenstelsel, met platen en geulen die zich steeds verplaatsen.
In de Zeeschelde waren in het verleden kleine nevengeulen en vloedscharen aanwezig. Deze zijn verdwenen, wat ongunstig voor het ecosysteem is. In de Westerschelde blijven waarschijnlijk wel meerdere geulen bestaan, maar de kwaliteit van het meergeulenstelsel neemt af door versteiling en verstarring.
Door de harde grenzen van het estuarium is er weinig ruimte voor natuurlijke verplaatsingen van de eb- en vloedgeulen. De natuurlijke dynamiek van platen wordt daarnaast ook beperkt door het onderhoud van de vaargeul, zandwinning, kribben, geulwandverdedigingen en schorbeschermingen. Dat leidt tot minder variatie binnen de kenmerkende estuariene leefgebieden en dat is ongunstig.

De trend van versteiling in het estuarium, die al langer gaande is en zich in de toekomst naar verwachting voortzet, is ongunstig voor het ecosysteem: de ruimte voor waardevolle leefgebieden in de oeverzone en op de overgang van geul naar plaat wordt krapper. Dit speelt zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde.

Ook de trend van verstarring in het estuarium is ongunstig voor het ecosysteem: hierdoor vermindert de variatie binnen leefgebieden in ruimte en tijd, terwijl deze variatie juist kenmerkend is voor een estuarium. Het gevolg van deze trend is dat leefgebieden naar een eindstadium evolueren, waardoor er uiteindelijk voor veel kenmerkende estuariene soorten geen leefgebied meer zal zijn.

7.4 Waterkwaliteit

De laatste jaren is een hogere troebelheid gemeten in de Zeeschelde en er zijn aanwijzingen dat ook de troebelheid in de Westerschelde recent is toegenomen. Als de troebelheid in het estuarium structureel toeneemt in het seizoen van de primaire productie, is dat zorgelijk voor het ecosysteem.
Het lijkt erop dat de hogere troebelheid in de Zeeschelde samenhangt met veranderingen in de getijdenbeweging, lage rivierafvoeren in droge jaren en stortingen van slibrijke baggerspecie. In de Boven-Zeeschelde kan een relatief kleine toename van de troebelheid al ongunstig zijn: de primaire productie kan daardoor weer sterk afnemen en ook het zuurstofgehalte kan weer verminderen. De populatie bodemdieren en vissen zal zich daardoor ongunstig ontwikkelen, wat doorwerkt in het hele ecosysteem. Als er in de Zeeschelde een omslag naar een hypertroebel systeem optreedt, is dat zeer ongewenst, omdat dat tot een dood systeem leidt. Die kans is klein, maar dit is niet uitgesloten.

De primaire productie in de Zeeschelde is sinds het begin van deze eeuw fors toegenomen, wat zeer positief is voor het ecosysteem. Sinds enkele jaren stagneert deze trend, mogelijk als gevolg van toegenomen troebelheid (zie hierboven). Als de primaire productie weer gaat dalen, heeft dat grote consequenties voor het ecosysteem: het zuurstofgehalte neemt af en met name in de Boven-Zeeschelde komt minder voedsel beschikbaar. Er zijn aanwijzingen dat de primaire productie recent ook in de Westerschelde is afgenomen, mogelijk eveneens door minder licht. Als dat daadwerkelijk het geval is, is dat ook ongunstig voor het ecosysteem.

De hoeveelheid zuurstof in de Zeeschelde is sinds 2003 spectaculair toegenomen, wat zeer positief is voor het ecosysteem. De zuurstofsituatie is nog niet optimaal en het is zorgelijk dat de verbetering nu stagneert. De stagnatie hangt mogelijk samen met de toegenomen troebelheid (zie hierboven). Als de troebelheid structureel toeneemt, bestaat het risico dat het

zuurstofgehalte in de Zeeschelde weer afneemt (met name in de Boven-Zeeschelde). Dat is ongunstig voor het ecosysteem. In de Westerschelde is voldoende zuurstof aanwezig.

De waterkwaliteit in de Zeeschelde is sterk verbeterd in de afgelopen decennia, maar toxische stoffen in de waterbodem vormen nog problemen (met name zware metalen en pesticiden). De waterkwaliteit van de Westerschelde is ook verbeterd, maar deze was al minder slecht. De effecten van 'nieuwe stoffen', zoals medicijnen, hormoonverstorende stoffen en (micro)plastics, zijn nog grotendeels onbekend, maar ze vormen waarschijnlijk een risico voor het ecosysteem in het hele estuarium.

