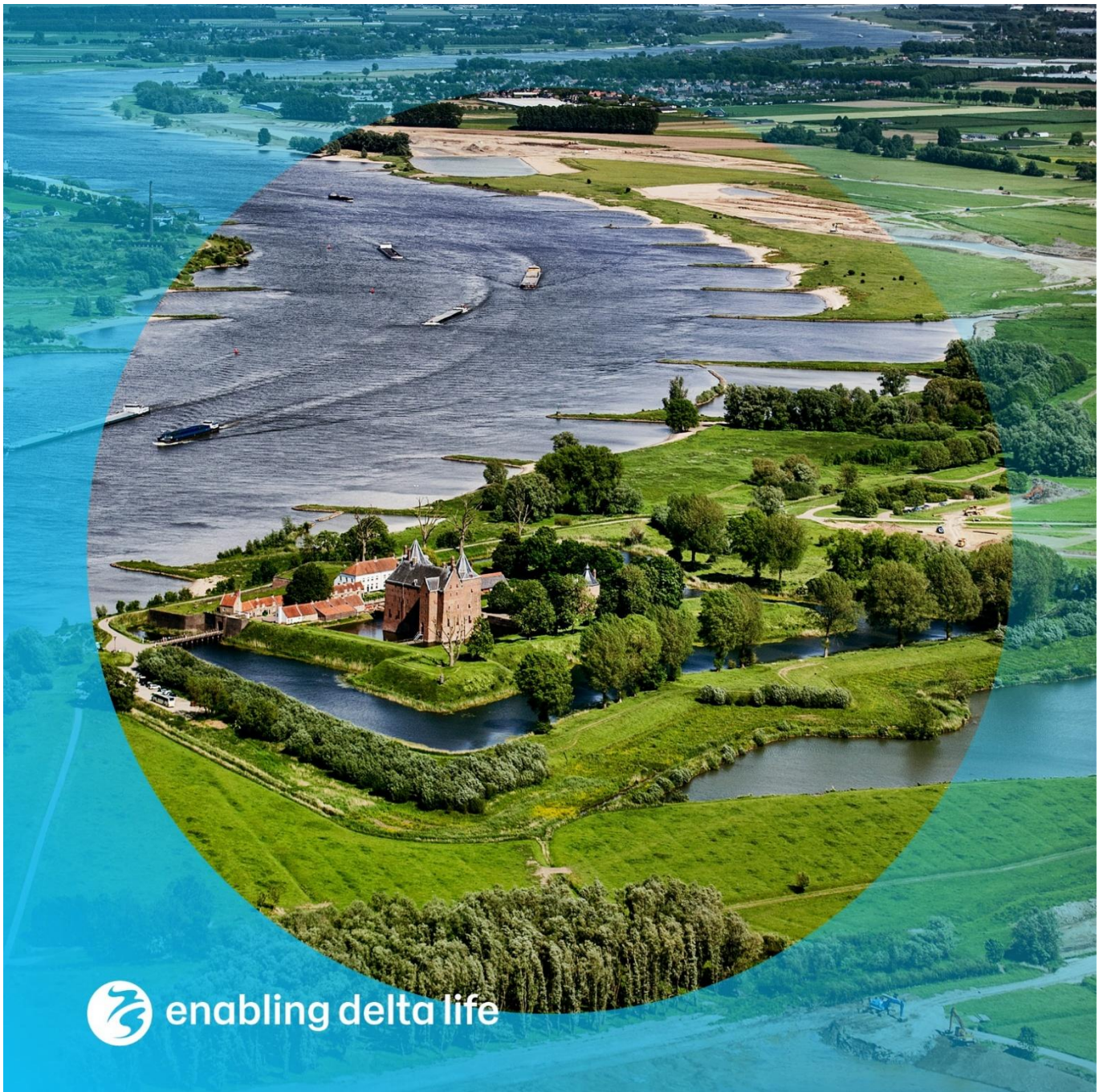


Oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie in de Oosterschelde

Synthese ten behoeve van de herijking van de integrale voorkeursstrategie Oosterschelde



Oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie in de Oosterschelde

Synthese ten behoeve van de herijking van de integrale voorkeursstrategie Oosterschelde

Auteur(s)

Arno Nolte

Vincent Vuik

Maaïke Maarse

Bas Bolman

Documentgegevens

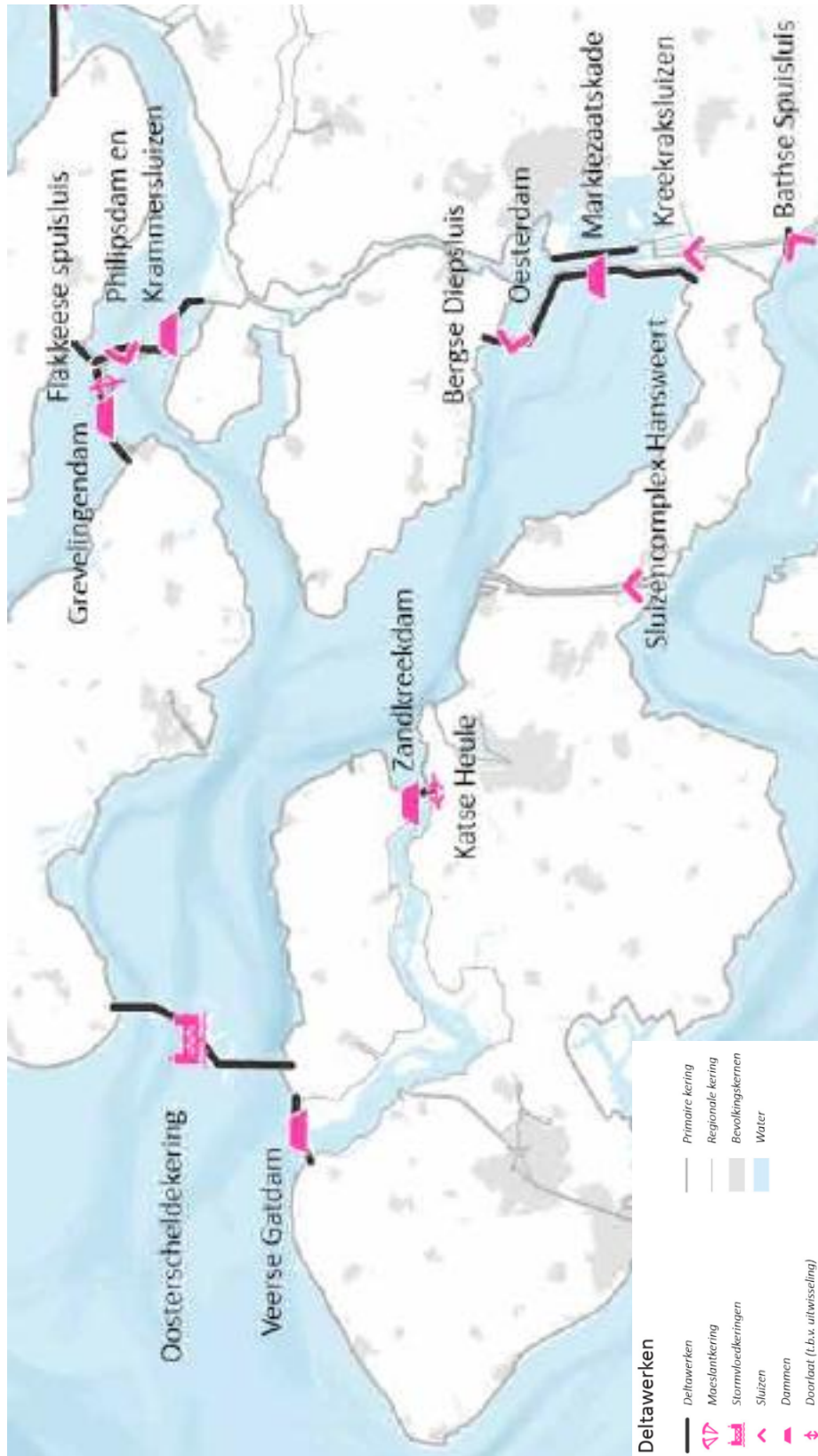
| | |
|-----------------------|--|
| Opdrachtgever | Rijkswaterstaat Zee en Delta |
| Contactpersoon | De heer E. van Zanten |
| Auteurs | Arno Nolte, Vincent Vuik, Maaïke Maarse en Bas Bolman |
| Trefwoorden | Oosterschelde, Deltaprogramma, Waterveiligheid, Ecologie, Waterkwaliteit, Gebruiksfuncties |
| Versie | 1.0 |
| Datum | 1 oktober 2025 |
| Projectnummer | 11211550-002 |
| Document ID | 11211550-002-ZKS-0003 |
| Pagina's | 58 |
| Classificatie | |
| Status | Definitief |

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Kaart met geografische namen | 6 |
| | Begrippen- en afkortingenlijst | 7 |
| 1 | Samenvattende synthese | 8 |
| 1.1 | Introductie | 8 |
| 1.2 | Knikpunten en oplossingsrichtingen | 10 |
| 1.2.1 | Doelbereik Waterveiligheid | 10 |
| 1.2.2 | Doelbereik Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks) | 11 |
| 1.2.3 | Functies, economisch en niet-economisch | 12 |
| 1.3 | Conclusie herijking Integrale Voorkeursstrategie Oosterschelde | 13 |
| 2 | Inleiding | 15 |
| 2.1 | Introductie | 15 |
| 2.2 | Doel | 15 |
| 2.3 | Leeswijzer | 17 |
| 3 | Kenmerken van het gebied | 18 |
| 3.1 | Introductie | 18 |
| 3.2 | Huidige integrale voorkeursstrategie Oosterschelde (2020) | 18 |
| 3.3 | Indeling in functies | 19 |
| 3.4 | Actuele en toekomstige ontwikkelingen | 19 |
| 3.5 | Veiligheidsstrategie | 20 |
| 4 | Inventarisatie knikpunten en oprekmogelijkheden | 22 |
| 4.1 | Introductie | 22 |
| 4.2 | Waterveiligheid | 23 |
| 4.2.1 | Actuele situatie | 23 |
| 4.2.2 | Actuele en toekomstige knikpunten | 24 |
| 4.2.3 | Oprekmogelijkheden | 30 |
| 4.2.4 | Overzichtstabel | 33 |
| 4.3 | Ecologie en waterkwaliteit | 33 |
| 4.3.1 | Actuele situatie | 33 |
| 4.3.2 | Actuele en toekomstige knikpunten | 37 |
| 4.3.3 | Oprekmogelijkheden | 38 |
| 4.3.4 | Overzichtstabel | 39 |
| 4.4 | Gebbruiksfuncties | 39 |
| 4.4.1 | Actuele situatie | 39 |
| 4.4.2 | Actuele en toekomstige knikpunten | 40 |
| 4.4.3 | Oprekmogelijkheden | 41 |
| 4.4.4 | Overzichtstabel | 42 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | Adaptatiepaden | 43 |
| 5.1 | Introductie | 43 |
| 5.2 | Adaptiepaden Waterveiligheid | 43 |
| 5.2.1 | Uitgebreide adaptiepaden | 43 |
| 5.2.2 | Vereenvoudigde weergave | 50 |
| 5.3 | Adaptatiepaden Ecologie en waterkwaliteit | 50 |
| 5.3.1 | Uitgebreide adaptiepaden | 50 |
| 5.3.2 | Vereenvoudigde weergave | 53 |
| | Referenties | 54 |

Kaart met geografische namen



Figuur: De Oosterschelde met de Deltawerken en voor het hoofdwatersysteem relevante kunstwerken. Bron: Atlas van de ZW Delta (Defacto Stedenbouw, 2024)

Begrippen- en afkortingenlijst

Begrippenlijst

| Begrip | Toelichting |
|------------------|--|
| Adaptatiepad | Reeks (beleids)opties om flexibel in te spelen op veranderende omstandigheden en toekomstige onzekerheden |
| Doelbereik | Beheer en -beleid van een overheid op basis van wet- en regelgeving |
| Knikpunt | <p>Moment of situatie waarbij de systeemwerking niet meer voldoet aan een gestelde norm en een maatregelen (of normaanpassing) moet worden uitgevoerd, waardoor de systeemwerking weer voldoet aan de gestelde norm.</p> <p>Volgens de in dit rapport gehanteerde definitie leidt een knikpunt dus niet per definitie tot overstappen op een ander adaptatiepad. Meestal is sprake van (een maatregel die leidt tot) het oprekken binnen de huidige strategie.</p> |
| Scenario | Specifieke, plausibele toekomstige situatie die niet beïnvloed kan worden door de betrokken deelnemers aan de besluitvorming. |
| Scenario-element | Individueel onderdeel van een scenario |

Afkortingenlijst

| Afkorting | Voluit |
|-----------|---|
| DIN | Opgelost stikstof |
| EZZO | Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde |
| HWBP | Hoogwaterbeschermingsprogramma |
| IZZS | Innovatieve Zoet-Zout Scheiding |
| KNMI | Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut |
| KP ZSS | Kennisprogramma Zeespiegelstijging |
| KRW | Kaderrichtlijn Water |
| LBO-1 | Eerste Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskans |
| LIR | Lokaal Individueel Risico |
| MKBA | Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse |
| NAP | Normaal Amsterdams Peil |
| NNN | Natuur Netwerk Nederland |
| OSK | Oosterscheldekering |
| PAGW | Programmatische Aanpak Grote Wateren |
| RPBU | Roompot-Buiten |
| TBB | Toegangsbeperkingsbesluit |
| ZSS | Zeespiegelstijging |

1 Samenvattende synthese

1.1 Introductie

In 2026 zal het Gebiedsoverleg Zuidwestelijke Delta de herijkte Integrale Voorkeursstrategie Zuidwestelijke Delta vaststellen. De Oosterschelde, inclusief de daarvan afhankelijke functies op de omliggende eilanden, is een van de grote wateren binnen de Zuidwestelijke Delta waarvoor de Integrale Voorkeursstrategie herijkt wordt. Dit document biedt bouwstenen voor deze herijking.

Integrale Voorkeursstrategie in Deltaprogramma 2021

De huidige Integrale Voorkeursstrategie die in het Deltaprogramma 2021 (Gebiedsoverleg, 2020) is vastgesteld, is samengevat:

- De integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde is gericht op een toekomstbestendige optimalisatie van het huidige “Beschermd open” en bestaat uit een aanpak van de waterveiligheidsopgave, die ook bijdraagt aan de aanpak van de erosie van het intergetijdengebied ten gevolge van zandhonger, en het economisch gebruik van de Oosterschelde.
- In de periode 2021-2026 worden de resultaten van lopend onderzoek opgeleverd, dan wel wordt nieuw onderzoek uitgevoerd naar verschillende aspecten:
 - Veiligheidsanalyse naar de effecten voor het fysisch systeem (waterveiligheid en verzilting); Kennisprogramma Zeespiegelstijging.
 - Nader onderzoek naar de verbinding van de klimaat- en zandhongeropgaven met de economische gebruiksfuncties, de ecologie en het landschap van de Oosterschelde; Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde (EZZO) fase 3.
 - Monitoring en evaluatie van de suppletie op de Roggenplaat en de natuurwaarden op de Galgeplaat, en besluit over de Galgeplaat suppletie (PAGW) in het kader van de stapsgewijze suppletiestrategie.
- Uiteindelijk is het waarschijnlijk dat de effecten van zeespiegelstijging en zandhonger na 2050 leiden tot een gewijzigde aanpak van de waterveiligheidsopgave. Bij welke mate van zeespiegelstijging ingrijpen noodzakelijk wordt en welke maatregelen dan mogelijk zijn is onderwerp van komend onderzoek. Tot die keuzes blijft optimalisatie van het huidige “Beschermd open” systeem de voorkeursstrategie. Tegelijkertijd kan de temperatuurstijging (als gevolg van klimaatverandering) leiden tot toenemende druk op de schelpdierpopulatie in de Oosterschelde. Hiervoor is aanvullend onderzoek noodzakelijk.

Synthese ten behoeve van herijking

Dit rapport is de synthese van beschikbare kennis ten behoeve van de Integrale Voorkeursstrategie Oosterschelde vanuit het kennisprogramma zeespiegelstijging en de EZZO studie, Het handhaven van de huidige “Beschermd open” strategie. Is het uitgangspunt. Vervolgens staan twee vragen centraal:

1. Hoe lang is het huidig beheer en beleid houdbaar onder invloed van klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen?
2. Wat zijn adaptatieopties om het beheer en beleid op te rekken voordat een knikpunt wordt bereikt?

Tabel 1-1 geeft een (kwalitatief) overzicht van:

- de relevante klimaat en socio-economische scenario-elementen (waar de zeespiegelstijging effect op heeft)
- de indicatoren voor beheer en beleid
- het bekende 1^e knikpunt of aangegeven als ‘onbekend’, en
- mogelijke adaptatieopties.

Dit overzicht vormt de basis voor het opstellen van de adaptatiepaden.

Tabel 1-1: Overzicht van de categorieën doelbereik, economische functies en niet-economische functies en bijbehorende (bekende) criteria, indicatoren, knikpunten en adaptatieopties/oprekmogelijkheden. Legenda: blauw = scenario-element is van invloed;; wit = scenario-element is niet van invloed; geel = onbekend of onzeker; grijs = niet van toepassing. Zie Tabel 4-1 voor definitie van de scenario-elementen.

| categorie | criterium | scenario-elementen | | | | | | indicatoren met mogelijk knikpunt voor (een van de) scenario-elementen | 1 ^e knikpunt bij voorzetting huidig beheer en beleid (inclusief autonome ontwikkeling) | adaptatieopties / oprekmogelijkheden |
|-----------------------------------|---|---|---------------|---------|---------------------|--------------------------------|-------------|--|--|---|
| | | zeespiegelstijging | wateroverlast | droogte | temperatuurstijging | bevolking en economische groei | scheepvaart | | | |
| Doelbereik | Waterveiligheid | v | - | - | - | v | - | - faalkans kering (eis 1) | 10-15 cm zeespiegelstijging | - kering versterken (faalkans verkleinen) - sluitpeil verhogen - sluitregime aanpassen (wind en waterstand) - binnenpeil verhogen - dijken en dammen versterken |
| | | v | - | - | - | v | - | - beoordelingspeil | ? | |
| | | v | - | - | - | v | - | - sluitfrequentie kering | 60-70 cm zeespiegelstijging | |
| | | v | - | - | - | v | - | - prestatiepeil (eis 2) | 75 cm zeespiegelstijging | |
| | | v | - | - | - | v | - | - hoogtetekort 1 ^e dijktraject | 70 cm zeespiegelstijging | |
| | | Zoetwaterbeschikbaarheid | | | | | | | | |
| | Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks) | v | - | - | v | - | - | - KRW normen --> Zeegras? | - ? zeespiegelstijging - ? temperatuurstijging | - suppleties voor natuur (opschalen) - Nature based solutions / dijkzones - Verstoring beperken (zoning) - Areal binnendijks uitbreiden - Norm aanpassen - ... |
| | | v | - | ? | ? | - | - | - N2000 habitats--> H1130A (schor) | >5 mm/j zeespiegelstijging | |
| | | v | - | ? | v | v | - | - N2000 soorten --> broedvogels, niet-broedvogels | - 10 mm/j zeespiegelstijging (areaal intergetijdengebied) - ? temperatuurstijging - ? verstoring (bev/econ groei)? | |
| | | v | - | - | v | - | - | - ecosysteem functioneren (PAGW) | onbekend | |
| Functies economisch | Landbouw | v | v | - | - | - | - | - afwatering | onbekend | - pompcapaciteit gemalen vergroten - kwelchermen aanleggen - landgebruik aanpassen - ... |
| | | v | - | - | - | - | - | - zoute kwel | - ? zeespiegelstijging | |
| | | - | - | v | - | - | - | - indicator onbekend (1/20 j droogteschade) | onbekend | |
| | | Industrie | | | | | | | | |
| | Havens en scheepvaart | v | - | - | - | - | - | - hoogte havenplateau | - ... cm zeespiegelstijging | - havenplateau ophogen - ... |
| | | v | - | - | - | - | v | - wachttijd sluisen | onbekend | |
| | Recreatie en toerisme | - | - | - | v | - | - | - zwemwaterkwaliteit | onbekend | ? |
| | | v | - | - | - | v | v | - aantal bezoekers? | onbekend (beleving?) | |
| | Visserij en aquacultuur | - | - | - | - | - | - | - landschappelijke beleving? | - >10 mm/j zeespiegelstijging? - 100 cm zeespiegelstijging? | ? - oestertafels ophogen - hangpercelen? |
| | | v | - | - | v | - | - | - indicator onbekend (oogst mosselen / oesters / overig?) | - >10 mm/j zeespiegelstijging (oesterteelt) - 150-200 cm zeespiegelstijging (primaire productie) - ? Temperatuurstijging | |
| | Drinkwater | | | | | | | | | |
| | Energie | | | | | | | | | |
| Functies niet-economisch | Binnendijkse natuur | v | - | - | - | - | - | - zoute kwel (voor zoetwater afh natuur) | - ? zeespiegelstijging | - van zoet naar zout water afh natuur - pompcapaciteit gemalen |
| | | v | v | - | - | - | - | - afwatering | onbekend | |
| | | - | - | v | v | - | - | - KRW (indien van toepassing) | onbekend, niet afh van Oosterschelde | |
| | | - | - | v | v | - | - | - N2000 (indien van toepassing) | onbekend, niet afh van Oosterschelde | |
| | Fysieke leefomgeving en wonen | v | ? | - | - | v | - | - aantal woningen | onbekend | ? |
| | | - | - | - | v | - | - | - hittestress | onbekend, niet afh van Oosterschelde | |
| | | v | v | - | - | - | - | - afwatering | onbekend | |
| | | v | - | - | ? | v | - | - landschappelijke kwaliteit? | onbekend | |
| | | Duurzaamheid (grondstoffen, CO ₂ -productie) | | | | | | | | |
| | Uitvoerbaarheid | Technisch inhoudelijke risico's en kansen | | | | | | | | |
| Institutionele risico's en kansen | | | | | | | | | | |
| Kosten | Kosten voor beheer, onderhoud, organisatie en sloop | | | | | | | | | |
| | Realisatiekosten | | | | | | | | | |

Uit het overzicht (Tabel 1-1) blijkt dat voor zeespiegelstijging relatief veel knikpunten bekend zijn uit de studie "Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde" (EZZO – zie Zandvoort et al. (2019), HKV (2024a) en het kennisprogramma zeespiegelstijging. Voor andere

scenario-elementen zijn geen knikpunten kwantitatief bekend. Kwalitatief is wel bekend dat er knikpunten zullen zijn; bijvoorbeeld het voorkomen van soorten in de Oosterschelde onder invloed van temperatuurstijging.

