



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Behoud van morfologie en dynamiek



De verschillende leefgebieden ([ecotopen](#)) in het Schelde-[estuarium](#) hebben de laatste 50 jaar grote veranderingen ondergaan. In 2004 is de slik- (en plaat)oppervlakte in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde met 20% gedaald t.o.v. de jaren '50, een verlies van ruim 1.000 ha. De schoroppervlakte is in 2004 tweederde van de oppervlakte in de jaren '50, een daling van om en bij de 1.500 ha. De [subtidale](#) of onderwater leefgebieden zijn in dezelfde periode toegenomen in oppervlakte met 325 ha. De [geulen](#) van de Westerschelde zijn gemiddeld verdiept en/of verbreed in de periode 1951 - 2002. De gemiddelde [hoogwater](#)standen vertonen in het Schelde-estuarium een stijgende trend sinds 1888. De locatie van de maximale gemiddelde hoogwaterstand en de minimale gemiddelde [laagwater](#)stand zijn sinds 1888 stroomopwaarts verschoven. De ontwikkelingen in de saliniteit- of zoutgradiënt zijn lastig te interpreteren en verdienen nog nader onderzoek.

Waarom deze indicator?

De Langetermijnvisie Schelde-[estuarium](#) (LTV, [1]) beoogt in het streefbeeld voor 2030 een gezond en dynamisch estuarien ecosysteem: 'Als één van de belangrijkste estuaria met een volledig eb- en vloedregime en complete zoet-zoutgradiënt in Europa is het estuariene ecosysteem, met al zijn typische habitats en levensgemeenschappen langs de zoet-zoutgradiënt, behouden en waar mogelijk versterkt.' De effecten van menselijke ingrepen, ten behoeve van de toegankelijkheid en de veiligheid, op het estuariene ecosysteem in het Schelde-estuarium maken de belangrijkste beheers- en beleidskwestie uit met betrekking tot natuurlijkheid.

Verschiedende aspecten komen aan bod om deze doelstellingen van de LTV op te volgen: de ontwikkeling in de oppervlakte van [ecotopen](#) of leefgebieden, de evolutie van de kantelindex die de diepteverhoudingen tussen de geulen van het [meergeulensysteem](#) weergeeft, de veranderingen met betrekking tot waterstanden, [getij asymmetrie](#) en de saliniteitsgradiënt. Mogelijke verbanden tussen menselijk ingrijpen in het estuarium en de gevolgen op de eigenschappen en het behoud van de functies van het estuarium (voedselweb, nutriëntencycli en hydro- en morfodynamiek) worden verder in dit document alsook in andere indicatoren besproken.

Als één van de kenmerken van een leefgebied verandert, dan kan het meer of minder geschikt worden voor de soorten die er al gevestigd waren en eventueel nieuwe soorten aantrekken. Ecologisch waardevolle leefgebieden in het Schelde-estuarium zijn de laagdynamische (met lage stroomsnelheid) ondiepwatergebieden, [intergetijdengebieden](#) (slikken, platen) en schorren. De slikken en platen zijn doorgaans rijk aan bodemdieren en bieden een belangrijke voedselbron voor vogels, bv. steltlopers. Vooral de gebieden met een middelmatig droogvalpercentage, d.i. het percentage van de tijd dat het slik of de plaat boven water ligt, zijn vanuit ecologisch standpunt het meest aantrekkelijk [2, 3]. Laagdynamische ondiepwatergebieden zijn essentieel voor de voortplanting en groei (kinderkamerfunctie) van vissen en schaal- en weekdieren. Schorren bieden dan weer nestgelegenheid voor vele vogelsoorten. Bovendien fungeren ze als vluchtplaats bij hoog water.

Met een 'ecotopenstelsel', een (hiërarchisch) classificatiesysteem van ecotopen, wil men naast het weergeven van de veranderingen in de verschillende leefgebieden doorheen de tijd, kunnen voorspellen hoe die leefgebieden zullen evolueren bij bepaalde ingrepen in het systeem en inschatten welke effecten



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

ten dat kan hebben op de leefgemeenschappen.

Het [meergeulenstelsel](#) van het estuarium, met de kenmerkende geleidelijke overgangen tussen platen, slikken, schorren, geulen en ondiep water, is van belang voor een veilige en vlotte scheepvaart (scheiding van vervoersstromen), de veiligheid tegen overstromen (komberging), de diversiteit aan [ecotopen](#) of leefgebieden, de [getiidoordringing](#), de sedimenthuishouding en [turbiditeit](#), en het ecologisch functioneren van het estuarium. Het streefbeeld 2030 van de LTV beoogt dan ook een instandhouding van dit meergeulenstelsel.

De [getijden](#)werking is bij uitstek één van de bepalende kenmerken van het Schelde-estuarium. Dit getij dringt vanaf de Noordzee het estuarium binnen tot ver in het binnenland. De Westerschelde, de Zeeschelde tot aan het sluizencomplex te Merelbeke 160 km stroomopwaarts van de monding, en (delen van de) zijrivieren staan onder invloed van dit getij. Het getij met [hoogwater](#)- en [laagwater](#)standen heeft een belangrijke invloed op onder meer de ontwikkeling van ecotopen, de verspreiding van soorten en habitats, de havens en de scheepvaart (bv. wachttijden, stromingen,...), recreatie, natuurbeleving en de veiligheid tegen overstromen. De [getiiasymmetrie](#) (met hier als maat de verhouding tussen de duur van vloed en eb), het sedimenttransport en de grootschalige morfologie van het Schelde-estuarium zijn verondersteld elkaar onderling te beïnvloeden.

De zout- of saliniteitsgradiënt in het estuarium van de Schelde wordt, net als de slibdynamiek, hoofdzakelijk bepaald door de getijdenwerking, de bovenafvoer van de rivier en de morfologie of de vorm/opbouw van de bodem. Deze factoren zorgen ervoor dat de hoeveelheid zouten opgelost in het water (de zoutconcentratie) variaties vertoont in tijd en ruimte. Daarnaast beïnvloeden de verstening van het binnendijks gebied en de aanleg van gemalen de zoutvariates door de snellere afvoer naar de rivier. Waar vroeger in de winter lage delen langere tijd onder water stonden, wordt dat water nu meteen afgevoerd. Voor de ecotopenstelsels in de Schelde is saliniteit een belangrijk indelingskenmerk, omdat het samen met het getij, deels verklarend is voor het voorkomen van soorten. Naast de gemiddelde zoutconcentratie zijn vooral de lokale zoutvariates, inclusief de extreme waarden, van belang voor het voorkomen van soorten. Het zoutgehalte beïnvloedt ook andere factoren zoals de zuurstofconcentraties, en de manier waarop waterplanten en -dieren zware metalen en andere chemische stoffen opnemen.

Het Schelde-estuarium is van nature een zeer dynamisch systeem dat sterk onder invloed staat van de getijbeweging en variaties in zoutgehaltes. Slikken, schorren, platen en geulen zijn constant onderhevig aan veranderingen. Deze [link](#) geeft een overzicht van de veranderingen die zich de afgelopen 2 eeuwen hebben voorgedaan op vlak van morfologie. Als gevolg van die dynamiek is het moeilijk om systematische veranderingen in de kenmerken van het estuarium, die mogelijk het gevolg zijn van een menselijke ingreep te onderscheiden van de natuurlijke variatie van het systeem.

Wat toont deze indicator?

Zowel Vlaanderen als Nederland maken werk van een ecotopenstelsel. Van het Nederlandse Zoute Wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) zijn op dit moment ecotopenkaarten en areaal- of oppervlaktegegevens beschikbaar voor 1996, 2001 en 2004 [4]. De ZES.1 ecotopenkaart wordt tweejaarlijks geproduceerd in het kader van de monitoring van de derde [verruiming](#). Voor het weergeven van historische trends in oppervlakten van ecotopen wordt in deze fiche beroep gedaan op de langere termijn gegevens die verzameld zijn in het kader van het Milieueffectrapport (MER) verruiming Vaargeul [2]. Deze ecotopenarealen zijn gebaseerd op globale of vereenvoudigde ecotopenkaarten (op hun beurt gebaseerd op het ZES.1). De verschillende typen ecotopenkaarten zijn niet bedoeld om onderling te vergelijken maar de globale ontwikkelingen in de ecotopenarealen van beide stelsels zijn wel dezelfde. Voor Vlaanderen zijn ecotoopgegevens eveneens beschikbaar in verschillende rapporten [5, 6]. Het Vlaamse ecotopenstelsel is volop in ontwikkeling en meer gedetailleerde ecotopenoppervlaktes (op lager niveau) worden verwacht in 2010. In het kader van het geïntegreerde monitoringprogramma voor het Schelde-estuarium wordt voorgesteld om de ecotopenkaart om de 3 jaar te maken voor de Beneden-Zeeschelde en om de