7.5 Leefgebieden

Laagdynamisch litoraal is belangrijk leefgebied in het Schelde-estuarium. Daar hechten we groot gewicht aan. De Zeeschelde biedt nu weinig ruimte voor slikken en deze worden bovendien dynamischer (hogere stroomsnelheden). Dat is een negatieve trend. Er komen wel nieuwe slikken bij in de Sigma-gebieden. Dat is positief. In de Westerschelde is in het verleden veel laagdynamisch litoraal verloren gegaan door menselijke ingrepen, zoals inpolderingen. Het areaal is sinds 2010 stabiel, maar wel klein. Toename van het oppervlak is van belang gezien de ecologische waarde van deze zone.

Het estuarium herbergt op internationale schaal waardevolle vegetatietypen, maar er is in het hele estuarium sprake van successie naar climaxvegetaties zonder dat daar voldoende verjonging tegenover staat. Dat is een ongunstige trend. De verlanding leidt op korte termijn tot minder diverse schorvegetatie. Dat speelt in het hele estuarium en is ongunstig. In Saeftinghe zou de verlanding op heel lange termijn mogelijk nieuwe leefgebieden op kunnen leveren die er nu niet meer zijn.

De schorren staan in het hele Schelde-estuarium onder druk, door erosie langs de randen. Dat is een ongunstige ontwikkeling. In de Zeeschelde ontstaan nieuwe schorren in de nieuw gecreëerde Sigma-gebieden, wat positief is. De balans tussen schor en slik blijft daarbij een aandachtspunt. De uitbreiding van schorren op de platen in de Westerschelde gaat ten koste van foerageergebied voor steltlopers en wordt daarom negatief gewaardeerd.

7.6 Fauna

De toestand van de bodemdieren in de Zeeschelde is nu veel beter dan eind vorige eeuw. Door de verbeterde waterkwaliteit leven in de Zeeschelde nu ook meer predatoren van bodemdieren en daardoor is de biomassa van bodemdieren sinds 2005 afgenomen. Dat is een teken dat het ecosysteem complexer wordt en dat is gunstig. In de Westerschelde is de diversiteit van de bodemdieren goed, maar de totale biomassa is laag. De forse afname van de biomassa van kokkels en andere filteraars in de Westerschelde is ongunstig.

De visstand in het Schelde-estuarium is sterk verbeterd door de verbeterde waterkwaliteit en staat er nu weer goed voor. Maar er zijn nog wel zorgen. Een aantal soorten die in het ecosysteem thuishoren ontbreekt nog, waaronder soorten die heel gevoelig zijn voor onvoldoende zuurstof. Andere vissoorten kunnen hun paai- of opgroeigebieden niet goed bereiken door fysieke barrières als gemalen en sluizen. De functie van de Westerschelde als kinderkamer voor vis is een essentieel onderdeel van een estuarium. Het lijkt erop dat de Westerschelde deze functie minder goed vervult dan voorheen. Dat is ongunstig.

Het aantal overwinterende vogels neemt af, zowel in de Zeeschelde als in de Westerschelde. De populaties van vrijwel alle vogelgroepen laten een negatieve trend zien. De vogels doen het hier bovendien slechter dan in andere deltawateren. Dat is ongunstig.

In de Westerschelde staan de kustbroedvogels er slecht voor en de trends in de populaties zijn negatief. Het ontbreekt vooral aan geschikt broedgebied.

De zoogdieren in het Schelde-estuarium ontwikkelen zich uitgesproken positief. In de Zeeschelde geldt dat vooral voor de bevers en ook de eerste waarnemingen van otters zijn positief. In de Westerschelde ontwikkelen vooral de gewone zeehond en de grijze zeehond zich goed en ook de bruinvis laat zich weer zien.

Exoten kunnen zowel gunstig als ongunstig voor het ecosysteem zijn. In de Zeeschelde leidt de invasie van reuzenbalsemien en Japanse duizendknoop tot verdringing van andere plantensoorten en is de explosieve ontwikkeling van de Chinese wolhandkrab zorgwekkend. In de Westerschelde vraagt de Amerikaanse ribkwal aandacht. De kans op de komst van nieuwe exoten in het Schelde-estuarium blijft groot.

LITERATUUR

1 Bron figuur: Kuijper, K. (2013) Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij in het Schelde-estuarium. V&T-rapport G-8.

2 Kuijper K. (2013) Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij in het Schelde-estuarium. V&T-rapport G-8.

3 Dam G., Poortman S.E., Bliek, A.J. en Plancke Y. (2013). Long-term modeling of the impact of dredging strategies on morpho- and hydrodynamic developments in the Western Scheldt. In WODCON XX: The Art of Dredging, proceedings. Brussel, België, 2013.