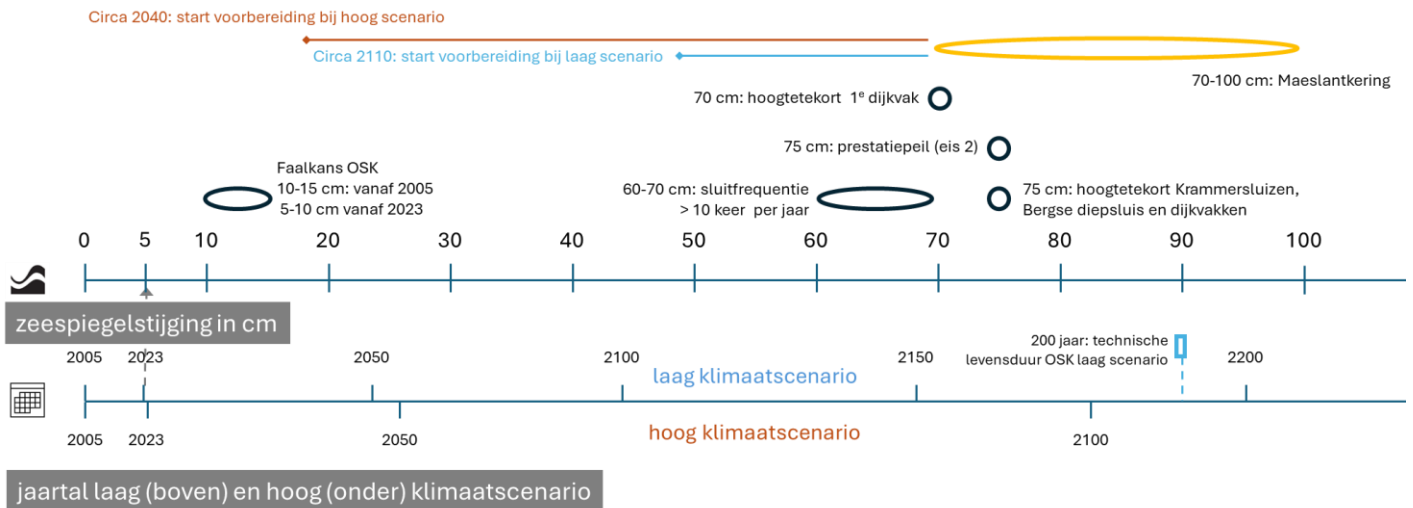
1.2 Knikpunten en oplossingsrichtingen

1.2.1 Doelbereik Waterveiligheid

De autonome ontwikkeling voor Waterveiligheid is dat het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) in 2050 ervoor heeft gezorgd dat alle primaire waterkeringen aan de wettelijke norm voldoen. Rondom de Oosterschelde worden daartoe tot die tijd meerdere dijkvakken in het kader van het HWBP versterkt.

Onderstaand figuur toont de voor het doelbereik Waterveiligheid bekende knikpunten in relatie tot zeespiegelstijging voor het lage en het hoge klimaatscenario. In het figuur is ook het ingeschatte knikpunt voor de Maeslantkering opgenomen, omdat dit knikpunt beslissend kan zijn voor de waterstaatkundige keuze voor de Rijn-Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta als geheel.

Naast zeespiegelstijging kan bevolkings- en economische groei een relevant scenario-element zijn, als daardoor de te beschermen bevolkingsaantallen of functies binnendijs veranderen. Hoewel dit niet is onderzocht, is de inschatting¹ dat dit niet of tot niet significant andere knikpunten voor Waterveiligheid leidt en daarom niet tot een andere (adaptatie)optie leidt.



Figuur 1-1: Adaptatieknippunten voor de Oosterschelde voor Waterveiligheid. Het referentiejaar voor zeespiegelstijging is 2005 conform de KNMI'23 klimaatscenario's. De knippunten uit de onderzoeken van HKV die 2023 hanteren als referentiejaar, zijn met +5 cm getransleerd.

In Figuur 1-1 is te zien dat:

- Het eerste knikpunt voor de constructieve faalkans Oosterscheldekering wordt op basis van afgerond onderzoek in de nabije toekomst al bereikt (HKV, 2024a). Rijkswaterstaat voert vervolgonderzoek uit om de faalkans van de kering beter te onderbouwen en nauwkeuriger te berekenen (Rijkswaterstaat, 2025).
- In de huidige situatie voldoet de Oosterscheldekering aan de ondergrens voor de faalkans, echter de marge is klein. Bij ongeveer 10-15 cm zeespiegelstijging ten opzichte van 2005 overschrijdt de faalkans de ondergrens volgens de EZZO-studie

¹ De recent uitgebracht toekomstvisie Zeeland 2050 met een potentiële bevolkingsgroei tot 700.000 inwoners in nog niet meegenomen in deze inschatting.

(HKV, 2024a). Nieuwe inzichten uit lopend onderzoek² kunnen ervoor zorgen dat dit knikpunt verschuift – waarschijnlijk naar een hogere zeespiegelstijging – omdat bij ontbrekende kennis vaak wordt uitgegaan van worst-case aannames die bij nader onderzoek te conservatief blijken te zijn (Rijkswaterstaat, 2025).

- Tussen 60-75 cm zeespiegelstijging liggen meerdere knikpunten bij elkaar, zoals weergegeven in het figuur. Een belangrijk knikpunt tussen 60-75 cm zeespiegelstijging is de sluitfrequentie van de Oosterscheldekering, welke bij voorkeur van de beheerder beperkt blijft tot maximaal 10 keer per jaar, wat gelijk is aan gemiddeld één keer per 2,5 week in het winterseizoen. Bij meer dan 10 sluitingen per jaar worden sluitingen in het onderhoudsseason waarschijnlijk, wat onwenselijk is (HKV, 2024a).
- Doordat deze adaptatieoptie ongeveer te gelijk plaats vinden is het aan te bevelen om deze als één geclusterd knikpunt met meerdere elementen te beschouwen, en hiervoor adaptatie-opties te formuleren. In het lage klimaatscenario speelt dit over ruim 100 jaar (2130-2160) en komt dit in de buurt van de technische levensduur van de Oosterscheldekering (2185). In het hoge klimaatscenario wordt het geclusterd knikpunt voor het eind van deze eeuw bereikt (2080-2090).
- Het geclusterd knikpunt ligt in de tijd ongeveer gelijktijdig met het knikpunt voor de Maeslantkering. Zeker als een voorbereidingstijd van 40 jaar wordt meegenomen, zal besluitvorming over en uitvoering van adaptatieopties in de Oosterschelde en in de Rijn-Maasmonding gelijktijdig plaatsvinden. Geconcludeerd en aanbevolen wordt dat deze besluitvorming in samenhang gedaan moet worden en niet als parallelle trajecten.

1.2.2 Doelbereik Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks)

Het doelbereik voor Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks) voldoet momenteel niet aan de gestelde doelen vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura 2000 (N2000). Hiervoor worden diverse maatregelen, pilots en onderzoeken uitgevoerd, zoals voor zeegrasherstel en voor vismigratie. Het Natura 2000 beheerplan Oosterschelde is in herziening. Tevens wordt het PAGW Streefbeeld Rijn-Maas-Scheldemonding ontwikkeld waar de Oosterschelde onderdeel van uitmaakt. Tenslotte zal de Natuurherstelverordening geïmplementeerd worden.

Het 'niet voldoen' is voor een deel een gevolg van de nog voortgaande aanpassing van het ecosysteem aan de aanleg van de Deltawerken. Daarnaast is verstoring geïdentificeerd als een knelpunt voor meerdere N2000 instandhoudingsdoelstellingen (Witteveen+Bos et al., 2024). Het is niet bekend in hoeverre het reduceren van verstoring kan bijdragen aan het behalen van de doelstellingen.

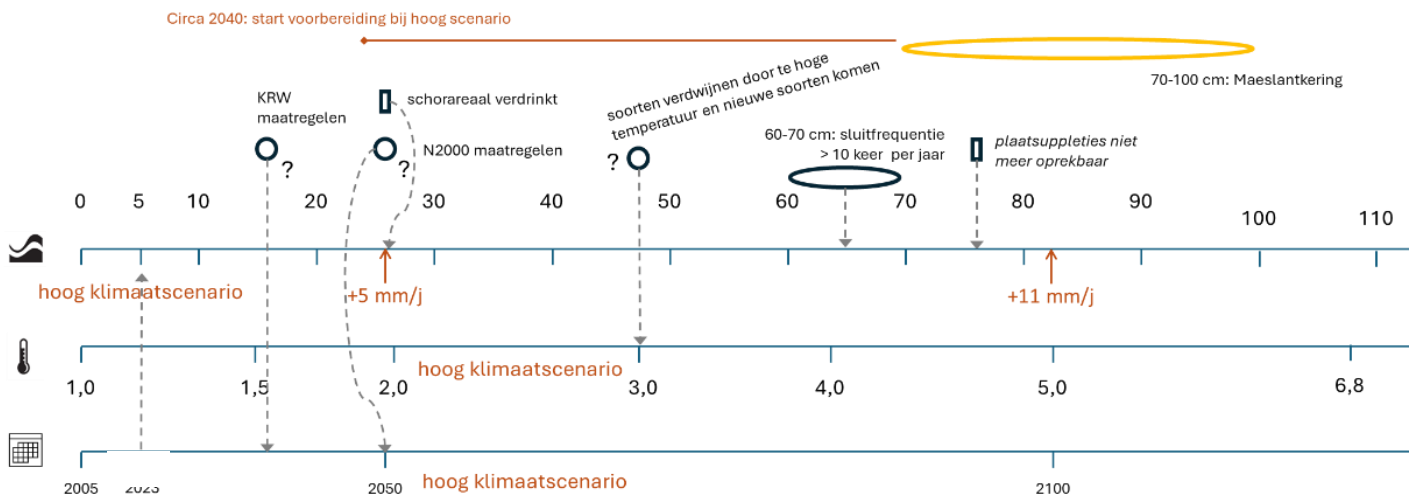
Als beheermaatregel wordt het areaal intergetijdengebied met foerageerfunctie voor vogels behouden door middel van supplementies. Dit kan naar verwachting tot 1 cm/jaar zeespiegelstijging voortgezet worden (Zandvoort et al., 2019). Schorren kunnen meegroeien tot 5 mm/jaar zeespiegelstijging (Figuur 1-2).

Naast zeespiegelstijging heeft temperatuurstijging een effect op Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks). Er zijn geen knikpunten bekend, omdat de kennis hiervoor ontbreekt. Een hypothese is dat temperatuurstijging nu al een rol speelt bij geobserveerde ecologische problemen (bijvoorbeeld de achteruitgang van kreeften en ansjovis). Omdat er meerdere potentiële drukfactoren zijn geïdentificeerd, is deze hypothese echter nog niet bewezen of onkracht.

Het opstellen van adaptatiepaden is prematuur, omdat kennis over knikpunten ontbreekt en het aantal bekende knikpunten beperkt is. Daarnaast treden in het lage klimaatscenario geen knikpunten op, omdat de (snelheid van) zeespiegelstijging en de temperatuurstijging beperkt blijven.

² Het lopende onderzoek bestaat uit proeven met een schaalmodel van de OSK, onderzoek naar de krachten die golven uitoefenen op de civiele onderdelen van de OSK en onderzoek naar de aanwezige staalsoorten en bijbehorende staalkwaliteit.

Drie adaptatieopties voor het oprekken van het huidig beheer en beleid zijn geïdentificeerd: 1) het uitbreiden van suppleties van platen naar schorren, 2) het ontwikkelen van waterkerende landschappen (eventueel met meerlaagsveiligheid) waarin de opgaven voor Waterveiligheid en voor Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks) en mogelijk andere opgaven gecombineerd worden aangepakt, en 3) het aanpassen van natuurdoelstellingen.



Figuur 1-2: Adaptatieknippunten voor de Oosterschelde voor het thema Ecologie en waterkwaliteit bij het hoge klimaatscenario. Pijlen geven aan welke of het knippunt het gevolg is van zeespiegelstijging, temperatuurstijging of autonome ontwikkeling (jaartal). Let op dat voor Ecologie en waterkwaliteit alleen het hoge klimaatscenario tot knippunten leidt (zie tekst); het lage klimaatscenario is daarom niet opgenomen.

1.2.3 Functies, economisch en niet-economisch

Er is een relatief beperkte afhankelijkheid tussen (het beheer en beleid van) de Oosterschelde en (het beheer en beleid van) de ruimtelijke inrichting, landgebruik en het regionale watersysteem op de omliggende eilanden. Er is geen indicatie dat op korte of middellange termijn opgaven op de eilanden van invloed zijn op een aanpassing van de huidige “Beschermd open” strategie. Opgaven op de eilanden – waaronder zoetwaterbeschikbaarheid, regionale waterkwaliteit, recreatiedruk en wateroverlast – kunnen dan wel moeten op het schaalniveau van de eilanden geadresseerd worden. Of andersom gezegd, opgaven op de eilanden worden tot in ieder geval 2050 niet opgelost door een ander beheer of beleid van de Oosterschelde.

De Oosterschelde levert geen zoet water, maar beïnvloedt door zoute kwel de zoetwaterbeschikbaarheid voor Landbouw en voor zoetwater afhankelijke Binnendijkse natuur op Schouwen-Duiveland, Noord-Beveland, Zuid-Beveland en een deel van de Reigersbergse polder. Bij stijgende zeespiegel neemt de zoute kwel op termijn toe, maar dat wordt op korte (2030) en middellange (2050) termijn niet als een relevante klimaatfactor beoordeeld. Droogte wordt momenteel al als een probleem ervaren en toenemende kans op droogte wordt daarom als de dominante klimaatfactor gezien. De klimaatfactor Droogte is niet gerelateerd aan de Oosterschelde en er zijn daarom geen adaptatieopties vanuit het beheer van of beleid voor de Oosterschelde.

- Sint Philipsland, Tholen en (een deel van) de Reigersbergse polder hebben externe aanvoer vanuit het Volkerak-Zoommeer; deze zoetwaterbeschikbaarheid valt onder de Integrale Voorkeursstrategie Volkerak-Zoommeer, die wel beïnvloed wordt door een toename van zoute kwel door stijgende waterstand in de Oosterschelde.
- De groei van bevolking en economie werkt door in drinkwatervoorziening, maar aangezien de Oosterschelde en de omliggende eilanden geen drinkwater leveren (met de kanttekening dat de duinen onder de I-VKS Kust en Voordelta vallen), is dit scenario-element niet van toepassing in de Oosterschelde.

Op enkele aspecten is er wel een raakvlak tussen de Oosterschelde buitendijks en de eilanden binnendijks. Door klimaatverandering neemt de kans op wateroverlast door piekbuien toe en door zeespiegelstijging neemt de pompcapaciteit van de gemalen af.. Maatregelen daarvoor

op de eilanden zijn bijvoorbeeld tijdelijke berging en aanpassing van het regionaal watersysteem. Voor voldoende afvoer naar de Oosterschelde kan de gemaalcapaciteit vergroot (moeten) worden. Hoewel dit kostbaar kan zijn, leidt dit niet tot een andere strategie voor de Oosterschelde buitendijks.

De EZZO studie (Zandvoort et al., 2019) heeft laten zien dat enkele havenplateaus onder invloed van zeespiegelstijging vaker kunnen onderlopen. Maatregelen zoals verhoging of overstap naar drijvende haveninfrastructuur zijn mogelijk. Keersluizen bij Zierikzee en Stavenisse moeten vaker sluiten. Ook dit zijn maatregelen die lokaal ingrijpend en kostbaar kunnen zijn, maar die geen aanleiding geven voor een andere strategie. Het is van belang te benoemen dat, indien in Zierikzee wordt gekozen voor een dergelijke ingrijpende en kostbare maatregel, er een risico bestaat op desinvestering of maladaptatie. Dit risico doet zich voor wanneer binnen de levensduur van de maatregel alsnog wordt overgestapt op een andere strategie, zoals het afsluiten van het gebied.

Tenslotte zijn Visserij en aquacultuur sterk gekoppeld aan het functioneren van het ecosysteem en dus aan het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit (buitendijks).

1.3 Conclusie herijking Integrale Voorkeursstrategie Oosterschelde

Op basis van de synthese van de huidige beschikbare inzichten en kennis wordt geconcludeerd dat de basis van de Integrale Voorkeursstrategie Oosterschelde tot 2050 **gehandhaafd** kan blijven:

- De integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde is gericht op een toekomstbestendige optimalisatie van het huidige “Beschermd open” en bestaat uit een aanpak van de waterveiligheidsopgave, die ook bijdraagt aan de aanpak van de erosie van het intergetijdengebied ten gevolge van zandhonger, en het economisch gebruik van de Oosterschelde.

Het reeds lopend onderzoek naar betere onderbouwing van de constructieve faalkans van de Oosterscheldekering, dat met een potentieel knikpunt bij 5-10 zeespiegelstijging urgent is, moet in de volgende periode 2027-2032 uitsluitel geven. Aanvullend daarop is geconstateerd dat dit onderzoek uitgebreid moet worden met een onderzoek naar de mogelijkheden voor optimalisatie van de huidige sluitstrategie (samenspel van sluitcriterium, te hanteren binnenpeilen en sluitfrequentie). Aanpassingen aan de sluitstrategie hebben invloed op zowel de constructieve faalkans van de kering, als op de prestatiepeilen in de Oosterschelde. Volgens het huidige inzicht zal de “Beschermd open” strategie in ieder geval tot circa 60-70 cm zeespiegelstijging houdbaar zijn (dit komt neer op 2070-2080 volgens het hoge klimaatscenario en 2130-2150 in het lage klimaatscenario) en het doel van deze onderzoeken is om dit nog verder op te rekken..

De status van de stapsgewijze suppletie strategie voor natuur **wijzigt** van onderzoek **naar operationeel beheer**. De suppletie in het middengebied (Galgeplaat) is in voorbereiding en de suppletie in de Kom van de Oosterschelde staat daarna op de planning.

Voor Ecologie en waterkwaliteit (natuur) is onduidelijk of de suppletie strategie alleen voldoende is en is waarschijnlijk meer nodig. Daarnaast is in de herijking duidelijk geworden dat kennis ontbreekt of de natuurdoelen op (middel)lange termijn houdbaar of oprekbaar zijn én dat kennis ontbreekt over de haalbare en houdbare natuurdoelen in de lange termijn oplossingsrichtingen van de Rijn-Maas-Scheldemonding. Voor het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit is **een voorbereidend ecologisch onderzoek** nodig om de natuurdoelen van de Oosterschelde als onderdeel van de Rijn-Maas-Scheldemonding uit te werken in de oplossingsrichtingen met handelingsperspectieven voor de korte en middellange termijn.

In dit onderzoek moet de waterstaatkundige inrichting voor Waterveiligheid, Zoetwaterbeschikbaarheid én Ecologie en waterkwaliteit opgenomen zijn. Hiertoe moet de

Deltabeslissing Grote Rivieren en Delta's aangepast en aangescherpt worden door de keuzes in Rijn-Maasdelta (o.a. Maeslantkering) en in de Zuidwestelijke Delta (Oosterscheldekering) in volledige en gelijkwaardige samenhang te beschouwen. Het Deltaprogramma moet hiervoor structurele samenwerking aangaan met een nog nader te definiëren of aan te wijzen ecologisch programma over de vraag of het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit moet toegevoegd worden aan het Deltaprogramma.

2 Inleiding

2.1 Introductie

Voor de herijking van de integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde dienen de oplossingsrichtingen verder uitgewerkt te worden. In voorgaande rapporten is in de afgelopen jaren data, informatie en kennis verzameld. De studie “Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde” (EZZO – zie Zandvoort et al., 2019 en HKV (2024a)) vormt de basis om voor het samenvoegen van data en informatie tot concrete opties voor de herijking, en te komen tot een integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde.

Niet alleen de herijking is van belang voor de integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde. Het Gebiedsoverleg Zuidwestelijke Delta heeft besloten om eind 2026 een Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2050 vast te stellen, met als ambitie dat in 2050 de Zuidwestelijke Delta de eerste klimaatbestendige delta ter wereld is. Dit hangt uiteraard niet alleen af van de beslissingen die in de Zuidwestelijke Delta als bestuursgebied worden genomen, maar ook van beslissingen die op landelijk niveau en aangrenzende regio's worden genomen. Het Uitvoeringsprogramma ZW Delta 2050 gaat uit van de volgende drie strategische doelen:

- Veilig en klimaatbestendig
- Economisch vitaal
- Ecologisch veerkrachtig

Dit synthesedocument levert een bijdrage aan het uitwerken van bovengenoemde pijlers en aan de systematische wijze waarop de opties samengesteld en afgewogen kunnen worden. Het synthesedocument is input voor de herijkte integrale voorkeursstrategie Oosterschelde die in 2026 formeel zal worden vastgesteld.

2.2 Doel

Om te komen tot bouwstenen voor de optimalisatie van de integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde zijn twee doelen geformuleerd:

1. Het eerste doel is het in kaart brengen van de houdbaarheid van de huidige functies in de Oosterschelde en het bepalen van het moment waarop als gevolg van klimaatverandering en/of socio-economische ontwikkeling het huidige beheer en beleid niet langer voldoet en maatregel(en) nodig zijn.
2. Het tweede doel is het identificeren van opties om het huidige beheer en beleid op te rekken en dit in adaptatiepaden uit te werken.
 - a. Bij ‘oprekken’ wordt uitgegaan van aanpassingen in lijn met het huidige systeemfunctioneren conform de huidige strategie “Beschermd open” en binnen de huidige (systeem)grenzen van de Oosterschelde: een zeearm met tweemaal daags getij, met een stormvloedkering, primaire keringen langs de eilanden en compartimenteringsdammen; met geulen, platen, slikken en schorren en bijbehorende flora en fauna (wettelijke normen van Natura 2000 en KRW); en met gebruik voor aquacultuur, visserij, scheepvaart, recreatie en toerisme.
 - b. Bij fundamentele systeemwijziging zoals (een keuze voor) het wijzigen, van de veiligheidsstrategie wordt niet meer gesproken van ‘oprekken’, omdat daarvoor een aanpassing en afweging op grotere ruimtelijke schaal van de ZW Delta of zelfs nationaal gemaakt zal moeten worden.

De aanpak volgt en bouwt voort op de Verkennende Systeemanalyse Zuidwestelijke Delta (Deltares, 2024), te weten de combinatie van integrale systeemanalyse (methode 1) en dynamische adaptatiepaden (methode 2). Voor een beschrijving wordt verwezen naar paragrafen 2.3 en 2.4 van de Verkennende Systeemanalyse (Deltares, 2024). Voor de integraliteit is in Deltares (2024) een concept beoordelingskader opgesteld, welke ook in dit document als basisstructuur wordt gebruikt (Tabel 2-1).

Tabel 2-1: Structuur van het concept beoordelingskader ZW Delta gebaseerd op het duidingskader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Royal HaskoningDHV, 2023). Het betreft de indeling op hoofdlijnen. Indicatoren waarop kwantitatief of kwalitatief beoordeeld wordt, zijn nog niet vastgesteld. De criteria Zoetwaterbeschikbaarheid (directe waterlevering), Industrie, Drinkwater (directe waterlevering), Energie en Duurzaamheid komen in de Oosterschelde niet of niet significant voor en worden daarom niet meegenomen. De categorieën Uitvoerbaarheid en Kosten worden in dit synthesesdocument niet meegenomen en zijn daarom uitgegrisd (Deltares, 2024).

| Categorie | Criterium |
|---|---|
| Doelbereik | Waterveiligheid |
| | Zoetwaterbeschikbaarheid (directe waterlevering) |
| | Ecologie en waterkwaliteit |
| Gebruiksfuncties <i>Economisch</i> | Landbouw |
| | Industrie |
| | Havens en scheepvaart |
| | Recreatie en toerisme |
| | Visserij en aquacultuur |
| | Drinkwater (directe waterlevering) |
| | Energie |
| Gebruiksfuncties <i>Niet-economisch</i> | Binnendijkse natuur |
| | Fysieke leefomgeving en wonen |
| | Duurzaamheid (grondstoffen- en energieverbruik) |
| Uitvoerbaarheid | Technisch inhoudelijke risico's en kansen |
| | Institutionele risico's en kansen |
| Kosten | Kosten voor beheer, onderhoud, organisatie en sloop |
| | Realisatiekosten |

In de Verkennende Systeemanalyse (Deltares, 2024) zijn knikpunten geïnterpreteerd op basis van kennis die tot 1 juli 2024 beschikbaar was. In dit synthesesdocument wordt dit aangevuld met nieuwe kennis die sindsdien beschikbaar is gekomen, en aangescherpt met voortschrijdend inzicht.

In de afgelopen jaren is de adaptatiepadenmethode verder ontwikkeld als conceptuele benadering. In dit rapport is de adaptatiepadenmethode voor het eerst toegepast voor de Oosterschelde, waarbij is voortgebouwd op de systematiek uit de Verkennende Systeemanalyse Zuidwestelijke Delta (Deltares, 2024). Deze systematiek werkt met drie kernbegrippen: knikpunten, houdbaarheid en oprekmogelijkheden.