Indicatoren voor het Schelde-estuarium

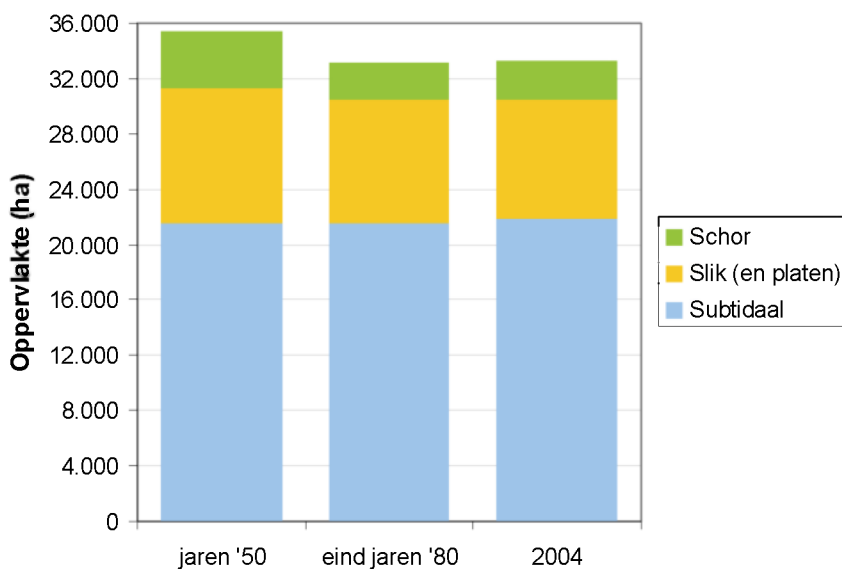
6 jaar voor de Boven-Zeeschelde, Rupel, Durme en bovenlopen. De Nederlandse en Vlaamse ecotopenstelsels zijn voorwerp van verder onderzoek, onder meer met betrekking tot de parameters die de classificatiesystemen ondersteunen en de ecologische relevantie en validatie van de opgestelde ecotopengrenzen (zie ook technische fiche van de meting [8]).

Op dit moment bestaat er geen algemeen of grensoverschrijdend ecotopenstelsel voor het gehele Schelde-estuarium. Voor het schor is hier wel een aanzet toe gedaan [7]. Vlaanderen en Nederland hebben echter in een gezamenlijk overleg (november 2009) besloten dat het Vlaamse ecotopenstelsel, met bijhorende indelingskenmerken [6], voortaan zal reiken van Gent tot Doel en het Nederlandse ZES.1 stelsel [4] zal reiken van Doel tot Vlissingen. Deze grens wordt gefundeerd vanuit de overgang van het zout gedomineerde deel van het estuarium met slikken en platen naar het zoet gedomineerde deel van het estuarium met enkel slikken.

Om een globaal beeld te kunnen schetsen van de ontwikkelingen in het volledige Schelde-estuarium worden in wat volgt, een aantal ecotopen of ecotoopgroepen (kaartlegenda) uit de typologie van de verschillende stelsels samengenomen. De methodiek wordt verder besproken in de technische fiche van de meting 'ontwikkeling van de ecotopen in het Schelde-estuarium' [8]. De deelbesprekingen voor de Westerschelde en Zeeschelde gaan verder in op de details van deze algemene ontwikkelingen en de eventuele oorzaken hiervan.

Ontwikkeling in de oppervlakte van de voornaamste ecotopen in het Schelde-estuarium

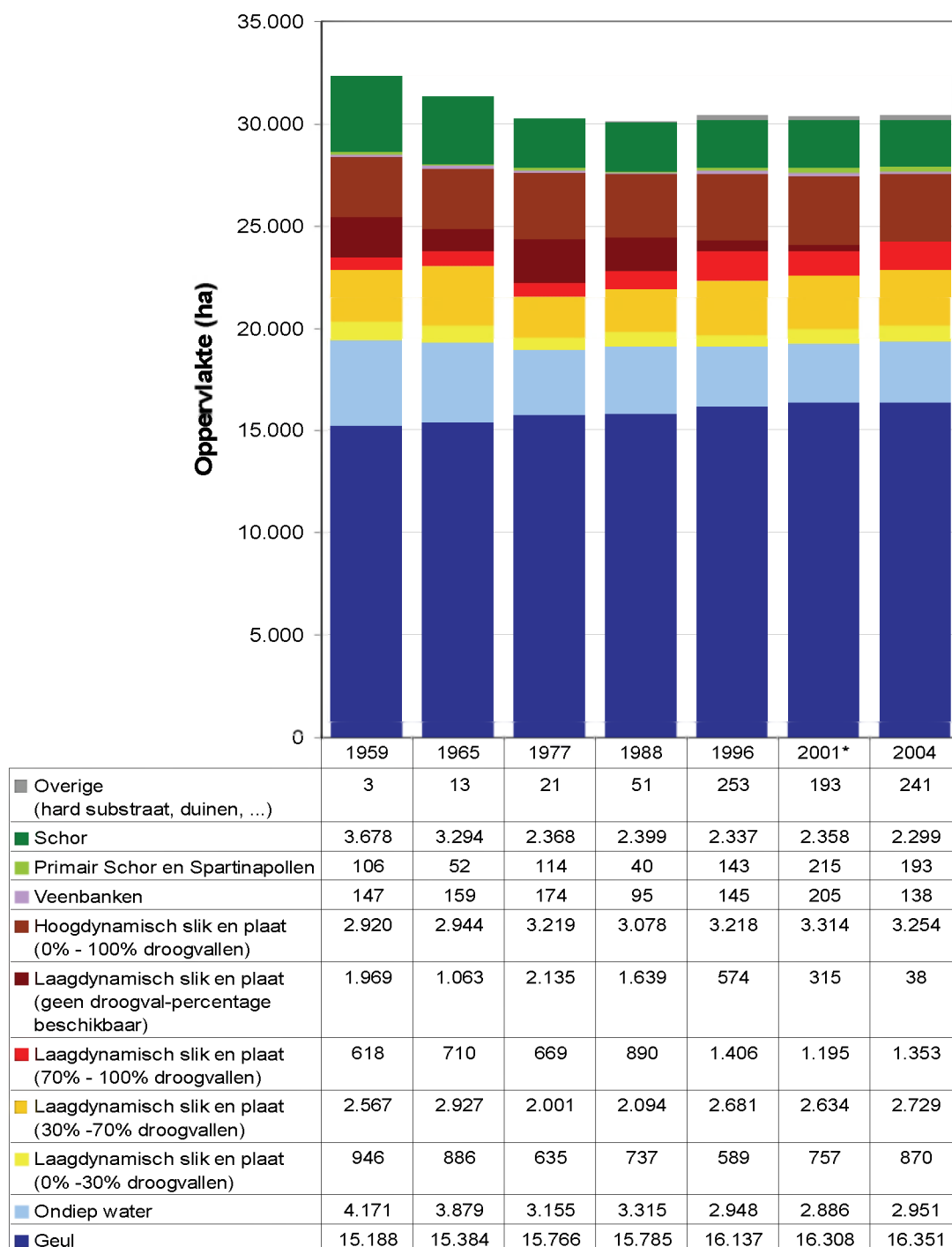
In 2004 is de slik (en plaat-)oppervlakte in het Schelde-estuarium (Westerschelde en Beneden-Zeeschelde) met 21% gedaald t.o.v. de jaren '50, een verlies van iets meer dan 1.000 ha. De schoroppervlakte was eind de jaren '80 nog slechts 64% van de oppervlakte in de jaren '50, een daling van om en bij de 1.500 ha. In 2004 werd terug lichte stijging van de schoroppervlakte waargenomen met 72 ha. De [subtidale](#) of sublitorale ecotopen zijn in dezelfde periode toegenomen in oppervlakte met 324 ha (zie figuur 1).



Figuur 1: Ontwikkeling in de oppervlakte van de voornaamste ecotopen (ecotoopgroepen) in het Schelde-estuarium (Westerschelde en Beneden-Zeeschelde). Bron: Alkyon, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek en Rijkswaterstaat.

Ontwikkeling in de ecotopenarealen van de Westerschelde

Voor het weergeven van trends in arealen of oppervlakten van ecotopen wordt een beroep gedaan op de vereenvoudigde ecotopenkaarten (zie figuren 2 en 3). De meest recente situatie in de Westerschelde wordt weergegeven aan de hand van de – meest gedetailleerde – ZES.1 ecotopenkaart 2004 (zie figuur 4).



Figuur 2: Ontwikkeling in de arealen van de vereenvoudigde of globale ecotopen in de Westerschelde.

*Het areaal geul en ondiep water dat hier gebruikt is, betreft de gegevens voor 2000 (cfr. databeschikbaarheid). Bron: Alkyon en Rijkswaterstaat, [2].