4 Taal, M., Cleveringa, J., Kuijper, K. en Van Holland, G. (2013). Tidal evolution in the scheldt estuary and its interaction with dredging works. In WODCON XX: The Art of Dredging, proceedings. Brussel, België, 2013.

5 WL2017R13_131_8_Integraal_plan_Bovenschelde_Sedimentbalans_Zeeschelde+Rupel+Durme

6 Cleveringa J. (2013). K-16 Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets) en K-17 Samenhang ontwikkelingen tijd- en ruimteschalen

7 Consortium Deltares-IMDC-Arcadis-Svasek (2013). LTV Veiligheid en Toegankelijkheid G-13: Synthese en conceptueel model. Pagina 48-49.

8 Barneveld H., Nicolai R.P., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Van de Moortel I. en Velez C. (2018). Evaluatierapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea

9 Cleveringa J. (2013). K-16 Ontwikkeling mesoschaal Westerschelde (factsheets) en K-17 Samenhang ontwikkelingen tijd- en ruimteschalen

10 Dam G., Poortman S.E., Bliek, A.J. en Plancke Y. (2013). Long-term modeling of the impact of dredging strategies on morpho- and hydrodynamic developments in the Western Scheldt. In WODCON XX: The Art of Dredging, proceedings. Brussel, België, 2013.

11 Consortium Deltares-IMDC-Arcadis-Svasek (2013). LTV Veiligheid en Toegankelijkheid G-13: Synthese en conceptueel model) het syntheserapport van V&T (p 47): "Al het voorafgaande stuurde de afgelopen eeuw de keuzes in het vaarwegbeheer. Dit leidde tot de huidige ligging van de hoofdgeul, inclusief bijbehorend drempelonderhoud. Momenteel beperken dus zowel vaarweglig gen en harde lagen (beiden intern) als de dijken (extern) de bewegingsruimte voor (grootschalige) morfologische dynamiek."

12 Taal, M., Cleveringa, J., Kuijper, K. en Van Holland, G. (2013). Tidal evolution in the Scheldt estuary and its interaction with dredging works. In WODCON XX: The Art of Dredging, proceedings. Brussel, België, 2013.

13 Rapport in voorbereiding: thesis van Yoeri Dijkstra, promotie vindt naar verwachting plaats in mei 2019

14 Zie bijvoorbeeld Billen G., Garnier J. & Rousseau V. (2005). Nutrient fluxes and water quality in the drainage network of the Scheldt basin over the last 50 years. Hydrobiologia 540, p47-67. www.vliz.be/imisdocs/publications/141068.pdf.

15 Barneveld H., Nicolai R.P., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Van de Moortel I. en Velez C. (2018). Evaluatierapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea

16 Maris, T. en Meire, P. (2016) OMES rapport 2015. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu.

17 Billen G., Garnier J. & Rousseau V. (2005). Nutrient fluxes and water quality in the drainage network of the Scheldt basin over the last 50 years. Hydrobiologia 540, p47-67. www.vliz.be/imisdocs/publications/141068.pdf.

18 Zie Jacobs S., Struyf E., Maris T. en Meire P. (2008). Spatiotemporal aspects of silica buffering in restored tidal marshes. Est., Coast. and Shelf Sci. 80(1): 42-52.

19 Maris T. en Meire P. (2016) OMES rapport 2015. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu.

20 Barneveld H., Nicolai R.P., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Van de Moortel I. en Velez C. (2018). Evaluatierapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea

21 Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Van den Bergh, E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. (Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; No. 37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. DOI: 10.21436/inbor.13479033

22 Barneveld H., Nicolai R.P., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Van de Moortel I. en Velez C. (2018). Evaluatierapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea

23 Artikel Scheldetopics: http://www.vnsc.eu/publicaties/scheldetopics/scheldetopics-april-2018/?article_id=39

24 Schellekens, T. en Vanagt, T. (2016). Ecologische validatie plaatrandstortingen. eCOAST rapport 2016-2015028. 97 pp.

25 Verslag projectgroep Flexibel Storten van 12 september 217: https://www.vnsc.eu/uploads/2018/05/20171117-toetsing-kwaliteitsparameters-jaar-7-verslag-def.pdf

26 Deltares (2015). Golfmodellering Hedwige-Prosperpolder. Te verwachten effecten van wind- en scheepsgolven.

27 Deltares (2015). Relatief belang van golven in Westerschelde. Het afleiden van belasting door scheepsgolven fase 1.

28 Michels H., Van Braeckel A., Speybroeck J., Milotic T., Van den Bergh E., Verelst K., De Mulder T., Taverniers E., Mostaert F. (2012). Onderzoek naar de invloedsfactoren van golfbelasting en de morfologische effecten op slikken en schorren in de Beneden Zeeschelde, meer specifiek op het Galgeschoor: Deelrapport 9 - Analyserapport met betrekking tot de morfologische ontwikkelingen op het Galgeschoor. Versie 2-0. WL Rapporten, 837_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