De toepassing van de adaptatiepadenmethode vond plaats in een gezamenlijk leerproces tussen Rijkswaterstaat Zee en Delta (RWS ZD) en Deltares, onder het motto leren door te doen. In eerste instantie lag de nadruk op het inhoudelijk correct en feitelijk onderbouwen van

de adaptatiepaden. Tijdens overleg met RWS ZD bleek dat deze eerste versie, hoewel inhoudelijk juist, te complex was om goed te communiceren en is een eenvoudiger versie ontwikkeld met alleen de belangrijke knikpunten .

Deze vereenvoudigde versie behoudt de inhoudelijke kern, maar is geschikt om direct te begrijpen. In hoofdstuk 5 worden beide versies gepresenteerd: eerst de uitgebreide adaptatiepaden, gevolgd door de vereenvoudigde weergave van de adaptatieknikpunten.

2.3 Leeswijzer

Dit rapport biedt een korte analyse van het gebied met een focus op de huidige en toekomstige ontwikkelingen. Hoofdstuk 2 behandelt de kenmerken van het gebied, inclusief de indeling in functies en relevante ontwikkelingen. Hoofdstuk 3 richt zich op de inventarisatie en onderbouwing van knikpunten voor het doelbereik en gebruiksfuncties inclusief overzichtstabellen. Hoofdstuk 4 behandelt de adaptatiepaden voor Waterveiligheid en voor Ecologie en waterkwaliteit en reflecteert op de consequenties voor gebruiksfuncties. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen uitgewerkt.

3 Kenmerken van het gebied

Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van de Oosterschelde voor zo ver deze relevant is voor dit synthesesdocument. Uitgebreide systeembeschrijvingen zijn elders beschikbaar in bijvoorbeeld de Oosterscheldeatlas, de Systeemrapportage Oosterschelde, de Evaluatie beheerplan Natura 2000 Oosterschelde en de Ecologische evaluatie N2000-beheerplannen (Witteveen+Bos et al., 2024).

3.1 Introductie

De Oosterschelde is een “Beschermd open” zeearm tussen de Zeeuwse eilanden Schouwen-Duiveland, Tholen, Sint Philipsland en Zuid- en Noord-Beveland. De Oosterschelde heeft een getijslag van gemiddeld 3,25 m. Het water is zout en helder. Het onderwaterlandschap bestaat uit een afwisseling van diepe getijdengeulen, ondiep water en bij laag water droogvallende slikken platen en schorren.

Vier Deltadammen vormen de harde grens tussen de Oosterschelde en het Veerse Meer (Zandkreekdam), het Grevelingenmeer (Grevelingendam) en het Volkerak-Zoommeer (Philipsdam en Oesterdam). De afsluitbare Oosterscheldekering vormt de verbinding tussen de Voordelta en Oosterschelde. Voor de scheepvaartverbindingen zijn vijf sluiscomplexen gebouwd. De twee grootste faciliteren de Rijn-Schelde corridor (Krammer en Kreekraksluizen).

Sinds de bouw van Deltawerken eroderen de intergetijdengebieden. Het areaal aan slikken en schorren staat door de zandhonger onder druk. Sinds ingebruikname van de kering is het areaal van deze gebieden gekrompen van ongeveer 11.000 naar 9.000 ha en is de gemiddelde hoogte met ongeveer 30 cm afgenomen. Deze gebieden zijn van groot belang voor schelpdierpopulaties en de visserij, en vallen onder de Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura 2000. Bovendien is de Oosterschelde een nationaal park, wat de ecologische en recreatieve waarde verder benadrukt.

Het getij van de Oosterschelde drijft verversing van het water in het Veerse Meer, Grevelingen en Rammegors aan via doorlaatmiddelen.

Voor de scheepvaart zijn er verbindingen beschikbaar naar het Volkerak Zoommeer via de Krammer sluisen en de Bergsche Diepsluis, naar de Westerschelde via de sluisen Hansweert, naar de Noordzee via de Roompotsluizen, naar de Grevelingen via de Grevelingensluis en naar het Veerse Meer via de Zandkreeksluis.

3.2 Huidige integrale voorkeursstrategie Oosterschelde (2020)

De huidige Integrale Voorkeursstrategie die in het Deltaprogramma 2021 (Gebiedsoverleg, 2020) is vastgesteld, is samengevat:

- De integrale voorkeursstrategie voor de Oosterschelde is gericht op een toekomstbestendige optimalisatie van het huidige “Beschermd open” en bestaat uit een aanpak van de waterveiligheidsopgave, die ook bijdraagt aan de aanpak van de erosie van het intergetijdengebied ten gevolge van zandhonger, en het economisch gebruik van de Oosterschelde.
- In de periode 2021-2026 komen resultaten van lopend onderzoek, dan wel wordt nieuw onderzoek uitgevoerd naar verschillende aspecten:
 - Veiligheidsanalyse naar de effecten zijn voor het fysisch systeem (waterveiligheid en verzilting); Kennisprogramma Zeespiegelstijging.
 - Nader onderzoek naar de verbinding van de klimaat- en zandhongeropgaven met de economische gebruiksfuncties, de ecologie en het landschap van de

Oosterschelde; Effecten Zeespiegelstijging en Zandhonger Oosterschelde (EZZO) fase 3.

- Monitoring en evaluatie naar de suppletie op de Roggenplaat en de natuurwaarden op de Galgeplaat, en besluit over de Galgeplaat suppletie (PAGW) in het kader van de stapsgewijze suppletie strategie.
- Uiteindelijk zullen de effecten van zeespiegelstijging en zandhonger na 2050 leiden tot een gewijzigde aanpak van de waterveiligheidsopgave. Bij welke mate van zeespiegelstijging ingrijpen noodzakelijk wordt en welke maatregelen dan mogelijk zijn is onderwerp van komend onderzoek. Tot die keuzes blijft optimalisatie van het huidige “Beschermd open” systeem de voorkeursstrategie. Tegelijkertijd kan de temperatuurstijging (als gevolg van klimaatverandering) leiden tot toenemende druk op de schelpdierpopulatie in de Oosterschelde. Hiervoor is onderzoek noodzakelijk.

3.3 Indeling in functies

De volgende functies zijn relevant voor in en rondom de Oosterschelde. In paragraaf 3.4 wordt de actuele situatie van deze functies beschreven.

- Natuur
- Landbouw
- Havens en scheepvaart
- Recreatie en toerisme
- Visserij en aquacultuur
- Binnendijkse natuur

3.4 Actuele en toekomstige ontwikkelingen

De Verkennende Systeemanalyse (Deltares, 2024) beschrijft de actuele en toekomstige ontwikkelingen in het gebied.

De belangrijkste autonome ontwikkeling in de Oosterschelde is de zandhonger als gevolg van de aanleg van de Oosterscheldekering (OSK) en de compartimenteringsdammen. Na de aanleg van de OSK en de compartimenteringsdammen is het getijvolume van het in- en uitstromend water verminderd, wat heeft geleid tot zandhonger. De geulen in de Oosterschelde zijn te diep voor de hoeveelheid water die erdoor stroomt, waardoor ze verondiepen. Dit proces heeft gevolgen voor de foerageerfunctie van de ecologisch waardevolle platen, slikken en schorren in dit Natura 2000 gebied. Door zeespiegelstijging wordt de druk op deze habitats verder verhoogd (Wijsman, 2007).

In en rondom de Oosterschelde worden diverse maatregelen genomen in relatie tot Waterveiligheid, Ecologie en waterkwaliteit. Een voorbeeld is het Krammersluizencomplex, gelegen tussen de zoute Oosterschelde en het zoete Volkerak-Zoommeer. De maatregel bestaat uit grootschalige renovatie in de komende jaren. Deze renovatie is bedoeld om het complex in de toekomst vlot en veilig bereikbaar te houden. Een van de maatregelen is de innovatieve zoet-zoutscheiding (IZZS) die wordt geïmplementeerd in de duwvaartsluizen. Dit systeem leidt tot een ander sluis- en waterbeheer in vergelijking met het huidige systeem. In plaats van uitwisseling van het kolkvolume in het huidige systeem zal de zoutindringing worden tegengegaan door een combinatie van de inzet van luchtbellenschermen en (zoet) spoelwater. Dit nieuwe doorlaatmiddel maakt het mogelijk om overtollig water te spuien vanaf het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde. Daarnaast kunnen vissen via het doorlaatmiddel migreren tussen de Oosterschelde en de rivieren. Het IZZS heeft als voordeel dat het schutproces ongeveer een kwartier sneller gaat. Ook levert de nieuwe IZZS een energiebesparing op van 35% t.o.v. het huidige systeem (ZW Delta, 2020; Wijsman, 2020).

Naast de hierboven genoemde maatregelen t.a.v. Waterveiligheid worden tevens maatregelen genomen in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Binnen het HWBP werken de Waterschappen en Rijkswaterstaat samen aan dijkversterkingsoperaties. Het doel van HWBP is om waar nodig primaire keringen op een sobere en doelmatige wijze te versterken, zodat ze uiterlijk 2050 voldoen aan de wettelijke normen. Specifiek voor de Oosterschelde zijn nu drie maatregelen concreet gepland: het versterken van dijktraject Zuid-Beveland Oost (2029-2036), het versterken van een stukje dijk van 500 meter bij Sint-Annaland afgerond in 2025) en dijktraject Tholen (2029-2040). Daarnaast zullen tot 2050 nog meer dijktrajecten versterkt worden om aan de norm te voldoen. Tenslotte staat het versterken van de Oesterdam gepland (2028-2030).

In relatie tot de hierboven beschreven zandhonger worden suppleties ingezet als maatregel om te voldoen aan Natura 2000 doelstellingen. De Roggenplaat is de grootste zandplaat in de Oosterschelde. Er is in 2019 1,3 miljoen m³ zand opgespoten om het leefgebied voor steltlopers minstens 25 jaar te verbeteren. Het bodemleven, mossels, vogels en zeehonden worden gemonitord tijdens en na zandsuppletie. Proefvakken zijn voorzien van een laag voedselrijk zand van de Roggenplaat om het herstel te versnellen. De Galgeplaat wordt in 2026-2027 opgehoogd. Het project is opgenomen in de tweede tranche van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), met als opdrachtgevers het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in samenwerking met de Provincie Zeeland en Natuurmonumenten.

3.5 Veiligheidsstrategie

Het veiligheidssysteem van de Oosterschelde bestaat uit dijken rond de eilanden, dammen en een stormvloedkering. Bij normale weersomstandigheden staat de kering open en kent de Oosterschelde een actief getij. De dijken beschermen de eilanden tegen overstromen. De stormvloedkering voorkomt stormvloedwaterstanden in de Oosterschelde door te sluiten bij een verwachte buitenwaterstand van +3m NAP en een binnenpeil in de Oosterschelde van +1m NAP. Bij aanhoudende stormvloed wordt een wisselstrategie van het binnenpeil van +1,+2,+1m NAP gehanteerd. De afgelopen 38 jaar sloot de kering gemiddeld 1 keer per twee jaar.

De veiligheidsstrategie voor de Oosterschelde is van belang om de regio te beschermen tegen overstromingen en de gevolgen van extreme weersomstandigheden. Deze strategie omvat verschillende samenhangende onderdelen die hieronder kort worden toegelicht.

De constructieve faalkans van de Oosterscheldekering is een maat voor de kans dat de kering faalt door structurele problemen. Volgens de Omgevingswet moet de faalkans van de Oosterscheldekering voldoen aan een ondergrenswaarde van 1/10.000 per jaar. Dit betekent dat de kering zeer betrouwbaar moet zijn en dat er uitgebreide inspecties en onderhoudsplannen nodig zijn om deze betrouwbaarheid te waarborgen (Stijnen et al., 2023)

Het sluitregime van de Oosterscheldekering bepaalt wanneer de kering gesloten moet worden om stormvloeden buiten te houden. Dit regime is gebaseerd op voorspellingen van hoogwaterstanden en weersomstandigheden. Het doel is om de kering tijdig te sluiten om de veiligheid van het achterland te garanderen, terwijl ook rekening wordt gehouden met de impact op de scheepvaart en ecosystemen (HKV, 2019).

Prestatiepeilen zijn specifieke waterstanden die op verschillende locaties in de Oosterschelde worden berekend. Deze peilen geven aan hoe goed de kering presteert onder extreme omstandigheden. De Oosterscheldekering moet ervoor zorgen dat de waterstanden binnen de afgesproken grenzen blijven, zelfs bij extreme weersomstandigheden. Dit vereist nauwkeurige

monitoring en aanpassingen aan de kering indien nodig. Het beoordelingspeil is de waterstand die hoort bij een vooraf bepaalde faalkans, en vormt de basis voor het beoordelen van de sterkte en stabiliteit van de Oosterscheldekering (HKV, 2024a).

De beheerruimte verwijst naar de flexibiliteit die nodig is om de kering effectief te beheren en te onderhouden. Dit omvat het vermogen om snel te reageren op veranderende omstandigheden en om preventieve maatregelen te nemen om de veiligheid te waarborgen. Het beheer van de Oosterscheldekering vereist een goed gecoördineerde aanpak tussen verschillende betrokken partijen (Stijnen et al., 2023).

De ondergrens voor het overlijdensrisico is een belangrijke maatstaf voor de veiligheid van primaire waterkeringen zoals de Oosterscheldekering. Deze grenswaarde is vastgelegd in de Omgevingswet en bepaalt het maximale toegestane risico op overlijden als gevolg van overstromingen. Voor de primaire keringen is deze waarde vastgesteld op 1/100.000 per jaar (STOWA, 2019).

Een normtraject is een specifiek gedeelte van een waterkering waarvoor een bepaalde overstromingskans als norm is vastgesteld. Deze norm geeft aan hoe groot de kans is dat een overstroming plaatsvindt binnen dat traject. De nieuwe normen voor Waterveiligheid, die sinds 2017 van kracht zijn, zijn ontwikkeld in het kader van de Deltabeslissing Waterveiligheid. Deze normen zijn uitgedrukt in een overstromingskans per normtraject (STOWA, 2019).

4 Inventarisatie knikpunten en oprekmogelijkheden

4.1 Introductie

In de Verkennende Systeemanalyse (Deltares, 2024) is een concept beoordelingskader samengesteld, gebaseerd op het duidingskader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Royal HaskoningDHV, 2023). Dit hoofdstuk geeft per thema uit het beoordelingskader een overzicht van de actuele situatie, toekomstige knikpunten en oprekmogelijkheden. Dit alles valt binnen de houdbaarheid en oprekbaarheid van het huidige systeem, zonder ingrijpende systeemwijzigingen.

Thema's uit het beoordelingskader zijn:

- Waterveiligheid (paragraaf 4.2);
- Ecologie en waterkwaliteit (paragraaf 4.3);
- Gebruiksfuncties (paragraaf 4.4).

De actuele situatie gaat over de huidige toestand en trends, met een vooruitblik naar concreet geplande maatregelen.

Knikpunten zijn momenten of situaties waarbij de systeemwerking op een bepaald aspect niet meer voldoet aan een gestelde norm. Dit gebeurt onder invloed van scenario's: combinaties van ontwikkelingen waarop beheer en beleid van de Oosterschelde geen invloed hebben. Als een knikpunt wordt bereikt, moet een maatregel genomen worden. Na uitvoering van de maatregel voldoet de systeemwerking weer aan de gestelde norm. Een voorbeeld is de dijkversterking in het kader van het HWBP-programma, waarbij na uitvoering de dijken aan de gestelde waterveiligheidsnorm voldoen. Het aanpassen van de gestelde norm wordt ook als een maatregel gedefinieerd.

In dit rapport beschouwen we maatregelen die de impact van scenario's op het doelbereik en gebruiksfuncties kunnen wegnemen of beperken, zonder het watersysteem ingrijpend te wijzigen. Maatregelen kunnen bijvoorbeeld fysieke of operationele maatregelen zijn, maar ook aanpassingen aan normen, waarmee het doelbereik of gebruiksfuncties worden aangepast. Alle maatregelen vallen dus binnen de huidige "Beschermd open" strategie en er is sprake van het oprekken dan wel voortzetten van het beheer en beleid van de huidige systeemwerking. Een knikpunt leidt – volgens de in dit rapport gehanteerde definitie – dus niet tot overstappen op een andere strategie zoals het overstappen naar een "Beschermen gesloten" of Zeewaartse strategie. Dergelijke adaptatie-opties die de systeemwerking fundamenteel wijzigen, vallen buiten de scope van dit rapport.

Dit rapport beschouwt (combinaties van) de volgende scenario-elementen (Tabel 4-1 overgenomen uit Deltares (2024)) in combinatie met variatie in rivierafvoer:

- Zeespiegelstijging,
- Wateroverlast en droogte,
- Temperatuurstijging,
- Bevolkingsgroei en economische groei,
- Toename van scheepvaart.

Tabel 4-1: Samenvatting van de scenario-elementen uit de Verkennde Systeemanalyse (Deltares, 2024). Zeespiegelstijging, wateroverlast, droogte en hogere temperatuur zijn overgenomen uit de KNMI'23 Klimaatscenario's (KNMI, 2023). De overige uit de Deltascenario's 2024 (Van der Brugge en De Winter, 2024). Grijs met '-' = niet opgenomen in Klimaat- of Deltascenario's

| Scenario-element | | Eenheid en referentie | 2050 | | 2100 | | 2150 | |
|---|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | Laag | Hoog | Laag | Hoog | Laag | Hoog |
| Zeespiegelstijging | | cm (bandbreedte) t.o.v. gem. 1995-2014 | +24 (16 tot 34) | +27 (19 tot 38) | +44 (26 tot 73) | +82 (59 tot 124) | +68 (43 tot 103) | +141 (109 tot 200) |
| Hoge rivierafvoer Jaarlijks maximaal mediaan | Rijn (Lobith) | m ³ /s t.o.v. 1991-2020 = 6.137 m ³ /s | 6.198 (+1%) | 6.751 (+10%) | 6.198 (+1%) | 7.978 (+30%) | - | - |
| | Maas (Borgharen) | m ³ /s t.o.v. 1991-2020 = 1.577 m ³ /s | 1.640 (+4%) | 1.640 (+4%) | 1.640 (+4%) | 1.924 (+22%) | - | - |
| Wateroverlast 1-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar in de zomer wordt overschreden | | Mm t.o.v. 1991-2020 = 48,0 mm | 49,9 - 50,4 (+4% - +5%) | 50,9 - 52,3 (+6% - +9%) | 49,9 - 50,4 (+4% - +5%) | 55,2 - 60,5 (+15% - +26%) | - | - |
| Lage rivierafvoer 7 daags zomer minimum | Rijn (Lobith) | m ³ /s t.o.v. 1991-2020 = 1.181 m ³ /s | 1.027 (-13%) | 968 (-18%) | 1.027 (-13%) | 815 (-31%) | - | - |
| | Maas (Borgharen) | m ³ /s t.o.v. 1991-2020 = 51 m ³ /s | 44 (-13%) | 42 (-17%) | 44 (-13%) | 37 (-27%) | - | - |
| Droogte maximaal neerslagtekort april t/m september dat eens in de 10 jaar wordt overschreden | | Mm t.o.v. 1991-2020 = 265 mm | 289 - 302 | 305 - 342 | 289 - 302 | 342 - 427 | 289 - 302 | 374 - 451 |
| Hogere temperatuur gemiddeld dagmaximum zomer | | °C | +1,2 - +1,4 | +1,7 - +2,2 | +1,2 - +1,4 | +4,7 - +5,4 | +1,2 - +1,4 | +6,4 - +7,2 |
| Bevolkingsgroei | | 17,3 mln. (2018) | 17,9 mln. | 20,7 mln. | - | - | - | - |
| Groei scheepvaart | | - 100 (2014) | 118 | 134 | - | - | - | - |

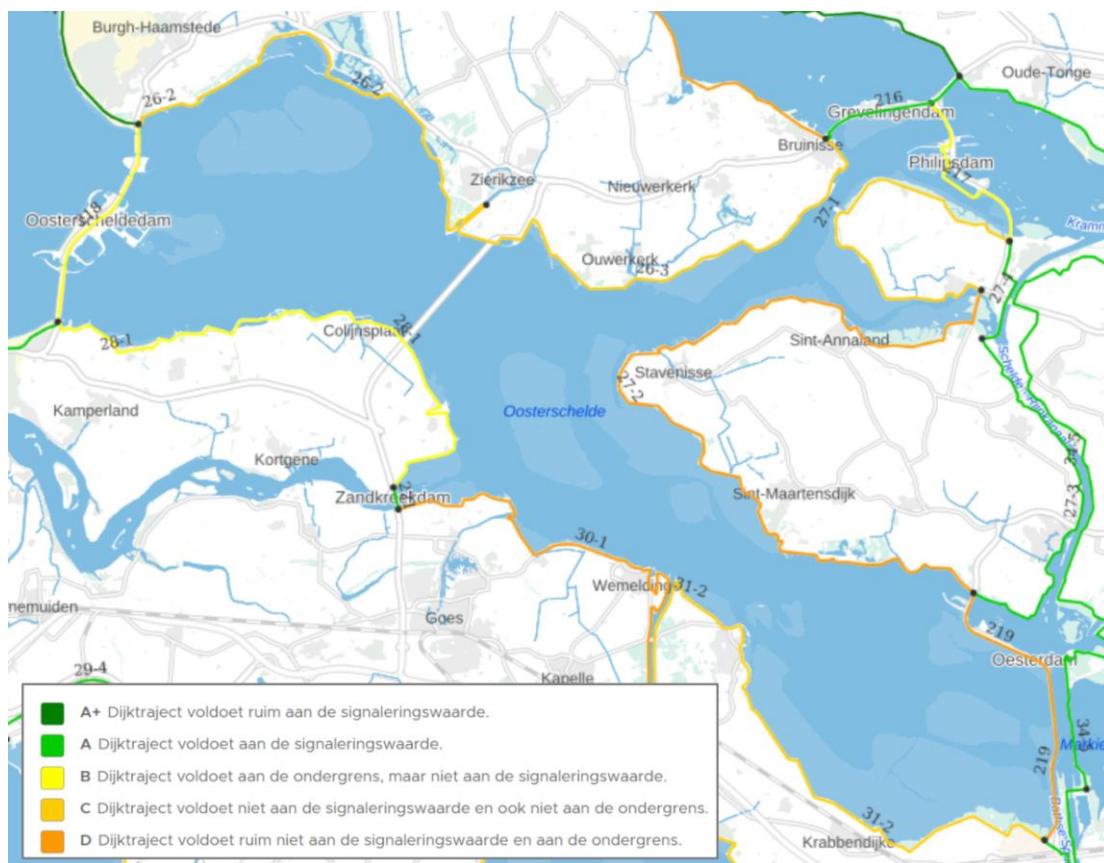
4.2 Waterveiligheid

4.2.1 Actuele situatie

Uit de eerste landelijke beoordelingsronde (LBO1, 2017 t/m 2022) zijn alle dijktrajecten in Nederland beoordeeld, ook rond de Oosterschelde. De Oosterscheldekering (Oosterscheldekering) voldoet aan de vereiste ondergrens voor de faalkans van 1/10.000 per jaar. Voor de dijktrajecten rond de Oosterschelde zijn de resultaten van LBO1 volgens het Waterveiligheidsportaal als volgt (zie Figuur 4-1):

- Veiligheidsoordeel A+, A of B (dijktraject voldoet aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde): Noord-Beveland (28-1), Zandkreekdijk (221), Philipsdam (217), Grevelingendijk (216).
- Veiligheidsoordeel C (dijktraject voldoet niet aan de ondergrens): Zuid-Beveland Oost (31-2), Sint Philipsland (27-1), Schouwen-Duiveland 2 en 3 (26-2 en 26-3).

- Veiligheidsoordeel D (dijktraject voldoet ruim niet aan de ondergrens): Zuid-Beveland West (30-1), Oesterdam (219), Tholen (27-2).



Figuur 4-1: Normtrajecten rond de Oosterschelde en resultaat van LBO-1 (Bron: Waterveiligheidsportaal).