Indicatoren voor het Schelde-estuarium

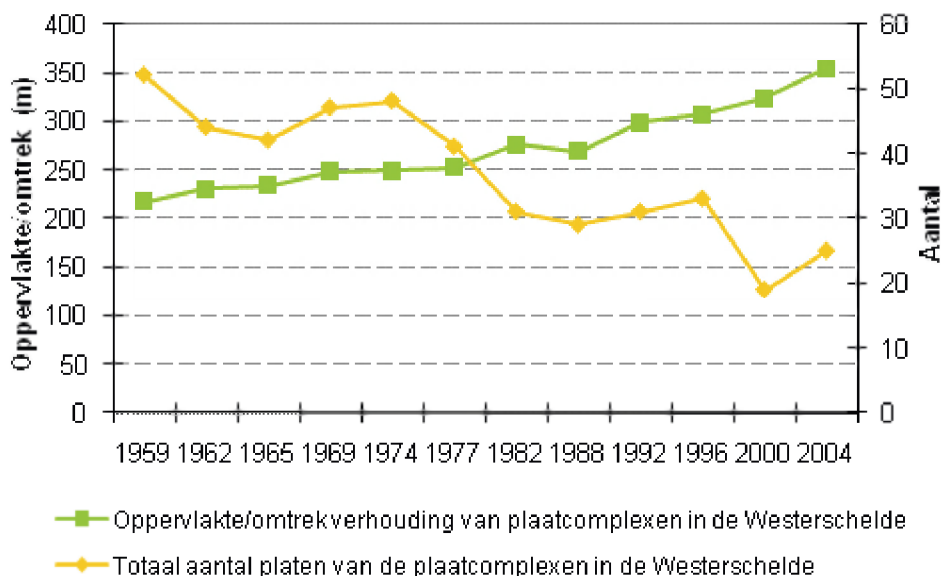
Het totale areaal van de ecotopen in de Westerschelde is in de periode 1959 – 2004 afgenomen van ruim 32.000 ha tot ongeveer 30.000 ha (zie figuur 2). Vooral de schorren (schor en primair schor) hebben een grote oppervlakte verloren (bijna 1.300 ha). Historisch (in de periode 1856 – 1960) is de schoroppervlakte in de Westerschelde toegenomen met ruim 850 ha dankzij de introductie van slijkgras (*Spartina sp.*) [van der Pluijm & de Jong, 1998]. De gebieden waar schorvorming mogelijk is, zijn voor een groot deel verdwenen sinds 1950 als gevolg van inpolderingen (zie verder). Ook het areaal ondiep water is gedaald met meer dan 1.200 ha en de laag- en hoogdynamische slikken en platen zijn afgenomen met 776 ha. Het areaal geul is daarentegen toegenomen met meer dan 1.100 ha.

Inpolderingen aan de landzijde van de Westerschelde en erosie door de migratie van de geulen bepalen de afnemende trend (1959 - 1996) in de oppervlakte van de slik- en schorecotopen. Ondermeer de bouw van de Sloehaven (macrocel 1, voor de ligging van de macrocellen wordt verwezen naar de indicator 'bodemberoerende activiteiten' [9]) en de inpoldering ter hoogte van Appelzak (macrocel 7) veroorzaakten een verlies in de slik- en schoroppervlakte van respectievelijk 500 en 940 ha. Het stoppen van de inpolderingen en het vastleggen van de geulen met bestortingen heeft deze trend tot stilstand gebracht en op bepaalde plaatsen is na 1996 een toename van het areaal slikken en schorren waargenomen.

In 1959 bedroeg het areaal laagdynamische slikken 87% van het totale areaal aan slikken. Dit percentage is in 2001 gedaald tot 80% waarna het terug is gestegen tot 83% in 2004. Voor de slikken kan geen uitspraak worden gedaan over de veranderingen in de droogvalpercentages omdat hier te veel gegevens ontbreken.

De afname van het areaal ondiep water heeft zich vooral voorgedaan binnen de plaatcomplexen, als gevolg van het verdwijnen van kortsluitgeulen en scharen in de meeste plaatcomplexen. De platen zijn hierdoor over het algemeen hoger en droger geworden: een verschuiving van lage naar hoge droogvalpercentages.

Ook het aantal platen per plaatcomplex en de grilligheid van de plaatranden (zie figuur 3) is afgenomen door de afname van het aantal kortsluitgeulen en scharen. Het totaal aantal platen van de plaatcomplexen in de Westerschelde is in de periode 1959 – 2000 gedaald van 52 naar 19, waarna het aantal in 2004 weer licht is toegenomen tot 25. De oppervlakte/omtrek verhouding van alle plaatcomplexen in de Westerschelde samen is gestegen van 217 m tot 354 m in de onderzochte periode. Als gevolg van deze ontwikkelingen zijn er minder foerageermogelijkheden voor vogels (steltlopers) langs de waterlijn.



Figuur 3: Ontwikkeling in het totaal aantal platen van de plaatcomplexen in de Westerschelde en de oppervlakte/omtrek verhouding van alle plaatcomplexen in de Westerschelde samen. Bron: Alkyon en Rijkswaterstaat, [2].



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Grootschalige veranderingen in de waterbeweging en de ligging en ontwikkeling van de geulen in de Westerschelde vormen waarschijnlijk de oorzaak voor de afname van de kortsluitgeulen en de scharen die de plaatcomplexen insteken. In de afgelopen eeuwen werd de waterbeweging steeds meer geconcentreerd in de hoofdgeul. Verschillende factoren liggen aan de basis van deze veranderingen: de natuurlijke dynamiek, inpolderingen en afdammingen, het aanbrengen van bestortingen, het baggeren van geulen en drempels en veranderingen buiten de Westerschelde. Het is echter niet mogelijk om oorzaak- en gevolg relaties te onderscheiden omdat waterbeweging en de ontwikkeling van de geulen sterk gekoppeld zijn [2].

Het areaal hoogdynamische platen is groter geworden, terwijl het laagdynamische plaat in oppervlakte is afgenomen. Hoogstwaarschijnlijk zijn de stroomsnelheden ter plaatse toegenomen [2]. Deze ontwikkeling wordt als ecologisch ongunstig gezien omdat de hoogdynamische platen een minder aantrekkelijke vestigings- en standplaats voor bodemfauna vormen. Voor de Westerschelde als geheel, inclusief slikken langs de randen van de Westerschelde, kan hier geen uitspraak over gedaan worden gezien het ontbreken van gegevens (zie hoger).

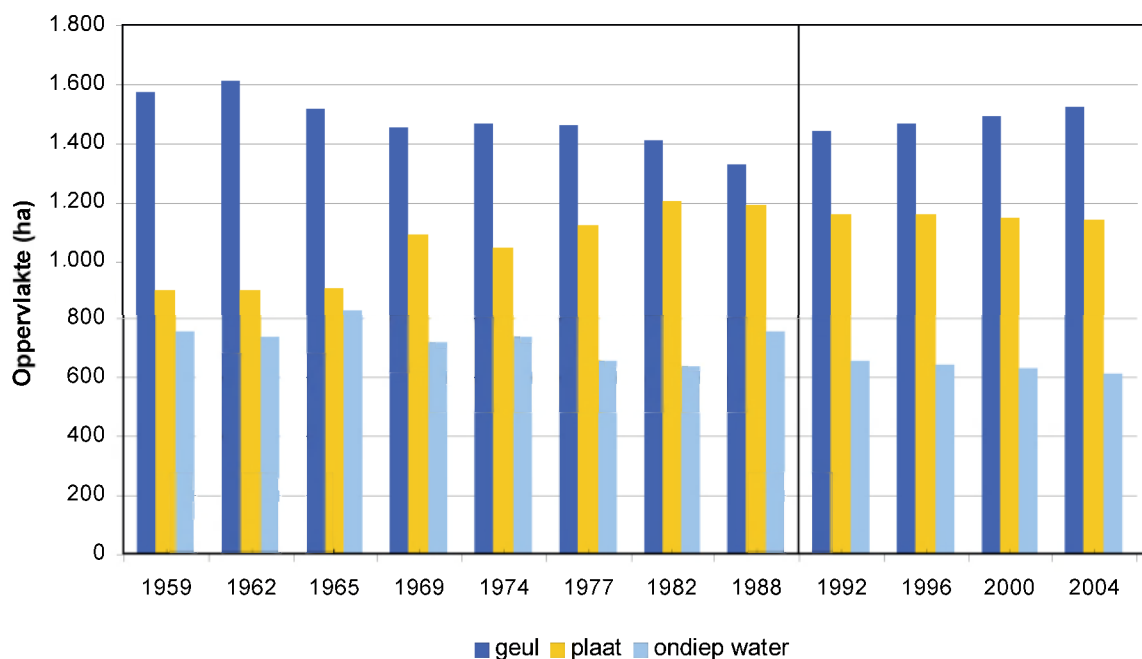
Voor de platen werd in de studie van de MER verruiming vaargeul [2] een conceptueel model uitgewerkt dat de veranderingen in de morfologische ontwikkelingen (die op hun beurt bepalend zijn voor de veranderingen in de natuur) probeert te verklaren. Het ecologisch meest aantrekkelijke ecotoop is volgens deze studie de laagdynamische plaat (30 – 70% droogvallen) omdat deze relatief goede leefomstandigheden biedt voor bodemdieren, die op hun beurt voedsel zijn voor de vogels. Bovendien hebben vogels in dit ecotoop ook voldoende tijd om te foerageren. Dit ecotoop is afgenomen van 1.420 ha in 1959 tot 1.075 ha in 2004.