29 VRT NWS (21 mei 2018). 320.000 Chinese wolhandkrabben lopen in de val.

30 Barneveld H., Nicolai R.P., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Van de Moortel I. en Velez C. (2018). Evaluatierapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea (paragraaf 8.5.3)

31 Troost, K., van Asch M., Brummelhuis E.B.M., van den Ende D. en van Zweeden C. (2017). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2017. Wageningen Universiteit, CVO Report 17.013. https://rijkewaddenzee.nl/wp-content/uploads/2017/10/Kokkelbestand_2017_NEW.pdf

32 Van Wichelen J., Belpaire C., Buysse D., Baeyens R., Verhelst P., Vergeynst J., Pauwels I., Van Thuyne G., De Meyer J., Stevens M., Mouton A., Vlietinck K. & Coeck J. (2018). Kan Vlaanderen het tij nog keren voor de Europese paling? Effecten van tien jaar Europese bescherming op het voortbestaan van de paling in Vlaanderen. Natuur. focus 17(1):4-10.

33 Van Liefferinge C., Dillen A., Ide5 C., Herrel A., Belpaire C., Mouton A. , de Deckere E. & Meire P. (2012). The role of a freshwater tidal area with controlled reduced tide as feeding habitat for European eel (Anguilla anguilla, L.). J. Appl. Ichtyology 28: 572-581.

34 Vanoverbeke J., Van Ryckegem G., Van Braeckel A. & Van den Bergh E. (2017). Modelbeschrijving instrumentarium voor het bepalen van habitatgeschikheid van de (Boven-) Zeeschelde voor Fint. Deelrapport Integraal plan Boven-Zeeschelde. Rapporten Instituut Voor Natuur- en Bosonderzoek in opdracht van de Vlaamse Waterweg NV.

35 Breine J., S. Delmoitié, De Bruyn A., Galle L., Lambeens I., Maes Y., & Van Thuyne G. (2017). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde- estuarium: Ankerkuilcampagnes 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek (10). 83 pp.

36 Breine J., De Bruyn A., Galle L., Lambeens I., Maes Y. en Van Thuyne G. (2016). Opvolgen van het visbestand in het overstromingsgebied Bergenmeersen. Viscampagnes 2013-2015. INBO.R.2016.11563202. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (INBO.R.2016.11563202.). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

37 Breine J. De Bruyn A. Galle L., Lambeens I., Maes Y. & Van Thuyne G. (2017). Visbestandopnames in het Lippenbroek, een gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd getij in het Zeeschelde-estuarium. Viscampagnes 2013-2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (17). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

38 Bron: Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Van den Bergh E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. (Rapporten van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek; No. 37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. DOI: 10.21436/inbor.13479033

39 CBS, PBL, WUR (2017). Zoutwatervissen kinderkamersoorten, 1990-2015 (indicator 1602, versie 01, 30 oktober 2017). www.clo.nl. CBS, Den Haag; PBL, Den Haag en WUR, Wageningen.

40 Van Ryckegem unpublished figures

41 Winden, J. van der, de Fouw J., Dreef C., van Horssen P.W. en Dirksen S. (2017). Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Rapport SjDE 17-02, Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht / Vogelbescherming Nederland, Zeist

42 Barneveld H., Nicolai R.P., van Veen M., van Haaster S., Boudewijn T.J., de Jong J.W., van Didderen K., van de Haterd R.J.W., Middenveld P.P., Michielsen S., Van de Moortel I., Velez C. en de Wilde E. (2018). Analyserapport. T2015 Rapportage Schelde-estuarium. HKV lijn in water, Bureau Waardenburg en Antea. November 2017

43 Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. (Rapporten van het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek; No. 37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. DOI: 10.21436/inbor.13479033

44 Troost K., Perdon K. J., van Zwol J., Jol J.G. and Van Asch M. (2017). "Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2017," Rep. No. CVO rapport: 17.014. Wageningen Marine Research, IJmuiden.

45 van den Ende, D., Brummelhuis, E., van Zweeden, C., Van Asch, M. and Troost, K. (2015). "Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2015: bestand en arealen," Rep. No. C168/15. IMARES, Yerseke.

46 Faasse, M. A. and Bayha K.M. (2006). The ctenophore Mnemiopsis leidyi A. Agassiz 1865 in coastal waters of the Netherlands: an unrecognized invasion? Aquatic Invasions 1, 270-277.