De uitkomsten van LBO1 laten zien dat er een grote veiligheidsopgave is rond de Oosterschelde, die uiterlijk in 2050 weggewerkt moet zijn door Rijkswaterstaat en Waterschap Scheldestromen. Als trajecten niet aan de ondergrens voldoen (veiligheidsoordeel categorie C of D), is een versterkingsproject noodzakelijk. Als de overstromingskans zich tussen de signaleringswaarde en ondergrens bevindt (categorie B), is de gedachte dat er nog voldoende tijd is voor het uitvoeren van een verbeteractie zonder de ondergrens te overschrijden bij verdere toename van belastingen of afname van sterkte in de tijd.

Maatregelen in relatie tot Waterveiligheid worden genomen in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Binnen het HWBP werken Waterschap Scheldestromen en Rijkswaterstaat samen aan het versterken van de waterkeringen rondom de Oosterschelde. Het doel van HWBP is om alle primaire keringen op een sobere en doelmatige wijze te versterken, zodat ze uiterlijk in 2050 voldoen aan de wettelijke normen. Specifiek voor de Oosterschelde zijn er meerdere concrete maatregelen gepland, zoals eerder omschreven in paragraaf 3.4. Een andere maatregel is het verdedigen van de vooroevers langs de Oosterschelde met een bestorting, die op verschillende locaties zijn aangetast door erosie.

4.2.2 Actuele en toekomstige knikpunten

In de Oosterschelde vormt de zee de enige bedreiging voor de Waterveiligheid. Er is geen sprake van een rivier die in het watersysteem uitmondt. Neerslag kan binnendijs leiden tot wateroverlast als de gemalen de regenval niet kunnen afvoeren. Binnendijkse knikpunten en maatregelen die geen relatie hebben met de Oosterschelde maken geen onderdeel uit van de Integrale Voorkeursstrategie Oosterschelde. Wateroverlast is alleen afhankelijk van de

Oosterschelde als de waterstand op de Oosterschelde zo hoog is dat de opvoerhoogte van een gemaal wordt overschreden. Van een overstroming is pas sprake als een onbeheersbare hoeveelheid water het land instroomt door te lage of bezwijkende waterkeringen³.

Zeespiegelstijging zorgt voor verschillende uitdagingen in relatie tot Waterveiligheid in de Oosterschelde:

- Hogere hydraulische belastingen op de Oosterscheldekering en daardoor hogere constructieve faalkans;
- Een verhoging van de prestatiepeilen in de Oosterschelde en daardoor op termijn mogelijk een verdere benodigde versterking van de dijken en kunstwerken rond de Oosterschelde

Deze uitdagingen worden hieronder nader toegelicht.

De sluitfrequentie van de Oosterscheldekering blijft bij voorkeur van de beheerder beperkt tot maximaal 10 keer per jaar, wat gelijk is aan gemiddeld één keer per 2,5 week in het winterseizoen. Bij meer dan 10 sluitingen per jaar worden sluitingen in het onderhoudsseason waarschijnlijk, wat onwenselijk is (HKV, 2024a). Op basis van het huidige sluitpeil van NAP +3,00 m bij Roompot Buiten wordt deze sluitfrequentie van 10 keer per jaar overschreden bij ongeveer 60 cm ZSS (Zandvoort et al., 2019). Bij 100 cm ZSS neemt de sluitfrequentie toe tot ongeveer 85 keer per jaar (schatting in HKV, 2019, overgenomen in Zandvoort et al., 2019) of 45 keer per jaar (schatting in HKV, 2024a). Het verschil tussen deze twee schattingen wordt veroorzaakt door de gebruikte methoden⁴. Beide frequenties bevinden zich echter ruim boven het knikpunt van circa 10 keer per jaar. Een sluitpeilverhoging is nodig om bij een ZSS van meer dan 60 cm de sluitfrequentie in de orde van 10 keer per jaar te houden. Een sluitpeilverhoging resulteert echter in een verhoging van de prestatiepeilen op de Oosterschelde.

De constructieve faalkans van de Oosterscheldekering als object voldoet volgens de huidige rekenresultaten bij ongeveer 5 cm ZSS niet meer aan de gestelde norm (ondergrens van 1/10.000 per jaar), waarbij als referentiedatum 1-1-2023 is aangenomen. Getransleerd naar de KNMI'23 klimaatscenario's komt dit neer op ongeveer 10 cm ZSS ten opzichte van referentiedatum 2005 (zie Tabel 4-1).

Daarnaast gelden twee opmerkingen. Ten eerste lopen er nog verschillende onderzoeken die kunnen leiden tot een andere berekende faalkans voor de huidige situatie. Ten tweede wordt de berekende faalkans gedomineerd door enkele componenten van de Oosterscheldekering met een hoge faalkans: met name de vakwerkliggers van enkele schuiven in de Schaar en Hammen. Constructief bezwijken van enkele componenten leidt nog niet direct tot een grote invloed op de lokale waterstanden bij de dijktrajecten rond de Oosterschelde. Dit gebeurt pas als een groot aantal componenten bezwijkt (bijvoorbeeld meer dan 5 schuiven tegelijk).

Bij zeespiegelstijging gaan ook extreme waterstanden op de Oosterschelde stijgen, ondanks de aanwezigheid van de Oosterscheldekering. Dit komt door twee oorzaken. Ten eerste zorgt zeespiegelstijging ervoor dat hydraulische belastingen (verval, golven) op de Oosterscheldekering toenemen, waardoor de kans groter wordt dat onderdelen van de

³ Waterveiligheid; Begrippen begrijpen. Rijkswaterstaat en STOWA. Geraadpleegd op <https://edepot.wur.nl/370419>

⁴ Bij lage sluitfrequenties komen de resultaten van HKV (2019) en HKV (2024a) goed overeen. Bij hoge sluitfrequenties (>10 keer per jaar) gaan de getallen uit elkaar lopen. Daarbij zijn de getallen uit HKV (2019) naar verwachting nauwkeuriger. In HKV (2019) zijn sluitingen gesimuleerd op basis van historische tijdreeksen van waterstanden bij Roompot-Buiten in combinatie met zeespiegelstijging. Deze methode is specifiek ontwikkeld voor het bepalen van de sluitfrequentie en sluitduur. In HKV (2024a) is een overschrijdingsfrequentie van het sluitpeil berekend met Hydra-NL. Hydra-NL is eigenlijk alleen bedoeld voor het berekenen van extreme waterstanden bij overschrijdingsfrequenties van gemiddeld eens per 10 jaar en zeldzamer, niet voor frequenties van meerdere keren per jaar. Daarnaast ontbreken in Hydra-NL sluitingen in het zomerhalfjaar.

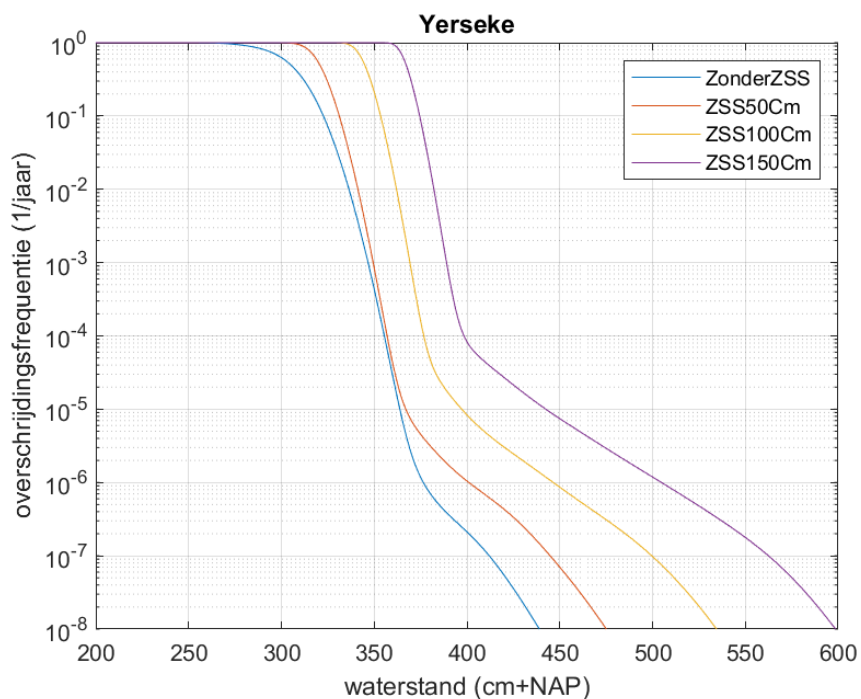
Oosterscheldekering constructief bezwijken. Bij een toenemende faalkans van meerdere onderdelen van de Oosterscheldekering krijgt dit invloed op de overschrijdingskans van extreme waterstanden op de Oosterschelde. Rijkswaterstaat is als beheerder verantwoordelijk voor de faalkans van de Oosterscheldekering. In HKV (2024a) is berekend dat vanaf ongeveer 75 cm ZSS t.o.v. referentiejaar 2005 (= 70 cm ZSS t.o.v. referentiejaar 2023 in HKV (2024a)) de faalkans van de Oosterscheldekering meer invloed krijgt op extreme waterstanden op de Oosterschelde (zogenaamde 'prestatiepeilen') dan de afgesproken beheerruimte van 10 cm, die is meegenomen in de beoordelingspeilen.

Ten tweede zorgt zeespiegelstijging ervoor dat er meer water van de Noordzee naar de Oosterschelde beweegt, ook als de Oosterscheldekering correct sluit en niet constructief zou kunnen bezwijken. Er treedt bij zeespiegelstijging meer lekkage op door de drempel, meer golfoverslag over de bovenbalken en er zijn minder mogelijkheden om water naar de Noordzee weg te laten stromen tijdens eb. Hierdoor nemen de beoordelingspeilen toe.

Deze invloed is geleidelijk, zonder dat een duidelijk knikpunt is aan te wijzen. Wel zijn enkele kentallen te noemen op basis van HKV (2024a). Als karakteristieke waterstand kiezen we de waterstand op de Oosterschelde bij een herhalingstijd van 1000 jaar wanneer de kering gesloten is. Deze extreme waterstand stijgt met:

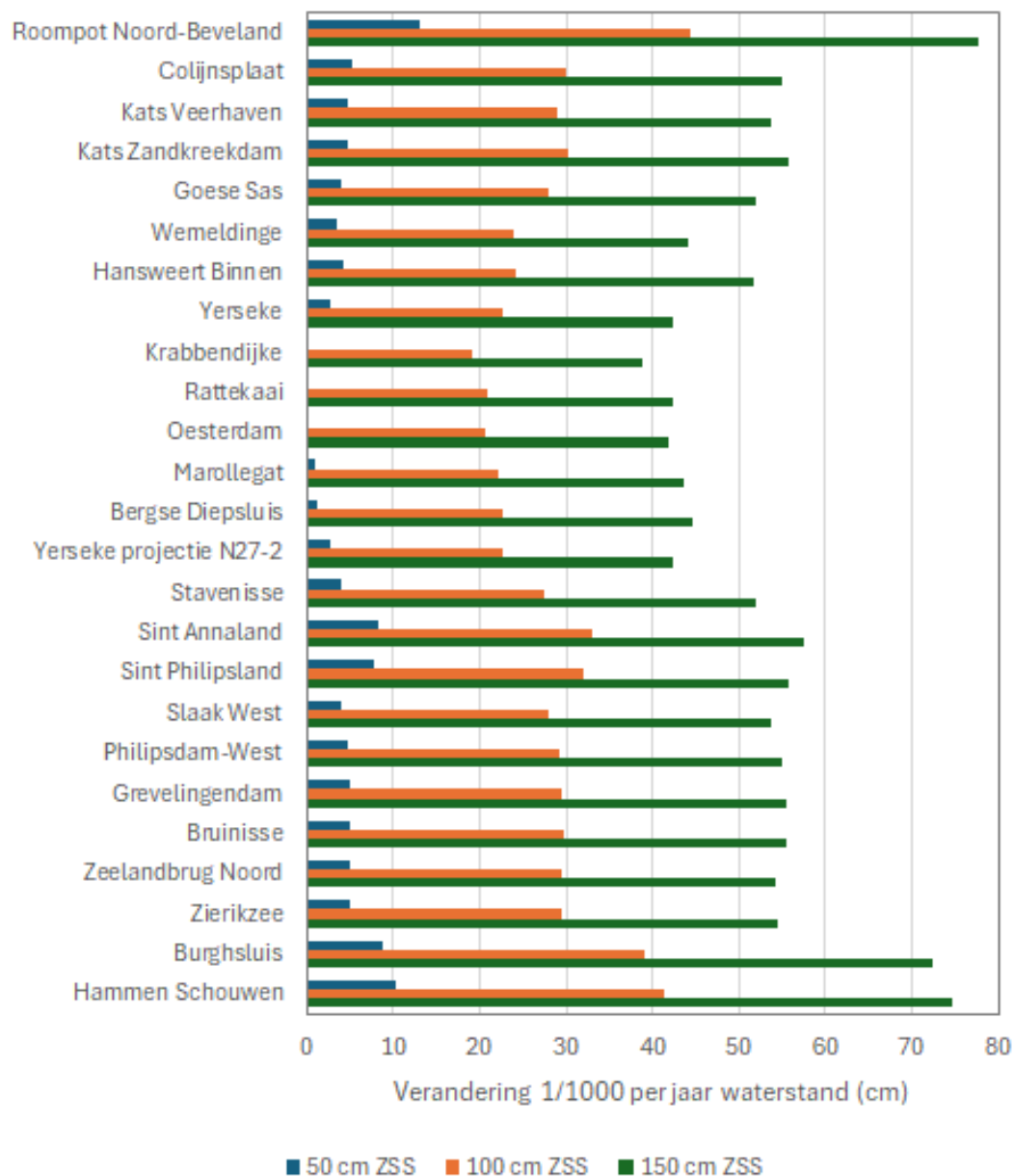
- 0-13 cm (gemiddeld 4 cm) bij 50 cm ZSS;
- 19-45 cm (gemiddeld 28 cm) bij 100 cm ZSS;
- 39-78 cm (gemiddeld 53 cm) bij 150 cm ZSS.

Bij de berekening met 50 cm ZSS is het sluitpeil van de Oosterscheldekering nog gelijk gehouden aan NAP +3,00 m. Bij 100 cm ZSS is 25 cm sluitpeilstijging gehanteerd met het oog op de sluitfrequentie van de kering. Bij 150 cm ZSS is de aangehouden sluitpeilstijging 50 cm. Deze sluitpeilverhoging heeft een sterke invloed op de waterstanden bij een herhalingstijd van 1000 jaar. Zie Figuur 4-2 voor een voorbeeld bij locatie Yerseke. Bij een overschrijdingsfrequentie van ongeveer 10^{-3} per jaar (herhalingstijd 1000 jaar) heeft voornamelijk de sluitpeilverhoging invloed op de waterstanden. De lijnen liggen hier op een afstand van ongeveer 25 cm uit elkaar (het verschil in sluitpeil tussen de lijnen). Bij extremere herhalingstijden (frequentie bijvoorbeeld 10^{-7} per jaar) werkt de zeespiegelstijging meer 1-op-1 door en heeft de sluitpeilverhoging nauwelijks invloed.



Figuur 4-2: Voorbeeld van de overschrijdingsfrequentie van de waterstand bij locatie Yerseke. Figuur gemaakt op basis van data achter HKV (2024a).

Zie Figuur 4-3 voor een meer gedetailleerd beeld rond de Oosterschelde. De invloed bij locaties dicht bij de Oosterscheldekering is groter dan voor locaties op grotere afstand. Verschillen tussen locaties worden veroorzaakt door verschillen in het relatieve belang van noodsluitingen (3-meter sluitingen), strategiesluitingen (1-2-1 sluitingen), zeewaterstand en windopzet binnen de Oosterschelde.



Figuur 4-3: Stijging van de 1/1000 per jaar waterstand op de Oosterschelde bij 50, 100 en 150 cm ZSS op basis van eigen analyse van data achter HKV (2024a). Faalkans van de Oosterscheldekering is niet in deze getallen meegenomen, maar heeft beperkte invloed bij deze herhalingsjijd (0-5 cm).

Bij 50 cm zeespiegelstijging is de stijging van hoogwaterstanden op de Oosterschelde dus nog beperkt (0-13 cm). Pas bij 100 cm ZSS zijn stijgingen groter (19-45 cm), mede door een stijgend sluitpeil (+25 cm). Ook uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP ZSS) volgt dat de invloed van zeespiegelstijging op de Waterveiligheid rondom de Oosterschelde pas goed zichtbaar wordt vanaf 1 m ZSS (Rijkswaterstaat, 2023). Het startpunt voor het KP ZSS is de situatie in 2050 waarbij alle waterkeringen aan de veiligheidsnormen voldoen (de huidige afgekeurde keringen in LBO1 zijn aangepakt in het HWBP). Zeespiegelstijging in 2050 is volgens het midden-scenario van het KNMI ongeveer 25 cm (zie Tabel 4-1). Bij 25 cm ZSS is de invloed op hoogwaterstanden in de Oosterschelde zeer beperkt.

Als gevolg hiervan is tot 1 m ZSS de versterkingsopgave voor de Oosterschelde veel kleiner dan voor bijvoorbeeld de Westerschelde (Rijkswaterstaat, 2023). De verklaring hiervoor is te vinden in de aanwezigheid van de Oosterscheldekering, terwijl de keringen langs de Oosterschelde toentertijd ontworpen zijn als zeekeringen. Hierdoor is de kruinhoogte van dijken rond de Oosterschelde relatief hoog en zijn de kosten voor dijkverhoging bij zeespiegelstijging relatief gering. Bij 1 m ZSS wordt (t.o.v. 2050) volgens Figuur 35 uit Rijkswaterstaat (2023) een hoogtetekort van 0-0,5 m verwacht voor dijktraject 26-2 (Schouwen) en van 0,5-1,0 m voor de trajecten 27-1 (Sint Philipsland), 27-2 (Tholen) en 219 (Oesterdam) ⁵.

In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Rijkswaterstaat, 2023) is ook naar hogere waarden van zeespiegelstijging gekeken. Er wordt bij 3 m ZSS een hoogteopgave berekend voor vrijwel alle dijktrajecten langs de Oosterschelde (behalve voor de Philipsdam en Grevelingendam). Bij 3 m ZSS is voor de dijken rond de Oosterschelde het hoogtetekort het dominante faalmechanisme. Piping en macrostabiliteit dragen beperkt bij (Rijkswaterstaat, 2023).

Bij zeespiegelstijging wordt geen significante aangroei van intergetijdengebieden verwacht, gezien de huidige trends veroorzaakt door zandhonger in de Oosterschelde. De verwachting is daarom dat de waterdiepte toeneemt bij zeespiegelstijging. Bij een toenemende waterdiepte nemen ook de golven meer toe, waardoor het effect van zeespiegelstijging op benodigde dijkhoogtes bij een deel van de westelijk gelegen trajecten (Oesterdam, Tholen, Grevelingendam) sterker is. De golfdempende werking van intergetijdengebieden en voorlanden voor dijken neemt (lokaal) af als deze niet mee kunnen groeien met de zeespiegelstijging of opgehoogd worden door middel van supplementies.

Stijging van extreme hoogwaterstanden op de Oosterschelde leidt ook tot uitdagingen voor waterbouwkundige constructies (kunstwerken), zo blijkt uit het KP ZSS (Rijkswaterstaat, 2023). De analysemethode in het KP ZSS is echter grof, en wijkt soms af van de resultaten van LBO1. Daarom heeft Rijkswaterstaat handelingsperspectieven laten opstellen voor de Rijkskeringen rond de Oosterschelde, waaronder de diverse kunstwerken in de trajecten. Aandachtspunt is wel dat in deze handelingsperspectieven geen sluitpeilveranderingen zijn opgenomen voor de OSK, terwijl deze naar verwachting bij 60 cm ZSS wel nodig zijn om de sluitfrequentie te beperken tot maximaal 10 keer per jaar.

Uit de handelingsperspectieven volgen de volgende knikpunten voor de Rijkswaterstaat-kunstwerken rondom de Oosterschelde:

- Hoogtetekort Krammersluizen in de Philipsdam ontstaat bij 75 cm ZSS: de faalkans ligt dan tussen de ondergrens en de signaleringswaarde (HKV, Tauw en Iv-Infra, 2022a)
- Hoogtetekort Bergse Diepsluis bij 75 cm ZSS: de faalkans bevindt zich dan tussen de ondergrens en de signaleringswaarde (HKV, Tauw en Iv-Infra, 2023d)
- Bij 75 cm ZSS voldoen de andere kunstwerken rond de Oosterschelde nog steeds aan de faalkanseisen: het doorlaatmiddel Katse Heule en de Zandkreeksluis in de Zandkreeksdam (HKV, Tauw en Iv-Infra, 2023c), doorlaatmiddel Rammegors in de Krabbenkreeksdam (HKV, Tauw en Iv-Infra, 2023b), de Flakkeesse spuisluis en Grevelingensluis in de Grevelingendam (HKV, Tauw en Iv-Infra, 2023a). Op basis van expert judgement is een knikpunt voor deze kunstwerken in de range van 1 tot 3 m ZSS ingeschat.

Naast zeespiegelstijging beïnvloeden ook bevolkingstoename en economische groei het overstromingsrisico vanwege toenemende financiële en maatschappelijke gevolgen van overstromingen. Dit kan tot uiting komen in strengere waterveiligheidsnormen, wat op zijn beurt

⁵ Naast de hoogte heeft stabiliteit ook invloed omdat het binnentalud op veel plekken erg steil staat. Voor zover bekend is dit nog niet meegenomen in de beschikbare analyses.

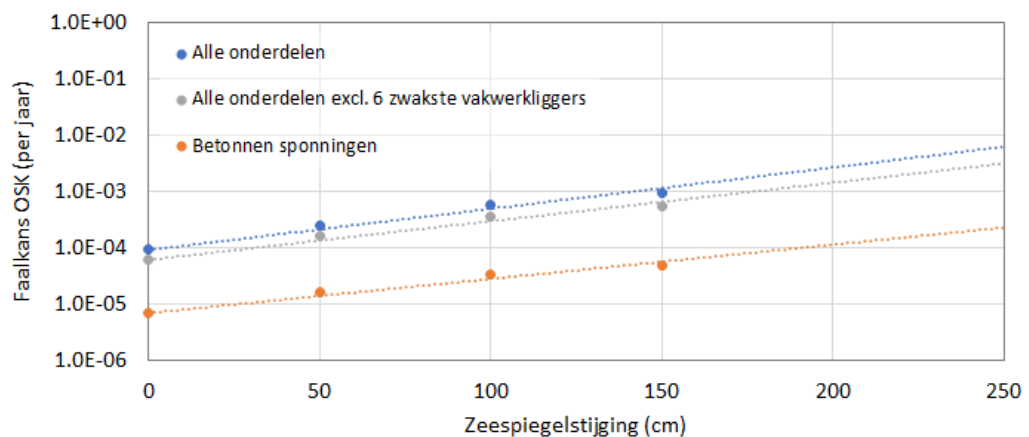
weer vraagt om extra investeringen in waterkeringen. Voor de meeste waterkeringen rond de Oosterschelde is echter het Lokaal Individueel Risico (LIR) maatgevend boven de Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse (MKBA) voor de norm (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Voor het LIR heeft het aantal inwoners of economische groei geen invloed op de vereiste veiligheid: elk individu in Nederland heeft recht op een bepaald minimaal niveau van basisveiligheid.

4.2.3 Oprekmogelijkheden

In de eerste landelijke beoordelingsronde (Rijkswaterstaat, 2022) is de gecombineerde faalkans van traject 218 berekend als 1/13.057 per jaar, maar dit is nog geen definitief rekenresultaat (onderzoek lopend ten tijde van het opstellen dit rapport). Het is gebaseerd op de huidige beschikbare kennis en veilige aannames. RWS is als beheerder van de kering gestart met het uitvoeren van een aantal onderzoeken om de faalkans van de kering beter te onderbouwen en nauwkeuriger te kunnen berekenen. De verwachting is dat hiermee de faalkans kleiner wordt, waardoor de kantelpunten van zowel eis 1 als eis 2 bereikt worden bij een hogere zeespiegelstijging.

