Achtergrondrapport Systeemanalyse Westerschelde

Naar een groeiende delta: een toekomst met Zeespiegelstijging



Inhoudsopgave

1 Algemeen functioneren hoofdwatersysteem Zeeland 3
2 Systeemwerking – Westerschelde – huidige situatie 4
2.1 Dominante processen 4
2.2 Getijdenwerking 5
2.3 (Hydro)morfologie 6
2.4 Geohydrologie 8
2.5 Ecologie 10
2.6 Invloed Westerschelde op andere deelgebieden 11

3 Systeemwerking bij zeespiegelstijging 11
3.1 Getijdenwerking en waterstanden 11
3.2 (Hydro)morfologie 12
3.3 Geohydrologie 14
3.4 Ecologie 15

4 Ruimtelijke analyse en effect van zeespiegelstijging 15
5 Bibliografie 17

Sweco Nederland B.V.	Handelsregister 30129769		
Onderwerp	Systeemanalyse Westerschelde		
Projectnummer	51035121	Gecontroleerd door	
Klant	Provincie Zeeland		
Auteur			
Datum	30 september 2026	Vrijgegeven door	
Versie	D2.0		
Documentnummer	NL26-648800269-186294		

Voor u ligt het achtergrondrapport Westerschelde, horend bij “Naar een groeiende delta: een toekomst met zeespiegelstijging. Hierin zit een uitgebreidere systeemanalyse over de Westerschelde. In dit rapport wordt de werking van het systeem van de Westerschelde in de huidige situatie en bij zeespiegelstijging gegeven op basis van een uitgebreide literatuurstudie.

1 Algemeen functioneren hoofdwatersysteem Zeeland

Het hoofdwatersysteem van Zeeland maakt deel uit van de Zuidwestelijke Delta: het overgangsgebied van Rijn, Maas en Schelde naar de Noordzee. Oorspronkelijk was het een gebied waar de rivieren in open verbinding stonden met meerdere zeearmen. Dit maakte Zeeland een gebied met meerdere open estuaria waarin rivierafvoer, getij, zoutindringing, sedimenttransport en overstromingsdynamiek sterk met elkaar samenhingen. Door vele jaren van ingrepen als inpolderingen en later de aanleg van de Deltawerken is dit natuurlijke systeem ingrijpend veranderd in een grotendeels technisch gestuurd watersysteem. Dit van origine sterk samenhangend estuariën systeem bestaat nu uit deelbekkens met ieder een eigen mate van dynamiek en technische sturing. Het huidige hoofdwatersysteem van Zeeland bestaat grofweg uit drie typen wateren:

- Open of halfopen wateren: de Noordzee, Westerschelde en Oosterschelde.
- Afgesloten of gereguleerde wateren: het Veerse Meer, Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer.
- Aangrenzende schakels in de Zuidwestelijke Delta zoals het Haringvliet, dat formeel buiten Zeeland ligt maar wel belangrijk is voor de waterverdeling en zoetwaterafvoer in de regio.

Het functioneren van het Zeeuwse hoofdwatersysteem wordt bepaald door de wisselwerking tussen getij vanuit de Noordzee en rivierafvoer vanuit Rijn, Maas en Schelde, sturing in de regionale waterverdeling, en zout gradiënten via dammen en keringen.

<u>Wateraanvoer en interne waterverdeling</u>
De wateraanvoer naar Zeeland komt hoofdzakelijk niet rechtstreeks uit de Rijn en Maas Zeeland binnen. Het Rijn- en Maaswater bereikt het gebied via het Hollands Diep, dat fungeert als primair verdeelpunt. Vanuit daar gaat het grootste deel van het water via het Haringvliet richting Noordzee, terwijl een kleiner deel via de Volkeraksluizen naar het Volkerak-Zoommeer wordt geleid. De Westerschelde wordt gevoed met zoet water vanuit de Schelde wat zorgt voor de zoet-zout overgang horend bij een estuarium.

<u>Zoet-zoutdynamiek</u>
Een belangrijk kenmerk van Zeeland is de overgang tussen zoete, brakke en zoute systemen. De Westerschelde kent nog een natuurlijke zout-zoetgradiënt. De Oosterschelde, Grevelingen en het Veerse Meer zijn overwegend zout. Het Volkerak-Zoommeer en Haringvliet zijn juist zoete of grotendeels zoete systemen, maar staan onder invloed van zoutindringing via sluizen, kwel en aangrenzende zoute wateren.

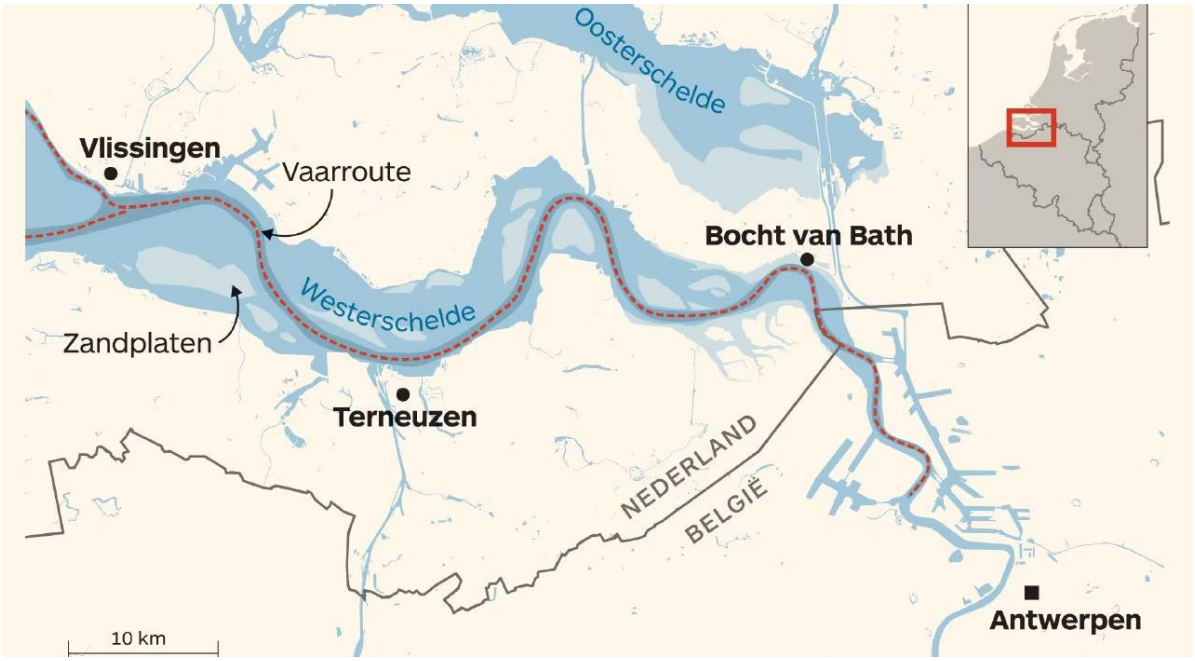
Ook het grondwatersysteem speelt een rol in de zoet-zout dynamiek. Zoet grondwater is in Zeeland schaars; op veel plaatsen is het grondwater al op geringe diepte zout. Het zoet-zoutgrensvlak wordt in de laaggelegen kleipolders overwegend in de eerste meters onder maaiveld aangetroffen. In de hoger gelegen zandige kreekruggen en duinen kan de zoetwaterlens lokaal 25 tot 30 meter dik zijn (T. Mulder, 2020). De dikkere zoete voorraden zijn belangrijk voor natuur en drinkwaterwinning.

<u>Rol van de Deltawerken</u>
Naar aanleiding van de watersnoodramp in 1953, om de regio te beschermen tegen hoogwater, is een stelsel van open en gesloten waterkeringen aangelegd; de Deltawerken. Het huidige hoofdwatersysteem functioneert daarom als een balans tussen:

- bescherming tegen overstromingen;
- behoud van voldoende getij en ecologische dynamiek;
- beschikbaarheid van zoetwater;
- beheersing van verzilting;
- waterkwaliteit;
- scheepvaart;
- ecologie en recreatie.

2 Systeemwerking – Westerschelde – huidige situatie

De Westerschelde is het zuidelijke estuarium[1] van Zeeland en beslaat een totaal oppervlakte van bijna 32.000 hectare. De Westerschelde is de uitstroom van de Schelde in de Noordzee; en staat in open verbinding met de Noordzee, niet afgesloten door dammen of keringen. Dit geeft de Westerschelde een unieke positie in het Zeeuwse hoofdwatersysteem. De Westerschelde functioneert als een open getijdenestuarium. Het systeem strekt zich uit van de monding bij Vlissingen en Breskens tot aan de Belgische grens, waar het overgaat in de Schelde richting Antwerpen. De Westerschelde is zowel een natuurlijk estuariën systeem als een belangrijke internationale vaarweg voor de ontsluiting van de Antwerpse Haven en de North Sea Port havens. De systeemwerking van de Westerschelde wordt sterk beïnvloed door menselijk handelen. Zowel het bedijken en inpolderen van gebieden langs de Westerschelde, verdiepingen en zandwinning uit het verleden en het huidige baggeren en storten voor vaargeulonderhoud maken de Westerschelde tot wat het nu is. Een overzicht van de Westerschelde is gegeven in Figuur 2-1.