Bagger-, stort- en zandwinactiviteiten kunnen, naast andere menselijke en natuurlijke factoren, van invloed zijn op de diversiteit aan ecotopen in het Schelde-estuarium. Welk aandeel deze activiteiten hebben in het totale pakket van invloedsfactoren, is niet bekend. Wel is in enkele gevallen een mogelijk verband gevonden tussen de morfologische ontwikkelingen (die van belang zijn voor de ecologische ontwikkelingen) en specifiek de bodemberoerende activiteiten. Hieronder volgt een bespreking per macrocel. Voor de afbakening van de macrocellen wordt verwezen naar de indicator 'bodemberoerende activiteiten' [9].



De gevolgen van baggeren, storten en zandwinning kunnen in oorzakelijk verband gebracht worden met wijzigingen in oppervlakte van ecotopen. Volgens de MER kan die invloed in het westelijk deel (macrocellen 1, 2 en 3) als beperkt beschouwd worden. In macrocel 4 werd in de periode 1955 - 2004 meer sediment gestort dan onttrokken en is het waarschijnlijk dat de morfologische ontwikkelingen mede worden bepaald door het baggeren en storten. In macrocel 5 werd tot de jaren '90 netto gestort (groen kader, zie figuur 4). Het areaal geul nam af met ongeveer 250 ha en het areaal plaat nam toe met 290 ha. De stortingen in het stortvak in de Schaar van Waarde hebben waarschijnlijk in belangrijke mate bijgedragen tot het toenemen van het sedimentvolume van de Platen van Valkenisse. Vanaf de jaren '90 werd netto gebaggerd (rood kader, zie figuur 4) in macrocel 5. Het areaal plaat is vanaf dan licht gedaald, het areaal geul is terug gestegen.

Macrocel 5 (rondom de platen van Valkenisse)



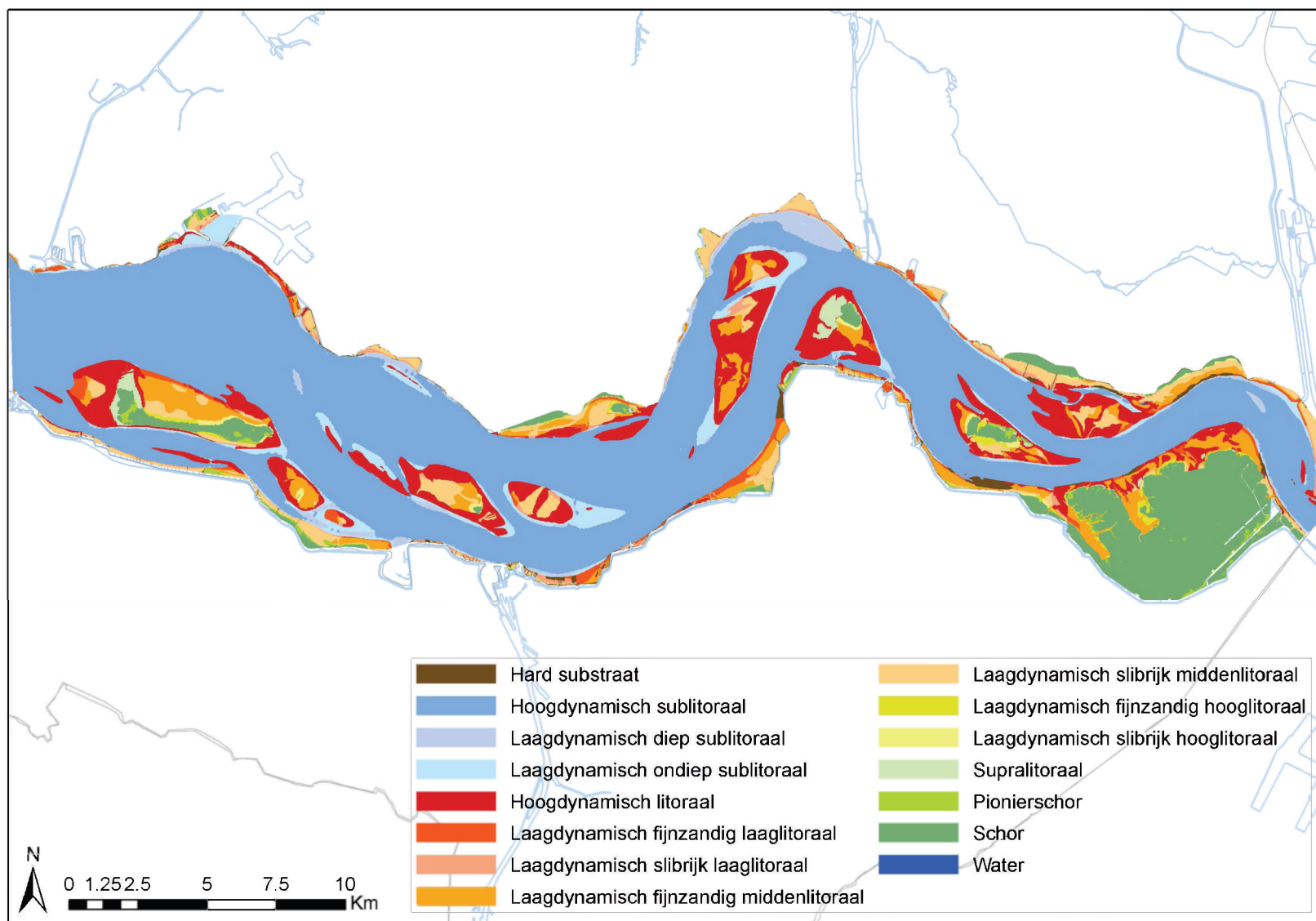
Figuur 4: Oppervlakte plaat, ondiep water en geul in macrocel 5. Het groene kader geeft de jaren weer waarin netto werd gestort, het rode kader geeft de jaren weer waarin netto werd gebaggerd. Bron: Alkyon en Rijkswaterstaat, [2].

Menselijke ingrepen bepalen ook in macrocellen 6 en 7 voor een belangrijk deel de morfologische ontwikkelingen. De hoofdgeul wordt door baggeren op de vereiste nautische breedte en diepte gehouden. Ter hoogte van de Appenzak is het areaal schor meer dan gehalveerd door inpoldering.

In figuur 5 wordt de ligging van de verschillende ecotopen uit het ZES.1 ecotopenstelsel ruimtelijk voorgesteld. Het ZES.1 ecotopenstelsel is gedetailleerder en gebaseerd op meer achtergrondgegevens dan het vereenvoudigde ecotopenstelsel van de MER verruiming vaargeul. De ZES.1 ecotopenkaart voor de Westerschelde 2008 is in opmaak en wordt nog in 2010 verwacht.



Indicatoren voor het Schelde-estuarium



Figuur 5: Ecotopenkaart Westerschelde (2004). Bron: Rijkswaterstaat



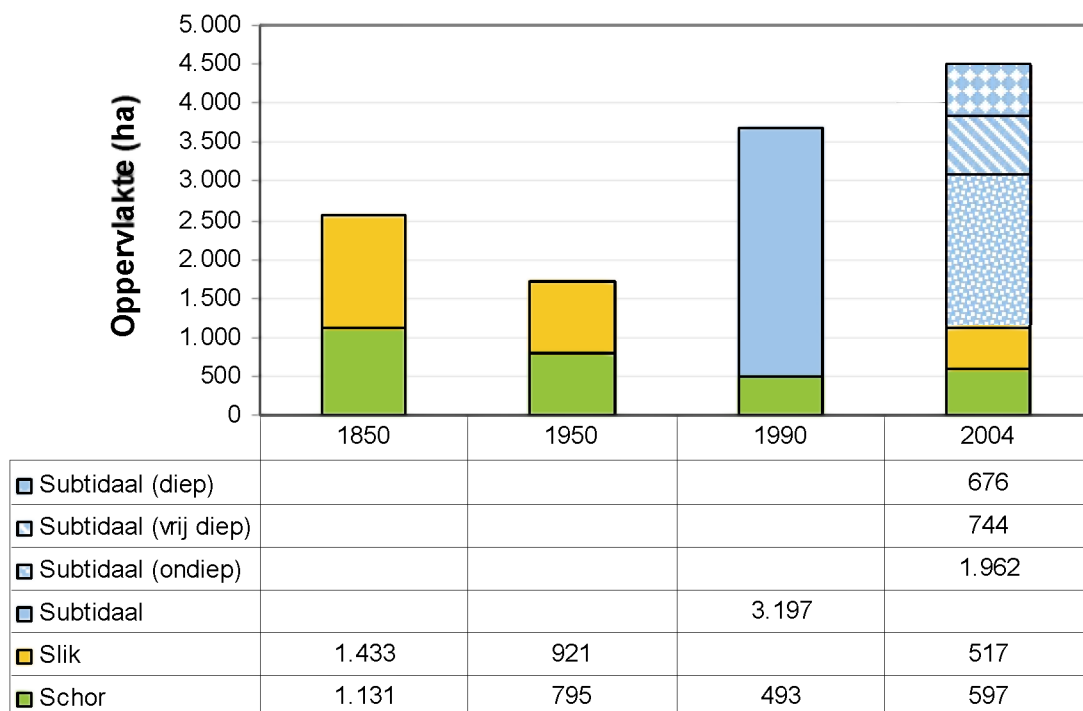
Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Ontwikkeling in de ecotopenarealen van de Zeeschelde

In 2004 is de schoroppervlakte in de Zeeschelde ongeveer gehalveerd t.o.v. 1850 en is de slikoppervlakte nog ongeveer een derde van de oppervlakte in 1850 (zie figuur 6). Daarnaast is in 2004, ongeveer 185 ha subtidaal (sublitoraal) gebied bijgekomen. Bijna 60% van dit subtidale gebied is bovendien diep, terwijl slechts 20% uit ondiep gebied bestaat.