De faalkans van de Oosterscheldekering kan veranderen door nader onderzoek naar bijvoorbeeld golfkrachten op de schuiven (lopend schaalmodelonderzoek bij Deltares), onderzoek naar de toegepaste staalsoorten in de schuiven⁶ en hun sterkte-eigenschappen (lopend onderzoek bij Rijkswaterstaat) of aanpassingen in rekenmodellen.

Naast deze rekenkundige veranderingen in de faalkans kunnen ook constructieve maatregelen worden uitgevoerd. HKV (2024a) geeft een eerste overzicht van versterkingsmogelijkheden. Een korte gevoeligheidsberekening op basis van rekenresultaten achter HKV (2024a) laat zien dat het vervangen of versterken van de zes zwakste vakwerkliggers (de bovenste vakwerkliggers van de schuiven Schaar 12-16 en Hammen 1-2) ervoor zorgt dat de faalkans van de OSK niet bij 5 cm ZSS door de ondergrens van 1/10.000 per jaar heen gaat, maar pas bij 30 cm ZSS (grijze lijn in Figuur 4-4). Als alle schuiven van de hele OSK vervangen of versterkt zouden worden, worden andere componenten en faalmechanismen maatgevend. Bijvoorbeeld de betonnen sponningen in de pijlers, waar de schuiven in vallen. De faalkans van (alleen) deze betonnen sponningen leidt tot doorsnijden van de ondergrens bij ongeveer 200 cm ZSS (oranje lijn in Figuur 4-4, grove inschatting).



Figuur 4-4: Faalkans van de OSK zoals berekend in HKV (2024a) in blauw, bij vervangen van de 6 zwakste vakwerkliggers in grijs, en voor alleen de betonnen sponningen in oranje.

⁶ Bij het onderzoek naar de staalsoorten zal deze verandering alleen een lagere faalkans kunnen opleveren, omdat in de veiligheidsbeoordeling het conservatieve uitgangspunt is gehanteerd dat het zwakste materiaal overal aanwezig is.

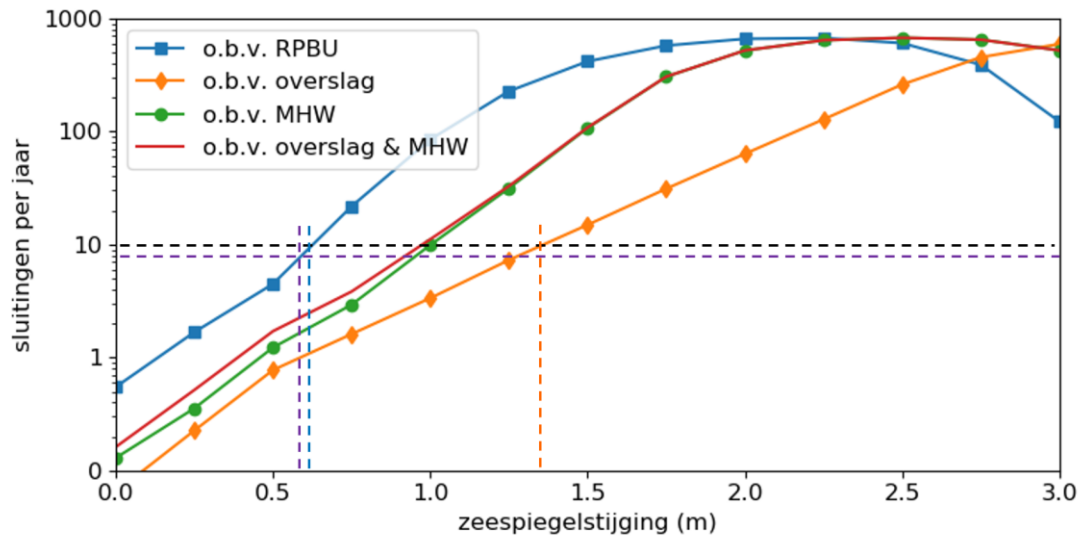
Een andere mogelijke maatregel om de effecten van klimaatverandering in de Oosterschelde op te rekken, is het toestaan van een hogere binnenwaterstand dan het huidige niveau. Dit betekent dat het waterpeil in de Oosterschelde kan variëren tussen NAP +1 meter en NAP +2 meter. Bij een hogere binnenwaterstand is het verschil in waterniveau binnen de Oosterschelde en buiten de Oosterschelde tijdens een strategische sluiting kleiner. Dit leidt tot een lagere kans op constructieve faalkansen.

Als de faalkansen van (elektrotechnische, werktuigbouwkundige en civiele) onderdelen van de Oosterscheldekering ervoor zorgen dat prestatiepeilen meer stijgen dan de beheerruimte van 10 cm, zijn er twee mogelijkheden: verlagen van de faalkans van de Oosterscheldekering of vergroten van de afgesproken beheerruimte. Als de beheerruimte wordt vergroot, heeft dit consequenties voor de hydraulische belastingen op de dijken rond de Oosterschelde.

Waterbezwaar op de Oosterschelde door golfoverslag over de Oosterscheldekering is (vooral bij hoge zeespiegelstijging) te beperken door de bovenbalk van de Oosterscheldekering te verhogen⁷. Bij 3 m ZSS heeft 1 m verhoging van de bovenbalk een effect van ongeveer 25 cm verlaging op de waterstanden bij een herhalingsjijd van 1000 jaar, en 60 cm bij 10.000 jaar (HKV, 2024b).

De sluitfrequentie van de Oosterscheldekering is te verlagen door het verhogen van het sluitpeil of door niet alleen te sluiten op waterstand, maar op een combinatie van zeewaterstand en wind en de daaruit volgende verwachte overslagdebieten rond de Oosterschelde (HKV, 2019). Bij zo'n gecombineerd sluitcriterium wordt het aantal van 10 sluitingen per jaar pas overschreden bij ongeveer 140 cm ZSS (zie Figuur 4-5). Nader onderzoek is nog nodig om te bezien hoe zo'n alternatief sluitcriterium ervoor kan zorgen dat onderhoudswerkzaamheden aan de OSK buiten het stormseizoen mogelijk blijven. Verder kan het aantal onnodige sluitingen worden verlaagd door de voorspelfout in de waterstanden te verkleinen (betere operationele modellering van wind en waterstand). Ongeveer 20% van de sluitingen is 'onnodig' geweest (HKV, 2019): de voorspelde waterstand lag boven sluitpeil, maar de optredende waterstand bleef hier net onder. De invloed hiervan is op knikpunten is echter klein: in de orde van 5 cm ZSS.

⁷ Het is van belang om op te merken dat er nog onzekerheid bestaat over de technische haalbaarheid van dit voorstel, met betrekking tot de beschikbare ruimte en de extra belasting op de betonnen oplegconstructie van de pijlers.



Figuur 4-5: Sluitingen per jaar als functie van de zeespiegelstijging voor verschillende sluitcriteria (figuur o.b.v. HKV, 2019). Huidige sluitcriterium in blauw (o.b.v. Roompot-Buiten, RPBU), alternatief sluitcriterium o.b.v. waterstand, wind en verwachte golfoverslagdebiëten in oranje. Het snijpunt met de zwarte lijn toont het knippunt waarvoor de sluitfrequentie hoger wordt dan 10 keer per jaar. De paarse lijn toont de gevoeligheid voor het weglaten van de 20% onnodige sluitingen in de analyse. RPBU: voorspelde waterstand bij Roompot-Buiten. MHW: maatgevend hoogwater.

4.2.4 Overzichtstabel

Tabel 4-2 Overzicht van criteria, knikpunten en oprekmogelijkheden Waterveiligheid; het referentiejaar voor zeespiegelstijging is 2005 conform de KNMI'23 klimaatscenario's. De knikpunten uit de onderzoeken van HKV die 2023 hanteren als referentiejaar, zijn met +5 cm getransleerd; dit is aangegeven in de tabel.

| criterium | knikpunt | Oprekmogelijkheden |
|--|------------------------------------|---|
| Afgekeurde keringen uit LBO1 moeten versterkt worden vóór 2050 | <2050, ofwel 0-25 cm ZSS | Dijkversterkingen HWBP |
| Faalkans Oosterscheldekering > 1/10.000 per jaar (ondergrens) | 10-15 cm ZSS (5-10 cm t.o.v. 2023) | -Nader onderzoek; -Versterking zwakste schuiven; -Aanpassen binnenpeil |
| Hoogtetekort dijktrajecten 27-1 (Sint Philipsland), 27-2 (Tholen) en 219 (Oesterdam) | 50-75 cm ZSS | Dijkversterking Sluiten op windkracht en zeewaterstand |
| Sluitfrequentie Oosterscheldekering > 10 keer per jaar | 60-70 cm ZSS | Verkleinen voorspelfout Hoger sluitpeil Sluiten op zeewaterstand i.c.m. windcondities |
| Faalkans Oosterscheldekering leidt tot grotere effecten op prestatiepeilen dan de afgesproken beheerruimte van 10 cm | 75 cm ZSS (70 cm t.o.v. 2023) | Verlagen faalkans Oosterscheldekering Vergroten beheerruimte |
| Hoogtetekort Krammersluizen en Bergse Diepsluis | 75 cm ZSS | Verhoging kerende hoogte |
| Hoogtetekort dijktraject 26-2 (Schouwen) | 75 cm ZSS | Dijkversterking |
| Veiligheidsopgave Zandkreeksluis, doorlaatmiddel Katse Heule, doorlaatmiddel Rammegors, Grevelingensluis, Flakkeesse Spuisluis | 1 tot 3 m ZSS | Verhoging kerende hoogte of aanpassing constructie |
| Te veel waterbezwaar op de Oosterschelde door overloop en golfoverslag over de Oosterscheldekering | 1 tot 3 m ZSS | Ophogen bovenbalk Oosterscheldekering |
| Versterking alle dijktrajecten m.u.v. Grevelingendam en Philipsdam | 3 m ZSS | Dijkversterking |

4.3 Ecologie en waterkwaliteit

4.3.1 Actuele situatie

Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) is de beoordeling in 2023 voor de ecologische kwaliteit 'matig' en voor de chemische kwaliteit 'slecht' (KRW factsheet). De beoordeling voor de ecologische kwaliteit wordt bepaald door het zeegras (maatlat overige waterflora) en de stikstofconcentratie (Opgelost stikstof (DIN), Algemeen fysische chemie). De ecologische maatlaten voor Macrofauna en Fytoplankton scoren 'goed'. De chemische kwaliteit wordt bepaald door Ubiquitaire stoffen, d.w.z. stoffen die niet meer actief worden geloosd, maar die nog steeds in het milieu aanwezig zijn door nalevering uit bijvoorbeeld sediment.

De Oosterschelde is aangewezen als Natura 2000 gebied voor 7 Habitattypen, 5 Habitatrichtlijnsoorten, 8 Broedvogels en 37 Niet-broedvogels. Hiervan voldoen 3 Habitattypen (44%), 3 Habitatrichtlijnsoorten (60%), 3 Broedvogels (38%) en 21 Niet-broedvogels (57%) aan de goede staat van instandhouding⁸.

⁸ Synthese door Staatsbosbeheer in het kader van PAGW (persoonlijke communicatie) met gegevens uit Sovon.nl voor actuele vogeltellingen, recente RWSN2000 evaluaties beheerplannen en analyse N2000 Getij Grevelingen.

Tabel 4-3 Relevante instandhoudingsdoelen voor het knelpunt verstoring (Witteveen+Bos et al., 2024)

| Knelpunt | Relevante instandhoudingsdoelen | Aanbevelingen | Urgentie |
|------------|---|--|-------------|
| verstoring | zeehonden, broedvogels, niet-broedvogels | op orde maken bebording | zeer urgent |
| | zeehonden, broedvogels, niet-broedvogels | betere zonering: afstemmen toegestane vormen van gebruik op plekken waar regels inconsistent zijn, bijv. schor 't Stelletje, Oesterdam | zeer urgent |
| | zeehonden, broedvogels, niet-broedvogels | aanpassen inrichting afgesloten dijktrajecten, ofwel door oude recreatieve inrichting te verwijderen ofwel door simpelweg deze gebieden fysiek af te sluiten | zeer urgent |
| | strandplevier en bontbekplevier (broedvogels) | uitbreiden afzetting rond plevierennesten, zodat ook voldoende onverstoord foerageergebied voor pullen beschikbaar is | urgent |
| | steltlopers (niet-broedvogels) | beperken verstoring door schelpdierweek (met name off-bottom oesterweek) door betere zonering en beperken areaal | urgent |

Tabel 4-4 Relevante instandhoudingsdoelen voor het knelpunt predatie (Witteveen+Bos et al., 2024)

| Knelpunt | Relevante instandhoudingsdoelen | Aanbevelingen | Urgentie |
|--|---|---|-------------|
| predatie | broedvogels | uitbreiden gebruik rasters rond broedeilanden | zeer urgent |
| | strandplevier en bontbekplevier (broedvogels) | uitbreiden gebruik nestbeschermers plevieren naar aanleiding van resultaten pilot | urgent |
| | broedvogels | voortzetten rattenbestrijding | zeer urgent |
| | broedvogels | aanpassen waterpeilbeheer: verhogen en/of dynamischer, onder andere in de Westenschouwense Inlaag, Noordpolder, natuurontwikkelingsgebied Driehoek Yerseke Moer, Levensstrijd | urgent |
| behoud/verbetering geschiktheid leefgebied | broedvogels | voortzetten vegetatiebeheer | urgent |
| | broedvogels | voortzetten periodiek verwijderen opslag, opbrengen schelpenlaag, opbrengen zout overwegen tegen verzuivering | urgent |
| behoud/uitbreiding oppervlakte binnendijkse habitattypen | H1330b | uitvoeren verbetering waterpeilbeheer en terugbrengen invloed zout water middels kwelbuizen conform uitgevoerd onderzoek eerste beheerplanperiode. Waar mogelijk en noodzakelijk: op meer plekken aanbrengen kwelbuizen (niet uitgevoerde instandhoudingsmaatregelen) | zeer urgent |

| | | | |
|-----------|---|--|---------------|
| onderzoek | H1160, broedvogels, steltlopers | leren uit resultaten monitoring effecten suppletie roggenplaat | minder urgent |
| | noordse woelmuis | uitwerken concrete maatregelen ten behoeve van noordse woelmuis: optimalisatie beheer in bestaande leefgebieden (vegetatiebeheer + waterpeilbeheer) en verkennen mogelijkheden voor afstemming beheer in potentieel geschikte deelgebieden | zeer urgent |
| | noordse woelmuis | verkennen maatregelen verbeteren verbindingzones om populaties noordse woelmuis te verbinden. uitvoering kan pas als populatie is uitgebreid en robuust is, vanwege concurrentie | urgent |
| | H7140b | analyse van status en daarna eventuele mogelijkheden optimalisatie beheer Westelijke Kuup, ten behoeve van behoud veenmosrietlanden | zeer urgent |
| | H7140b | verkenning mogelijkheden aanvullende maatregelen Vlietepolder (waaronder graven petgaten) en op basis daarvan uitwerking concrete maatregelen | urgent |
| | scholekster, kanoet | uitvoeren onderzoek droogvallende schelpdierbanken | urgent |
| | bergeend, brilduiker, meerkoet, pijlstaart en slobend | onderzoek oorzaken afname uitvoeren | minder urgent |

Tabel 4-5 Relevante instandhoudingsdoelstellingen voor het knelpunt monitoring (Witteveen+Bos et al., 2024)

| Knelpunt | Relevante instandhoudingsdoelen | Aanbevelingen | Urgentie |
|------------|---|---|---------------|
| monitoring | alle habitattypen | ontwikkeling systematiek monitoring habitattypen | minder urgent |
| | met name grote baaien (H1160) en schelpdieretende vogels, maar ook andere instandhoudingsdoelstellingen | het structureel monitoren van primaire productie in lijn met Wijsman (2019) | minder urgent |
| | zeezoogdieren, broedvogels, niet-broedvogels | instellen gericht monitoring verstoring door gebruik nadat bebording op orde is, zodat effectiviteit zonering en voorwaarden gebruik kan worden gevolgd en indien nodig kan worden ingegrepen | urgent |
| | bruine kiekendief | instellen monitoring | urgent |
| | noordse woelmuis | voortzetten intensieve monitoring | zeer urgent |
| | nieuwe doelen | instellen monitoring | urgent |

Voor zowel KRW en Natura 2000 is er derhalve een actuele opgave voor de Oosterschelde. De Natura 2000 opgave is maar ten dele gerelateerd aan het open-watersysteem van Oosterschelde. Een deel van de opgave gaat over de terrestrische habitats zowel buitendijks

als binnendijks. Een ander deel gaat over verstoring en predatie. In deze gevallen is de relatie met (autonome) ontwikkeling van het water- en ecosysteem-functioneren van de Oosterschelde als geheel beperkt of afwezig. Hiervoor zijn lokale (beheer)maatregelen nodig of (beheer)maatregelen voor het menselijk gebruik in relatie tot verstoring. Voor dit deel van de opgave is er geen relatie tot

De bekendste autonome ontwikkeling in de Oosterschelde is de zandhonger als gevolg van de aanleg van de Oosterscheldekering in combinatie met de aanleg van de Philipsdam, Grevelingendam en Oesterdam. Na de aanleg van de Oosterscheldekering en de dammen in het achterland is het getijvolume van het in- en uitstromende water verminderd, wat heeft geleid tot erosie van de zandplaten. De getijstroom is verantwoordelijk voor de opbouw van de intergetijdengebieden door zandtransporten vanuit de geulen. Deze opbouwende kracht is kleiner geworden. Tegelijkertijd is de voornaamste afbrekende kracht, de golfwerking tijdens stormen, ongewijzigd gebleven. Hierdoor eroderen de intergetijdengebieden gestaag. Dit proces heeft gevolgen voor de foerageerfunctie van de ecologisch waardevolle platen, slikken en schorren in dit Natura 2000 gebied. Door zeespiegelstijging wordt de druk op deze habitats verder verhoogd. Dit komt doordat elke cm ZSS voor een permanente verdrinking van ca. 50 ha intergetijdengebied zorgt. Bovendien verlaagt ZSS de droogvalduur van het resterende deel intergetijdengebied, wat de foerageertijd voor vogels beperkt. Het verdwijnen van de platen en slikken door ZSS en zandhonger is fataal voor steltlopers als Wulp en Scholekster. Tegelijkertijd zijn er in de wetenschappelijke literatuur signalen dat de zandhonger afneemt doordat het morfologisch systeem van de Oosterschelde richting een balans gaat. Dit zou een positief effect hebben op de snelheid waarmee het intergetijdengebied afneemt (De Vet et al., 2017; De Vet et al., 2024).

Naar aanleiding van zandhonger worden supplementies toegepast om te voldoen aan de Natura 2000-doelstellingen. De Roggenplaat, de grootste zandplaat in de Oosterschelde, is recentelijk verhoogd met 1,3 miljoen m³ zand, wat een verhoging van minimaal 30 cm opleverde. Tijdens en na de zandsuppletie worden het bodemleven, de mosselpercelen, vogels en zeehonden gemonitord. Proefvakken zijn bedekt met voedselrijk zand van de Roggenplaat om het herstel te versnellen. Op verschillende locaties zijn 16,4 ton kokkels uitgezet, wat succesvol bleek: 95 tot 98% van de kokkels groef zich direct in, waardoor het bodemleven behouden bleef. De Galgeplaat zal in 2026-2027 worden opgehoogd. Dit project maakt deel uit van de tweede tranche van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), met als opdrachtgevers het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in samenwerking met de Provincie Zeeland en Natuurmonumenten. De planuitwerkingsfase is in 2025 afgerond. In deze fase werd het bodemleven onderzocht, evenals de sterkte en stabiliteit van de Galgeplaat en de omliggende zandplaten. Op basis van deze inzichten zijn mogelijkheden voor het ontwerp van de supplementies in kaart gebracht⁹.

Ook een recent onderzoek uit 2025 toont aan dat in de afgelopen 30 jaar de karakteristieke soorten in de Oosterschelde zijn afgenomen. Tussen 1994 en 2023 daalden deze soorten gemiddeld met 28%. De populaties van 13 vissoorten namen met 60% af, terwijl bewegende bodemdieren bijna 20% toenamen, maar sinds 2019 weer dalen. Sessiele bodemdieren namen gemiddeld met 15% af, maar vertonen sinds 2019 een lichte toename. De afname van vissen wordt toegeschreven aan stijgende watertemperaturen en veranderingen in het substraat. Daarnaast hebben geïntroduceerde en klimaatveranderingsgevoelige soorten invloed op de oorspronkelijke biodiversiteit (CLO, 2025).

⁹ <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2022/12/eerste-stap-gezet-in-ophogen-galgeplaat-en-omliggende-platen-in-oosterschelde>
<https://www.zwdelta.nl/nieuws/planuitwerkingsfase-zandsuppletie-galgeplaat-in-de-oosterschelde-gestart/>

4.3.2 Actuele en toekomstige knikpunten

Zeespiegelstijging heeft de volgende effecten op Ecologie en waterkwaliteit:

- Zeespiegelstijging en zandhonger leiden tot een verlies van het areaal intergetijdengebied. Bij 1 m ZSS zal het meeste areaal aan slikken en platen verdwenen zijn. Dit veroorzaakt ecologische verschuivingen. De hoeveelheid areaal verschuift van gebieden die lang droogvallen naar gebieden die kort droogvallen (Zandvoort et al., 2019). Habitat voor steltlopers neemt hierdoor af en de populaties komen onder sterke druk. Habitat voor vis en wier etende vogels neemt toe.
- Zeespiegelstijging zal een impact hebben op de KRW-waterflora maatlat, door verandering van habitats en verandering in waterdiepte. Zeespiegelstijging zal leiden tot veranderingen in de leefomstandigheden van waterflora in de Oosterschelde, wat resulteert in een verschuiving in de soorten die kunnen overleven en zich ontwikkelen, als gevolg van zowel de nieuwe diepten als de gewijzigde habitats. Specifiek zullen habitats H1330 A en B verdwijnen bij een ZSS van meer dan 1 cm/jaar.
- Bij langere periodes van hoogwater zullen de platen voor langere tijd niet beschikbaar zijn als foerageergebied voor vogels en als ligplaats voor zeehonden (Zandvoort et al., 2019).
- Bij toenemende snelheid van zeespiegelstijging komt opschaling van de suppleties voor natuur onder druk, omdat te veel (in m³ of in kosten) en/of te vaak (geen ecologisch herstel mogelijk) gesuppleerd moet worden. Het kantelpunt ligt bij een ZSS van meer dan 1 cm/jaar. Daarboven neemt de frequentie van suppleren dusdanig toe dat bodemleven onvoldoende tijd krijgt om te herstellen (Zandvoort et al., 2019).
- De effecten van zeespiegelstijging op primaire productie zijn moeilijk te duiden omdat ze niet op zichzelf staan. Door een toename in watervolume door zeespiegelstijging kan de pelagische productie toenemen, maar als de slikken niet meegroeien en verdrinken neemt de benthische productie naar verwachting af (Zandvoort et al., 2019)
- Een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging kan invloed hebben op zoet-waterafhankelijke binnendijkse natuurgebieden.

Het effect van een stijgende watertemperatuur leidt tot een verschuiving van soorten naar het noorden. Nieuwe soorten kunnen het ecosysteem van de Oosterschelde beïnvloeden door de rol van verdwenen inheemse soorten over te nemen. Nieuwe soorten kunnen ook het functioneren van het ecosysteem verstoren, bijvoorbeeld door veranderingen in vis- en vogelpopulaties (Sandig et al., 2024).

Tabel 4-6 laat zien hoe scenario-elementen Ecologie en waterkwaliteit beïnvloeden in en rondom de Oosterschelde. Een hogere watertemperatuur kan de tolerantiegrens van organismen overschrijden, wat leidt tot schade of sterfte. Dit fenomeen is bekend in intergetijdengebieden, maar het is onzeker of het ook voorkomt in ondiep water. Bacteriële afbraakprocessen versnellen bij hogere temperaturen, wat resulteert in een toename van de zuurstofvraag, ammonia- en sulfideproductie. Het effect hiervan op de sedimentcondities voor bodemleven is nog onbekend. Er is een verhoogde kans dat de watertemperatuur in de Oosterschelde de Kaderrichtlijn Water (KRW) norm overschrijdt (Deltares, 2022).