BIJLAGE 1 DEELNEMERS AAN DE SYSTEEMANALYSE

Overzicht van deelnemers aan de systeemanalyse:

Achternaam	Tussen-voegsel	Voornaam	Organisatie	Rol
Adriaanse		Leo	Rijkswaterstaat Z&D	betrokken bij VNSC
Alma		René	RVO.nl	betrokken bij VNSC
Backx		Joost	Rijkswaterstaat WVL	betrokken bij VNSC
Baecke		Joris	ZLTO	stakeholder
Belleghem	van	Stijn	RLSD	stakeholder
Berx		C.	Provincie Antwerpen	stakeholder
Berrevoets		Mariëtte	Provincie Zeeland	betrokken bij VNSC
Both		Inge	Vogelbescherming NL	stakeholder
Briers		Jan	Provincie Oost-Vlaanderen	stakeholder
Brussel	van	Didier	Provincie Oost-Vlaanderen	stakeholder
Buts		Carl	Scaldisnet	stakeholder
Cerpentier		Paul	Algemeen Boeren Syndicaat	stakeholder
Ciarelli		Silvana	Rijkswaterstaat Z&D	betrokken bij VNSC
Coppens		Sofie	Alfaport	stakeholder
Damman		Eline	MOW Vlaanderen	betrokken bij VNSC
Decleyre		Dominiek	Agentschap Natuur en Bos	stakeholder
Dedert		Mascha	Zeeuwse Milieufederatie	stakeholder
Dhondt		Jannie	De Vlaamse Waterweg	betrokken bij VNSC
Disseldorp	van	Arthur	Recron	stakeholder
Donckt	van der	Loe	Scheldegids	stakeholder
Dotinga		Harm	Vogelbescherming NL	stakeholder
Duren	van	Luca	Deltares	deskundige
Engelhardt		Dick	North Sea Port	stakeholder
Francois		Leen	Boerenbond	stakeholder
Geleijnse		Jaap	Stichting De Levende Delta	stakeholder
Grietens		Erik	BBLV	stakeholder
Hartlief		Sonja	Vogelbescherming NL	stakeholder
Hees	van	Ad	Staatsbosbeheer	stakeholder
Hemminga		Marten	Het Zeeuwse Landschap	stakeholder
Herman		Peter	Deltares	deskundige
Ides		Stefaan	Havenbedrijf Antwerpen	stakeholder
Jagt	van der	Rinus	Schuttevaer	stakeholder
Janssen		Guido	Provincie Antwerpen	stakeholder
Janssens		Guy	Havenbedrijf Antwerpen	stakeholder
Klap		Vincent	Provincie Zeeland	betrokken bij VNSC
Koeijer		Rinco	ZLTO	stakeholder
Maes		René	Natuurpunt Waasland	stakeholder
Mangnus		Gerard	ZLTO - afd. Hulst	stakeholder
Maris		Tom	Universiteit Antwerpen	deskundige
Meer	van der	Erik Jan	RVO.nl	betrokken bij VNSC

Achternaam	Tussen-voegsel	Voornaam	Organisatie	Rol
Niet	van der	André	Schelderaad	betrokken bij VNSC
Northolt		Robbert	Camping Scheldeoord	stakeholder
Pille		Cees	Brabants-Zeeuwse werkgevers	stakeholder
Plancke		Yves	MOW Vlaanderen	deskundige
Postma		Renske	Met Andere Woorden	betrokken bij VNSC
Regt	de	Ko	ZLTO	stakeholder
Reu	de	Ben	Provincie Zeeland	stakeholder
Roo	de	Stijn	Boerenbond	stakeholder
Roose		Frederik	MOW Vlaanderen-Maritieme Toegang	betrokken bij VNSC
Ryckegem	van	Gunther	INBO	deskundige
Schalck		Daan	Havenbedrijf Gent	stakeholder
Scheldeman		Kristof	vzw Durme	stakeholder
Severen	van	Peter	VOKA	stakeholder
Steijaert		Denis	Waterschap Scheldestromen	stakeholder
Stouten		Marijn	Zeeuwse Milieufederatie	stakeholder
Stronkhorst		Joost	Deltares	stakeholder
Symens		Peter	Natuurpunt Vlaanderen	stakeholder
Taal		Marcel	Deltares	deskundige
Terlouw		Sander	Staatbosbeheer	Stakeholder
Thys		Piet	De Vlaamse Waterweg	betrokken bij VNSC
Vaart	van der	Kees	Watersportverbond regio Deltawateren	stakeholder
Vercouteren		Mattias	Boerenbond	stakeholder
Vandenbruwaene		Wouter	WL Borgerhout	deskundige
Vandermeiren		Jacques	Havenbedrijf Antwerpen	stakeholder
Vanfraechem		Stephan	VoKa	stakeholder
Vette		Wijnand	North Sea Port	stakeholder
Vinke		Wilco	ZLTO	stakeholder
Visser	de	Willem	Stichting De Levende Delta	stakeholder
Vlugt	van der	Kees	Het Zeeuwse Landschap	stakeholder
Volckaert		Lieven	Gemeente Melle	stakeholder
Waverijn		Annette	ZLTO	stakeholder
Wezenbeek		Tom	RLSD	stakeholder
Wilde	de	Mieke	Vlaams Brabant	stakeholder
Wouters		Eddy	ASV	stakeholder
Ysebaert		Tom	Wageningen Marine Research	deskundige
Zijderveld	van	Frans	Natuurmonumenten	stakeholder
Zonneveld	van	Gijs	Stichting Ark	stakeholder
Zuidhof		Anne	RVO.nl	betrokken bij VNSC
Zundert	van	Peter	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	betrokken bij VNSC