Figuur 2-1: Overzicht Westerschelde (HP De Tijd)

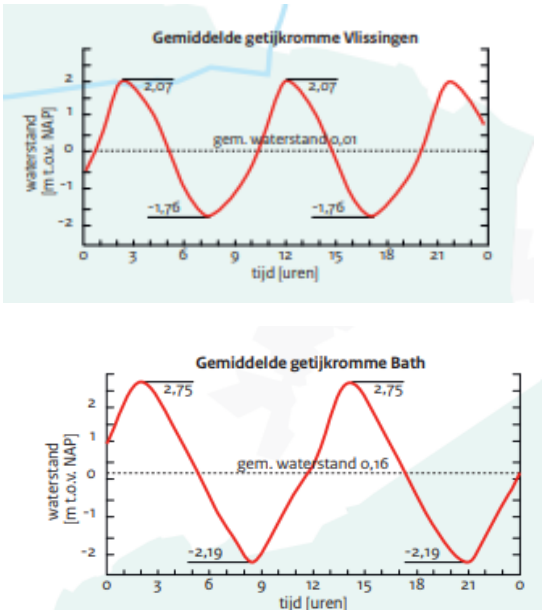
2.1 Dominante processen

De dominante processen in de Westerschelde worden sterk bepaald door het getij en de afvoer van de Schelde. Het getij en de afvoer sturen samen de (hydro)morfologische, geohydrologische en ecologische processen. Getijden en rivierafvoer zorgen voor een natuurlijke overgang van zoet naar brak water en van relatief helder zeewater naar voedselrijker en slibrijker rivierwater. Door de beperkte afvoer van de Schelde is het estuarium getij gedomineerd. De getijdendynamiek resulteert in een dynamisch meergeulenstelsel, bestaande uit eb- en vloedgeulen, platen, slikken en schorren. Een groot deel van het oppervlakte van de Westerschelde bestaat uit schorren (ongeveer 10%), en platen en slikken (ongeveer 25%). Deze ondiepere gebieden zijn belangrijk voor natuur, sedimenttransport en waterveiligheid (zoals uitgelegd in onderstaande paragrafen). De natuurlijke processen worden echter sterk beïnvloed door historisch menselijk ingrijpen (bedijken, inpoldering, zandwinning) en lopende menselijk ingrijpen (vaargeulonderhoud).

[1] Een estuarium is de trechtervormige monding van een rivier in de zee, waar zoet water en zout water mengen. Estuaria zijn dynamische zones onder invloed van eb en vloed.

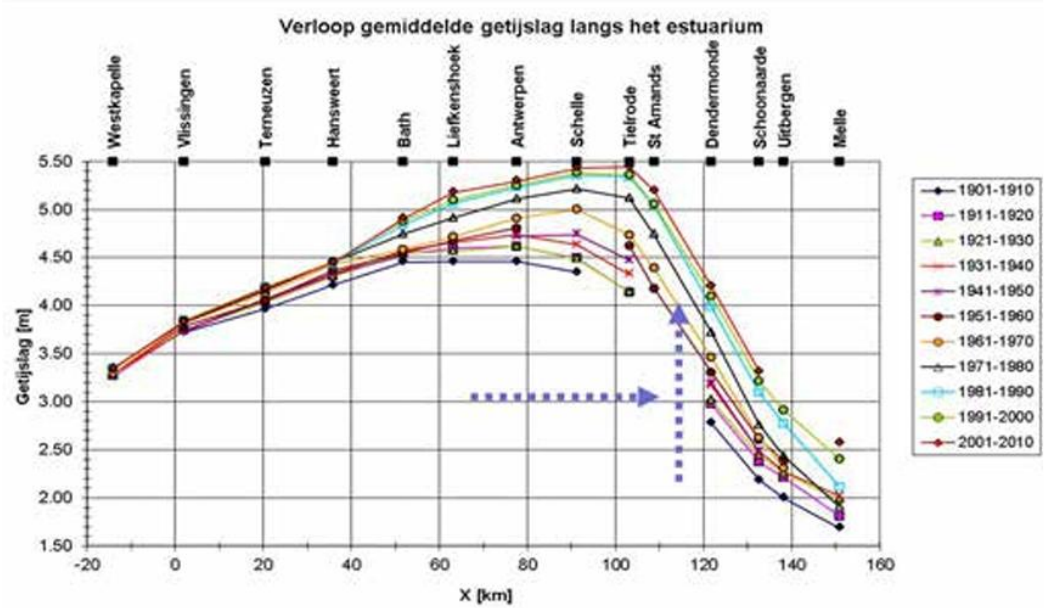
2.2 Getijdenwerking

De estuariene processen in de Westerschelde worden gevormd door de interactie tussen het getij van de Noordzee en de afvoer van de Schelde. In Figuur 2-2 is de gemiddelde getijkromme te zien bij Vlissingen en bij Bath. In deze getijkrommen valt op dat de gemiddelde getijslag[2] bij Bath (oostelijke Westerschelde) 1,11 meter groter is dan de gemiddelde getijslag bij Vlissingen (westelijke Westerschelde) (Rijkswaterstaat WMCN, 2023). In een estuarium zorgt de (natuurlijke) trechtervorm voor een versmalling van het estuarium, en daarmee tot opstuwing. Tegelijkertijd zorgt toenemende bodemwrijving, door de geleidelijke verondieping en aanwezigheid van ondiepere slikken en platen, voor een beperking van de opstuwing. In estuaria is het gebruikelijk dat de getijslag stroomopwaarts toeneemt, doordat de versmalling (de trechtervorm) zorgt voor een opstuwing die sterker is dan het effect van bodemwrijving.



Figuur 2-2: Gemiddelde getijkromme. Boven ter hoogte van Vlissingen en onder ter hoogte van Bath (Rijkswaterstaat WMCN, 2023)

In de Westerschelde zorgt de (natuurlijke) trechtervorm ervoor dat water wordt opgestuwd. Menselijk handelen (bedijking en inpoldering) heeft de opstuwing in de Westerschelde over de tijd echter versterkt. Tegelijkertijd is de bodemwrijving door menselijk handelen (zandwinningen in het verleden en vaargeulverdieping en -onderhoud) afgenomen. Door de verharding van de begrenzing van het watersysteem en de afname van de bodemwrijving is de opstuwing toegenomen. Ter hoogte van Hansweert is dat effect circa 25 centimeter in de afgelopen eeuw geweest, bij Bath al het dubbele en stroomopwaarts van Antwerpen is dat effect opgelopen tot meer dan een meter en verder stroomopwaarts tot bijna anderhalve meter. De grotere getijslag zorgt voor grotere hydraulische belasting op de waterkeringen stroomopwaarts. In Figuur 2-3 is het verloop van de gemiddelde getijslag in de Westerschelde te zien. In de figuur is goed te zien hoe de getijslag in de afgelopen eeuw sterk veranderd is.

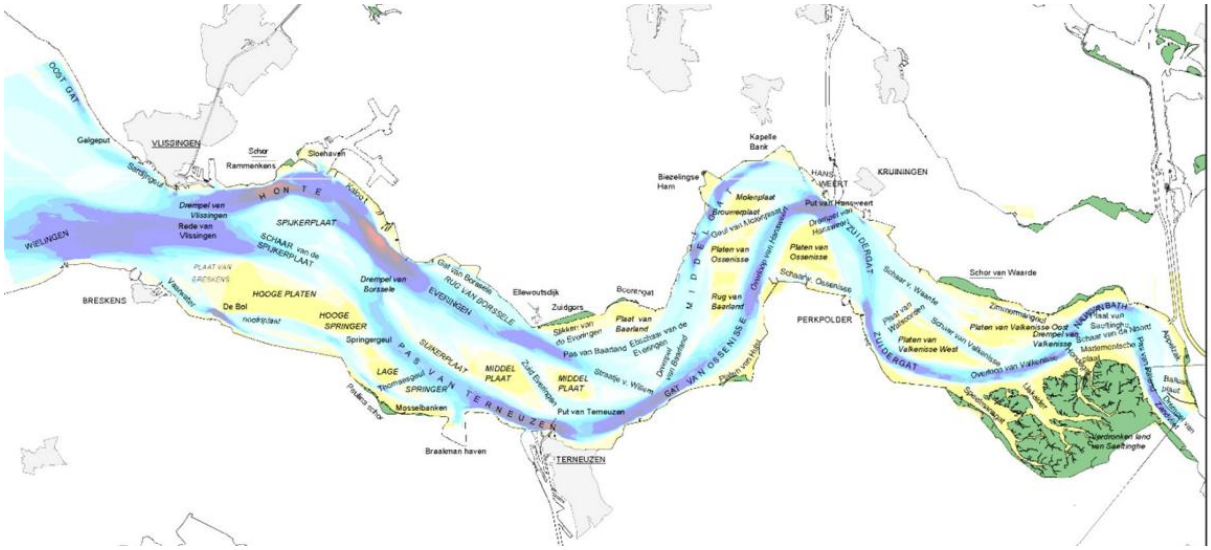


Figuur 2-3: De figuur laat op verschillende plaatsen in het Schelde-estuarium zien dat de getijslag tussen het begin van de negentiende eeuw en het begin van de twintigste eeuw groter is geworden en dat de plaats met de grootste getijslag stroomopwaarts is verschoven. (VNSC, 2019)

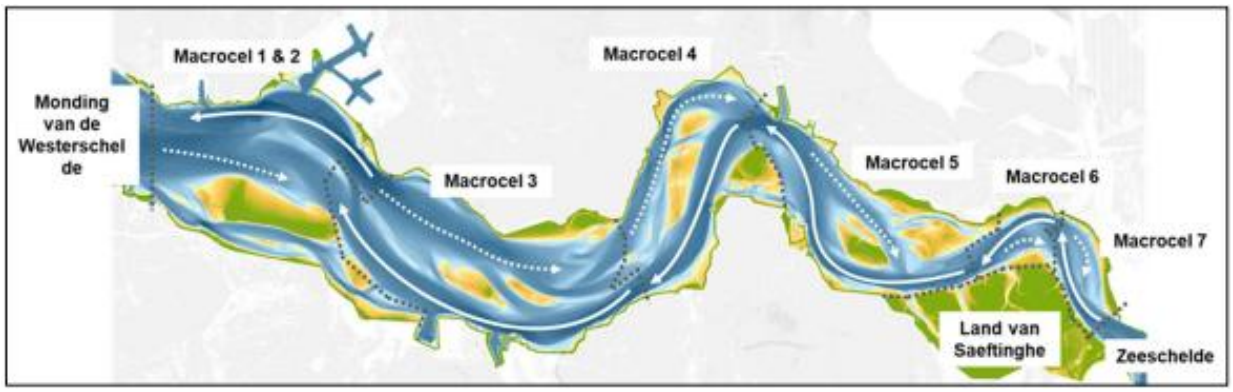
[2] Het verschil tussen hoog en laag water