Bevolkingsgroei, economische groei en een hogere temperatuur (verlenging recreatief seizoen – Provincie Zeeland, 2021) kunnen het recreatief gebruik van de Oosterschelde doen toenemen, wat kan leiden tot meer verstoring van Ecologie en waterkwaliteit.

Scheepvaart veroorzaakt druk door emissies naar lucht en water op Ecologie en waterkwaliteit die niet dominant en niet-significant zijn. Geluid en beweging kunnen vogels en zeehonden verstoren. Depositie van stikstofdioxide en zwaveldioxide zorgt voor verzuring en vermesting (Jaspers et al., 2009).

Voor Natura 2000 doelstellingen in de Oosterschelde in relatie tot habitattypen, habitatsoorten, broedvogels en niet-broedvogels, geldt dat de normen reeds in de huidige situatie

overschreden worden. De knikpunten voor Natura 2000 liggen daarom in het verleden. Voor de KRW Ecologie ligt het knikpunt bij een ZSS van meer dan 1 cm per jaar. Dit komt doordat de frequentie van suppleties zo hoog zal liggen dat dit schadelijk zal zijn voor de ecologie (Zandvoort et al., 2019). Door zeespiegelstijging neemt in algemene zin areaal en droogvalduur van de intergetijdgebieden af.

Tabel 4-6 Houdbaarheid van de huidige strategie in en rondom de Oosterschelde (Deltares, 2024)

| Categorie | Criteria | Knikpunt <i>Wanneer wordt de norm overschreden?</i> | Scenario-element <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeespiegelstijging ▪ Wateroverlast ▪ Hogere temperatuur ▪ Bevolkingsgroei ▪ Economische groei | Kennis/ mate van zekerheid <ul style="list-style-type: none"> ▪ Voldoende ▪ Enkele leemtes ▪ Onvoldoende |
|----------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| Ecologie en waterkwaliteit | KRW Ecologie (DIN) | - | Hogere temperatuur Bevolkingsgroei Economische groei | Enkele kennisleemtes |
| | KRW Ecologie (excl zeegras) | Onbekend | Hogere temperatuur | Onvoldoende |
| | Natura 2000 HR Habitattypen | Norm overschreden in huidige situatie – voorbij knikpunt | n.v.t. | n.v.t. |
| | Natura 2000 HR Habitatsoorten | Norm overschreden in huidige situatie – voorbij knikpunt | n.v.t. | n.v.t. |
| | Natura 2000 VR Broedvogels | Norm overschreden in huidige situatie – voorbij knikpunt | n.v.t. | n.v.t. |
| | Natura 2000 VR niet-broedvogels | Norm overschreden in huidige situatie – voorbij knikpunt | n.v.t. | n.v.t. |
| | Ecologisch functioneren | Onbekend | Onbekend | Onbekend |

4.3.3 Oprekmogelijkheden

Voor de invloed van zeespiegelstijging en zandhonger op de ontwikkeling van het areaal slikken en platen kunnen de huidige suppletie strategieën worden aangehouden in de komende decennia. De suppleties zullen na aanleg ook de lagere delen van de platen en slikken voeden, maar zullen het areaalverlies dat op termijn zal optreden door het optrekken van de laagwaterlijn van de lagere zones niet kunnen compenseren (Wittenveen+Bos, 2013).

4.3.4 Overzichtstabel

Tabel 4-7: overzicht van criteria, knikpunten en oprekmogelijkheden voor Ecologie en waterkwaliteit

| criterium | knikpunt | Oprekmogelijkheden |
|---------------------------------|---|--------------------|
| KRW Ecologie (DIN) | Zeespiegelstijging en watertemperatuur | |
| Natura 2000 HR habitattypen | Knikpunt reeds overschreden | |
| | >5 mm/jr schor habitat H1130A verdrinken | Zandsuppleties |
| | >10 mm/jaar Huidig suppletiebeleid foerageerareaal bereikt grens | |
| Natura 2000 HR habitatoorten | Knikpunt reeds overschreden | |
| Natura 2000 VR broedvogels | Knikpunt reeds overschreden | |
| Natura 2000 VR niet-broedvogels | Knikpunt reeds overschreden | |
| Ecologisch functioneren (PAGW) | Onbekend | |

4.4 Gebruiksfuncties

4.4.1 Actuele situatie

De Verkennende Systemanalyse (Deltares, 2024) beschrijft de gebruiksfuncties in en rondom de Oosterschelde.

Landbouw

De landbouw zorgt voor toevoer van nutriënten naar de Oosterschelde. De Oosterschelde zorgt voor zoute kwel in een zone van enkele 100-en meters langs de dijken. Daar zijn gewassen voor zoet water vaak aangewezen op dunne zoetwaterlenzen.

De Oosterschelde speelt geen rol in de zoetwatervoorziening van (= levering van zoetwater aan) de omliggende eilanden. Kweldruk vanuit de Oosterschelde beïnvloedt wel de zoetwaterbeschikbaarheid. Opwaartse zoute kwel is van belang voor landbouw en voor zoetwater afhankelijke binnendijkse natuur. De mate van zoute kwel is van veel factoren afhankelijk, waarvan de gemiddelde waterstand op de Oosterschelde er een is. Andere factoren zijn onder andere de hoogteligging, de bodemsamenstelling, de gelaagdheid van de ondergrond en paleografische geschiedenis. Tenslotte is de zoetwaterbeschikbaarheid afhankelijk van regen, en vooral regen die verspreid over de lente en zomer voorkomt. Daarnaast is de zoetwaterbeschikbaarheid afhankelijk van (peil)beheer door het waterschap en maatregelen van akkerbouwers zelf zoals drainage en waterbassins.

Voor zoetwaterbeschikbaarheid op de omliggende eilanden is droogte – combinatie van minder neerslag en meer verdamping – een (veel) grotere en acutere drukfactor dan zeespiegelstijging. De gevolgen van droogte zijn in recente jaren merkbaar; overigens evenals gevolgen van wateroverlast. Op Tholen, St Philipsland en een deel van Reimerswaal is externe aanvoer vanuit het Volkerak-Zoommeer beschikbaar. In het overige deel van Reimerswaal, Noord- en Zuid-Beveland is neerslag de voornaamste bron van zoetwater naast de landbouwwaterleiding van Evides. Op Schouwen-Duiveland is neerslag de enige bron van zoetwater.

In dit synthesedocument wordt alleen de drukfactor direct gerelateerd aan de Oosterschelde op de zoetwaterbeschikbaarheid, dus zoute kwel, meegenomen.

Omdat zoute kwel afhankelijk is van de gemiddelde waterstand op de Oosterschelde en de gemiddelde waterstand 1-op-1 meestijgt met de zeespiegelstijging, zal zoute kwel toenemen door zeespiegelstijging. Wanneer de toenemende mate van zoute kwel een knikpunt voor landbouw en/of van zoetwater afhankelijke binnendijkse natuur oplevert is niet bekend. Naar verwachting is er veel eerder een knikpunt gerelateerd aan droogte, waarvoor overigens ook geen knikpunt bekend is.

Bij een toenemende kweldruk en verzilting van landbouwpercelen en van zoetwater afhankelijke binnendijkse natuur zijn er verschillende mogelijke oprekmaatregelen denkbaar: vergroten van de doorspoeling¹⁰, aanleg van kwelsloten en/of kwelschermen of aanpassing van landgebruik richting meer zouttolerante teelt. Dit zijn binnendijkse maatregelen, vallend buiten de afbakening van de integrale voorkeursstrategie Oosterschelde.

Havens en scheepvaart

De Oosterschelde is onderdeel van de Schelde-Rijn corridor. Scheepvaart van en naar Vlissingen en Terneuzen (North Sea Port) vaart via de sluis Hansweert, het Kanaal door Zuid-Beveland, Brabantse vaarwater-Keeten, Mastgat en de Krammersluizen.

Recreatie en toerisme

De Oosterschelde kenmerkt zich door rust en ruimte. Er liggen acht recreatiehavens langs de oevers. Voor de buitendijkse gebieden geldt er een toegangsbeperkingsbesluit (TBB) voor de gebieden die verstoringgevoelige natuur herbergen. Op plaatsen buiten het TBB worden de intergetijdengebieden intensief gebruikt door strandrecreanten.

Visserij en aquacultuur

4400 ha van de Oosterschelde wordt gebruikt als kweekperceel voor mossels, 1500 ha voor Oesters. Yerseke is het centrum van de schelpdierkweek en handel van Nederland met een export- en importcontacten naar NW Europa.

Binnendijkse natuur

Verschuillende binnendijkse gebieden vallen binnen de begrenzing van het N2000 gebied. Daarnaast zijn op alle omringende eilanden gebieden aangewezen binnen het NNN-netwerk met een duidelijke verbinding naar de Oosterschelde.

4.4.2 Actuele en toekomstige knikpunten

Het versterken/ophogen van dijken vereist ruimte, wat gevolgen kan hebben voor de fysieke leefomgeving en woningen. Economische ontwikkeling verhogen de druk op waterveiligheidsnormen, recreatief gebruik en de leefbaarheid rond de Oosterschelde.

Poldergemalen spelen, naast de inrichting van bebouwd en landelijk gebied via onder andere regionale watergangen, een rol in relatie tot het scenario-element wateroverlast. De gemalen lozen overtollig water op de Oosterschelde en zijn hiervoor afhankelijk van de waterstand op de Oosterschelde. Als poldergemalen het water niet meer volledig kunnen lozen door een toename van de opvoerhoogte in de Oosterschelde, kan dit leiden tot wateroverlast en schade aan de fysieke leefomgeving en woningen. Wateroverlast wordt echter in grotere mate bepaald door de toename van de piekbuien, wat geen relatie heeft met zeespiegelstijging.

Bevolkingsgroei en economische groei kunnen leiden tot een verhoogd recreatief gebruik van de Oosterschelde, wat op zijn beurt weer kan leiden tot meer verstoring van de ecologie. De

¹⁰ Mits dit water beschikbaar is binnen de landelijke waterverdeling. Hierbij moet ook rekening worden gehouden dat als er in de Zuidwestelijke Delta een zoetwaterbehoefte is door een langdurig neerslagtekort, dit ook geldt voor andere regio's in Nederland.

bevolkingsgroei legt tevens meer druk op infrastructuur, openbare ruimte en leefbaarheid rondom de Oosterschelde. Zeespiegelstijging kan leiden tot verminderde belevingswaarde van de Oosterschelde door verdwijnen van platen, slikken en schorren.

De knikpunten in de oesterteelt en mosselteelt vallen samen met ZSS en een hogere temperatuur. Zeespiegelstijging beïnvloedt de oestersector vanwege de kweek op hoogtes tussen NAP+0 en NAP+1 m. Bij zeespiegelstijging van meer dan 1 cm/jaar hebben de huidige intergetijdennatuur en verschillende functies zoals de oesterteelt en verschillende cultuurhistorische functies, weinig tot geen areaal meer om naast elkaar te kunnen voortbestaan (Zandvoort et al., 2019). Extra sluitingen van de OSK leiden tot een verhoogd risico op golfaanvallen tijdens stormachtige omstandigheden, wat weer invloed heeft op uitgezaaid oesterbroed. Daarnaast zorgt droogvalduurverlies voor minder ruimte voor de oesterkwekers. Voor de verwaterpercelen van de mosselsector heeft dit juist een positief effect omdat de percelen makkelijker bereikbaar zijn door een toename in waterdiepte (Zandvoort et al., 2019). Ook voor de mosselkwekers heeft droogvalduurverlies een negatief effect, Primaire productie komt via de Voordelta de OS binnen. In combinatie met de grote waterdynamiek zorgt de primaire productie ervoor dat er voldoende voedsel over de oester- en mosselpercelen beweegt. Er wordt aangenomen dat het vaker sluiten van de OSK de primaire productie en de waterdynamiek negatief beïnvloedt zodra sluitingen in het groeiseizoen gaan plaatsvinden. De inschatting is dat het knikpunt ruim na 2 meter ZSS ligt, dit i.v.m. de effecten van de sluitingen op de primaire productie en de voedselbeschikbaarheid voor schelpdieren (Zandvoort et al., 2019).

Een stijging van de watertemperatuur van de Oosterschelde zal vaker effect hebben op de groeisnelheden en aanpassingsvermogen aan lichtcondities (groei van bruine slijmalg), wat effect zal hebben op zowel de mosselteelt, de oesterteelt als de teelt van wieren (Zandvoort et al., 2019). Voor de oesterteelt treedt een toename van de mortaliteit op bij watertemperaturen tussen 16-18°C, omdat het herpesvirus zich dan manifesteert (Kamermans & van den Brink, 2017; Pernet et al., 2012). Voor de mosselteelt treedt een toename van de mortaliteit op bij een watertemperatuur van meer dan 20°C (Lupo et al., 2021). Dit knikpunt geldt voor de *Mytilus Edulis*. Er komen echter tegenwoordig in de Oosterschelde ook kruisingen voor tussen de *Mytilus Edulis* en *Mytilus Galloprovincialis* uit Zuid-Europa. Het knikpunt voor deze mosselsoort ligt bij een watertemperatuur van meer dan 24°C (Lupo et al., 2021).

Hoge waterstanden vormen sinds 1990 een probleem voor havenplateaus, zoals bijvoorbeeld in de haven van Bruinisse. Door zeespiegelstijging kan de frequentie van hoge waterstanden toenemen, wat leidt tot meer overstromingen en structurele schade. Vooral in economisch waardevolle gebieden zoals Yerseke, waar veel aquacultuur en bedrijvigheid is, kan dit grote gevolgen hebben. Tot 1 meter zeespiegelstijging is de meeste haveninfrastructuur nog goed bruikbaar. Vanaf 1 meter zeespiegelstijging zullen de havenplateaus vaker overstromen, zowel bij het huidige sluitregime als bij een alternatief sluitregime van de Oosterscheldekering (Zandvoort et al., 2019).

Veel andere knikpunten zijn nog onbekend. Voorbeelden van deze onbekende knikpunten zijn het voor ecologisch functioneren van de Oosterschelde, de afwatering van het polderwater, zoute kwel onder de dijken door en de wachttijd voor het schutproces bij de Krammersluizen.

4.4.3 Oprekmogelijkheden

Voor de gebruiksfuncties in en rondom de Oosterschelde zijn diverse oprekmogelijkheden geïdentificeerd (Tabel 4-8). Bij toenemende zoute kwel richting de polders kunnen maatregelen zoals de aanleg van kwelsloten of kwelschermen worden overwogen, evenals de overstap naar zouttolerante teelten. Voor de afwatering van polderwater, die onder druk komt te staan door een hogere waterstand in de Oosterschelde, is het vergroten van de pompcapaciteit een

mogelijke oplossing, eventueel in combinatie met het overstappen van spuien naar actief pompen. Om havenplateaus te beschermen tegen frequenter overstromen, kan ophoging of aanpassing van de infrastructuur noodzakelijk zijn. Tot slot kan de belevingswaarde van het landschap, die afneemt door het verdwijnen van platen, slikken en schorren, worden behouden of versterkt door gerichte zandsuppleties.

4.4.4 Overzichtstabel

Tabel 4-8: overzicht van criteria, knikpunten en oprekmogelijkheden

| criterium | knikpunt | Oprekmogelijkheden |
|---|--|--|
| Meer zoute kwel richting de polders rond de Oosterschelde | Onduidelijk, zeespiegelstijging, droogte Dit is niet gerelateerd aan de Oosterschelde | Aanleg kwelsloten e.d. Zouttolerante teelt |
| Afwatering polderwater | Zeespiegelstijging, onbekend | Pompen i.p.v. spuien Extra pompcapaciteit i.v.m. toename opvoerhoogte |
| Vaardiepte | Geen | n.v.t. |
| Wachtijd schutten (Krammersluizen) | Zeespiegelstijging, onbekend | |
| Havenplateaus | >100 cm zeespiegelstijging | Havenplateaus ophogen |
| Verminderde belevingswaarde door verdwijnen van platen, slikken en schorren | >1/2 - 1 cm per jaar | Zandsuppleties |
| Toenemende verstoring door toename menselijke activiteiten, waaronder recreatie | Onbekend | |
| Visvangst | - | - |
| Oogst schelpdieren | Oesterteelt: >16-18°C. mosselteelt: >20 °C | |
| | >1cm/jaar zeespiegelstijging Oesterteelt | |
| | 200 cm zeespiegelstijging via primaire productie | |
| Oogst wieren | Hogere watertemperatuur | |
| Landschappelijke kwaliteit | >1/2 - 1 cm per jaar zeespiegelstijging | |

5 Adaptatiepaden

5.1 Introductie

In dit hoofdstuk zijn paden uitgewerkt met adaptatie-opties, als een knikpunt wordt bereikt waarop het huidig beheer of beleid niet langer houdbaar is. Na uitvoering van de adaptatie-optie wordt weer aan het vigerende beheer of beleid voldaan. Let op dat ook aanpassing van het beheer of beleid een adaptatie-optie kan zijn, zoals bijvoorbeeld het aanpassen van het sluitregime van de Oosterscheldekering.

Voor de adaptatiepaden wordt uitgegaan van behoud van de huidige kenmerken van het watersysteem, dat wil zeggen een zoute zeearm met getij en met een stormvloedkering, compartimenteringsdammen en primaire keringen. Langetermijndenkingen als het vervangen of verwijderen van de stormvloedkering of rivierafvoer via de Oosterschelde leiden tot een fundamenteel ander systeem, waarvoor een andere en vooral bredere, landelijke afweging nodig is die de integrale voorkeursstrategie Oosterschelde overstijgt.

Als eerste zijn in paragraaf 5.2 de adaptatiepaden voor het doelbereik Waterveiligheid uitgewerkt. Voor deze adaptatiepaden is de meeste kennis dan wel zijn de meeste knikpunten bekend. Deze paragraaf geeft ook een toelichting op de opbouw en visualisatie van de adaptatiepaden. Vervolgens zijn in paragraaf 5.3 de adaptatiepaden voor het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit uitgewerkt. Hiervoor is veel minder kennis dan wel zijn veel minder knikpunten bekend.

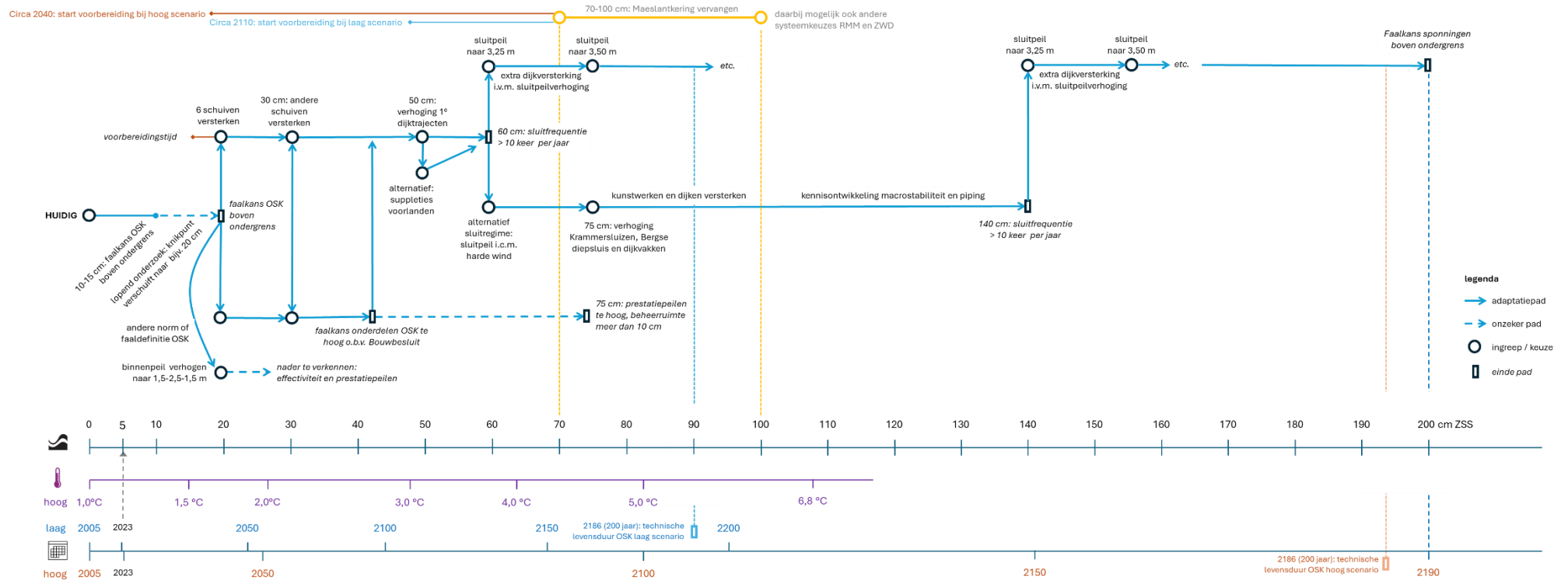
Op basis van de beschikbare kennis is de houdbaarheid van gebruiksfuncties gekoppeld aan de houdbaarheid van ofwel het doelbereik Waterveiligheid of het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit. Economische vitaliteit is echter niet expliciet meegenomen.

5.2 Adaptatiepaden Waterveiligheid

5.2.1 Uitgebreide adaptatiepaden

Figuur 5-1 toont adaptatiepaden voor de Oosterschelde voor het doelbereik Waterveiligheid. Appendix A bevat een grotere weergave van dit figuur. Deze paragraaf bevat een toelichting op deze paden. Onder de paden staat een gelijkmatig verdeelde as met daarop de zeespiegelstijging (referentieperiode 1995-2014 – KNMI, 2023, zie Tabel 4-1). Deze as loopt door tot 200 cm ZSS. Onder deze as zijn ook assen weergegeven voor de toename in luchttemperatuur (in het hoge scenario) en de tijd. De as met de tijd loopt tot maximaal 2200. Voor de luchttemperatuur ontbreekt het lage scenario, omdat in het lage scenario de luchttemperatuur van 2050 tot 2150 gelijk blijft op een stijging van 1,2-1,4 °C t.o.v. pre-industriële tijd (zie Tabel 4-1) en er (methodisch) geen sprake kan zijn van een knikpunt.

In het hoge klimaatscenario wordt 141 cm ZSS bereikt in 2150, in het lage scenario wordt in het jaar 2150 een zeespiegelstijging van 68 cm bereikt (zie Tabel 4-1). De versnelling van de zeespiegelstijging is zichtbaar in de toenemende afstand tussen jaren op de as met de tijd. De adaptatiepaden verbinden knikpunten, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen ingrepen/keuzes (rondjes) en het einde van een bepaald spoor in de adaptatiepaden (rechthoekjes, bijvoorbeeld: de faalkans van de Oosterscheldekering wordt hoger dan de ondergrens uit de Omgevingswet). Bij het einde van een spoor is het noodzakelijk een ingreep/keuze te maken voor een ander pad. Hieronder volgt een toelichting op de inhoud van deze paden.



Figuur 5-1: Adaptatiepaden voor de Oosterschelde voor Waterveiligheid. De zwarte cirkels "ingreep / keuze" geven de knippunten aan. Het figuur illustreert de adaptatiepaden van het behoud van de huidige kenmerken van het watersysteem (een zoute zeearm met getij en met een stormvloedkering, compartimenteringsdammen en primaire keringen).