BIJLAGE 2 SPELREGELS VAN DE JOINT FACT FINDING

Bij de start van de *joint fact finding* hebben de deelnemers afgesproken dat zij de volgende spelregels als uitgangspunt nemen:

» Partijen committeren zich aan deelname aan de systeemanalyse. Daarmee committeren zij zich niet automatisch aan het advies over het vervolgtraject. Maar zonder deelname aan de systeemanalyse, kan een partij ook niet meedoen aan de adviesfase. Het staat partijen vrij om na de keuze van de VNSC voor het vervolgtraject hun positie opnieuw te bepalen.
» Deelname aan het proces vereist dat partijen bereid zijn zich te verdiepen in de inhoud en eerst gezamenlijk de feiten te delen en de analyse te maken. Als inzichten betwist worden dan gaat het gesprek tussen stakeholders een slag dieper: welke opvattingen zitten er achter het verschil van inzicht?
» De systeemanalyse zal uitgevoerd worden in de vorm van een Joint fact finding. Inbreng van belangen is aan de orde wanneer de partijen hun gezamenlijke advies aan de VNSC opstellen.
» Specifieke spelregels:
  - De systeemanalyse staat op zichzelf. De daadwerkelijke aanpak van problemen die uit de systeemanalyse volgen is een volgende stap van het LTP-N. In dat geval wordt een apart plan van aanpak gemaakt met de stakeholders.
  - De uitkomsten van de systeemanalyse vormen de basis voor het advies van de stakeholders over vervolgstappen.
  - Er is pas een advies als er een akkoord is tussen de partijen.
  - Partijen respecteren de randvoorwaarden, uitgangspunten en resultaten van de systeemanalyse

BIJLAGE 3 BEGRIPPENLIJST

Algen
Eenvoudige, eencellige organismen die met lichtenergie CO_2 uit het water opnemen en omzetten in levend organisch materiaal

Algenbloei
Zie 'primaire productie'

Algengroei
Zie 'primaire productie'

Algenproductie
Zie 'primaire productie'

Binnendijks
Het gebied aan de landzijde van de dijk.

Biodiversiteit
Verscheidenheid van alle soorten in het ecosysteem: de biodiversiteit is groter als er meer verschillende soorten aanwezig zijn.

Biomassa
De massa van plantaardig en dierlijk materiaal, van het totale ecosysteem of een bepaalde groep. De biomassa is groter als er een grotere massa aan planten en/of dieren aanwezig is. De biomassa is uit te drukken in 'vers gewicht' of 'drooggewicht' of in (kilo)grammen koolstof.

Bodemalgen
Algen die op de bodem leven, zoals op platen en slikken. Bodemalgen worden ook wel aangeduid als benthische algen of microfytobenthos.

Bodemdieren
Veelal kleine dieren die op en in de bodem leven, zoals wormen en schelpdieren.

Climaxstadium
Het stabiele eindstadium van de successie van vegetatietypen in een gebied. Zie ook 'successie'.

Climaxvegetatie
De begroeiing in het climaxstadium

Diatomeeën
Zie 'kiezelwieren'

Drempel
Ondiepere en bredere plaats in de geul, die ontstaat op de plek waar eb- en vloedgeulen elkaar kruisen.

Ebgeul
De belangrijkste geul binnen het meergeulenstelsel. Hierdoor stroomt het meeste water, in het bijzonder tijdens eb. Deze geul wordt meestal als hoofdvaarwater gebruikt. Een ebgeul heeft meer het karakter van een meanderende rivier dan een vloedgeul, wat samenhangt met het uitstromende karakter van het water. Ze slingert tussen de oevers, waar ze veelal niet verder kan uitbochten omdat er bedijkingen liggen.