2.3 (Hydro)morfologie

De Westerschelde is sterk morfologisch actief en wordt gekarakteriseerd door een meergeulenstelsel, een regelmatig patroon van geulen en platen (Figuur 2-4). In de Westerschelde is morfologische samenhang aanwezig in zes gebieden (macrocellen), dit zijn gebieden met een eigen morfologische ontwikkeling en functioneren min of meer als gesloten sedimentsysteem. Figuur 2-5 geeft een overzicht van de macrocellen in de Westerschelde. In elk van die cellen zijn een vloed- en een ebgeul te onderscheiden, deze geulen worden gedomineerd door één overheersende stroomrichting (eb of vloed). De overheersende stroomrichting bepaalt ook de richting van het gemiddelde sedimenttransport. Meestal is de ebgeul het diepst en vormt daarmee de vaargeul, alleen in macrocel 4 (zie Figuur 2-5) is de vloedgeul tegenwoordig de hoofdvaargeul. Tussen eb- en vloedgeulen komen vaak plaatgebieden voor. Tussen geul en oever liggen slikken en schorren, soms als brede zone en soms een smalle strook. Daar waar de eb- en vloedgeulen elkaar ontmoeten liggen de grenzen tussen de macrocellen. Door het samenkomen van eb- en vloedgeulen is de geul breder waardoor natuurlijke drempelgebieden ontstaan, en dus duiden de drempelgebieden de begrenzing van de macrocellen aan. Deze gebieden zijn veelal wat ondieper en is daar vaker vaargeulonderhoud nodig (Deltares, 2019).



Figuur 2-4: Plaat- en geulensysteem van de Westerschelde (Deltares, 2022)



Figuur 2-5: De macrocellen in de Westerschelde, met de belangrijkste geulen (doorgaande pijlen is de vaargeul, gestippelde pijlen zijn nevengeulen)

De bodem in de Westerschelde varieert. De (vaar)geulen, waar de stroomsnelheid hoger is, zijn vooral zandig. De hogere stroomsnelheden in de geulen zorgen ervoor dat het lichtere slib makkelijker

in suspensie[3] raakt of blijft waardoor enkel het zwaardere zand achterblijft. In de luwe plaatsen zoals slikken, schorren, delen van plaatgebieden en havenbekkens is de stroomsnelheid lager. Daardoor kan in deze delen fijn materiaal afgezet worden, en zijn deze delen slibrijk. Deze ondiepere, luwe delen bieden betere leefomstandigheden voor bodemdieren, en vormen daardoor belangrijke foerageergebieden voor steltlopers (Deltares, 2019) (Deltares, 2024). Een overzicht van de verschillende ondieptes en stroomgeulen in de Westerschelde is weergegeven in Figuur 2-4.

In een estuarium is vaak een Estuarine Turbidity Maximum (EMT) aanwezig, dit is de zone waar de concentratie van zwevend slib en sediment het hoogst is. Het ETM ontstaat op de dynamische grens waar het zoete rivierwater vanuit de Schelde in contact komt met het zoute zeewater vanuit de Noordzee. Door het samenkomen van tegengestelde stromingen zijn de sedimentconcentraties en sedimentatie hier hoger. Bovendien slaat in deze zone extra slib neer doordat kleine kleideeltjes uit het zoete rivierwater onder invloed van het aanwezige zout in het zeewater samenklonteren tot grotere en zwaardere slibdeeltjes. Het samenkomen van de tegengestelde stromingen en het samenklonteren van kleideeltjes zorgt dat de sedimentatie in het ETM hoger is dan in de rest van de Westerschelde. Door de hogere sedimentatie in het ETM is de locatie van dit punt is sterk bepalend voor de locatie van baggerwerkzaamheden in de Westerschelde. Het ETM in de Westerschelde bevindt zich rond het Land van Saeftinghe (Van Kessel, Vroom, & Taal, 2023).

De Westerschelde importeert netto sediment vanuit zee (er komt meer sediment het systeem in dan er uit gaat). Dit duidt op een natuurlijk aanzandend systeem. Hoewel het natuurlijke getijgedreven sedimenttransport grotere sedimentvolumes kan verplaatsen, hebben baggeren en storten bij het huidige beleid een sterkere, gerichte invloed op de morfologie van de Westerschelde. Vooral de locatie en timing van het terugstorten bepalen de lokale ontwikkeling van geulen, platen en slikken (Deltares, 2022) (Expertsessie, 2026).

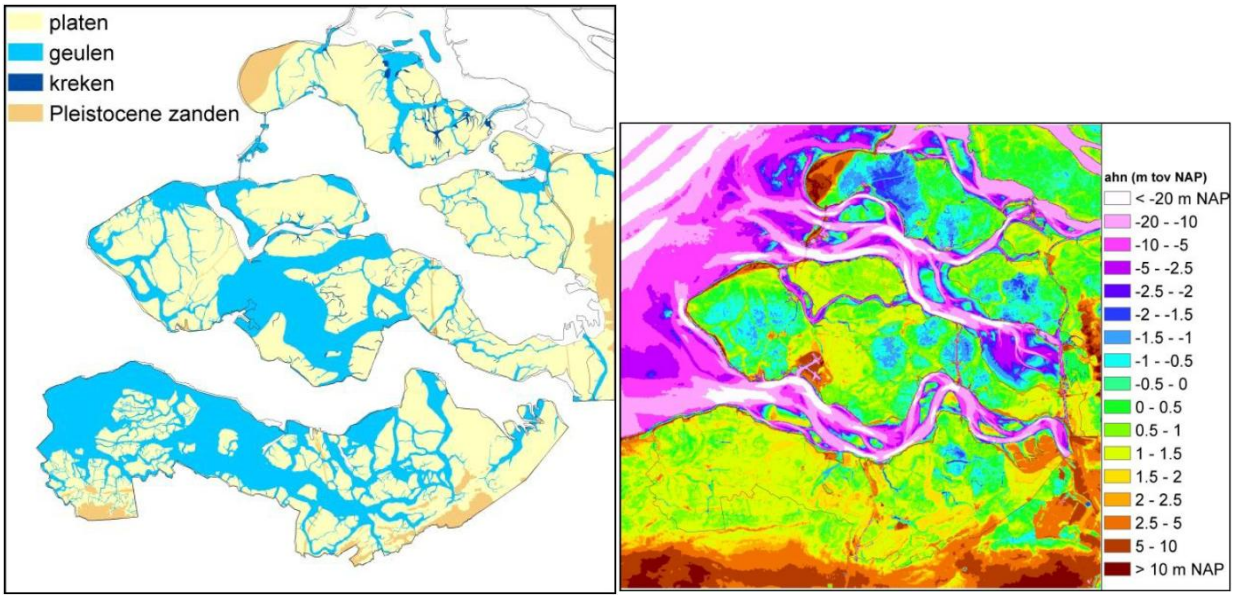
Het sedimentbeheer heeft grote invloed op de morfologie van de Westerschelde. Hierdoor is de sedimentbalans in het verleden omgeslagen van netto positief (’80-’94) naar negatief (’94-’05) (Elias, Van der Spek, Bing Wang, & Cleveringa). Deze negatieve balans leidde tot een geleidelijke verdieping van de Westerschelde en verlies van platen en ondieptes. Daardoor nam de bodemwrijving en daarmee de remming van de getijdegolf af, met een versterken van mogelijke hoogwaterstanden tot gevolg. De afname van platen en ondieptes hadden bovendien een negatief effect op de aanwezige natuurwaarden. Het sedimentbeheer is vervolgens aangepast. Sindsdien is er sprake van een positieve sedimentbalans in de Westerschelde. De geleidelijke verdieping van de Westerschelde is gestopt. Hierdoor is de demping van de getijgolf door de bodemremming ook niet verder afgenomen, waardoor de stijging van de hoogwaterstanden en daarmee de waterveiligheidsopgave rond de Westerschelde naar verwachting minder snel toeneemt (Deltares, 2022) (Deltares, 2019).

Door de bedijking, inpolderingen en afsluiting van de vertakkingen in de afgelopen eeuwen is de ruimte voor natuurlijke morfologische ontwikkeling in de Westerschelde afgenomen. Naast de afgenomen ruimte voor dynamiek in de Westerschelde beïnvloed ook de huidige baggerwerkzaamheden om de vaargeul op diepte te houden en de wijze waarop het gebaggerde sediment wordt teruggestort de natuurlijke ontwikkeling van geulen en platen. De combinatie van de beperkte ruimte voor dynamiek en de baggerwerkzaamheden zorgt voor een toenemende verstarring; de geulen en platen veranderen minder gemakkelijk van plaats, waardoor er geen ruimte ontstaat voor pionier natuur en verjonging. Tegelijkertijd is een trend zichtbaar van verhoging en versteiling van de platen. Door de versteiling van de overgangszones wordt het totale areaal aan overgangszones in de Westerschelde kleiner. Door de verhoging van platen komen daar nu steeds vaker schorren voor (overwegend droogliggende begroeide platen). Doordat vegetatie sediment vasthoudt wordt dit effect van verhoging versterkt. In de huidige situatie wordt vooral verhoging van platen waargenomen, worden platen kleiner en hebben ze een steilere overgang van geul naar plaat (Deltares, 2024). De steilere overgang van geul naar plaat en de afname van het oppervlakte platen zorgt ervoor dat de ruimte voor de pionierstadia afneemt, terwijl deze natuur de reden is geweest voor aanwijzing als N2000-gebied en de Westerschelde in Nederland uniek maakt. De afname van het areaal intergetijdengebied zorgt tevens voor een afname van de golfremmende werking in de Westerschelde, en daarmee voor een toename van potentiële hoogwaterstanden.

[3] In suspensie raken betekent dat kleine vaste deeltjes, zoals slib, door stromend water worden opgenomen en zwevend in het water blijven, in plaats van meteen naar de bodem te zakken.

2.4 Geohydrologie

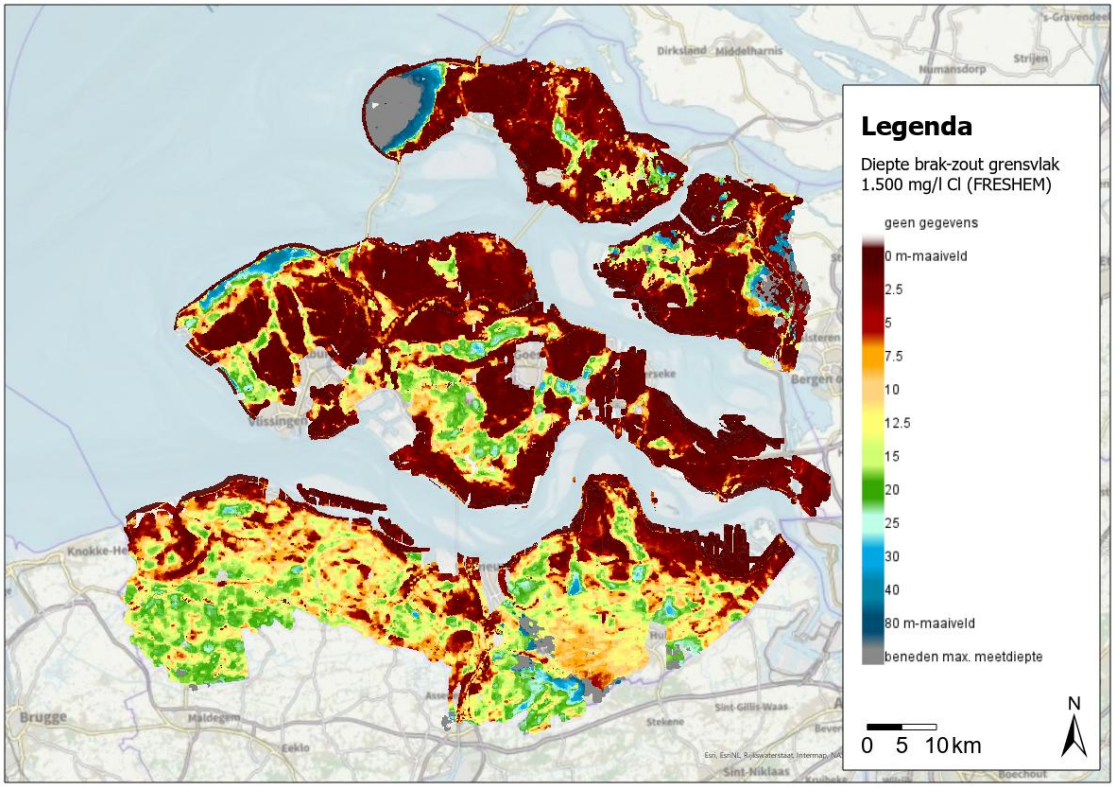
Door de ligging van Zeeland in de delta is zoet grondwater schaars. Het grondwater in de provincie Zeeland is over het algemeen op relatief kleine diepte al zout. Onder duinen en kreekruggen is zoet grondwater op grotere diepten aanwezig. Dit zoete grondwater is van belang voor landbouw en natuur. Daarnaast wordt in de duingebieden van de Kop van Schouwen en bij Sint Jansteen zoet grondwater gewonnen voor drinkwater en industrie. De geologische opbouw en hoogteligging van het maaiveld is bepalend voor de risico's op verzilting, door de doorlatendheid en de geohydrologische stijghoogte. In Figuur 2-6 zijn de voormalige getijdengeulen en kreken zichtbaar op de geologische kartering (links). Deze met zand opgevulde delen zijn op de hoogtekaart (rechts) enigszins herkenbaar als de hoger gelegen delen van het landschap. Zoals in Figuur 2-6 te zien vormen de oude platen nu voor een groot deel de lage polders van de provincie.



Figuur 2-6: Links: Kartering van platen, geulen, kreken en dieper gelegen Pleistocene zanden (REGIS) en Rechts: Actueel Hoogtebestand Nederland (T. Mulder, 2020)

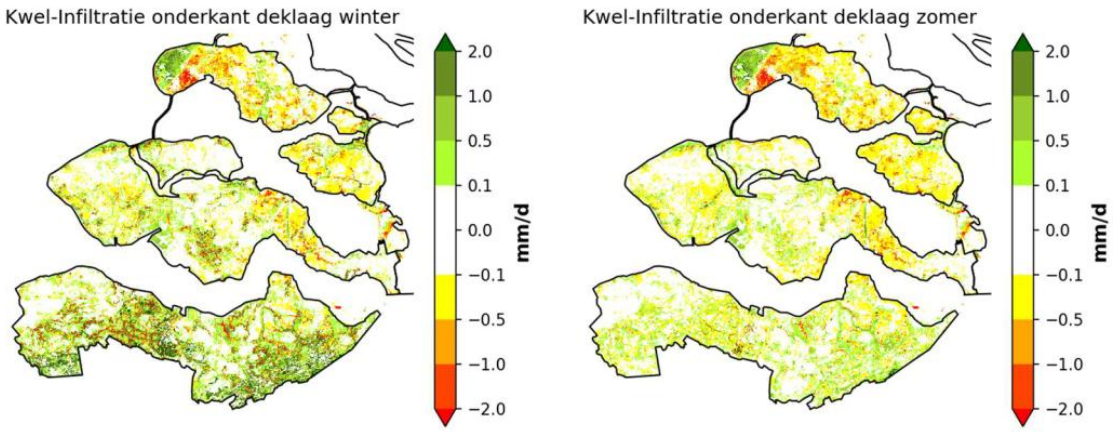
De opbouw van die ondergrond is bepalend voor de geohydrologische werking. Zeeland kent een gecompliceerde gelaagdheid met zand- en kleiafzettingen, waarbij de Rupel Formatie (Boomse Klei) als scheidende laag een belangrijke rol speelt. Deze laag heeft een lage doorlatendheid, waardoor grondwaterstroming tussen de lagen erboven en eronder sterk wordt beperkt. Dit maakt de laag bepalend voor de geohydrologische basis van het grondwatersysteem in Zeeland (T. Mulder, 2020). Daarboven liggen pleistocene afzettingen, bestaande uit zand en klei met een hogere permeabiliteit, waar het daadwerkelijke zoet-zout patroon zich afspeelt. In hoger gelegen zandige kreekruggen kan een relatief dikke zoetwaterlens voorkomen, terwijl in laaggelegen kleipolders het zout tot dicht onder maaiveld kan komen. De ondergrond is van oorsprong grotendeels zout door eeuwenlange overstromingen voordat er dijken en polders waren, en past zich sindsdien nog steeds aan naar een nieuw evenwicht. De huidige zoet-zoutverdeling in Zeeland is daardoor eigenlijk nog de afspiegeling van de situatie van vóór de bedijking (Oude Essink, 2026).

De Westerschelde staat direct in verbinding met de Noordzee en oefent daardoor een permanente zoutdruk uit op de aangrenzende polders en ondergrond. In de huidige situatie is het grondwater langs de oevers van Walcheren, Zuid-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen al grotendeels brak tot zout, en ligt het zoet-brak grensvlak in laaggelegen polders vaak zeer ondiep. Dat betekent dat de zone waar nog zoet grondwater aanwezig is, lokaal klein en kwetsbaar is. In Figuur 2-7 is de diepte van het brak-zout grensvlak voor de gehele provincie te zien. Hierin valt op dat voor delen van Zeeuws-Vlaanderen het grensvlak relatief diep ligt; bij de gele, groene en blauwe delen ligt het grensvlak dieper dan 12,5 meter. Terwijl op de eilanden en de noordkant van Zeeuws-Vlaanderen het grensvlak relatief ondiep wordt aangetroffen; bij de rode delen ligt het grensvlak ondieper dan ongeveer 7,5 meter.



Figuur 2-7: Zout-brak grensvlak (1.500 mg/l) van het 50e percentiel (midden) uit de FRESHEM dataset. De data geeft een gedetailleerd beeld van de chlorideverdeling van de Zeeuwse ondergrond (E.S. van Baaren, 2018).

Rondom de Westerschelde is sprake van een duidelijk onderscheid tussen kwel- en infiltratiegebieden. In de lage polders dicht bij de Westerschelde domineert kwel: zout grondwater wordt vanuit de ondergrond naar boven gedrukt en komt via de deklaag in sloten, drains en oppervlakkige afvoerwegen terecht. Op de hogere delen, zoals kreekruggen en duingebieden, overheerst juist infiltratie van regenwater. Doordat zoet water lichter is dan zout water drijft het bovenop het zoute grondwater en kan een zoetwaterlens ontstaan en behouden blijven. De mogelijkheid voor het ontstaan van een zoetwaterlens is afhankelijk van de maaiveldhoogte en de stijghoogte van het zoute water. De beschikbaarheid van zoet grondwater is daarom sterk gekoppeld aan de landschappelijke hoogteligging en de dikte van de deklaag en het watervoerend pakket (Waterschap Scheldestromen, 2013). In Figuur 2-8 is de ruimtelijke verdeling van kwel- en infiltratiegebieden voor het winter- en het zomerhalfjaar te zien. In deze figuur zijn de infiltratiegebieden gegeven in groen en de kwelgebieden in geel en rood.



Figuur 2-8: Kwel over deklaag berekend met Zeelandmodel 2.1 (links: winterhalfjaar, rechts: zomerhalfjaar) (G. Janssen, 2025)

2.5 Ecologie

De Westerschelde omvat een estuariën kustsysteem waarin getijdewerking, zoutgradiënten, sedimentdynamiek en overgangszones tussen zee en land centraal staan. Binnen de Westerschelde komen bijzondere habitattypen in Nederland voor; zoals estuaria, zilte pionier begroeiingen en schorren en zilte graslanden. Het ecologisch systeem is gevormd door de hydrologische en morfologische processen in het gebied. De ecologie in het gebied is dus sterk getijde gebonden, en kenmerkt zich door een afwisseling van diepe geulen, slikken, platen, schorren en zoute pioniersvegetaties. In dit gebied zijn zilte pionier begroeiingen, slijkgrasvelden en schorren en zilte graslanden goed ontwikkeld, wat past bij de dynamiek van een open en actief estuarium met sterke sedimentatie- en erosieprocessen.

Nabij de Westerschelde liggen nog drie verschillende habitattypes, welke interactie hebben met de dynamiek in de Westerschelde.

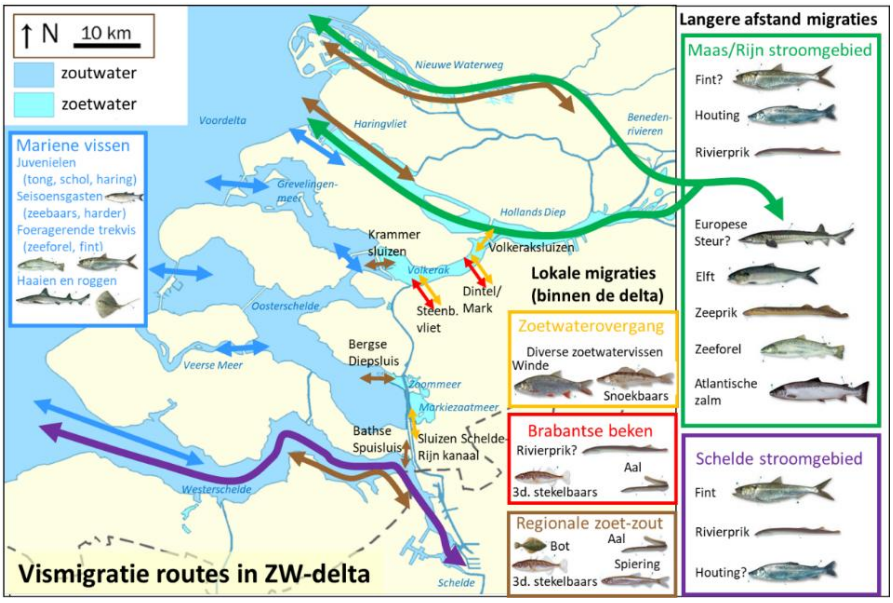
- Het Zwin en de Kievittepolder heeft een meer kleinschalig en kustnabij karakter. Dit gebied ligt in een overgangszone tussen zee, slik en achterland en bevat vooral zoute en brakke pionier situaties. Dit gebied is ecologisch waardevol als plaats waar zilte pionier begroeiingen, slijkgrasvelden en andere overgangshabitats kunnen voorkomen. Vergeleken met de Westerschelde & Saeftinghe is het systeem kleiner en minder dynamisch, maar wel belangrijk voor specifieke kust gebonden habitattypen.
- Het Groote Gat onderscheidt zich door een meer landinwaarts en kleinschaliger karakter. Dit gebied wordt ecologisch gekenmerkt door de aanwezigheid van ruigten en zomen. Het gebied is daarom minder marien en een meer vegetatie gedomineerd milieu. Het is dus minder open estuariën, en bestaat uit meer beschutte, begroeide overgangszones.
- De Vlakte van de Raan ligt in het open mariene deel van het systeem en is ecologisch vooral van betekenis als permanent overstroomde zandbank. Dit gebied vormt daarmee een belangrijk onderwaterhabitat in de monding van de Westerschelde. In tegenstelling tot de schorren en slikken van de Westerschelde en Saeftinghe gaat het hier om een open zeesysteem met een ander fysisch en ecologisch karakter.

Door verstarring, versteiling en andere externe invloeden wordt de natuurlijke dynamiek in de Westerschelde beperkt. Gezien de natuurwaarden in de Westerschelde sterk bepaald worden door deze estuariëne dynamiek heeft de verstarring en versteiling ook een effect op de ecologie in de Westerschelde. Door deze verstarring en versteiling neemt het ecologisch belangrijke areaal intergetijde af. Voor de ecotopen in het estuarium blijft, naast het totale areaal, de kwaliteit een aandachtspunt: de verhouding tussen laag- en hoogdynamische delen en de variatie in biotopen staan onder druk, terwijl op sommige plekken ook erosie en afname van zeldzame plantengemeenschappen wordt gezien. De algemene trend in de Westerschelde, mede in het licht van vergelijkbare trends in andere delen van de Zuidwestelijke Delta, vooral gekenmerkt door herstel op onderdelen, maar nog geen structureel robuust systeemherstel op landschapsniveau.

De Westerschelde levert in de Zuidwestelijke Delta ook een belangrijke bijdrage aan de regionale en internationale “Flyway” en “Swimway”.

- Flyway: Broedgebied, Rustgebied, doortrek- en overwinteringsgebied voor veel vogelsoorten (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2006) (Vogelbescherming Nederland, 2017)
  De Zuidwestelijke Delta is van betekenis voor miljoenen watervogels. Het is een van de belangrijke wetlands langs de Oost-Atlantische flyway. Mede door de diversiteit van biotopen. De delta is van belang voor vogels die broeden op kale en schaars begroeide gronden, zoals stranden, zandvlaktes, schorren en duinen in de omgeving van zoute en brakke getijdensystemen. Slikken, platen, ondiepten en open water zijn belangrijk voor steltlopers, eenden, ganzen en visetende vogels (Vogelbescherming Nederland, 2017) (Winter, Mulder, & Tangelder, 2021).
  Na de deltawerken zijn van veel populaties broedvogels de omvang afgenomen. Dit heeft te maken met verzoeting, afname van dynamiek, het verdwijnen van intergetijdengebieden, en een toenemende recreatieve druk (Vogelbescherming Nederland, 2017).

- Swimway: Doortrek, permanent leefgebied, opgroei- en paaigebied voor vis (Grontmij, 2007) (NOS, 2023m)
  De Zuidwestelijke Delta vervult een belangrijke rol als leefgebied en kruispunt voor een breed spectrum aan zoet- en zoutwater-vissoorten, zie Figuur 2-9. Het systeem is een overgangszones tussen zout, brak en zoet, deze water zijn ecologisch belangrijk als opgroeigebied en trekroute voor vissoorten. De Nieuwe waterweg, Haringvliet en Westerschelde zijn van belang voor optrekkende vissoorten. De Grevelingen, Oosterschelde zijn voor andere soorten van belang als permanent leefgebied, opgroei- en paaigebied (Winter, Mulder, & Tangelder, 2021).



Figuur 2-9: Vismigratieroute in de Zuidwestelijke Delta

2.6 Invloed Westerschelde op andere deelgebieden

- Voor de processen op de Westerschelde is de aanvoer van water via de Schelde belangrijk. Bovenstroomse keuzes hebben daarom een impact op de Westerschelde. Beperkingen van de vrije stroom van de Schelde heeft impact op de wateraanvoer en sedimentbalans in de Westerschelde. Vice versa hebben keuzes in de Westerschelde een direct effect op de Schelde en de omliggende Vlaamse gebieden, bijvoorbeeld op de waterveiligheid.
- Doordat de Westerschelde in open verbinding met de Noordzee staat is er veel interactie tussen deze twee deelgebieden. De getijwerking op de Westerschelde zorgt bij eb voor transport van voedsel- en slibrijk water richting de Noordzee. Daarnaast is er, zoals eerder genoemd, zandexport vanaf de monding van de Westerschelde richting de Noordzee. Waardoor de Westerschelde impact heeft op de morfologie op de Noordzee, voornamelijk rondom de monding van de Westerschelde en in mindere mate op de platen en geulen ten noorden van de monding. Dit wordt veroorzaakt door de invloed van getij op de lokale stromingspatronen in het mondingsgebied.

3 Systeemwerking bij zeespiegelstijging

3.1 Getijdenwerking en waterstanden

Zeespiegelstijging leidt tot een toename van de getijslag en de getijvolumes (Björn Röbke, 2025). Dit effect is niet lineair, hoe hoger de zeespiegel hoe groter de getijdenslag. De hoogwaterniveaus volgen de zeespiegelstijging, met enige extra toename in landwaartse richting (ongeveer 8%). De laagwaterniveaus stijgen niet volledig mee met de zeespiegelstijging, deze blijven zo'n 20% achter. Dit resulteert in een toename van de getijdeslag door zeespiegelstijging van ongeveer 15% bij Bath (Deltares, 2022). De versterking van de getijslag bij Bath ten opzichte van Vlissingen zal door zeespiegelstijging ook toenemen. De versterking van de getijslag bij Bath is sterk afhankelijk van de

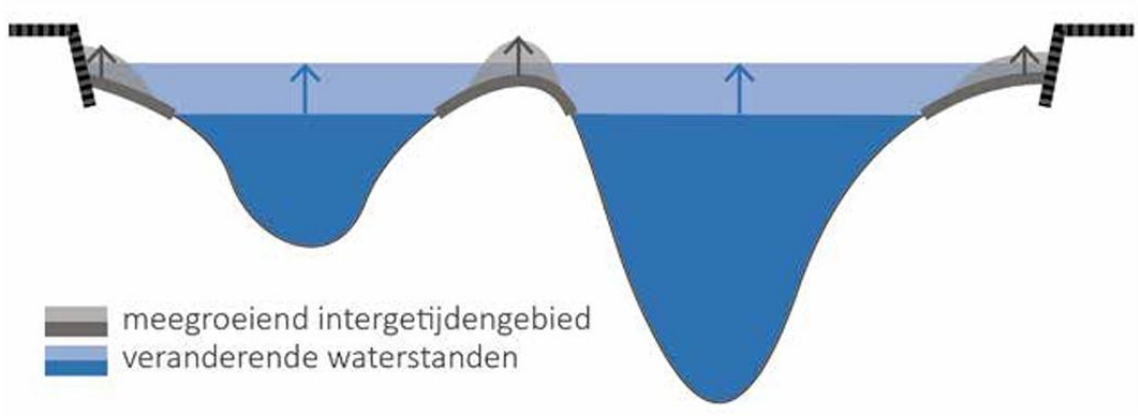
morfologische respons op zeespiegelstijging in de Westerschelde, en daarom erg onzeker. In literatuur is de versterking van de getijslag bij Bath, ten opzichte van Vlissingen, maximaal tussen de 34 en 51% als gevolg van zeespiegelstijging (Stark, Meire, Vos, & Vanlede, 2026) (Björn Röbke, 2025).

Als gevolg van zeespiegelstijging neemt het getijvolume ook toe, waardoor de stroomsnelheden in de Westerschelde ook zullen toenemen. Hogere stroomsnelheden vergroten erosie langs de geulen. Bij een zeespiegelstijging van één meter kan het getijvolume met 5 tot 15% toenemen en kunnen de stromingssnelheden in de Westerschelde met 10 tot 30% stijgen. Bij twee meter zeespiegelstijging kunnen de stromingen lokaal zelfs met 30 tot 50% toenemen. De versterking van de getijslag richting het oosten wordt door zeespiegelstijging versterkt, de bodemwrijving neemt verder af als gevolg van de hogere waterdiepte. Zeker tijdens stormen betekent zeespiegelstijging een sterke toename van de waterstanden, golven en morfologische dynamiek op de Westerschelde (Deltares, 2022).

Als gevolg van de trechtervorm, de diepte en vermindering van remming van de getijdegolf in het estuarium zal de getijdewerking in de Westerschelde veranderen. Hierdoor neemt het hydraulisch belastingniveau op de keringen toe. Bij een meter zeespiegelstijging ontstaat er een gemiddeld hoogtetekort van de primaire keringen langs de Westerschelde van ongeveer 1,4 meter. Bij een zeespiegelstijging van 3 meter neemt het hoogtetekort verder toe naar ongeveer 6,4 meter (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2023).

3.2 (Hydro)morfologie

Door zeespiegelstijging zal de sedimentbehoefte van de Westerschelde veranderen. De natuurlijke transportcapaciteit van de Westerschelde is momenteel groter dan de benodigde sedimentimport van de Westerschelde, daardoor zal bij een beperkte versnelling van de zeespiegelstijging de Westerschelde waarschijnlijk de eerste decennia op basis van de natuurlijke import in staat zijn om mee te groeien. Bij een versnelde zeespiegelstijging zal de sedimentbehoefte echter snel toenemen. Deze toename wordt veroorzaakt door de sneller toenemende verticale ruimte in het estuarium, waardoor meer zand en slib per jaar nodig is om de bodem, platen, slikken en schorren mee omhoog te laten groeien met het stijgende water. Het meegroeien van platen, slikken en schorren is in Figuur 3-1 schematisch weergegeven. In deze dwarsdoorsnede is goed te zien hoe droogvallende gebieden met zeespiegel mee zullen stijgen. Doordat de ruimte binnen het estuarium door de bedijking echter niet toeneemt, neemt het areaal van droogvallende platen en slikken uiteindelijk af (VNSC, 2019).



Figuur 3-1: Schematische weergave van het meegroeien met zeespiegelstijging van platen en slikken door sedimentatie (VNSC, 2019)

Als de sedimentimport te laag is, zal de jaarlijkse ophoging onvoldoende zijn om de zeespiegelstijging bij te houden en dus loopt het systeem het risico om te verdrinken; de platen en slikken vallen niet meer droog en verdwijnen. Als de Westerschelde verdrinkt zal het estuarium uitdiepen waardoor minder baggerwerkzaamheden nodig zullen zijn om de vaargeul op diepte te houden. Maar zal ook het areaal aan intergetijdengebied afnemen; waardoor de aanwezige ecotopen in het gebied veranderen, en zal de natuurlijke demping van golven en stroming afnemen waardoor de

waterveiligheidsopgave verder zal toenemen. Momenteel is de benodigde sedimentimport[4] van de Westerschelde ongeveer 0,6 Mm^3/jaar. Dit is lager dan de natuurlijke transportcapaciteit[5] van ongeveer 4 Mm^3/jaar. Dit duidt op netto sedimentimport richting de Westerschelde, en een Westerschelde die van nature zal verondiepen. Echter is de trend van verondieping momenteel niet aanwezig door de beperkte ruimte voor dynamiek (als gevolg van bedijking en inpoldering) en de baggerwerkzaamheden om de vaargeul op diepte te houden. Bij een toename van de sedimentbehoefte gelijk aan of groter wordt dan 4 Mm^3/jaar is het onzeker of de Westerschelde nog kan meegroeien; en of de Westerschelde dus zal verdrinken.

De gevolgen van zeespiegelstijging op de morfologie van de Westerschelde verschilt per systeemonderdeel. In de breedte zal de zandbehoefte van de Westerschelde toenemen, zodat platen, slikken en schorren kunnen meegroeien met zeespiegelstijging. Daarnaast worden de volgende effecten van zeespiegelstijging op de morfologie verwacht, waarbij de beschreven trends geleidelijk toenemen met een stijgende zeespiegel.

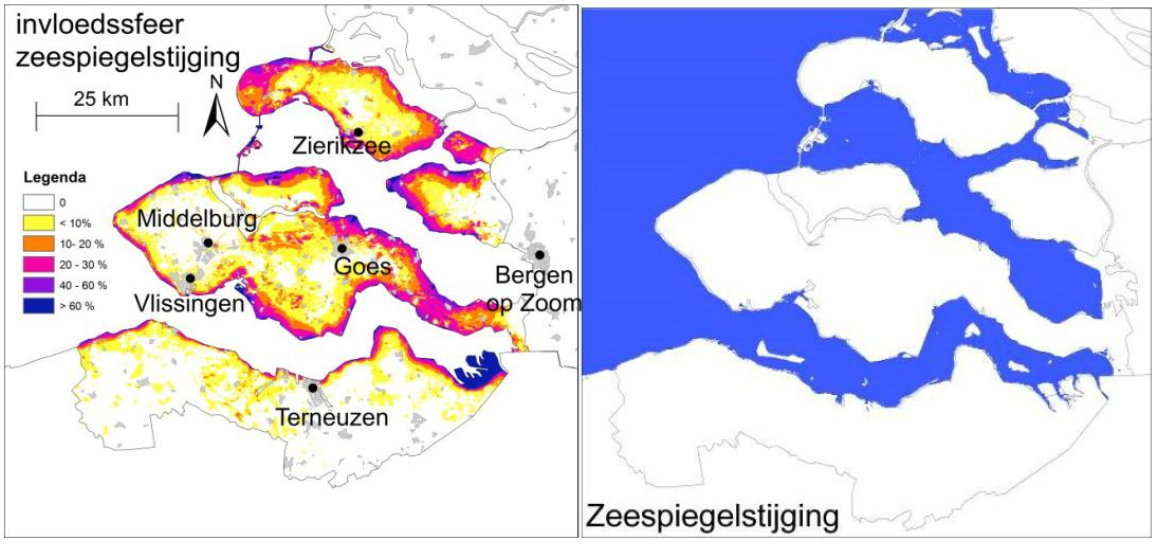
- De huidige morfologische trends zullen door zeespiegelstijging naar verwachting versterkt worden (Expertsessie, 2026). De versterking van de huidige trends betekent een beperkte totale verandering in het sedimentvolume in de Westerschelde, maar dat zeespiegelstijging wel leidt tot duidelijke interne sedimentverplaatsing binnen de Westerschelde (Van den Boomgaard & Attema, 2026).
- In het mondingsgebied zal de impact van zeespiegelstijging een beperkte morfologische impact hebben. Uit verschillende modelstudies blijkt dat het sedimenttransport vanuit de Westerschelde richting de monding door zeespiegelstijging toeneemt. Door deze toename van het sedimenttransport neemt het aanwezige sedimentvolume in het mondingsgebied toe, waardoor de morfologische structuur van de monding relatief gelijk blijft (Jeuken, Helvert, & Wang, 2002) (Dam & Poortman, 2013) (Nnafie, De Maerschalck, Vanlede, Schramkowski, & Mostaert, 2018) (Röbke, Elmilady, Van der Wegen, & Taal, 2020).
- De geulen zullen breder en dieper worden als gevolg van de hogere stroomsnelheden zoals beschreven in de vorige paragraaf. De verwachting is dat hierdoor het benodigde onderhoudsbaggerwerk van de vaargeul richting Antwerpen afneemt.
- De platen zullen als gevolg van zeespiegelstijging ophogen. Op het moment dat de snelheid van zeespiegelstijging hoger ligt dan de ophoogsnelheid verdrinken platen en zal het areaal platen afnemen bij een hogere zeespiegel.
- Het intergetijdengebied groeit in de breedte niet mee met zeespiegelstijging, zoals schematisch weergegeven in Figuur 3-1. Bij hogere zeespiegelstijging wordt er een significant areaalverlies verwacht, zelfs tot ongeveer 50% bij een stijging van 1,1 meter per eeuw. Hierdoor gaat een ecologisch groot en waardevol gebied verloren; en neemt de natuurlijke demping van golven en stroming af, waardoor de waterveiligheidsopgave verder toe zal nemen. Gericht morfologisch beheer kan deze afname deels dempen.

Op dit moment heeft menselijk ingrijpen de grootste impact op morfologische processen in de Westerschelde. De hierboven beschreven trends zullen bij zeespiegelstijging versterken, echter zal de bodemligging naar verwachting gedomineerd blijven door de baggerwerkzaamheden. De verwachting is wel dat het risico dat de Westerschelde omslaat van een meergeulenstelsel naar een systeem met één dominante hoofdgeul door de combinatie van zeespiegelstijging en toegenomen baggerwerkzaamheden. In een systeem gedomineerd door één geul neemt de morfologische variatie af, waardoor intergetijde gebied verloren gaat en de ecologische waarde van het systeem significant af zal nemen. Daarnaast zal de stroming zich sterker concentreren in één geul, wat zorgt voor hogere stroomsnelheden en dus een grotere versterking van de getijslag en waterveiligheidsopgave aan de oostkant van de Westerschelde. Daarnaast zorgen de hogere stroomsnelheden in de aanwezige geul in een één-geulsysteem voor verdere verdieping en verbreding van de geul. Een omslag van de Westerschelde heeft daarmee dus een zichzelf versterkend effect. Echter is het onduidelijk wanneer een dergelijke omslag plaats zal vinden, en dus hoe groot het risico is (Expertsessie, 2026) (Björn Röbke, 2025).

[4] Het benodigde sedimentvolume die de Westerschelde nodig heeft.
[5] De maximale hoeveelheid sediment die het estuarium op natuurlijke wijze kan aanvoeren of verplaatsen door getijstroming, golven en natuurlijke sedimentdynamiek.

3.3 Geohydrologie

Zeespiegelstijging versterkt de geohydrologische druk, waardoor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket toeneemt, en daarmee leidt tot hogere kweldruk onder de deklaag. Hierdoor neemt het risico op verzilting toe. De effecten zijn het grootst direct langs de oevers, waar het zoute grondwater en de ondiepe ligging van het zoet-zout grensvlak al nu een kwetsbare situatie veroorzaken. Verder landinwaarts nemen de effecten af, onder meer door de grotere afstand tot de zeearm en mogelijk door de dempende invloed van zoetwaterlenzen in kreekruggen. De toename van verzilting blijft bij een zeespiegelstijging van 1 meter aan de noordkant van de Westerschelde beperkt tot enkele honderden meters, en op Zeeuws-Vlaanderen tot ongeveer 100 meter (Van Baaren, et al., 2016). De invloedslengte is afhankelijk van de doorlatendheid, dikte van het watervoerend pakket en de weerstand van de deklaag. Is het watervoerend pakket dun en de deklaag hoog permeabel, dan is de invloedslengte klein. In Figuur 3-2 is de toename van de stijghoogte in de provincie Zeeland als percentage weergegeven. Buiten deze smalle kustzone wordt verzilting in Zeeland vooral veroorzaakt door autonome verzilting en droogte, niet door zeespiegelstijging. De ondergrond is van oorsprong grotendeels zout door eeuwenlange overstromingen voordat er dijken en polders waren, en past zich sindsdien nog steeds aan naar een nieuw evenwicht. De huidige zoet-zoutverdeling in Zeeland is daardoor eigenlijk nog de afspiegeling van de situatie van vóór de bedijking (Oude Essink, 2026).



Figuur 3-2: Toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (op -6,5 mNAP) als % (Van Baaren, et al., 2016)

In de staart van Zuid-Beveland is het grondwater al grotendeels zout, zodat verdere verschuiving van het grensvlak daar beperkt is; de belangrijkste verandering zit daar vooral in een hogere zoutvracht naar grond- en oppervlaktewater. Samengevat treden de grootste effecten langs de Westerschelde op direct langs de oevers van Walcheren, Zuid-Beveland en Zeeuws-Vlaanderen, en in de staart van Zuid-Beveland. De zoutere delen van de provincie worden dus zouter. In het binnenland van Zeeuws-Vlaanderen en het overige deel van Zuid-Beveland zijn de berekende effecten op verzilting relatief beperkt, zoals ook in Figuur 3-2 te zien.

De geohydrologie rond de Westerschelde is in essentie een systeem van voortdurende interactie tussen zee, ondergrond, neerslag en polderwater. De zeearm levert een structurele zoutdruk, de lage ligging van veel polders bevordert kwel, en slechts in de hogere landschapselementen is nog een zoetwaterbuffer aanwezig. Deze zoetwaterbuffers worden momenteel alleen door neerslag aangevuld. Juist die buffers staan onder druk door klimaatverandering, de combinatie van langere droge perioden en zeespiegelstijging zorgen voor een sterkere afname van de aanwezige zoetwaterlenzen tijdens zomerperiodes. Het dempende effect van verzilting door de zoetwaterlenzen in de kreekruggen kan door krimpen van de zoetwaterlenzen mogelijk afnemen, en dus kan de verzilting in de omgeving van de Westerschelde op termijn verder toenemen.

3.4 Ecologie

Bij een zeespiegelstijging van 1 meter zal de Westerschelde vooral te maken krijgen met een hogere overstromingsfrequentie en langere inundatieduur van slikken, platen en schorren. Habitats als het estuaria, de zilte pionier begroeiingen en de schorren en zilte graslanden zijn in dit gebied sterk vertegenwoordigd en reageren direct op veranderingen in getij, sedimentatie en erosie. Voor de Westerschelde en Saeftinghe betekent dit dat lage, dynamische zones onder grotere druk komen te staan, terwijl de vegetatie alleen kan meegroeien als voldoende sediment wordt aangevoerd. Als die opslibbing achterblijft, neemt het risico toe dat schorren afkalven of landwaarts verschuiven. Ook bij de Vlakte van de Raan, als open marien deel van het systeem, zal deze afkalving of landwaartse verschuiving van schorren via aangepaste waterdiepte, stroming en sedimentverdeling te zien zijn.

Bij een zeespiegelstijging van 2 meter worden deze effecten structureel groter. Het wordt in de Westerschelde moeilijker om de huidige estuariene gradiënten en biotopen in stand te houden; de ruimte voor landwaartse verplaatsing is, door de aanwezige waterkeringen en inpoldering, beperkt en de druk op het intergetijdengebied neemt verder toe. Schorren en slijkgrasvelden kunnen dan alleen behouden blijven als sedimentatie en opslibbing het tempo van de zeespiegelstijging kunnen bijhouden, maar dat is gezien de scenario's voor klimaatverandering voor veel gebieden waarschijnlijk. Voor de monding van de Westerschelde betekent dit waarschijnlijk verlies van de laaggelegen pionierplekken, versnelde erosie van schorren en een afnemende variatie in habitats. Ook in het Groote Gat en de Zwin en Kievittepolder kunnen de meer kleinschalige overgangszones onder druk komen te staan, doordat hogere waterstanden en zoutere invloeden de soortensamenstelling verschuiven en de beschikbaarheid van geschikte vestigingsplekken verkleinen.

Bij een zeespiegelstijging van 5 meter is sprake van een ingrijpende systeemverandering. In dat scenario zal de huidige Westerschelde in grote delen niet meer als het huidig estuarien landschap kunnen functioneren, omdat waterdiepte, getijwerking, verzilting en sedimentdynamiek fundamenteel veranderen. Vooral de schorren, slikken en pionier begroeiingen zullen bij zulke zeespiegelstijging zwaar worden aangetast of verdwijnen, omdat het landschap geen ruimte meer heeft om op natuurlijke wijze mee te groeien. Voor de Westerschelde betekent dit dat de overgang tussen zee en land op veel plekken wordt doorbroken en dat alleen met zeer grootschalige ingrepen nog een zeer beperkt deel van de huidige ecologische kwaliteit behouden kan blijven. Het estuariene karakter van hoge en lage dynamiek in de Westerschelde verdwijnt en verplaatst zich vele kilometers verder landinwaarts.

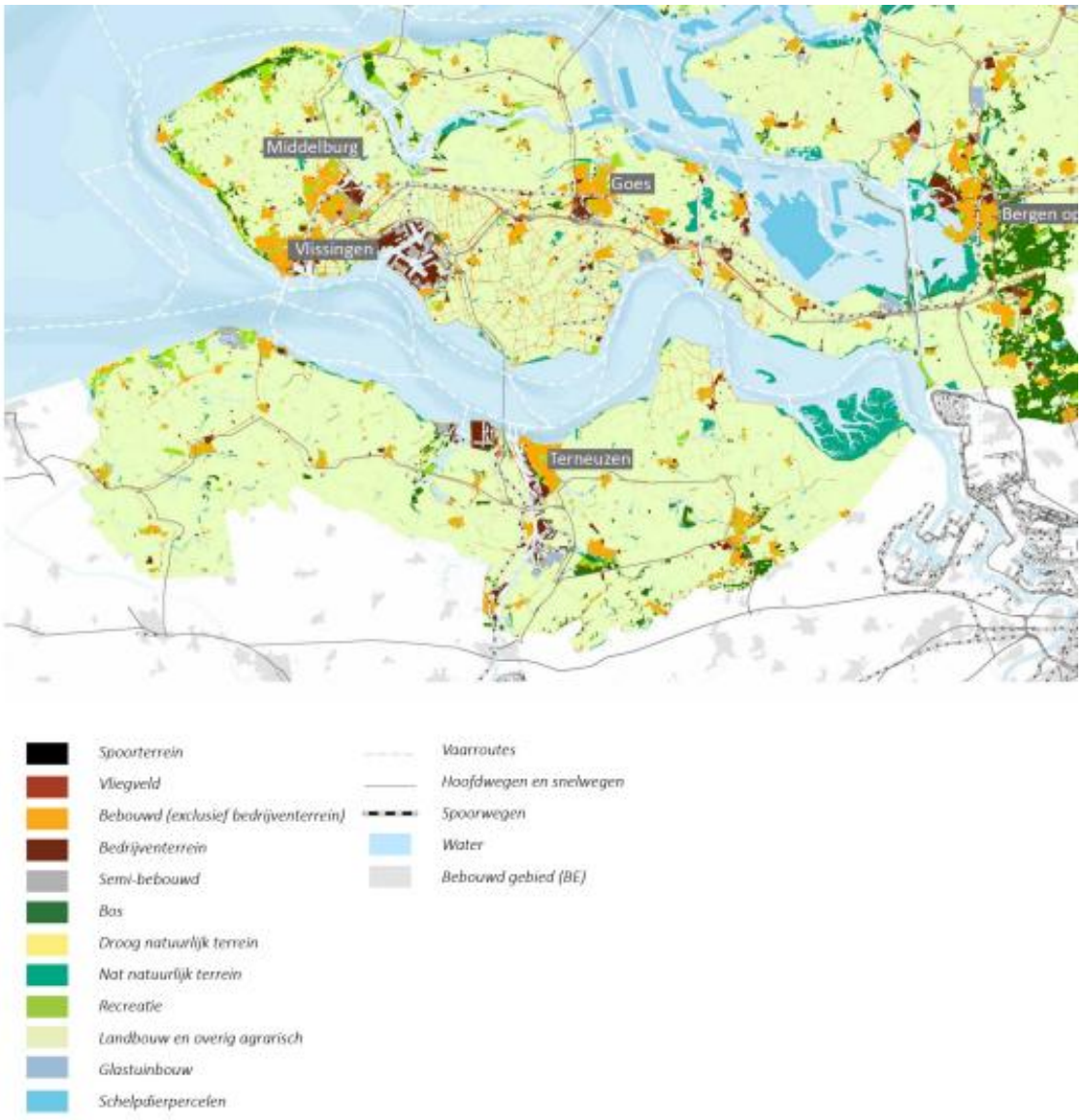
Bovendien zal door zeespiegelstijging de zoet-zoutgradiënt zich geleidelijk verder stroomopwaarts verplaatsen. Waardoor deze gradiënt op de Westerschelde minder wordt en het water van de Westerschelde gemiddeld zouter wordt, dit betekent ook dat de vegetatie en soorten die afhankelijk zijn van een beperkte zoutgradiënt zich verder stroomopwaarts zullen moeten verplaatsen. De ecologische variatie in de Westerschelde zal dus afnemen. Of deze verplaatsing van soorten mogelijk is, is soortafhankelijk. Stroomopwaarts, op de Schelde, zal intergetijdengebied amper aanwezig zijn. Daardoor bestaat het risico dat soorten uit de Zuidwestelijke Delta verdwijnen die afhankelijk zijn van een combinatie van intergetijdengebieden en zoet-zoutgradiënt.

Naast zeespiegelstijging werkt klimaatverandering op meerdere manieren door in de habitats en deelgebieden. Daardoor verschuift de kwaliteit van habitats geleidelijk, zelfs op plekken waar geen directe inundatie optreedt. Rond de Westerschelde zullen hogere grondwaterstanden en verzilting als gevolg van zeespiegelstijging doorwerken in de aangrenzende schorren en natte overgangszones. Dit beïnvloedt niet alleen de vegetatiesamenstelling, maar ook de ontwikkelingsruimte voor soorten die gebonden zijn aan een beperkte zoutgradiënt. Tegelijkertijd zal het effect van verdroging door klimaatverandering verder optreden in hoger gelegen delen of in aangrenzende binnendijkse zones. Waardoor hier de ecologische kwaliteit van natte habitats verder af zullen nemen.

4 Ruimtelijke analyse en effect van zeespiegelstijging

Ten noorden van de Westerschelde liggen Walcheren, Zuid-Beveland en Reimerswaal; en ten zuiden van de Westerschelde ligt Zeeuws-Vlaanderen. Natuurlijke processen op de Westerschelde hebben een effect op deze delen van de Provincie Zeeland. Om het effect van veranderingen in de dominante processen op de Westerschelde in te kunnen schatten is het belangrijk om te weten wat het

omliggende landsgebruik is. Een overzicht van de verschillende landgebruiksfuncties is weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1: Landgebruiksfuncties rondom de Westerschelde (Defacto Stedenbouw, 2024)

Het landgebruik in de Provincie Zeeland is hoofdzakelijk agrarisch; 70% van het land wordt gebruikt voor akkerbouw, 5% voor fruitteelt en de laatste 25% wordt ingevuld met overige functies. Op de meer zandige gronden, zoals de kreekruggen, vindt groente- en fruitteelt plaats. Waar de kleiige gronden voornamelijk gebruikt worden voor akkerbouw en veeteelt. Voor het agrarisch landgebruik is de diepte van het zoet-zoutgrensvlak van groot belang. Door klimaatverandering zullen periodes van droogte langer worden en de intensiteit van buien toenemen. Dit is ongunstig voor de landbouw; het water voert snel af in plaats van de bodem aan te vullen, terwijl de autonome verzilting onverminderd doorgaat (Oude Essink, 2026).

Langs de Westerschelde, Kanaal Gent-Terneuzen en het Hollands Diep is de industrie in de provincie geclusterd. Langs de Westerschelde liggen de haven van Vlissingen en Terneuzen, waar zich veel van de industrie in de provincie heeft geclusterd. Bovendien is de Westerschelde ook de toegang tot de haven van Antwerpen. Door de aanwezige havens is de vaargeul in de Westerschelde een belangrijke vaarroute voor zeescheepvaart, en is de intensiteit op de vaargeul hoog. Zoals ook in Hoofdstuk 2 benoemd is voor de bereikbaarheid van de havens en het onderhoud aan de vaargeul baggerwerkzaamheden van groot belang.

5 Bibliografie

Björn Röbke, H. E. (2025, Juli 15). The relative impact of sea level rise and dredging strategies on the morphodynamic evolution of the Western Scheldt estuary (The Netherlands). *Elsevier*.

Dam, G., & Poortman, S. (2013). *LTV Veiligheid en toegankelijkheid, G-11: Morfologische lange termijn simulaties.* Deltares.

Defacto Stedenbouw. (2024). *Atlas van de Zuidwestelijke Delta.*

Deltares. (2019). *Mesoschaal Westerschelde Integratierapport 2014-2018.* Deltares.

Deltares. (2022). *Kennisoverzicht impact Zeespiegelstijging Schelde-estuarium.* Utrecht: Deltares.

Deltares. (2024). *Verkennende Systeemanalyse Zuidwestelijke Delta.* Utrecht: Deltares.

E.S. van Baaren, e. a. (2018). *FRESHEM Zeeland - FREsh Salt groundwater distribution by Helicopter ElectroMagnetic survey in the Province of Zeeland.* Utrecht: Deltares rapport 1209220.

Elias, E., Van der Spek, A., Bing Wang, Z., & Cleveringa, J. (sd). Large-scale morphological changes and sediment budget of the Western Scheldt estuary 1955-2020: the impact of large-scale sediment management.

(2026, Juni 29). Expertsessie.

G. Janssen, e. a. (2025). *Zeelandmodel v2.1 (concept).* Utrecht: Deltares rapport 11207466-002-BGS-0001.

Grontmij. (2007). *Is zandhonger in de Oosterschelde slecht voor vissen?*

HP De Tijd. (sd). 'De Schelde is 's werelds meest beveiligde rivier'. *HP De Tijd*.

Jeuken, C., Helvert, M., & Wang, Z. (2002). ESTMORF berekeningen naar de invloed van ingrepen en natuurlijke forceringen op de zandhuishouding van Westerschelde en monding. *WL|Delft Hydraulics*.

Kennisprogramma Zeespiegelstijging. (2023). *Systeemanalyse Waterveiligheid: Deelrapport Zuidwestelijke Delta.* Kennisprogramma Zeespiegelstijging - Spoor 2.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2006). *Natura2000 doelendocument.* Den Haag.

Nnafie, A., De Maerschalck, B., Vanlede, J., Schramkowski, G., & Mostaert, F. (2018). *Morphodynamic modeling of the Scheldt estuary and its mouth: Effects of sea level rise.* FHR reports.

NOS. (2023m, Augustus 30). Oosterschelde ontwikkelt zich tot kraamkamer voor haaien en roggen. *NOS*.

Oude Essink, G. (2026, Juni 23). Besprekingsverslag Interview Gu Oude Essink tbv studie Fundament strategie zeespiegelstijging. (O. Smaal, & R. Opdam, Interviewers)

Rijkswaterstaat WMCN. (2023, Juli). *Infographics operationeel watermanagement.* Opgehaald van https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/infographics-operationeel-watermanagement/

Röbke, B., Elmilady, H., Van der Wegen, M., & Taal, M. (2020). *The long-term morphological response to sea level rise and different sediment strategies in the Western Scheldt estuary (The Netherlands).* Deltares.

Stark, J., Meire, D., Vos, G., & Vanlede, J. (2026). *Morfologische evoluties onder zeespiegelstijging: scenario analyse en hydrodynamische modelberekeningen. Versie 4.0.* Antwerpen: Waterbouwkundig Laboratorium Antwerpen.

T. Mulder, G. O. (2020). *Zoet-zout modelinstrumentarium voor de Provincie Zeeland.* Utrecht: Deltares rapport 11204457-000-BGS-0001.

Trouw. (2025, December 20). Garnalenvissers verdreven door pfas: 'Het zal wel gedaan zijn met de Westerschelde'. *Trouw*.

Van Baaren, E., Oude Essink, G., Janssen, G., De Louw, P., Heerdink, R., & Goes, B. (2016). *Verzoeting en verzilting freatisch grondwater in de Provincie Zeeland; Zeeland model: 3D regionaal zoet-zout grondwater.* Deltares.

Van den Boomgaard, M., & Attema, Y. (2026). *Lange termijn morfologie Westerschelde onder zeespiegelstijging.*

Van Kessel, T., Vroom, J., & Taal, M. (2023). *A conceptual framework for fine sediment dynamics in the Scheldt estuary.*

Vereniging voor Watertoerisme "Schelde". (sd). *Jachthaven Schelde Vlissingen*. Opgehaald van https://vvwschelde.nl/westerschelde/

VNSC. (2019). *Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium.* VNSC.

Vogelbescherming Nederland. (2017). *Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels.*

Waterschap Scheldestromen. (2013). *Beleidsnota Grondwater, versie 3.5.* Middelburg: Waterschap Scheldestromen.
Winter, H., Mulder, I., & Tangelder, M. (2021). *Vismigratie in de Zuidwestelijke Delta.* IJmuiden: Wageningen Marine Research.