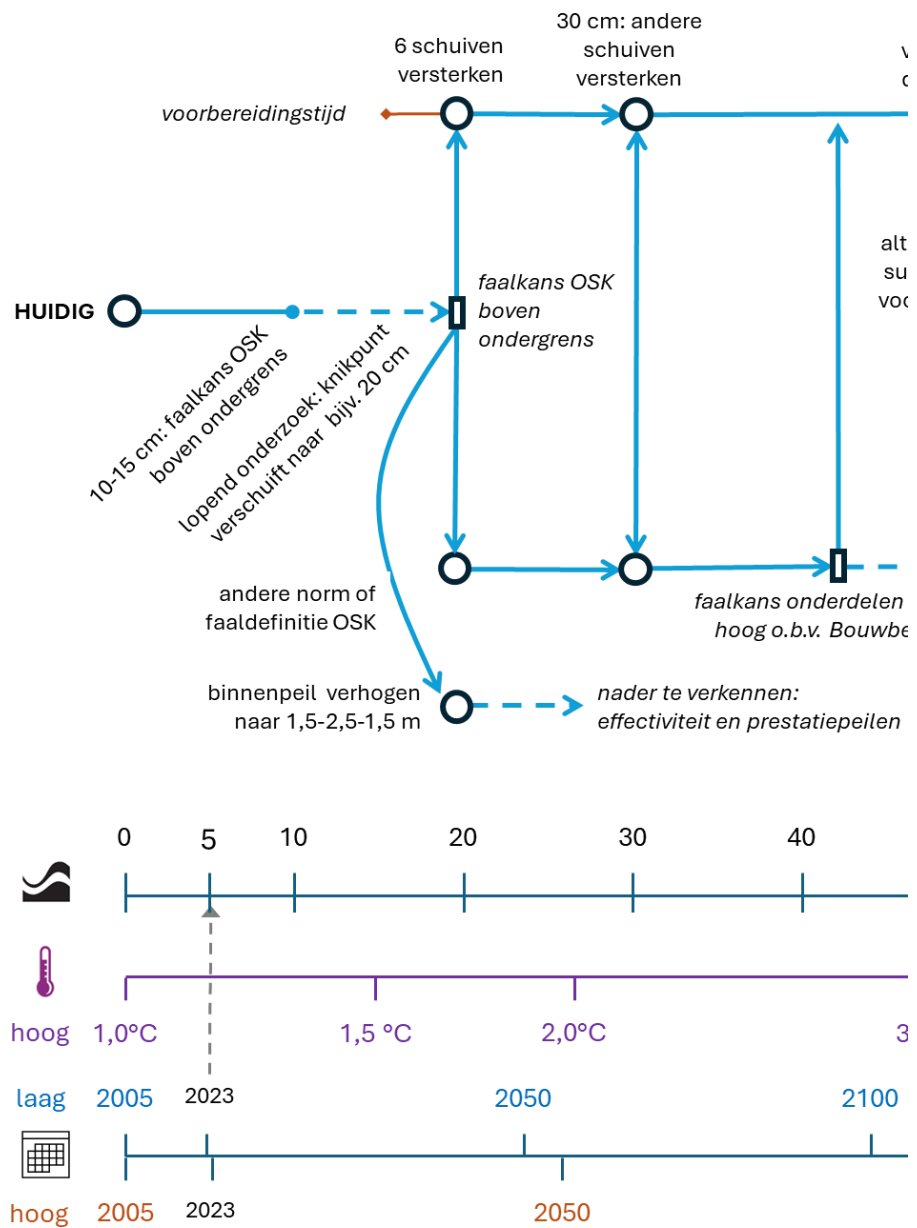
Figuur 5-2 toont het eerste deel van de adaptatiepaden. In de huidige situatie voldoet de Oosterscheldekering aan de ondergrens voor de faalkans uit de Omgevingswet (1/10.000 per jaar), maar de marge is klein. Bij ongeveer 5 cm ZSS overschrijdt de faalkans de ondergrens volgens de EZZO-studie (HKV, 2024a). Nieuwe inzichten uit lopend onderzoek¹¹ kunnen ervoor zorgen dat dit knikpunt verschuift – waarschijnlijk naar een hogere zeespiegelstijging – omdat bij ontbrekende kennis vaak wordt uitgegaan van conservatieve (worstcase) aannames, terwijl nieuwe inzichten waarschijnlijk minder extreem zullen zijn. In de EZZO-studie is evenals in de veiligheidsbeoordeling het uitgangspunt gehanteerd dat het zwakste staal is toegepast in alle vakwerkliggers van de 62 schuiven van de OSK. Momenteel loopt gedetailleerd onderzoek wat uit moet wijzen welk staal in welke vakwerkligger is toegepast. Als het zwakste materiaal niet aanwezig blijkt te zijn in de 6 schuiven die momenteel de hoogste faalkans hebben (Schaar 13 t/m 16 en Hammen 1 t/m 2), zal de berekende faalkans significant dalen. In de adaptatiepaden is dit weergegeven met een onderbroken lijn tot 15 cm ZSS, een fictieve waarde.

Ook na het nader onderzoek naar de staalkwaliteit zal na verloop van tijd de faalkans de ondergrens bereiken. Dit betekent het einde van het huidige pad en noodzaak tot het nemen van een beslissing of het doen van een ingreep. Hiervoor zijn drie mogelijkheden geïdentificeerd:

1. Het versterken of vervangen van de 6 zwakste schuiven (ervan uitgaande dat ook na onderzoek deze schuiven de zwakste plekken blijven). Dit is een forse en dure maatregel waar onder andere voorbereidingstijd voor nodig is.
2. Een alternatief is het wettelijk vastleggen van een andere norm (bijvoorbeeld 1/1000 per jaar) of het kiezen van een andere faaldefinitie (de OSK faalt niet bij één bezwijkende schuif, maar pas bij meerdere). De gedachte achter deze aanpassing is dat bij de huidige combinatie van faalkans (1/10.000) én faaldefinitie (één bezwijkende schuif) de waterstandseffecten op de Oosterschelde nog minimaal zijn. De faalkanseis is relatief streng, gelet op de functionele prestatie van de OSK. Bij een minder strenge eis, ontstaat ruimte om ook zonder fysieke aanpassingen nog enige tijd door te kunnen.
3. Een derde optie is het verhogen van het binnenpeil tijdens sluitingen. Momenteel wordt gestreefd naar een wisselpeil op de Oosterschelde van NAP+1, +2, +1 m tijdens opeenvolgende hoogwaters binnen een storm. Als gekozen wordt voor een hoger (wissel)peil – bijvoorbeeld NAP +1,5, +2,5, +1,5 m – neemt het verval over de kering af, en daarmee de kans op constructief bezwijken van schuiven. Bij deze derde optie dient nog onderzocht te worden of het wisselpeil überhaupt gerealiseerd kan worden tijdens extreme stormen en of een eventuele verhoging van het wisselpeil invloed heeft op de waterstandstatistiek op de Oosterschelde. Vanwege de nog onbekende kansrijkheid van dit pad, is het aangegeven met een onderbroken lijn en niet verder uitgewerkt. Met een versnelde ZSS zal dit (opnieuw) moeten gebeuren (i.c.m. sluitpeilverhoging) aangezien er anders op een gegeven moment een groter verval dan het ontwerpverval wordt verkregen.

Na versterken van de 6 zwakste schuiven bereikt de faalkans van de OSK opnieuw de ondergrens bij ongeveer 30 cm ZSS. Andere schuiven gaan dan de faalkans domineren. Deze 30 cm ZSS is berekend op basis van de getallen achter de EZZO-studie (HKV, 2024a) zonder de invloed van het nader onderzoek naar de staalkwaliteit van vakwerkliggers. Er is op dat moment de optie om meer schuiven te versterken, of alsnog te kiezen voor een andere faalkanseis of faaldefinitie. Andersom geldt dat bij een initiële keuze voor het pad met een andere faalkanseis of faaldefinitie na een bepaalde mate van zeespiegelstijging alsnog het moment aanbreekt waarbij de zwakste schuiven vervangen moeten worden. Zo kan een combinatie van paden bewandeld worden.

¹¹ Het lopende onderzoek bestaat uit proeven met een schaalmodel van de OSK, onderzoek naar de krachten die golven uitoefenen op de civiele onderdelen van de OSK en onderzoek naar de aanwezige staalsoorten en bijbehorende staalkwaliteit.



Figuur 5-2: Eerste deel van de adaptatiepaden

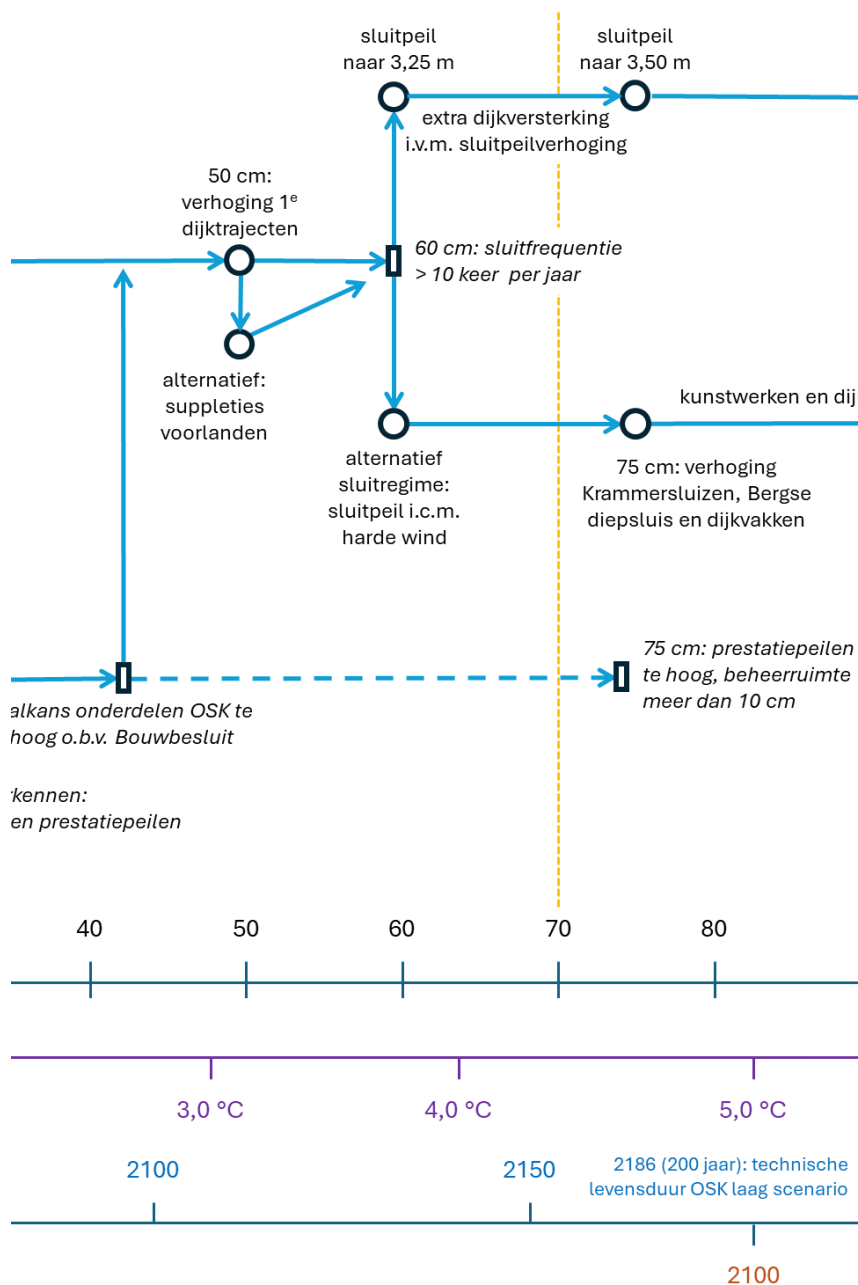
Figuur 5-3 toont het tweede deel van de adaptatiepaden. Bij het bovenste pad zijn meerdere schuiven van de OSK versterkt. Vanaf 50 cm ZSS kan de OSK de effecten van zeespiegelstijging niet meer voldoende opvangen om een significante stijging van de stormwaterstanden op de Oosterschelde te voorkomen. Dit resulteert in een versterkingsopgave voor de eerste dijktrajecten: volgens het KP ZSS de trajecten 27-1 (Sint Philipsland), 27-2 (Tholen) en 219 (Oesterdam). De meest voor de hand liggende versterkingsmethode is dijkverhoging (en -verbreding). Als alternatief kan gedacht worden aan het uitvoeren van suppleties van het intergetijdengebied direct tegen de dijk aan, waardoor een golfdempend voorland ontstaat. De golfhoogtereductie kan dan op bepaalde plekken dienen als compensatie voor de waterstandsverhoging. Hier bestaat een mogelijke koppeling tussen

de adaptatiepaden voor Waterveiligheid en Ecologie en waterkwaliteit (suppleties ten behoeve van areaal foerageergebied voor vogels).

Bij het onderste pad is gekozen voor een andere faaldefinitie of faalkanseis voor de OSK als geheel. Deze keuzes hebben echter geen invloed op de faalkans van individuele schuiven. In de EZZO-studie (HKV, 2024a) is berekend dat bij 70 cm ZSS de faalkansen van diverse onderdelen van de OSK zo groot worden, dat de afgesproken beheerruimte van 10 cm wordt overschreden. Het effect van de faalkansen van onderdelen van de OSK leidt dan tot meer dan 10 cm verhoging van de waterstandstatistiek op de Oosterschelde, uitgedrukt in prestatiepeilen. Deze verhoging komt boven op de eerder beschreven stijging als gevolg van bijvoorbeeld lekkage en overslag. Dit betekent het einde van dit pad. De verwachting is echter dat dit pad niet tot 70 cm ZSS gevolgd kan worden zonder enige aanpassingen te doen aan de constructie van de OSK. Ongeacht effecten op prestatiepeilen dient de stormvloedkering ook een bepaalde constructieve integriteit te hebben, bijvoorbeeld op basis van het Bouwbesluit. Een faalkans van bijvoorbeeld 10% per jaar van een bepaalde schuif is niet wenselijk, ook al is de invloed op prestatiepeilen gering. De verwachting is daarom dat al eerder dan bij 70 cm ZSS de stap gezet wordt naar versterking van bepaalde onderdelen van de OSK (wissel naar bovenste pad), maar onduidelijk is bij hoeveel cm ZSS.

Het bovenste pad bereikt een knikpunt bij 60 cm ZSS, waarbij de sluitfrequentie groter wordt dan 10 keer per jaar. Bij een dergelijke sluitfrequentie wordt de kans op sluitingen in het zomerhalfjaar steeds groter, waardoor geen werkbaar onderhoudsseizoen meer mogelijk is voor de OSK. Er zijn dan twee mogelijkheden geïdentificeerd:

1. Verhoging van het sluitpeil (de verwachte zeewaterstand waarbij besloten wordt de kering te sluiten). Dit beperkt de sluitfrequentie, maar heeft rechtstreeks gevolgen voor de waterstandstatistiek op de Oosterschelde en daarmee op de versterkingsopgave van de dijken en kunstwerken. Het verhogen van het sluitpeil moet vervolgens regelmatig blijven plaatsvinden naarmate de zeespiegel verder stijgt.
2. Een alternatief is een alternatief sluitcriterium, waarbij niet alleen gesloten wordt op zeewaterstand, maar ook op wind. Bij toenemende zeespiegelstijging wordt het steeds waarschijnlijker dat het sluitpeil overschreden wordt zonder dat het hard stormt, dus ook zonder dat dijken rond de Oosterschelde in gevaar komen. De KNMI-scenario's uit 2024 bevatten geen verandering voor stormcondities (uit het noordwesten). In HKV (2019) is aangetoond dat veel minder vaak gesloten hoeft te worden als gesloten wordt op basis van verwachte golfoverslag over de dijken rond de Oosterschelde, wat wellicht vereenvoudigd te vertalen is in een combinatie van sluitpeil en windsnelheid. Nader onderzoek is nodig om een dergelijk sluitcriterium verder uit te werken, maar duidelijk is dat er slimmere opties zijn dan het simpelweg verhogen van het sluitpeil. Bij dit pad wordt de definitie van 'sluitpeil' minder eenduidig. Toch zal ook bij dit pad een moment aanbreken waarbij hogere extreme waterstanden op de Oosterschelde geaccepteerd moeten worden, bijvoorbeeld bij 140 cm ZSS (HKV, 2019, Figuur 5-4). Tussen 60 cm en 140 cm ZSS biedt een flexibel sluitcriterium mogelijkheden. Wel is hier doorgaand onderzoek nodig naar de invloed op geotechnische faalmechanismen (bijvoorbeeld piping en macrostabiliteit) bij langdurige hoge waterstanden op de Oosterschelde (Figuur 5-4), omdat deze mogelijk dominant kunnen worden boven golfoverslag.



Figuur 5-3: Tweede deel van de adaptatiepaden

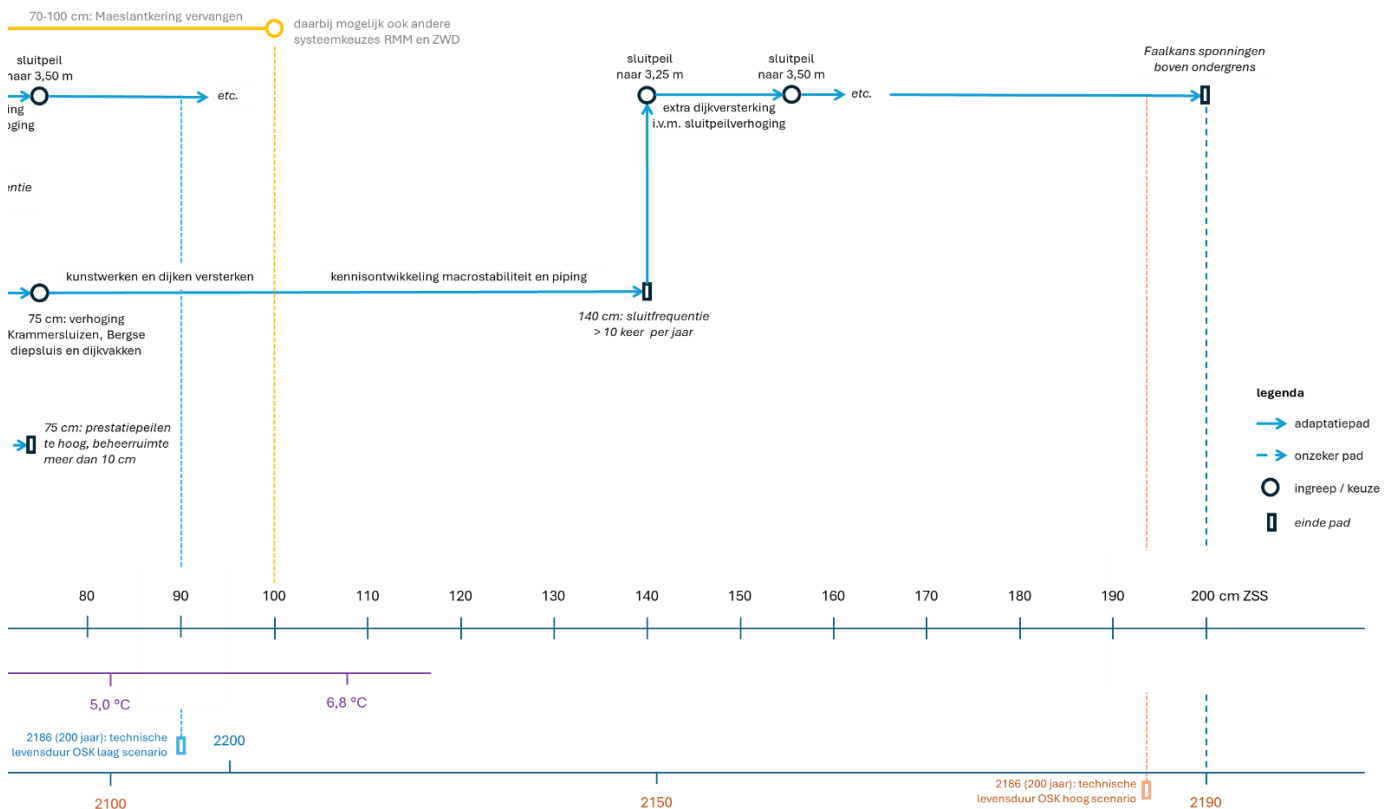
Het derde deel van de adaptatiepaden is opgenomen in Figuur 5-4. Bij 75 cm ZSS is de verwachting dat de Krammersluizen, Bergse Diepsluis en diverse dijkvakken verhoogd en/of versterkt moeten worden, afhankelijk van de mate waarin de OSK ingezet kan worden om de doorwerking van zeespiegelstijging te beperken.

De adaptatiepaden bevatten nog enkele aandachtspunten:

- Bij 70-100 cm ZSS (orde van grootte) is mogelijk vervanging van de Maeslantkering noodzakelijk. Dit kan een moment zijn waarbij andere systeemkeuzes genomen worden in de Rijn-Maasmonding, wat mogelijk implicaties heeft voor de Zuidwestelijke Delta, waaronder de Oosterschelde (ingetekend boven de adaptatiepaden in licht oranje).
- Na 200 jaar (rond 2190) bereikt de OSK zijn verwachte technische levensduur. Bij het lage scenario is dit rond 90 cm ZSS, bij het hoge scenario rond 190 cm ZSS (weergegeven langs de as met de tijd onder de adaptatiepaden). Het deel van de adaptatiepaden na 2190

is dus nog hoogst onzeker, en afhankelijk van de technische staat van de OSK en de mogelijkheden voor levensduurverlengend onderhoud.

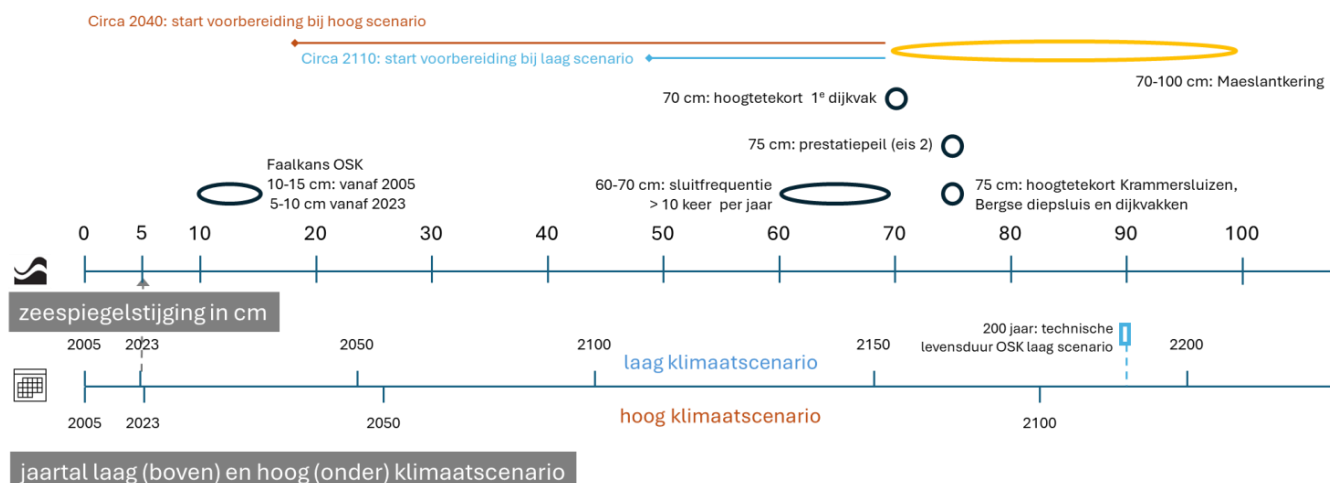
- Als alle (zwakke) schuiven van de OSK vervangen of versterkt zijn, gaan andere componenten van de kering de faalkans op trajectniveau domineren. Op basis van getallen achter de EZZO-studie (HKV, 2024a) is de inschatting dat bij ongeveer 200 cm ZSS de faalkansen van de sponningen in de betonnen pijlers (waar de schuiven krachten op afdragen) leiden tot overschrijding van de ondergrens van 1/10.000 per jaar. Aanpassing van de pijlers (in den natte of in den droge) is zeer complex. Mogelijk is dit het moment waarbij verdere versterking van de OSK niet meer haalbaar is.
- De veiligheidsbeoordeling van de OSK focuste zich na een uitgebreide screening op de vakwerkliggers van de schuiven en sponningen in de pijlers. Dit betekent niet dat geen andere aanpassingen binnen het traject noodzakelijk zijn. Mogelijk zijn ook aanpassingen aan dijklichamen, damaanzetten of breukstenen dammen nodig. Deze zijn niet getoond in de adaptatiepaden.