Ecotopen
Zones met karakteristieke combinaties van zoutgehalte, bodem, dynamiek, waterdiepte en begroeiing. Het leefgebied van de meeste soorten in het estuarium bestaat uit een of meer specifieke ecotopen.

Eén-geulstelsel
Een één-geulstelsel bestaat uit één stroomgeul, omgeven door intergetijdengebied.
(De begrippen meergeulen- en één-geulstelsel gaan over de grote getijdengeulen. In beide stelsels kunnen ook kleinere getijdengeulen aanwezig zijn en nog kleinere kortsluitgeulen over platen.)

Estuariene natuur
In een estuarium ontstaan door variatie in de afvoer van het zoete rivierwater en het getij met zout zeewater wisselende abiotische omstandigheden: gradiënten tussen zoet en zout, gradiënten tussen droog en nat, gradiënten tussen wild en rustig stromend water en gradiënten tussen zandige en slibrijke bodems. Door deze variatie in abiotische omstandigheden ontstaan voor een estuarium

BIJLAGE 3

BEGRIPPENLIJST

kenmerkende ecotopen. Afhankelijk van de omvang en de kwaliteit van deze ecotopen – ook onder invloed van de waterkwaliteit – ontstaan leefgebieden voor planten, fyto- en zooplankton, bodemdieren, vissen, vogels en zoogdieren.

Estuarium
Een verbrede, veelal trechtervormig overgangsgebied van rivier naar zee waar het getijverschil waarneembaar is. In een estuarium worden het zoete rivierwater en het zoute zeewater gemengd, zodat een geleidelijke overgang van zoet naar brak en zout water ontstaat.

Exoot
Niet-inheemse soort

Fotische diepte
De diepte tot waar algen genoeg licht hebben voor fotosynthese, vaak benaderd als de diepte tot waar nog 1% van de hoeveelheid licht aan het oppervlak doordringt.

Fotosynthese
Het proces waarbij licht wordt ingevangen en koolstof wordt vastgelegd in organische moleculen, met vrijstelling van zuurstof

Fytoplankton
Eéncellige algen die in de waterkolom leven

Getijslag
Het verschil tussen hoog- en laagwater

Groenalgen
Deze algen voeden zich met de nutriënten stikstof en fosfor. Deze algen zijn minder geschikt als voedsel voor organismen in het voedselweb. Als ze zich ophopen, kunnen ze een plaag vormen.

Hoogdynamisch
Sterke inwerking van stroming en golven op de bodem

Hoogdynamisch litoraal
Zandig intergetijdengebied, gekarakteriseerd door hoge dynamiek, dat wil zeggen met sterke inwerking van golven en stroming op de bodem

Hoogdynamisch sublitoraal
Geulen met relatief snel stromend water: de inwerking van stroming en golven op de bodem is relatief groot

Hoogwater
Maximale waterhoogte, waterstand die aan het einde van de vloedperiode bereikt wordt.

Intergetijdengebied
De zone die droogvalt bij laagwater en overstroomt bij hoogwater. De zandige platen en slibrijke slikken overstromen bij vrijwel ieder getij. Deze delen van het intergetijdengebied zijn niet of spaarzaam begroeid. Schorren zijn begroeid met schorvegetatie en overstromen alleen nog bij hogere hoogwaters. Naarmate een schor ouder wordt, slibt het hoger op en overstroomt het minder vaak.

Invasieve exoot
Niet-inheemse soort die zich snel uitbreidt en daardoor andere soorten verdringt.

Kiezelwieren (of diatomeeën)
Deze algen leven zowel in de bodem als zwevend in het water. De voeden zich met de nutriënten stikstof, fosfor en silicium. Kiezelwieren vormen een belangrijke voedselbron aan de basis van de voedselketen.

Kortsluitgeul
Kortsluitgeulen zijn verbindingsgeulen tussen de eb- en vloedgeul. Ze ontstaan doordat het water in de ene geul hoger staat dan in de andere. Het water kiest dan een kortere route door het tussenliggende plaatgebied. In een 'natuurlijk' estuarium verschuiven kortsluitgeulen langzaam van plaats. Dit leidt tot een voortdurende verjonging van de plaatgebieden, doordat steeds opnieuw hogere en lagere zones en zones met meer of minder dynamiek ontstaan.

Kinderkamer
De locatie of de zone waar vislarven en jonge vis (juvenielen) opgroeien en kunnen schuilen.

Kraamkamer
De geboortegrond van de vis. De locatie of de zone waar de viseitjes uitkomen.

Kustbroedvogels
Onder kustbroedvogels verstaan we in het Langetermijnperspectief Natuur Schelde-estuarium kluut, bontbekplevier, kleine plevier, strandplevier en alle soorten meeuwen en sterns.

Laagdynamisch
Met beperkte inwerking van stroming en golven op de bodem

Laagdynamisch litoraal
Intergetijdengebied met beperkte inwerking van golven en stroming op de bodem. Laagdynamisch litoraal is meestal slibrijk, doordat slib er vanwege de geringe dynamiek kan bezinken en niet weer wordt opgewerveld

Laagdynamisch sublitoraal
Over het algemeen ondiep water met lagere stroomsnelheden en beperkte inwerking van golven op de bodem

Laagwater
Lage waterstand die aan het einde van de eb-periode bereikt wordt

Litoraal
De zone tussen laag- en hoogwater (het intergetijdengebied)

Meergeulenstelsel
In een meergeulenstelsel hebben de vloed- en ebstroom verschillende voorkeursroutes, waardoor een patroon van meerdere om elkaar heen slingerende geulen ontstaat. De vloed kiest een zo recht mogelijk route landinwaarts, terwijl de ebstroom met grote bochten naar zee gaat, zoals een meanderende rivier. Op de kruispunten zijn de geulen breder en ondieper. Dit zijn de zogenoemde 'drempels'. De geulen sturen in belangrijke mate de ontwikkeling van de droogvallende gebieden: het intergetijdengebied. Dat zijn de platen, die tussen de geulen in liggen, alsook de slikken en schorren die langs de oevers liggen. De platen vormen samenhangende complexen tussen een eb- en een vloedgeul. Daarbinnen zijn er nog de kleinere kortsluitgeulen.

Pionierschor
Een 'jong' schor: de overgangsfase (in tijd) tussen een onbegroeide plaat of slik en een volledig begroeid schor.

Pionierbegroeiing
Zie pioniervegetatie

Pioniervegetatie
Eerste stadium van begroeiing: het begin van een reeks vegetatietypen die elkaar opvolgen als gevolg van successie

Plaat
Niet tot spaarzaam begroeid gebied dat bij laag water droogvalt en bij hoog water overstroomt, omringd door geulen

Primaire productie (ook wel algenbloei, algengroei of algenproductie genoemd)
Primaire productie is het proces waarbij planten groeien, met behulp van licht en nutriënten. In het estuarium gaat het vooral om de groei van algen. Dit proces brengt organisch materiaal en zuurstof in het water.

Schor
Hoger gelegen delen die alleen bij hogere hoogwaters onder water lopen. Schorren zijn volledig begroeid, in tegenstelling tot de slikken en platen.

BIJLAGE 3

BEGRIPPENLIJST

Slik
Meestal slibrijke, onbegroeide delen van de oevers die bij vloed (tweemaal per dag) overspoeld worden. Bij laagwater vallen de slikken droog.

Sublitoraal
De zone die permanent onder water staat

Successie
De opeenvolging van vegetatietypen in een gebied in de loop van de tijd.

Supralitoraal
De hooggelegen zone die alleen bij heel hoge waterstanden onder water staat

Troebelheid
De mate waarin licht in het water kan doordringen. De troebelheid is in belangrijke mate afhankelijk van de hoeveelheid zwevend stof in het water: hoe meer zwevend stof, hoe troebeler het water. Ook de aard van het zwevend stof (fijn of grof, organisch of niet-organisch), de vorming van grotere vlokken en opgeloste stoffen beïnvloeden de troebelheid.

Verstarring
De vorm en ligging van geulen, platen, slikken en schorren verandert steeds minder in de loop van de tijd.

Versteiling
Versteiling ontstaat doordat de diepe delen (de geulen) dieper worden en/of de hoge delen (het intergetijdengebied) hoger.

Vertroebeling
Toename van de troebelheid

Vloedgeul
Gedurende de vloed dringt zeewater met een sterke stroming het mondingsgebied binnen. In tegenstelling tot de ebstroom wil deze zo veel mogelijk rechtdoor stromen. Hierdoor zijn vloedgeulen veelal rechter, breder en ondieper.

Voedselketen
Reeks organismen (planten en dieren) waarbij ieder organisme een voedselbron is voor het volgende

Voedselweb
Netwerk van voedselketens binnen een ecosysteem

Zeespiegelstijging
Stijging van de gemiddelde waterstand op zee

Zoöbenthos
Bodemdieren

Zoöplankton
Dierlijk plankton. Hiertoe behoren alle dieren die in de waterkolom zweven en zich alleen via de stroming kunnen verplaatsen, waaronder ook vislarven en kwallen.

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie
Postbus 299
NL 4600 AG Bergen op Zoom

Jacob Obrechtlaan 3
NL 4611 AP Bergen op Zoom
+31(0)164 212 800
info@vnsc.eu
www.vnsc.eu

VLAAMS-NEDERLANDSE Schelde COMMISSIE