Het grootste aandeel intergetijdengebied ging verloren tussen 1850 en 1950 als gevolg van inpolderingen of 'rivierwinning'. Het verlies aan intergetijdengebied tussen 1950 en 1990 is vooral te wijten aan infrastructuur- en dijkwerken. De laatste decennia is vooral erosie verantwoordelijk voor habitatverlies [5].

Een hoge sedimenttoevoer zorgt ervoor dat het schor de steeds toenemende hoogwaterstanden (zie verder) kan volgen maar omdat geen zijdelingse schoruitbreiding mogelijk is door de dijken, wordt de overgang van geul naar schor steeds steiler. Deze toenemende helling zorgt voor onstabiliteit van schor, slik en ondiepe sublitorale zones. Bijkomende ruimte voor de rivier (zie kansen en bedreigingen) kan hieraan verhelpen [5].

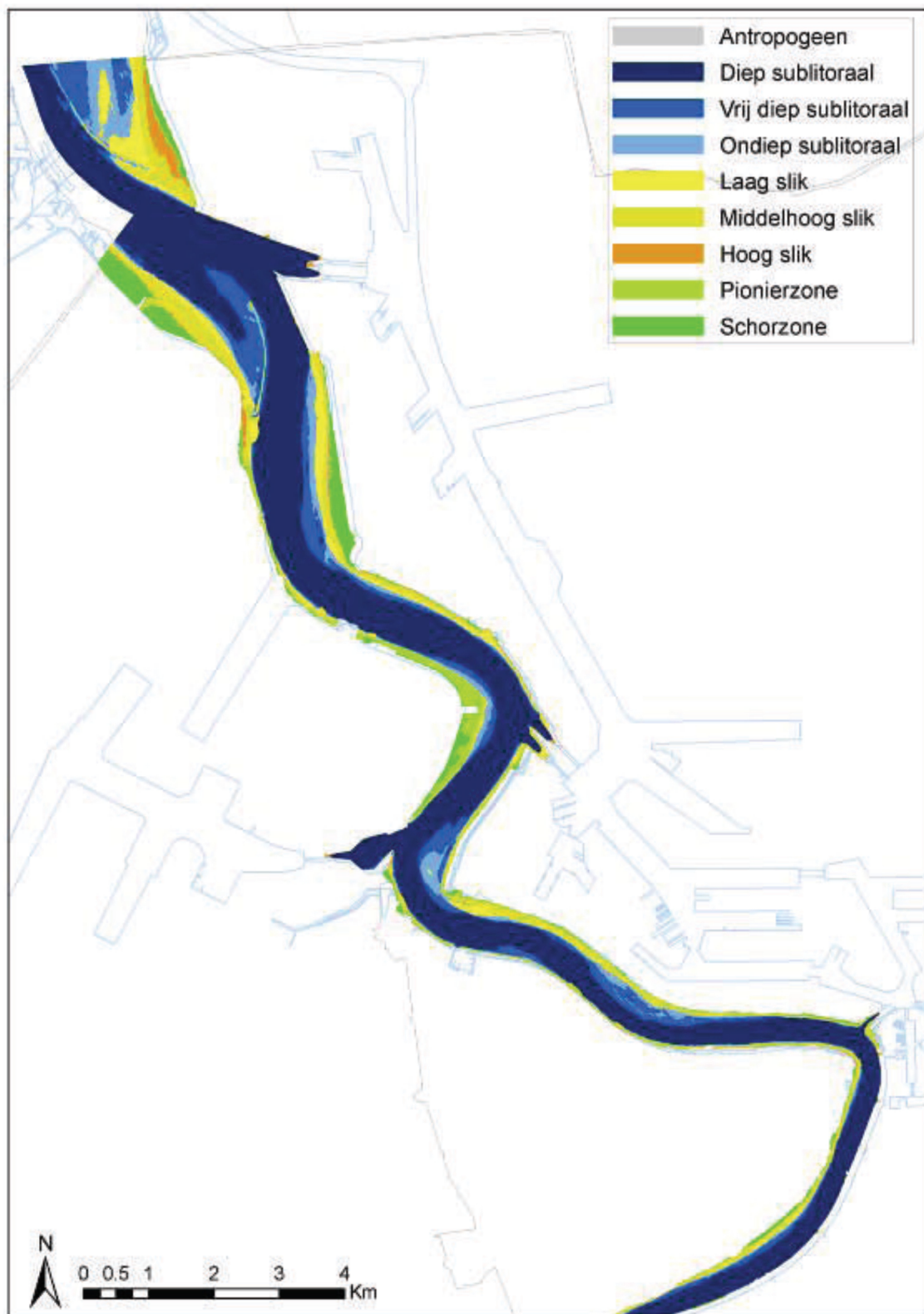


Figuur 6: Ontwikkeling in de oppervlakte van de ecotopen in de Zeeschelde (exclusief Tijarm en zijrivieren). Bron: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, [5]

In figuur 7 is de ecotopenkaart van de Zeeschelde weergegeven (situatie 2004). De berekende oppervlaktes van deze gedetailleerde ecotopenklassen (op lager niveau) worden vermoedelijk beschikbaar gesteld in 2010.



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

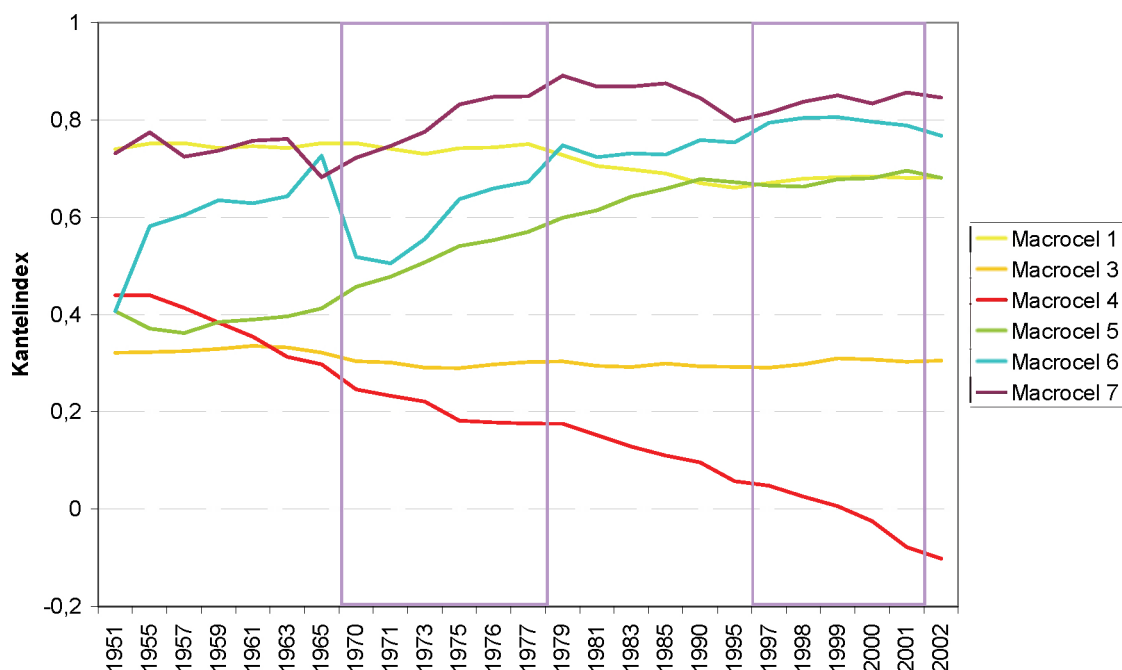


Figuur 7: Ecotopenkaart Zeeschelde (gebied Haven van Antwerpen, 2004). De volledige kaart is te consulteren via de indicatorpagina: <http://www.scheldemonitor.be/indicatorfiche.php?id=8>. De detaildata die deze kaart onderbouwen, zijn medio 2010 nog niet publiek beschikbaar maar worden vermoedelijk toegankelijk in 2010. Bron: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Ontwikkeling van het geulensstelsel

Er bestaan verschillende manieren om de ontwikkeling van het geulensstelsel in de Westerschelde op te volgen (het kenmerkende meergeulenkarakter van de Westerschelde is afwezig in de Zeeschelde waarvoor deze vraag zich daar niet stelt). Op dit moment is de meest uitgewerkte meting, waarvoor een lange tijdsreeks beschikbaar is, de verhouding tussen de diepte van de [eb- en vloedgeul](#) in een macrocel. Meestal betreft dit hier respectievelijk [hoofd- en nevengeul](#) (behalve in macrocel 4). Deze verhouding kent men als de kantelindex $K(t)$. De ontwikkeling in de kantelindex geeft veranderingen in de stabiliteit van het geulensysteem aan: in welke richting het systeem kantelt en hoeveel het kantelt. Als deze verhouding systematisch groter of kleiner wordt, is sprake van een degeneratie van het geulensstelsel. Een positieve waarde van $K(t)$ geeft aan dat de diepte van de ebgeul groter is dan die van de vloedgeul. In het kader van de flexibele stortstrategie (zie ook indicator 'bodemberoerende activiteiten' [9]) zijn kwaliteitsparameters uitgewerkt die onder meer ook de instandhouding van het meergeulensstelsel moeten monitoren en garanderen. De uitwerking van de evaluatiemethodiek in het kader van het geïntegreerde Vlaams-Nederlandse monitoringprogramma voor het Schelde-estuarium zal verder aanleiding geven tot het op punt stellen van een gedragen graadmeter voor de instandhouding van het geulensysteem.

Over het algemeen wordt gesteld dat de geulen van de Westerschelde gemiddeld verdiept en/of verbreed zijn in de periode 1951 - 2002. Door verdiepingen van de hoofdgeulen tijdens en na de eerste en tweede [verruiming](#) (zie paarse kaders in figuur 8) zijn de hoofdgeulen (hier ebgeulen) in het oostelijk deel van de Westerschelde in de periode 1951 - 2002 gemiddeld dieper geworden en stijgt de kantelindex voor dit gebied (macrocellen 5, 6 en 7). Ook in het centrale deel van de Westerschelde (macrocel 4) wordt de hoofdgeul (hier uitzonderlijk vloedgeul) dieper en de nevengeul (hier ebgeul) ondieper, en krijgt de kantelindex hier als gevolg van de definitie, een dalende waarde. Dit proces werd mogelijk versterkt door de tweede verdieping en duidt, volgens de definitie van de kantelindex, op een degeneratie van het geulensstelsel. In het westelijk deel (macrocel 1 en 3) is de diepte van de hoofdgeulen (ebgeulen) en van de vloedgeulen (nevengeulen) dan weer stabiel gebleven (zie figuur 8) [10, 11].



Figuur 8: Verandering van de kantelindex (verhouding tussen de diepte van de eb- en vloedgeul) per macrocel van de Westerschelde. De verruimingsjaren zijn weergegeven in een paars kader. Bron: Delta-res, [10, 11].

Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Waterstanden en getijasymmetrie in het Schelde-estuarium

Hoog- en laagwaterstanden

In de inhoudelijke samenvatting van de indicator 'veiligheid tegen overstromen' [12] worden de gegevens van de 10-jarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaterstanden in detail besproken. De conclusies worden hier samengevat.

De 10-jarlijkse gemiddelde **hoogwater**standen in het Schelde-estuarium vertonen sinds 1888 een uitgesproken stijgende trend. In de periode 1991 – 2000 was de gemiddelde hoogwaterstand per meetstation 37 tot 127 cm hoger dan in de periode 1888 – 1895.

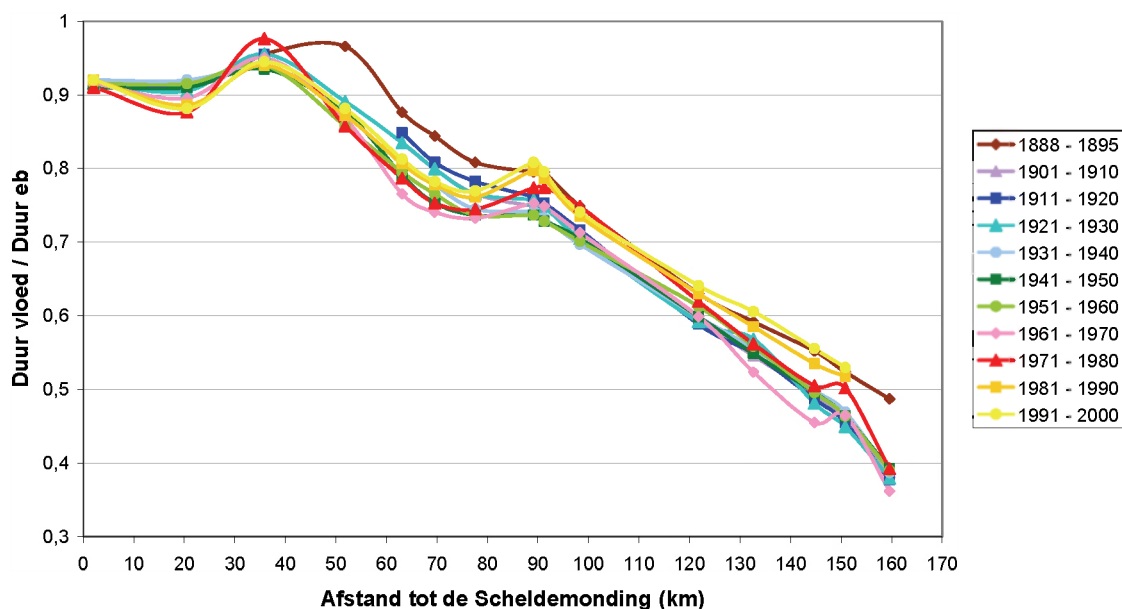
De evolutie van de gemiddelde **laagwater**standen is minder eenduidig. In het oostelijke deel van de Westerschelde en in de Zeeschelde zijn deze (beperkt) gedaald. In het westelijke deel van de Westerschelde zijn de gemiddelde laagwaterstanden dan weer toegenomen.

In het gehele Schelde-estuarium is het verschil tussen de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden (of de getijamplitude) toegenomen sinds 1888. Voor de Zeeschelde is deze trend meer uitgesproken dan voor de Westerschelde.

De maximale gemiddelde hoogwaterstand en de minimale gemiddelde laagwaterstand zijn sinds 1888 stroomopwaarts verschoven.

Getijasymmetrie

Een globale maat voor de asymmetrie van het verticale getij (het stijgen en dalen van de waterspiegel in het Schelde-estuarium) is de verhouding tussen de duur van vloed en eb. In het hele Schelde-estuarium duurt de vloed korter dan de eb (vloeddominantie), wat zich algemeen vertaalt in grotere vloedsnelheden. Deze asymmetrie varieerde enigszins doorheen de voorbije decennia en het verschil in de verhouding was het grootst in de Zeeschelde (zie figuur 9). Historisch heeft zich in enkele eeuwen tijd een verlenging van de vloedduur en verkorting van de ebduur voorgedaan. Het getij is met andere woorden minder vloeddominant geworden [13].



Figuur 9: 10-jarlijkse gemiddelde getijasymmetrie voor de periode 1880-2000 (Westerschelde-Zeeschelde). Bron: Waterbouwkundig Laboratorium



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Saliniteitsgradiënt

Het Schelde-estuarium is één van de laatste estuaria in Europa waar nog een volledige gradiënt van het zoute naar het zoete getijdengebied aanwezig is. Een van de doelstellingen i.v.m. natuurlijkheid is het behouden van deze estuariene gradiënt.

Er bestaan verschillende mogelijkheden om de ontwikkelingen met betrekking tot de saliniteitsgradiënt in het Schelde-estuarium in beeld te brengen. Het beoordelingskader Schelde-estuarium [14] stelde voor om verschuivingen in de locatie (als afstand in km vanaf de lijn Vlissingen – Breskens) van de overgangen tussen de verschillende saliniteitszones (sterk brak of polyhalien, matig brak of mesohalien, licht brak of oligohalien en zoet, bepaald aan de hand van gemiddelde saliniteitswaarden voor de winter- en zomerperiode) op te volgen om deze gradiënt te evalueren op veranderingen. In het project Monitoring van de effecten van de tweede verruiming [15] werd gekeken naar veranderingen in de jaargemiddelde zoutgehalten op verschillende meetpunten in de Westerschelde. In het strategisch milieueffectenrapport (S-MER) voor de ontwikkelingsschets 2010 [16] werd de huidige lengte van de gradiënt (afstand tussen de zoet/brak overgang en de brak/sterk brak overgang, bepaald aan de hand van hydrodynamische 2D modelberekeningen aangevuld met deskundigeninschattingen) samen met de locatie van het midden van de gradiënt (km vanaf de monding) vergeleken met een referentiesituatie (1900). Hier werd als mogelijke extra graadmeter verwezen naar de jaarlijkse variatie van het zoutgehalte op bepaalde locaties. Daarnaast werd ook aanbevolen om saliniteit in drie dimensies te bekijken omdat in sommige gevallen een zekere gelaagdheid of verticale variatie in het zoutgehalte kan ontstaan. In het basisrapport Zoutdynamiek van de MER verruiming vaargeul [17] werd op basis van een 3-dimensionaal hydrodynamisch model de situatie in 2005 in kaart gebracht waarbij onder meer wordt gekeken naar horizontale en verticale verschillen tussen het maximale en minimale zoutgehalte. In het ZES.1 ecotopenstelsel wordt de zoutvariatie als indelingskenmerk berekend op basis van gemiddelde saliniteit en standaarddeviatie [4]. Met betrekking tot de doelstelling voor natuurlijkheid en de impact op ecologie, wordt ook aangeraden een frequentieanalyse van het optreden van extreme zoutgehalten en de tijdsperiode waarover deze extremen optreden, uit te voeren.

Verschillende instellingen verzamelen data met betrekking tot saliniteit in het Schelde-estuarium (Nederlands Instituut voor Ecologie, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie; Rijkswaterstaat; Vlaamse Milieumaatschappij, Waterbouwkundig Laboratorium ...). In het kader van de werkgroep Onderzoek & Monitoring van de Vlaams Nederlandse Scheldecommissie en het geïntegreerde monitoringprogramma [18] worden monitoring- en analysetechnieken grensoverschrijdend op elkaar afgestemd en geïntegreerd. Verder worden deze data samengebracht en, in de mate van het mogelijke, aangeboden in geïntegreerde tijdsreeksen in het dataportaal van de Scheldemonitor. Een gebiedsdekkende analyse van de zoutgradiënt over een langere tijdsperiode (en voldoende kleine tijdsintervallen) is voorts nog niet beschikbaar. Het analyseren en interpreteren van deze gegevens staat echter buiten deze opdracht.

Waar komen de data vandaan?

- De gegevens over de ecotopen in de Westerschelde zijn eigendom van Rijkswaterstaat (RWS), Dienst Zeeland en aangeleverd door RWS Dienst Zeeland en Alkyon. De gegevens over ecotopen in de Zeeschelde zijn eigendom van en aangeleverd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- De gegevens van de kantelindex werden aangeleverd door Deltares.
- De gegevens over waterstanden en getij asymmetrie, waar in deze tekst naar wordt verwezen, zijn afkomstig van het Waterbouwkundig laboratorium in Borgerhout.
- Gegevens met betrekking tot het zoutgehalte kunnen opgevraagd worden bij verschillende instituten (Rijkswaterstaat – Waterdienst: Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands, Meet-



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

net Zeeuwse Getijdewateren; Vlaamse Milieumaatschappij; meetnet oppervlaktewater; Nederlands Instituut voor Ecologie - Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie,...) of geraadpleegd worden via het dataportaal van de ScheldeMonitor (<http://www.scheldemonitor.org/dataportal.php>).

Kansen en bedreigingen

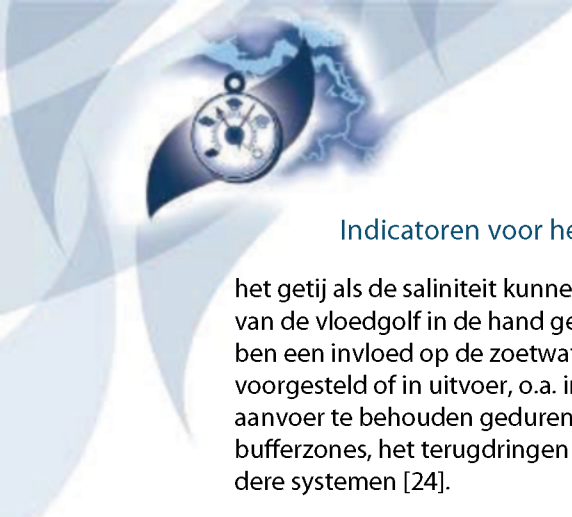
De inspanningen die worden geleverd om de morfologie en dynamiek van het Schelde-estuarium in kaart te brengen, hebben in de afgelopen decennia een grote rijkdom aan data en kennis opgeleverd. Deze schat aan informatie zal ook de komende jaren blijven toenemen en belangrijke beheers- en beleidsvragen verder ondersteunen.

De ecotopenstelsels van de Westerschelde en Zeeschelde zijn een belangrijk instrument voor het beleid en beheer van het Schelde-estuarium. Ze kunnen gebruikt worden bij het voorbereiden van milieueffectrapportages (MER) en het opvolgen van de doelstellingen van de Langetermijnvisie. Ook voor de Kaderrichtlijn Water leveren de ecotopenstelsels cruciale informatie aan bij de beschrijving van de referentiesituatie van de biologische kwaliteitselementen (zie indicator 'kwaliteit van het oppervlaktewater') of voor het afbakenen van instandhoudingsdoelstellingen in het kader van de Habitat- en Vogelrichtlijn (zie indicator 'status van soorten en habitats'). Ecotopen krijgen echter pas echt betekenis als ze ook daadwerkelijk de leefgemeenschappen weergeven die daarbij horen. De ecologische relevantie en validatie van de opgestelde ecotopen en klassengrenzen (zowel voor Zeeschelde als voor Westerschelde) worden daarom verder onderzocht [19, 20]. De afbakening van ecotopenklassen (en grenzen), zoals deze nu voorligt, kan dus nog veranderen naarmate de kennis vordert.

Met het Sigmaplan worden in het Schelde-estuarium, naast de [gecontroleerde overstromingsgebieden](#) die vooral zijn gericht op de veiligheid tegen overstromen, ontpolderingen, aantakkingen en [gecontroleerd gereduceerd getijgebieden](#) verwezenlijkt die nieuwe estuariene natuur (slik en schor) creëren. Ook het natuurschap Westerschelde wil nieuwe estuariene natuur realiseren (zie indicator 'bescherming en ontwikkeling van natuurgebieden'). Door het verlies van laagdynamisch habitat tijdens de voorbije eeuw, is het areaal van geschikt foerageer- en opgroeigebied voor vogels en vissen afgenomen. De nieuw gecreëerde estuariene natuur schept dan ook nieuwe kansen voor deze soorten.

Bagger-, stort- en zandwinwerkzaamheden (zie indicator 'bodemberoerende activiteiten') hebben in het verleden, samen met natuurlijke ontwikkelingen en andere menselijke ingrepen (inpolderingen, infrastructuurwerken, ...), het meergeulenstelsel van de Westerschelde en ook de Zeeschelde beïnvloed, met gevolgen voor de aanwezige leefgebieden in het Schelde-estuarium. In het kader van de huidige vergunningen voor de verruiming en het onderhoud van de vaargeul in de Westerschelde zijn enerzijds maximale storthoeveelheden of stortcapaciteiten vastgelegd, die als doel hebben het meergeulen karakter in stand te houden. Anderzijds is er ruimte gecreëerd voor een 'flexibele stortstrategie' waarbij het storten van baggerspecie wordt bijgestuurd op basis van het nauwgezet opvolgen van kwaliteitsparameters om zo ongewenste effecten tegen te gaan. Door het storten van baggerspecie op de plaatranden (naast neven- en hoofdgeulen) wordt verder beoogd om ecologisch waardevol ecotoop te creëren. De eerste proefstortingen bij de plaat van Walsoorden waren morfologisch een succes en brachten geen negatieve effecten met zich mee voor de ecologie [21]. Bodemberoerende activiteiten kunnen ook onrechtstreeks de saliniteitsverdeling in het estuarium beïnvloeden door de geometrie van het estuarium en zo de mengingsprocessen te verstoren. Voor het nagaan van de effecten van bodemberoerende activiteiten en andere menselijke ingrepen op de slibdynamiek en slibbalans in het estuarium werd een 3-dimensionaal slibtransportmodel ontwikkeld [22]. Een eerste conclusie uit de studies m.b.t. het slibmodel, is dat baggerwerken in de havens een relatief klein effect hebben op de slibgehalten in het systeem. Voor de haven van Antwerpen is de menselijke invloed wel merkbaar ten opzichte van de natuurlijke variaties [23].

De huidige [zeespiegelstijging](#) kan resulteren in een verdere doordringing van het getij in het binnenland waardoor het zoute water verder stroomopwaarts kan komen. Ook het meergeulensysteem is van invloed op de getijkarakteristieken zodat ingrepen op dit systeem (bv. het verlagen van drempels) zowel



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

het getij als de saliniteit kunnen veranderen. Historisch hebben inpolderingen een verdere doordringing van de vloedgolf in de hand gewerkt. Ingrepen in het bovenbekken of een veranderd sluisbeheer hebben een invloed op de zoetwateraanvoer en zo ook op de zoutgradiënt. Verschillende maatregelen zijn voorgesteld of in uitvoer, o.a. in het kader van het geactualiseerde Sigmaplan, om voldoende zoetwateraanvoer te behouden gedurende het hele jaar: het vergroten van de retentietijd door de aanleg van bufferzones, het terugdringen van kanalisering en geen verdere verdeling van het zoete water naar andere systemen [24].

De fiches van de metingen bij deze indicator beschrijven de beperkingen in definities, data en methode. De fiches zijn beschikbaar via: <http://www.scheldemonitor.org/indicatorfiche.php?id=2>

Koppeling met andere indicatoren/metingen?

De koppelingen tussen indicatoren komen in 'kansen en bedreigingen' reeds aan bod. Het behoud van het meergeulensysteem van de Westerschelde is ook van belang voor de scheiding van vervoersstromen en draagt bij tot een veilige en vlotte scheepvaart (zie indicator 'nautisch beheer') en bevordert daardoor het 'socio-economisch belang van de havens'. De getijdenwerking is niet alleen één van de determinerende kenmerken van het estuariene Schelde-ecosysteem, ze is ook van invloed op de overstromingsrisico's langs het estuarium (zie indicator 'veiligheid tegen overstromen'). Zoals in de inleiding (waarom deze indicator?) reeds gesteld werd, is het zoutgehalte in het Schelde-estuarium van invloed op een aantal chemische processen. De oplosbaarheid van zuurstof verhoogt bv. bij lagere saliniteitsgehalten. Het zoutgehalte is dus één van de rechtstreekse invloeden op de zuurstofconcentratie in het water (zie ook indicator 'kwaliteit van het oppervlaktewater'). De beschikbaarheid van zware metalen voor organismen (zie indicator 'belasting door milieuverontreinigende stoffen') hangt ook samen met de saliniteit. Een sterke verandering in de saliniteitsgradiënt of in de dagelijkse en/of seizoensgebonden schommelingen van de zoutconcentratie kan een effect hebben op de typische leefgemeenschappen langs het Schelde-estuarium (zie indicator 'status van soorten en habitats'). Veranderingen in het bodemgebruik (bv. de verharde of bebouwde oppervlakte, kanalisering en andere waterbeheer-infrastructuur) kunnen de zoetwaterafvoer en zo de saliniteit(svariatie) in het estuarium beïnvloeden (zie indicator 'bevolkingsdruk').

Hoe verwijzen naar deze fiche?

Anon. (2010). Behoud van morfologie en dynamiek. Indicatoren voor het Schelde-estuarium. Opge maakt in opdracht van Afdeling Maritieme Toegang, projectgroep EcoWaMorSe, Vlaams Nederlandse Scheldecommissie. *VLIZ Information Sheets*, 207. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende. 17 pp.

Online beschikbaar op <http://www.scheldemonitor.org/indicatoren.php>

Referenties

[1] **Directie Zeeland; Administratie Waterwegen en Zeewezen** (2001). Langetermijnvisie Schelde-estuarium. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Directie Zeeland/Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Waterwegen en Zeewezen: Middelburg, The Netherlands. 86 pp. + toelichting 98 pp., [details](#)

[2] **Anon.** (2007). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde; Achtergronddocument Morfologische ontwikkeling Westerschelde; Fenomenologisch onderzoek naar de ontwikkelingen op meso-schaal. Rijkswaterstaat Zeeland/Departement Mobiliteit Openbare Werken. Afdeling Maritieme Toegang: Middelburg/Antwerpen. 102 pp., [details](#)

[3] **Wetsteijn, B. et al.** (2007). Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43': MOVE-rapport 9, deel II: Biologische en chemische hypothesen 2006 : Onderliggende rapportage bij MOVE rapport 10



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

Eindrapportage 2006. MOVE Hypothesendocument Deel II : Biologische en chemische hypothesen. *Werkdocument RIKZ*: Middelburg, the Netherlands, [details](#)

[4] **Bouma, H.; de Jong, D.J.; Twisk, F.; Wolfstein, K.** (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1); voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. *Rapport RIKZ*, 2005.024. LnO drukkerij/uitgeverij: Middelburg, the Netherlands. 156 pp., [details](#)

[5] **Adriaensen, F.; Van Damme, S.; Van den Bergh, E.; Van Hove, D.; Brys, R.; Cox, T.; Jacobs, S.; Konings, P.; Maes, J.; Maris, T.; Mertens, W.; Nachtergale, L.; Struyf, E.; Van Braeckel, A.; Meire, P.** (2005). Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. *Report Ecosystem Management Research Group ECOBE*, 05-R82. Universiteit Antwerpen: Antwerpen, Belgium. 249 + bijlagen pp., [details](#)

[6] **Van Braeckel, A.; Piesschaert, F.; Van den Bergh, E.** (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren: 19e eeuw tot heden. *Rapport INBO*, 2006.29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek: Brussel, Belgium. 143 pp., [details](#)

[7] **Van Braeckel, A.; Vandevoorde, B.; Van den Bergh, E.** (2008). Schorecotopen van de Schelde : Aan-zet tot de ontwikkeling van één schorecotopenstelsel voor Vlaanderen en Nederland. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. 54 pp., [details](#)

[8] Technische fiche ontwikkeling ecotopen: http://www.scheldemonitor.org/indicatoren/pdf/SIF_ecotopen.pdf

[9] Indicator Bodemberoerende activiteiten: <http://www.scheldemonitor.org/indicatorfiche.php?id=4>

[10] **Arcadis; Technum** (2007). Hoofdrapport Milieueffectrapport: verruiming vaargeul Beneden Zeeschelde en Westerschelde. Rijkswaterstaat Zeeland & Departement Mobiliteit Openbare Werken. Afdeling Maritieme Toegang: Middelburg/Antwerpen. 311 + 1 map, cd-rom (reports) pp., [details](#)

[11] **Van der Weck, A.** (2007). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde; Achtergronddocument Systeembeschrijving Schelde-estuarium; Een visie op de macro-morfologische ontwikkeling. Rijkswaterstaat Zeeland/Departement Mobiliteit Openbare Werken. Afdeling Maritieme Toegang: Middelburg/Antwerpen. 83 + annexes pp., [details](#)

[12] Indicator Veiligheid tegen overstromen: <http://www.scheldemonitor.org/indicatorfiche.php?id=9>

[13] **Jeuken, C.; Hordijk, D.; Ides, S.; Kuijper, C.; Peeters, P.; de Sonnevile, B.; Vanlede, J.** (2007). Koploperproject LTV-O&M - Thema Veiligheid: deelproject 1. Inventarisatie historische ontwikkeling van de hoogwaterstanden in het Schelde-estuarium. WL/Delft Hydraulics: Delft, Netherlands. 92 pp., [details](#)

[14] **Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap; Administratie Waterwegen en Zeewezen; Afdeling Maritieme Toegang et al.** (2005). Beoordelingskader Schelde-estuarium: rapport opgesteld in het kader van het gemeenschappelijk Vlaams-Nederlands onderzoeks- en monitoringprogramma van de lange termijn visie voor het Schelde-estuarium. Ecolas: Antwerpen, Belgium. 209 + 1 cd-rom pp., [details](#)

[15] **Holzhauser, H. et al.** (2007). Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43': MOVE-Rapport 9, deel I: Fysische hypothesen 2006: Onderliggende rapportage bij MOVE rapport 10 Eindrapport 2006. MOVE Hypothesedocument Deel I : Fysische hypothesen. *Werkdocument RIKZ*, ZDA/2007.808w. Rijksinstituut voor Kust en Zee: Middelburg, the Netherlands. 237 pp., [details](#)

[16] **Anon.** (2004). Strategisch milieueffectenrapport Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium: hoofdrapport. Projectdirectie Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium (ProSes): Bergen op Zoom, Netherlands. 204, map pp., [details](#)



Indicatoren voor het Schelde-estuarium

- [17] **Sas, M.; van Holland, G.; Toro, F.** (2007). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde; Basisrapport Zoutdynamiek. Rijkswaterstaat Zeeland/Departement Mobiliteit Openbare Werken. Afdeling Maritieme Toegang: Middelburg/Antwerpen. 123 pp., [details](#)
- [18] **Meire, P.; Maris, T.** (2008). MONEOS: geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Rapport ECOBE 08-R-113. Universiteit Antwerpen: Antwerpen, Belgium. 173 pp., [details](#)
- [19] **Ysebaert T, Plancke Y, Bolle L, De Mesel I, Vos G, Wielemaker A, Van der Wal D, Herman PMJ.** 2009. Habitatmapping Westerschelde – Deelrapport 2: Ecologische karakteristieken en ecotopen in het subtidaal van de Westerschelde. Studie in opdracht van LTV O&M. Rapport Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke.
- [20] **van Wesenbeeck, B.K.; Holzhauer, H.; Troost, T.** (2010). Using habitat classification systems to assess impacts on ecosystems: Validation of the ZES.1 for the Westerschelde. Deltares: The Netherlands. 45 pp., [details](#)
- [21] **Ides, S.; Plancke, Y.** (2006). Alternatieve stortstrategie Westerschelde: proefstorting Walsoorden. Eindevaluatie monitoring. *WL Rapporten*, 754/2C. Waterbouwkundig Laboratorium/ Flanders Hydraulics Research: Borgerhout, Belgium. iv, 29 + 2 p. Appendices pp., [details](#)
- [22] **van Kessel, T.; Vanlede, J.; Eleveld, M.; Van der Wal, D.** (2008). Mud transport model for the Scheldt estuary in the framework of LTV. Deltares: Delft, Netherlands. 94 pp., [details](#)
- [23] **van Kessel, T.; Vanlede, J.** (2010). Impact of harbour basins on mud dynamics Scheldt estuary in the framework of LTV. Deltares: Delft, Netherlands. 29 pp., [details](#)
- [24] **de Deckere, E.; Meire, P.** (2000). De ontwikkeling van een streefbeeld voor het Schelde estuarium op basis van de ecosysteemfuncties, benaderd vanuit de functie natuurlijkheid. Universiteit Antwerpen. Ecosystem Management Research Group: Antwerpen, Belgium. 33 pp., [details](#)