Figuur 5-4: Derde deel van de adaptatiepaden voor Waterveiligheid

5.2.2 Vereenvoudigde weergave

Bij het ontwikkelen van de adaptatiepaden lag de nadruk in de eerste instantie op het inhoudelijk correct en feitelijk onderbouwen van de adaptatiepaden. Tijdens overleg met RWS Zee en Delta bleek dat deze eerste versie, hoewel inhoudelijk juist, te complex was om goed te communiceren. Daarom is ervoor gekozen om naast de uitgebreide versie ook een vereenvoudigde weergave van de adaptatieknippunten op te stellen. Deze vereenvoudigde versie behoudt de inhoudelijke kern, maar is geschikt om direct te begrijpen. De vereenvoudigde weergave voor Waterveiligheid is hieronder weergegeven in Figuur 5-5. Een beschrijving is opgenomen in de samenvattende synthese (paragraaf 1.2.1).



Figuur 5-5: Adaptatieknippunten voor de Oosterschelde voor Waterveiligheid. Het referentiejaar voor zeespiegelstijging is 2005 conform de KNMI'23 klimaatscenario's. De knippunten uit de onderzoeken van HKV die 2023 hanteren als referentiejaar, zijn met +5 cm getransleerd.

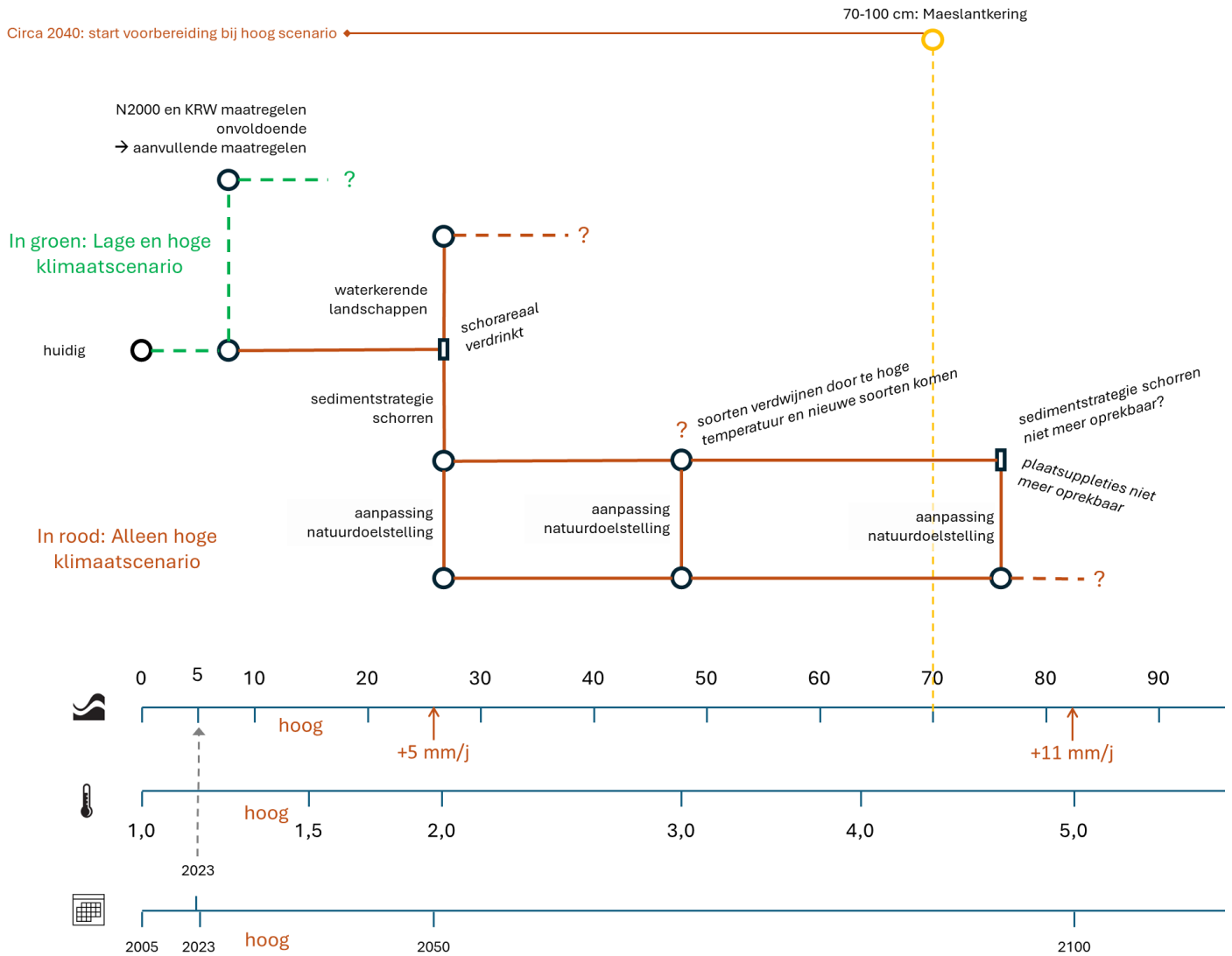
5.3 Adaptatiepaden Ecologie en waterkwaliteit

5.3.1 Uitgebreide adaptatiepaden

In het lage scenario (Tabel 4-1) blijft de stijging van de luchttemperatuur beperkt tot 1,2-1,4 °C en daarvan afgeleid neemt de watertemperatuur evenmin verder toe. Daarmee is in het lage scenario de (lucht- en water)temperatuur ongeveer gelijk aan de huidige situatie.

In relatie tot zeespiegelstijging leidt voor Ecologie en waterkwaliteit niet de absolute zeespiegelstijging maar de snelheid van zeespiegelstijging tot een knippunt waarop de intergetijdengebieden niet meer kunnen meegroeien op natuurlijke wijze of via suppleties. Het knippunt hiervoor wordt geschat op 5 mm/jr voor schorareaal en op 10 mm/jr voor de suppleties van de platen (Tabel 4-7; Deltares, 2024). Omdat in het lage scenario de snelheid van zeespiegelstijging niet meer wordt dan 3 mm/jr en na 2050 zelfs afneemt, is er in het lage scenario geen knippunt.

De adaptatiepaden voor Ecologie en waterkwaliteit zijn daarom alleen van toepassing en uitgewerkt voor het hoge klimaatscenario zoals getoond in Figuur 5-6.



Figuur 5-6 Adaptatiepaden voor het doelbereik Ecologie en waterkwaliteit voor het hoge klimaatscenario; voor het lage klimaatscenario zijn geen adaptatiepaden, omdat er geen knikpunten zijn.

In de huidige situatie is er een opgave voor KRW en Natura 2000. In Figuur 5-6 wordt de aanname getoond dat tot circa 2030 maatregelen uitgevoerd worden. Als in 2030 nog niet aan de opgave wordt voldaan, zullen extra maatregelen nodig zijn. Dit wordt getoond als een mogelijk knikpunt in 2030 en een gestippelde groene lijn naar boven. Welke maatregelen dan eventueel nog nodig zijn, is op dit moment onbekend en daarom is dit adaptatiepad niet verder uitgewerkt. Deze lijn is in afwijkende kleur groen van de rest van de lijnen, omdat dit stuk van de adaptatiepaden ook voor het lage klimaatscenario van toepassing is.

Als in 2030 geen aanvullende maatregelen nodig zijn, kan het beheer en beleid voortgezet worden. Het eerstvolgende knikpunt wordt bereikt bij een snelheid van zeespiegelstijging van 5 mm/jr als het schorareaal naar verwachting niet meer mee kan groeien en verdrinkt. In het hoge klimaatscenario wordt dit knikpunt rond 2050 verwacht. Drie adaptatieopties worden dan voorzien:

1. Waterkerende landschappen waarin het behoud van schorareaal onderdeel wordt van de waterveiligheidsstrategie en de dijkzone inclusief buitendijkse vooroever en binnendijkse gebied wordt beschouwd. Omdat niet bekend is of een waterkerend landschap bij toenemende snelheid van zeespiegelstijging kan blijven meegroeiën, is dit adaptatiepad niet verder uitgewerkt. Dit is een kennisleemte.

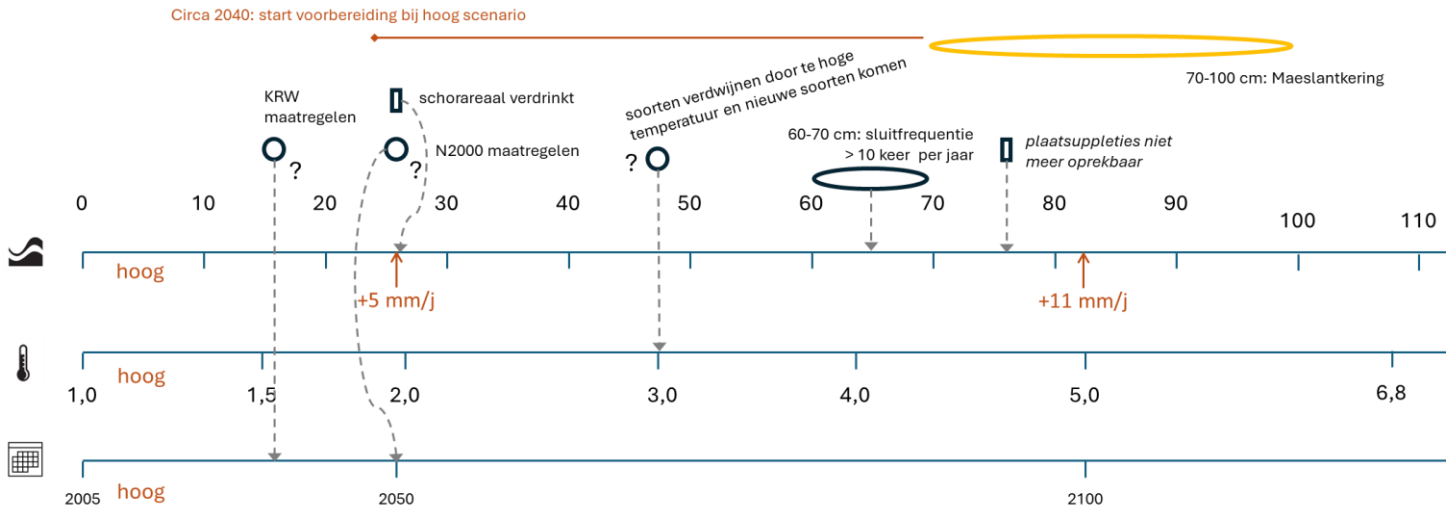
2. Een sedimentstrategie voor schorareaal dan wel de vooroever op een vergelijkbare manier als de huidige suppletie­strategie voor het behoud van intergetijdengebied van de platen. Het is niet bekend hoeveel sediment hiervoor nodig is en of dit haalbaar is.
3. Aanpassing van de natuurdoelstelling, waarbij ofwel schorareaal op een andere locatie wordt behouden of de doelstelling voor schorareaal naar beneden toe wordt bijgesteld.

Bij toenemende temperatuurstijging wordt verwacht dat sommige soorten verdwijnen en andere soorten hun intrede doen. Niet bekend is bij welke temperatuurstijging dat optreedt. Het is zeer waarschijnlijk een glijdende schaal, waarop ook in de huidige situatie al indicaties zijn dat dit effect optreedt (zie paragraaf 4.3.1). In Figuur 5-6 is het knikpunt tentatief bij 3 °C temperatuurstijging geplaatst; rond 2070 in het hoge klimaatscenario. Omdat de leefomstandigheden van deze soorten niet hersteld kan worden (temperatuurverlaging is niet mogelijk, zeker niet omdat de temperatuurstijging doorgaat), is aanpassing van de natuurdoelstelling noodzakelijk.

Het laatste knikpunt dat in Figuur 5-6 wordt voorzien is het niet langer houdbaar zijn van de suppletie­strategie voor platen in de Oosterschelde bij 10 mm/jr zeespiegelstijging. Dan is aanpassing van de natuurdoelstelling de enige adaptatie­optie. In het hoge klimaatscenario blijkt derhalve dat uiterlijk rond 2090 de natuurdoelstelling voor de Oosterschelde aangepast zal moeten worden.

5.3.2 Vereenvoudigde weergave

Op basis van de uitgebreide adaptatiepaden voor Ecologie en waterkwaliteit zoals omschreven en weergegeven in paragraaf 5.3.1, is de slag gemaakt naar een vereenvoudigde weergave van de adaptatieknippunten. Deze zijn hieronder weergegeven in Figuur 5-7. Zie de samenvattende synthese voor de beschrijving (paragraaf 1.2.2).



Figuur 5-7: Adaptatieknippunten voor de Oosterschelde voor het thema Ecologie en waterkwaliteit bij het hoge klimaatscenario. Pijlen geven aan welke of het knippunt het gevolg is van zeespiegelstijging, temperatuurstijging of autonome ontwikkeling (jaartal). Let op dat voor Ecologie en waterkwaliteit alleen het hoge klimaatscenario tot knippunten leidt (zie tekst); het lage klimaatscenario is daarom niet opgenomen.

Referenties

CLO (2025) Mariene fauna van de Oosterschelde 1994-2023, NL156302

Defacto stedenbouw (2024). Atlas van de Zuidwestelijke Delta; Aanvulling water- en bodemsysteem, in opdracht van Gebiedsoverleg Zuidwestelijke Delta, juli 2024.

Deltares, Rijkswaterstaat, & Wageningen Marine Research (2022). Systeemrapportage Oosterschelde.

<https://www.deltaexpertise.nl/oosterschelde/systeemrapportage/index.html>

Geraadpleegd op 21 februari 2025

Deltares (2024). Verkennende systeemanalyse Zuidwestelijke Delta: basisdocument voor herijking integrale voorkeursstrategie en gebiedsprocessen. Auteurs: Arno Nolte, Josien Grashof en Bas Bolman. Rapportnummer: 11210350-0004-ZKS-0002.

<https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/verkennende-systeemanalyse-zuidwestelijke-delta-basisdocument-voor-herijking-integrale-voorkeursstrategie-en-gebiedsprocessen>

De Vet, P. L. M., Van Prooijen, B. C., & Wang, Z. B. (2017). The differences in morphological development between the intertidal flats of the Eastern and Western Scheldt. *Geomorphology*, 281, 31-42.

De Vet, P. L. M., van Prooijen, B. C., Herman, P. M. J., Bouma, T. J., van Maren, D. S., Walles, B., van der Werf, J. J., Ysebaert, T., van Zanten, E., & Wang, Z. B. (2024). Response of estuarine morphology to storm surge barriers, closure dams and sea level rise. *Geomorphology*, 467, 109462.

Gebiedsoverleg Zuidwestelijke Delta (2020). Integrale Voorkeursstrategie Zuidwestelijke Delta 2021, Vastgesteld door het Gebiedsoverleg Zuidwestelijke Delta op 14 mei 2020.

https://www.zwdelta.nl/app/uploads/2022/01/deltaprogramma_2021_integrale_voorkeursstrategie_zuidwestelijke_delta.pdf

HKV (2019). Verkenning sluitregime Oosterscheldedekering; EZZO-project: Effecten van Zeespiegelstijging en Zandhonger op de Oosterschelde. HKV-rapport PR3939.10, Vincent Vuik, 2 juli 2019.

HKV, Tauw en Iv-Infra (2022a). Handelingsperspectief Philipsdam; Normtraject 217 - Impact van klimaatverandering op de ontwikkeling van de overstromingskans. RWS-PRK-P4-R18. 1 november 2022.

HKV, Tauw en Iv-Infra (2023a). Handelingsperspectief Krabbenkreekdam; Normtraject 27-2 - Impact van klimaatverandering op de ontwikkeling van de overstromingskans. RWS-PRK-P4-R23. 14 april 2023.

HKV, Tauw en Iv-Infra (2023b). Handelingsperspectief Grevelingendam; Normtraject 216 - Impact van klimaatverandering op de ontwikkeling van de overstromingskans. RWS-PRK-P4-R24. 14 april 2023.

- HKV, Tauw en Iv-Infra (2023c). Handelingsperspectief Zandkreekdams; Normtraject 221 - Impact van klimaatverandering op de ontwikkeling van de overstromingskans. RWS-PRK-P4-R22. 12 mei 2023.
- HKV, Tauw en Iv-Infra (2023d). Handelingsperspectief Oesterdam; Normtraject 219 - Impact van klimaatverandering op de ontwikkeling van de overstromingskans. RWS-PRK-P4-R21. 15 november 2023.
- HKV (2024a). Constructieve houdbaarheid en oprekbaarheid Oosterscheldekering. HKV-rapport pr4949.10, Matthijs Duits, Vincent Vuik, Jochem Caspers, Robin Nicolai en Gerbert Pleijter, augustus 2024.
- HKV (2024b). Databases Oosterschelde 3 m zeespiegelstijging. HKV-rapport PR5023.10, Bastiaan Kuijper, februari 2024.
- Jaspers, C.J., Mouissie, A.M., Wessels, S.C. (2009). Risico-analyse scheepvaart en Natura 2000: quick-scan effecten bestaand gebruik Rijkswaerwegen en vaarwegprojecten. Rapport van Grontmij in opdracht van Rijkswaterstaat. Documentnummer 13/99092725/AMM.
- Kamermans, P. & van den Brink, A. (2017). Passende Beoordeling ten behoeve van off-bottom oesterkweek in het Lodijkse Gat, Koeiegat, Broek en Yerseksche Oesterbank van de Oosterschelde. Wageningen Marine Research, Yerseke.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, spoor II - Systeemanalyse waterveiligheid; Deelrapport Zuidwestelijke delta (Hoofdrapport). HKV lijn in water en Witteveen+Bos. HKV-rapport PR4682.10. Marit Zethof, Jan Stijnen, Bastiaan Kuijper, Cees Oerlemans, Maarten Jansen, Tim van Engelen, David Knops en Bert van den Berg. mei 2023.
- KNMI (2023): KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.
- Lupo, C., Bougeard, S., Le Bihan, V., Blin, J.L., Allain, G., Azéma, P., Benoit, F., Béchemin, C., Bernard, I., Blachier, P., Briean, L., Danion, M., Garcia, A., Gervasoni, E., Glize, P., Lainé, A., Lapègue, S., Mablouké, C., Poirier, L., Raymond, J.C., Treilles, M., Chauvin, C. and Le Bouquin, S. (2021), Mortality of marine mussels *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*: systematic literature review of risk factors and recommendations for future research. *Rev. Aquacult.*, 13: 504-536. <https://doi.org/10.1111/raq.12484>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Factsheets normering primaire waterkeringen; Getalsinformatie per normtraject. Nadine Sloopjes en Dennis Wagenaar (Deltares), 28 juni 2016.
- Pernet, F., Barret, J., Le Gall, P., Corporeau, C., Dégremont, L., Lagarde, F., Pépin, J.-F., & Keck, N. (2012). Mass mortalities of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) reflect infectious diseases and vary with farming practices in the Mediterranean Thau lagoon, France. *Aquaculture Environment Interactions*, 2, 215-237.
- Provincie Zeeland. (2021). Klimaatadaptatiestrategie Zeeland 2021-2026. <https://www.zeeland.nl/sites/default/files/2022-02/Klimaatadaptatiestrategie%20Zeeland%202021-2026.pdf>
Geraadpleegd op 26 maart 2025

- Rijkswaterstaat (2022). Eerste stap gezet in ophogen Galgeplaat en omliggende platen in Oosterschelde.
<https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2022/12/eerste-stap-gezet-in-ophogen-galgeplaat-en-omliggende-platen-in-oosterschelde>
 Geraadpleegd op 21 februari 2025
- Rijkswaterstaat (2023). Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Hoe kan Nederland de stijging van de zeespiegel aan?
<https://kpzss.nl/tussenbalans/>
 Geraadpleegd op 21 februari 2025
- Rijkswaterstaat (2025). Begeleidende memo bij het rapport: Constructieve houdbaarheid Oosterscheldekering, Rijkswaterstaat Zee en Delta, 19 maart 2025.
<https://open.rijkswaterstaat.nl/@286034/constructieve-houdbaarheid-oprekbaarheid/>
- Royal HaskoningDHV (2023). Duidingskader strategieën zeespiegelstijging – definitief, Rapport BI1832, mei 2023.
<https://www.deltaprogramma.nl/documenten/publicaties/2023/05/16/duidingskader-strategieen-zeespiegelstijging>
 Geraadpleegd op 21 februari 2025
- Sandig, A., de Froe, E., Wijsman, J., & de Leeuw, J. (2024). Oosterschelde: verkenning en kennisleemten ecologisch functioneren (Rapport C094/23). Wageningen University & Research.
<https://edepot.wur.nl/644270>
 Geraadpleegd op 17 maart 2025
- Stijnen, J., Vuik, V., Saman, K., Simonse, J., Steenbergen, H., & Steenbergen, R. (2023). Veiligheidsbeoordeling van de Oosterscheldekering.
<https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/veiligheidsbeoordeling-van-de-oosterscheldekering>
 Geraadpleegd op 14 maart 2025
- STOWA (2019). Nieuwe normering van waterveiligheid.
<https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/beoordelen-waterkeringen/nieuwe-normering-van-waterveiligheid>
 Geraadpleegd op 14 maart 2025
- Van der Brugge, R. en R.C. de Winter (2024). Deltascenario's 2024 - Zicht op Water in Nederland. Deltares. 11209219-000-ZKS-0004.
<https://www.deltares.nl/expertise/publicaties/deltascenarios-2024-zicht-op-water-in-nederland-hoofdrapport>
 Geraadpleegd op 21 februari 2025
- Waterveiligheidsportaal (2024). Veiligheidsoordeel per traject.
<https://waterveiligheidsportaal.nl/nss/assessment-lbo1>
 Geraadpleegd op 27 september 2024.
- Wijsman, J. W. M. (2007). Effecten van zandhonger in de Oosterschelde op kokkels, oesters en de kweek van oesters en mosselen. Wageningen IMARES.
- Wijsman, J. (2020). Monitoring effecten Innovatieve Zoet-Zout Scheiding Krammersluizen: plan van aanpak (No. C032/20). Wageningen Marine Research.

Witteveen+Bos (2013). Verkenning Zandhonger Oosterschelde - ontwerp-structuurvisie. Witteveen+Bos & Bureau Waardenburg. RW1809-28/torm/231. Rijkswaterstaat Zee & Delta.

Witteveen+Bos en Altenburg & Wymenga (2024). Ecologische evaluatie Natura 2000 beheerplannen; Natura 2000-beheerplan Natura 2000-beheerplan Hollands Diep, auteurs B. Schilt, A.C.P. Brekelmans, A. Wolma en F. Versloot, in opdracht van Rijkswaterstaat, Referentie 128201/24-009.20, 24 juni 2024.

Zandvoort, Van der Zee en Vuik (2019). De effecten van Zeespiegelstijging en Zandhonger op de Oosterschelde. Mark Zandvoort, Els van der Zee en Vincent Vuik. Rapport Tauw, Altenburg & Wymenga en HKV, december 2019.

Stijnen, J., Vuik, V., Saman, K., Simonse, J., Steenbergen, H., & Steenbergen, R. (2023). Veiligheidsbeoordeling van de Oosterscheldekering. https://www.hkv.nl/wp-content/uploads/2023/09/Veiligheidsbeoordeling-van-de-Oosterscheldekering_JS-et-al.pdf
Geraadpleegd op 14 maart 2025

ZW Delta (2020). Gebiedsagenda Zuidwestelijke Delta 2050. <https://www.zwdelta.nl/strategie/gebiedsagenda-zuidwestelijke-delta-2050/>.
Geraadpleegd op 13 november 2024.

ZW Delta (2022). Planuitwerkingsfase zandsuppletie Galgeplaat in de Oosterschelde gestart. <https://www.zwdelta.nl/nieuws/planuitwerkingsfase-zandsuppletie-galgeplaat-in-de-oosterschelde-gestart/>
Geraadpleegd op 21 februari 2025

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl