

Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Zand en Zee in Balans op lange termijn

Technisch eindrapport Zandige Kust

In opdracht van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Ministerie Infrastructuur en Waterstaat / Deltacommissaris

Zand en Zee in Balans op lange termijn

Technisch eindrapport Zandige Kust voor Kennisprogramma Zeespiegelstijging



Zand en Zee in Balans op lange termijn

Technisch eindrapport Zandige Kust voor Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Auteur(s)

Marcel Taal

Bas Huisman

Edwin Elias

Ad van der Spek

Ellen Quataert

Nienke Vermeer

Zheng Wang

Met bijdragen van RWS-WVL

Laura Brakenhoff

Harry de Looff

Quirijn Lodder

Carola van Gelder-Maas

Zand en Zee in Balans op lange termijn

Technisch eindrapport Zandige Kust voor Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Harry de Looff, Laura Brakenhoff
Referenties	Referenties
Trefwoorden	Trefwoorden

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	23-04-2025
Projectnummer	11207897-002
Document ID	11207897-002-ZKS-0009
Pagina's	26
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Marcel Taal Bas Huisman Edwin Elias Ad van der Spek Ellen Quataert Nienke Vermeer Zheng Wang	

Samenvatting

Dit rapport is gemaakt in het kader van het Rijkswaterstaat-onderzoeksprogramma “Zandige Kust”. Het gaat in op aanvullende vragen die vanuit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP-ZSS) zijn gesteld. Deze vragen volgden op de resultaten van het rapport ‘Sedimentbehoefte Nederlands kuststelsysteem bij toegenomen zeespiegelstijging’, (Taal et al., 2023). Dat rapport levert kennis over de benodigde hoeveelheid zand voor suppleties bij voortzetting van het huidige beheer en beleid, bij het bereiken van een bepaalde zichtwaarde van de zeespiegelstijging. Deze kennis dient ter ondersteuning van een betere beoordeling van de houdbaarheid van de voorkeursstrategie.

De inzichten uit het rapport van 2023 zijn gebruikt in de Tussenbalans (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2023). Een belangrijke conclusie daaruit is dat Nederland zorgvuldig moet omgaan met haar zandvoorraden, om te voorkomen dat het continueren van de voorkeursstrategie wordt beperkt door hoge maatschappelijke kosten. Daarom is het belangrijk meer inzicht te krijgen in hoe delen van het kuststelsysteem zich zullen gedragen die momenteel niet meedoen met de verspreiding van suppletiezand, maar dat in de toekomst mogelijk wel doen.

De aanvullende vragen vanuit KP-ZSS zijn :

1. Bij welke snelheid van zeespiegelstijging ontvangt het Groninger wad niet voldoende sediment om mee te groeien, waardoor het een aanbod-gelimiteerd systeem wordt?
2. Wanneer moet het deel van de Voordelta dat als ‘mogelijk actieve zone’ is aangeduid meegroeien met de zeespiegelstijging (dan wel een deel ervan) om de strategische doelen van het kustbeleid te halen?
3. Waar ontstaat door zeespiegelstijging extra ruimte in het kustprofiel en om hoeveel extra ruimte gaat het dan?

Naast de beantwoording van deze vragen geeft dit rapport ook aan in welke mate de onzekerheden in de sedimentbehoefte van de gehele Nederlandse kust zijn verminderd bij bepaalde zichtwaarden van zeespiegelstijging, als gevolg van nieuw ontwikkelde kennis.

Dit rapport beredeneert dat het Groninger wad in alle klimaatscenario's (voor verschillende mate van zeespiegelstijging) voldoende sediment blijft ontvangen om mee te groeien. Dit komt enerzijds doordat dit bekken een hoge kritische snelheid van zeespiegelstijging heeft, en anderzijds doordat er veel sedimenttransport naar het bekken mogelijk is. De verwachte ontwikkeling is een langzaam landwaarts bewegend systeem. De eilanden blijven bestaan, maar bewegen richting Groningen. Vanuit het westen, via de eilandstaart van Schiermonnikoog, komt voldoende sediment naar het bekken.

Voor de Voordelta concludeert dit rapport dat de grote onzekerheidsmarge die in 2023 is gehanteerd, met 60% gereduceerd kan worden: van maximaal 407 km² naar maximaal 150 km² die mogelijk ook in de toekomst tot de actieve zone gaat behoren. Dit is het resultaat van een nadere beschouwing van de verwachte ontwikkelingen van de buitendelta's van Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde. Samen met het toegenomen inzicht over het Groninger wad leidt dit tot een halvering van de maximale onzekerheid in de sedimentbehoefte voor heel Nederland, met name voor de hogere scenario's.

Ten aanzien van de beschikbare ruimte in het kustprofiel om in de toekomst effectief suppleties te kunnen blijven uitvoeren, als de jaarlijkse opgave onder versnelde zeespiegelstijging groter wordt, is de conclusie: er is voldoende ruimte in het kustprofiel om de kust te blijven onderhouden, ook bij hoge stijgsnelheden, tot tenminste 25 mm/jr. Dit is bijna tien keer de huidige stijgsnelheid. Er is geen bovengrens vastgesteld; 25 mm/jr is het meest extreme scenario dat is doorgerekend.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Te beantwoorden vragen en opbouw rapport	7
2	Ontwikkeling Groninger wad op lange termijn	9
2.1	Vraagarticulatie	9
2.2	Expertoordeel toekomstig systeemgedrag	9
2.3	Is er sedimentbehoefte in de buitendelta's?	10
3	Ontwikkeling Voordelta op lange termijn	12
3.1	Vraagarticulatie	12
3.2	Expertoordeel toekomstig systeemgedrag	12
3.3	Maximale toekomstige omvang actieve zone per mondingsgebied	16
3.4	Expertoordeel Vlake van de Raan	16
4	Ruimte in kustprofiel voor suppleties	17
4.1	Verspreiding van suppleties bij snellere zeespiegelstijging	17
4.2	Welke benadering te kiezen voor de waddenkust.	18
5	Verminderen onzekerheden sedimentbehoefte bij zichtwaarden zeespiegelstijging	19
5.1	Achtergrond en eerdere berekening	19
5.2	Toegenomen inzicht vanwege rapport 'zand en zee in balans'	20
5.3	Samenvatting verminderde onzekerheden	21
6	Reflectie en aanbevelingen	24
7	Referenties	25

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dit rapport is gemaakt in het kader van het Rijkswaterstaat-onderzoeksprogramma “*Zandige Kust*”. Hierin wordt enerzijds onderzocht hoeveel zand (sediment) nodig is bij verschillende zichtwaarden van zeespiegelstijging (onderdeel Kennisprogramma Zeespiegelstijging) onder de voorkeursstrategie en anderzijds kennis ontwikkeld voor de uitwerking van de huidige strategie van handhaven van de kustlijn voor de komende 15 jaar. De kennis voor de uitwerking van de huidige strategie in de komende 15 jaar is gerapporteerd in ‘Zand en Zee in Balans’ (Taal et al., 2025).

De vraag over de sedimentbehoefte bij verschillende zichtwaarden van zeespiegelstijging is in 2023 voorlopig beantwoord met de rapportage ‘Sedimentbehoefte Nederlands kuststelsel bij toegenomen zeespiegelstijging’, verder aangeduid als Taal et al. (2023). Dat rapport leverde kennis aan het Kennisprogramma Zeespiegelstijging over de hoeveelheden zand die gesuppleerd zullen zijn bij voortzetting van huidig beheer en beleid, als een bepaalde zichtwaarde van de zeespiegelstijging is bereikt. Het doel van die kennis is het beter beoordelen van de houdbaarheid en oprekbaarheid van de voorkeursstrategie. De hoofdconclusie van Taal et al. (2023) was dat de sedimentbehoefte van de huidige actieve zone (een concept dat hierin is gepresenteerd en uitgewerkt) goed in te schatten was. De onzekerheid voor de hoeveelheid zand hierbij was minder dan 10%, overeenkomend met 100 tot 500 miljoen m³ over 80 tot 180 jaar. Dit is weinig in vergelijking met de onzekerheid over de snelheid van zeespiegelstijging.

Het was echter onduidelijk of de actieve zone voor grote delen van het Nederlandse kuststelsel in de toekomst mogelijk groter is, omdat meer delen van de kustzone mee gaan doen met de verspreiding van suppletiezand. Die onzekerheid is veel groter dan bovengenoemde 10 % en ligt in het systeemgedrag op lange termijn. Dit speelt voornamelijk bij de Deltakust. Daarnaast is het niet te voorspellen of in de toekomst de buitendelta van het Groninger wad en de Vlakte van de Raan ook bij het kustonderhoud betrokken gaan worden (als er behoudsdoelstellingen voor komen die daarom vragen). De omvang van deze onzekerheden neemt in absolute en relatieve zin toe bij hogere zichtwaarden. In de meest extreme situatie (5 meter zeespiegelstijging in 2200) is de onzekerheid in totaal ordegrrootte 4,5 miljard m³ sediment (vooral zand), ofwel gemiddeld 25 miljoen m³/jr. gedurende 175 jaar.

1.2 Te beantwoorden vragen en opbouw rapport

De kennis die Taal et al. (2023) presenteert is gebruikt in de tussenbalans (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2023). Een belangrijke conclusie daarin is dat Nederland zorgvuldig om moet gaan met haar zandvoorraden, zodat continueren van de voorkeursstrategie niet beperkt gaat worden door hoge maatschappelijke kosten van zand. In het licht van deze conclusie is het belangrijk juist de grotere onzekerheden te verminderen. Die betreffen (zie hiervoor) delen van het kuststelsel die wel of niet in de toekomst meedoen met de verspreiding van suppletiezand. Mede om hierop meer zicht te krijgen stelde het Kennisprogramma Zeespiegelstijging twee aanvullende vragen:

1. *Bij welke snelheid van zeespiegelstijging ontvangt het Groninger wad niet voldoende sediment om mee te groeien, waardoor het een aanbodgelimiteerd systeem wordt?*
Hoofdstuk 2 gaat hierop in.

2. *Wanneer moet het deel van de Voordelta dat als 'mogelijk actieve zone' is aangeduid meegroeien met de zeespiegelstijging om de strategische doelen van het kustbeleid te halen?* Hoofdstuk 3 gaat hierop in.

Omdat niet a priori zeker lijkt dat de grote hoeveelheden zand die in de toekomst nodig kunnen zijn ook effectief kunnen worden aangebracht met de huidige type suppleties en wijze van programmeren stelde het Kennisprogramma Zeespiegelstijging ook de vraag:

3. *“Waar ontstaat door zeespiegelstijging extra ruimte in het kustprofiel en om hoeveel extra ruimte gaat het dan?”* Hoofdstuk 4 gaat hierop in en maakt daarbij gebruik van Huisman en Dagalaki (2025).

Tenslotte: wellicht speelt in de toekomst de vraag of de import van sediment naar de bekkens van de Waddenzee bij snellere zeespiegelstijging actief ondersteund moet worden, bijvoorbeeld met extra suppleties. Hier gaat dit rapport niet op in. Dit is een toekomstige keuze, in het bijzonder gegeven de vraag *“is het gewenst voor behoud van functies en waarden van de Waddenzee de voorkeursstrategie van 'niet actief sediment naar de Waddenzee brengen' te veranderen”?* Voorlopig (zeker nog decennia) speelt die vraag niet. Er is voor sommige functies (toegankelijkheid) momenteel soms juist sediment te veel.

Met de informatie in dit rapport kunnen ook de onzekerheden in de sedimentbehoefte van de huidige actieve zone (zoals in Taal et al. 2023 aangegeven) verkleind worden. Hoofdstuk 5 gaat hierop in. Hoofdstuk 6 geeft een reflectie en aanbevelingen.

Dit rapport bouwt in hoge mate voort op (Taal et al., 2025). De daarin opgenomen inleidingen in 'het Nederlands kustbeleid', 'de conceptuele modellen van de werking van de kust', 'de morfologische schaalcascade' en 'het concept van de actieve zone' worden niet herhaald.

2 Ontwikkeling Groninger wad op lange termijn

2.1 Vraagarticulatie

Met Rijkswaterstaat-WVL is overleg gevoerd naar de achtergronden van de vraag *“bij welke mate van zeespiegelstijging ontvangt het Groninger wad niet voldoende sediment, waardoor het een aanbod gelimiteerd systeem wordt?”*.

De vraag is in de eerste plaats gesteld om meer inzicht te krijgen in het meegroeivermogen van de serie van bekkens die samen het Groninger Wad vormen. In Wang et al. (2018) is dit systeem niet behandeld en er is ook geen kritische waarde voor zeespiegelstijgingsnelheid voor beschikbaar. Het al dan niet meegroeien van het systeem heeft echter belangrijke consequenties voor de veiligheidsopgave langs de vastelandskust van Groningen. Uit HKV en Witteveen+Bos (2023) volgde dat, aannemend dat het Groninger wad meegroeit op dezelfde wijze als dat voor het Pinkegat met ASMITA was berekend, er ongeveer twee meter extra dijkhoogte nodig is bij één meter extra zeespiegelstijging. Dat is een sterker effect dan langs de rest van de vastelandskusten langs de Waddenzee. Om dit te begrijpen is het nodig te weten dat eerst 'extra overdiepte' moet ontstaan voordat de import naar het bekken groeit. Hierdoor worden de bekkens van de Waddenzee bij snellere zeespiegelstijging in alle gevallen gemiddeld dieper (zie b.v. Wang et al. 2018 en Lodder, 2024). Een dieper bekken (van dezelfde oppervlakte) zal golven minder goed dempen, waardoor er meer golfaanval is op de vastelandskust.

Daarnaast speelt dat in Taal et al. (2023) voor de transporten vanuit de buitendelta's naar het Groninger wad met een grote onzekerheidsband werkte. Er was een relatief grote import naar het Groninger wad verondersteld: gemiddeld 1,3 miljoen m³/jr. in het laagste scenario (zeespiegel in 2100 0,5 meter hoger) tot gemiddeld 6,2 miljoen m³/jr. als de zeespiegel in 2200 5 meter hoger staat. Dit was een zeer grove benadering, gebaseerd op de uitkomsten vanuit ASMITA voor het Friesche Zeegat. Dat was noodzakelijk omdat er geen bruikbare schematisatie voor het Groninger wad zelf ter beschikking is¹.

Als het mogelijk is een beter inzicht te geven in de mate waarin de buitendelta's van het Groninger wad mee moeten groeien voor behoud van de kustfuncties en welke volumes daarbij horen (mede gegeven de importen naar het Groninger wad), reduceert dit de onzekerheden in de toekomstige sedimentbehoefte onder zichtwaarden van zeespiegelstijging.

2.2 Expertoordeel toekomstig systeemgedrag

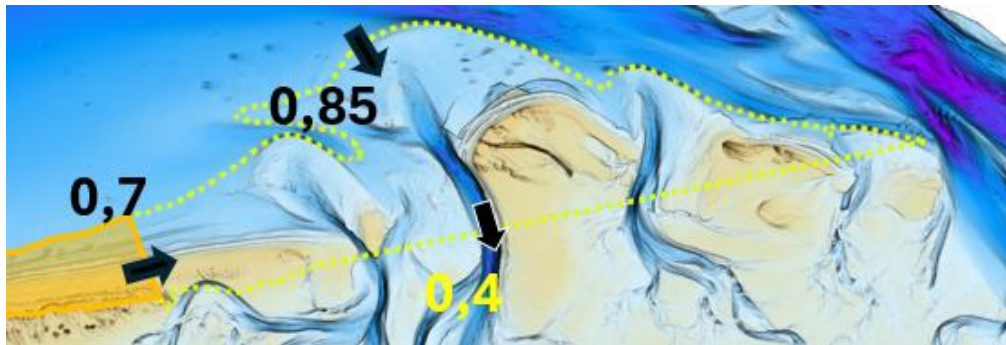
De meest complete rapportages over het systeemgedrag van het Groninger wad en de bijbehorende buitendelta's zijn Elias et al. (2021) en Elias en Cleveringa (2021). Mede op basis daarvan is het oordeel dat de mogelijkheden voor transport door alle zeegaten van het Groninger wad momenteel groot zijn. Dit zal niet veranderen bij een snellere zeespiegelstijging, als uit kan worden gegaan van ongewijzigd beleid t.a.v. de eilanden Rottumeroog en Rottumerplaat. Deze worden nu niet onderhouden. Natuurlijke processen hebben voorrang.

De beste benadering voor de kritische snelheid voor zeespiegelstijging van het Groninger Wad is de waarde van het Pinkegat, het westelijke deel van het Friesche Zeegat. Dit heeft de meeste gelijkenissen met de zeegaten van het Groninger wad. Voor het Pinkegat hanteren

¹ Figuur 2-1 laat zien dat de huidige import vanaf de buitendelta's naar het Groninger wad 'slechts' 0,4 miljoen m³/jr. is. Dit is al een aanwijzing dat de benaderingen van Taal et al. (2023) aan de hoge kant zijn. In paragraaf 2.3 zal mede daarom tot een lagere waarde worden gekomen.

Wang et al., (2018) 32,7 mm/jr. als kritische snelheid voor zeespiegelstijging. Deze kritische waarde is de snelheid van zeespiegelstijging waarbij er geen dynamisch evenwicht tussen het zeeniveau en het sedimentvolume in het bekken meer is. Bij overschrijding hiervan zal de diepte in het bekken blijven toenemen. Ook als de kritische snelheid niet wordt overschreden, zal versnelling van de zeespiegelstijging leiden tot een gemiddeld diepere Waddenzee. De toename van de gemiddelde diepte bij dynamisch evenwicht, en dus ook afname van intergetijdengebied, wordt al aanzienlijk als de snelheid van zeespiegelstijging ongeveer 60% van de kritische waarde (≈ 20 mm/jr.) bereikt (Lodder, 2024). Voor kleine bekkens zoals Pinkegat en Groninger wad is de kritische snelheid van zeespiegelstijging hoog. De kans op verdrinking en/of een aanzienlijke toename van de gemiddelde diepte van het Groninger wad lijken daarom voorlopig klein tot zeer klein.

Naast voldoende transportmogelijkheden en een snelheid van zeespiegelstijging die kleiner is dan ongeveer 60% van de kritische waarde moet uiteraard ook het sediment beschikbaar zijn. De inschatting is dat die beschikbaarheid ook lange tijd voldoende zal blijven. Vanuit de huidige situatie, te zien in Figuur 2-1, is dit uit te leggen. Door de kustlangse transporten vanaf de eilandstaart van Schiermonnikoog en de terugtrekkende buitendelta is er momenteel veel aanbod van sediment. Dit zal zeker de komende 50 jaar voldoende zijn, maar waarschijnlijk veel langer².



Figuur 2-1: Transporten in en uit de actieve zones bij het Groninger wad. De getallen zijn cf. Elias et al. (2024) en de figuur is overgenomen uit Taal et al. (2025). De import vanaf de diepe vooroever van 0,85 miljoen $m^3/jr.$ hangt samen met het terugtrekken van de monding van de Eems.

Terugtrekkende buitendelta's en eilanden: effecten op golven

De hiervoor aangehaalde toename van de belasting op de dijken langs Groningen bij een snellere zeespiegelstijging is berekend met een ongewijzigde geometrie van het Groninger wad (alleen de bodem was opgehoogd cf. de met ASMITA berekende import). Hierboven is echter uiteengezet dat bij ongewijzigd beleid de eilanden landwaarts zullen migreren bij snellere zeespiegelstijging. Het bekken wordt daardoor kleiner. Het is aannemelijk dat hierdoor de veiligheidsopgave afneemt. De strijklengte voor de wind zal dus kleiner worden, wat een minder hoge golfopzet mogelijk maakt. De toename van de belastingen onder zeespiegelstijging neemt hier echter vooral toe omdat de Noordzeegolven de dijken makkelijker kunnen bereiken (zie o.m. HKV en Witteveen+Bos, 2023).

2.3 Is er sedimentbehoefte in de buitendelta's?

In Taal et al. (2023) is geconstateerd dat de sedimentbehoefte van de buitendelta's van het Groninger wad met flinke onzekerheden is omgeven. Deze is voornamelijk gerelateerd aan toekomstige beleidskeuzes, veel meer dan aan het ontbreken van kennis over het gedrag

² Dit is omdat de transporten vooral afhankelijk zijn van de golven en aanwezigheid van sediment. Beiden blijven aanwezig: golven op natuurlijke wijze en sediment door de terugtrekkende buitendelta en omdat er bij Schiermonnikoog gesuppleerd wordt.

van dit systeem. Om meer grip op deze onzekerheid te krijgen is het mogelijk op hoofdlijnen te beredeneren wat achtereenvolgens de voorliggende keuzes kunnen zijn.

Het dichtstbij in de tijd kan een discussie gaan plaatsvinden of de natuurlijke processen (vrij bewegen van zand, slib en water) bij het Groninger wad voorop blijven staan. De discussie over het onderhoud van Rottumeroog, waarbij ook de vraag was of de natuurlijke processen voorrang moesten hebben, is begin deze eeuw al een keer beslecht.³

Als, net zoals nu bij Rottumeroog en -plaat het geval is, de eilanden vrij kunnen blijven bewegen zullen deze waarschijnlijk langzaam 'land- c.q. zuidwaarts' migreren. Dat houdt de huidige transportcapaciteit naar het Groninger wad in stand. Omdat dit ook leidt tot kleinere bekkens is ook minder zand nodig om deze mee te laten stijgen met zeespiegelstijging. Bij het proces van landwaartse migratie van de eilanden zal ook de staart van Schiermonnikoog landwaarts willen (gaan) migreren. Of dat in de (verre) toekomst een knippunt in het onderhoud van het eiland geeft lijkt momenteel onwaarschijnlijk, aangezien de BKL maar tot raai 1040 (ca. halverwege het eiland) is gedefinieerd. De punt van de staart ligt bijna 10 kilometer oostelijker.

Verder in de toekomst kan de optie op tafel komen om 'het transport van sediment naar de bekkens vergroten' of 'meer sediment beschikbaar te maken voor transport'. Zolang als de eilanden (zie hiervoor) vrij kunnen bewegen lijkt het aanbod van sediment echter voldoende te blijven. Bij kleinere bekkens horen bovendien ook kleinere buitendelta's, wat de behoefte doet afnemen. Kunstmatig de gemiddelde bodem van het bekken verhogen als de snelheid van zeespiegelstijging nog ver beneden de kritische waarde voor verdrinking is (kleiner dan 20 mm/jr.) èn er voldoende sediment op de buitendelta's beschikbaar is, is niet zinvol. Het zou alleen tijdelijk de versterkingsopgave van de dijken bij Groningen beperken. De theorie zegt dat het bekken na de ingreep minder gaat importeren, zodat de winst tijdelijk is.

Nog verder in de tijd ligt mogelijk de keuze tussen het waarborgen van een voldoende ondiep Groninger wad⁴ (om de belastingen op de dijken langs Groningen niet te sterk te laten ophopen) en de kosten van extra versterking van die dijken. Hierop gaat dit rapport niet in.

Wat betekent dit voor de sedimentbehoefte van de buitendelta's onder zeespiegelstijging?

Op basis van voorafgaande lijken de benaderingen uit Taal et al. (2023) voor de sedimentbehoefte van de buitendelta's van het Groninger Wad (zie Tabel 5-1) structureel te hoog. Dat geldt voor alle in dat rapport gebruikte zichtwaarden van zeespiegelstijging. Een goed onderbouwde rekenregel is echter niet mogelijk. Hierom is in Tabel 5-2 in plaats van een kwantificering 'p.m.' opgenomen.⁵

³ Na het tweede evaluatieonderzoek over het onderhoud in 1996 – 2001 was het advies 'stop na Rottumerplaat nu ook het onderhoud aan Rottumeroog'. Het ging destijds om de aanplant van helm en het zetten van stuifschermen, niet om zandsuppleties. De conclusie was dat het eiland nog waardevoller kan worden als de processen van wind, water en zand op natuurlijke wijze hun werk kunnen doen. Ingrijpen is daarbij zelfs schadelijk.

⁴ En als hiervoor gekozen wordt kan dit enerzijds door aanbieden van extra sediment op de buitendelta (als er een aanbodlimitatie optreedt zoals in de vraagstelling van dit hoofdstuk besloten is en anderzijds door kunstmatig extra sediment naar het Groninger wad te brengen. Het lijkt echter aannemelijk dat in dat geval extra sedimentvolume via suppleties bij Schiermonnikoog gerealiseerd gaat worden (de meest linkse pijl in Figuur 2-1 in stand houden en eventueel verhogen).

⁵ Hoe lager de zichtwaarden van zeespiegelstijging is, hoe waarschijnlijker het lijkt dat het vrij 'landwaarts' migreren voldoende is voor behoud van de gebruiksfuncties van het Groninger wad. Dat betekent geen extra sedimentbehoefte (dan wat vanaf Schiermonnikoog en door de terugtrekkende buitendelta wordt geleverd). Bij de hoogste zichtwaarden is het minder onwaarschijnlijk dat er actief wordt ingegrepen. Waar dan grosso modo rekening mee moet worden gehouden is nauwelijks te zeggen. Als toch een expertoordeel gevraagd wordt lijkt ordegrrootte van maximaal 10-20% van de waarden in Tabel 5-1 een mogelijk antwoord.

3 Ontwikkeling Voordelta op lange termijn

3.1 Vraagarticulatie

De vraag: *Wanneer moet de Voordelta als actieve zone meegroeien?* komt voort uit de onzekerheid die in Taal et al. (2023) is geconstateerd over de omvang van de actieve zone bij de voormalige buitendelta's van Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde. Deze was in die rapportage nog niet goed te beredeneren op de lange termijn, in het bijzonder bij hoge zichtwaarden van zeespiegelstijging. Daarom is in Taal et al. (2023) naast de huidige omvang van de actieve zone (tevens de minimum omvang op lange termijn) ook een maximum variant⁶ gemaakt. Deze variant kreeg een zeer ruime begrenzing. Het verschil in oppervlakte tussen minimum en maximum variant is groot, ruim 370 km².

Na afronding van Elias et al. (2024) en Taal et al. (2025) lijkt het mogelijk met vertrouwen een nauwkeurigere (lees: minder ruime) begrenzing van de maximum variant te geven. De vraagstelling is op die manier geïnterpreteerd. In het vervolg worden, per deel van de Voordelta, de meest aannemelijke toekomsten geschetst, steeds bij ongewijzigde ligging van de kustlijn en operationeel beheer van de kunstwerken (geen grote ingrepen).

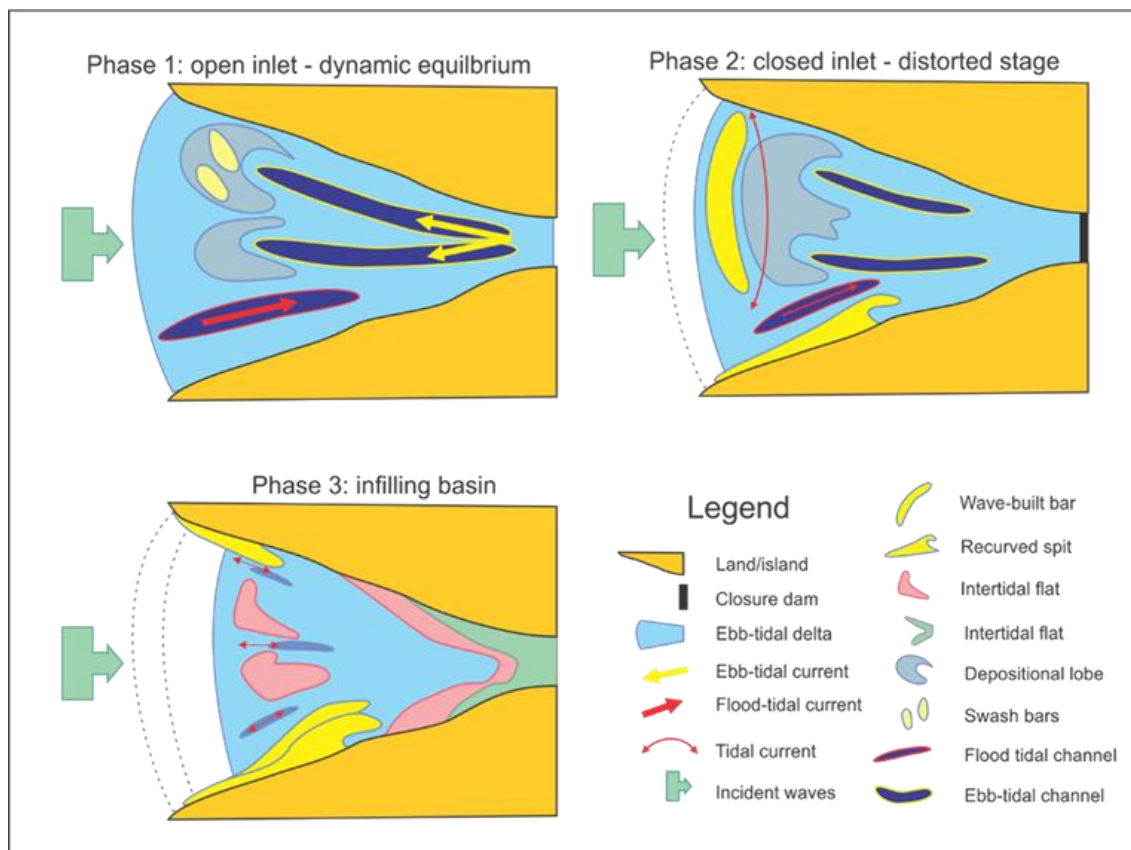
Belangrijk is te blijven benadrukken dat dit rapport betrekking heeft op de lange termijn, 2100 en verder, als er sterk versnelde zeespiegelstijging optreedt. Voor de komende decennia geldt langs de gehele Deltakust dat meegroeien van (de minimum variant van) de actieve zone voldoende is (Taal et al., 2025).

3.2 Expertoordeel toekomstig systeemgedrag

De vraagstelling suggereert dat er een moment zal gaan optreden dat van de huidige actieve zone (minimum variant in Taal et al., 2023) overgestapt 'moet' worden richting de maximum variant. Er zal echter geen sprake gaan zijn van een verandering door een keuze in beleid. Als grotere delen van de buitendelta gaan meedoen met het verspreiden van suppleties is dit een geleidelijk proces. Momenteel ontvangt de kustlijn op veel plaatsen juist zand vanuit de zich terugtrekkende buitendelta, hieronder uitgelegd.

Voor de 'krimpende' buitendelta's van het afgesloten Haringvliet en Grevelingen hebben Van der Spek & Elias (2021) een conceptueel model geïntroduceerd. Figuur 3-1 toont dit en laat zien dat na afsluiting de ebstroming en daaraan gerelateerde zandaanvoer grotendeels wegvallen (Fase 2). De golven eroderen de zeewaartse rand van de buitendelta en bouwen een zandbank evenwijdig aan de kust op. Op het zeewaartse deel van de buitendelta gaat de kustlangse getijstrooming overheersen, het binnenste, landwaartse deel vult op. Golfgedreven zandtransport brengt zand landwaarts. Er is een overgang naar Fase 3 met grotere ondiepe gebieden (soms deels droogvallend). Tevens zet slib zich af in geulen en op de ondiepe delen. Het gebied 'verlandt van achteren uit' en de kustlijn verschuift zeewaarts. De monding van de Grevelingen bevindt zich in Fase 2, de Haringvlietmonding in Fase 3.

⁶ Bij het maken van de maximum variant is niet gekeken naar wat in formele documenten gebruikt wordt als grenzen van de 'Voordelta', maar naar de morfologie van de buitendelta die zich terugtrekt. De zeewaartse grens is aan de hand van de profielontwikkeling op de rand daarvan gelegd. Voor de buitendelta's van Haringvliet werd deze gesteld op -12 m, bij de Grevelingen op -10 m en bij de Oosterschelde op -18 m. Voor deze gebieden gebruikt Elias et al. (2024) de naam 'actieve buitendelta'.



Figuur 3-1: Conceptueel model voor de ontwikkeling van een buitendelta na een significante afname van de kustdwarse getijstroming, gebaseerd op de ontwikkeling van de Haringvliet en Grevelingen buitendelta's tussen 1964 en 2015. Zie tekst voor uitleg. Bron: Van der Spek & Elias (2021).

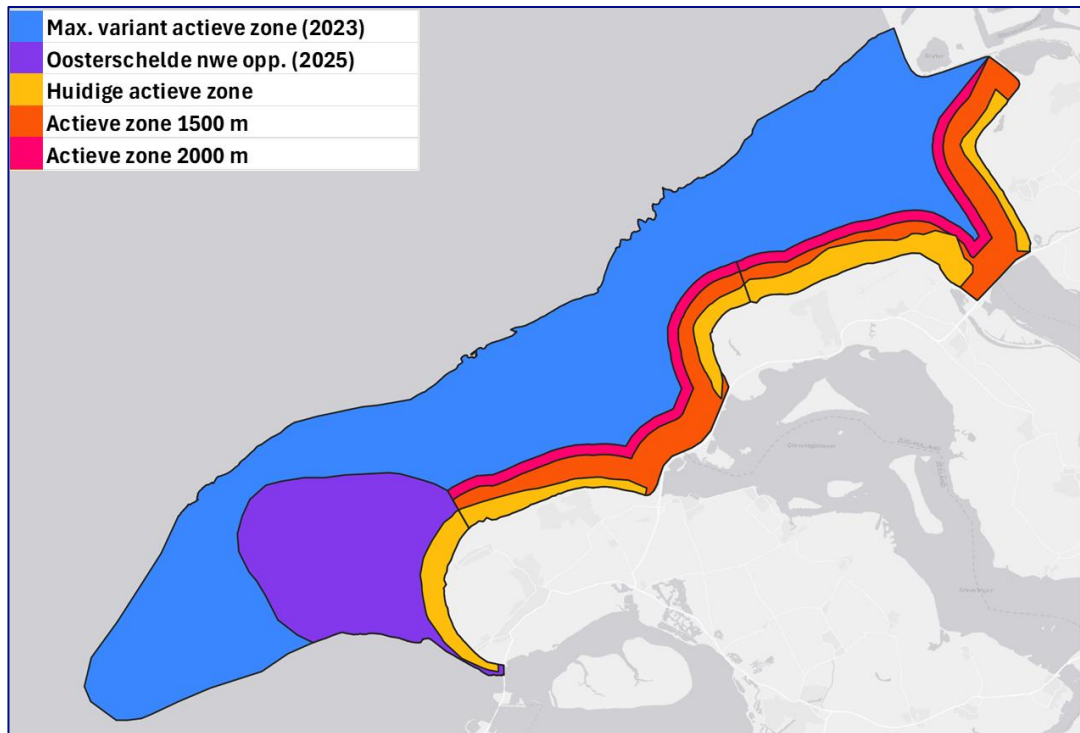
Met behulp van dit algemene conceptuele model wordt hieronder voor de mondingsgebieden van Haringvliet en Grevelingen de meest waarschijnlijke ontwikkeling geschetst onder voortzetting van het huidige beleid, leidend tot een advies over de begrenzing van de maximale variant. Daarna volgt de monding van de Oosterschelde. Alle zones die worden besproken zijn getoond in Figuur 3-2.

Monding Haringvliet

De Haringvlietmonding is sinds de afsluiting aanzienlijk ondieper geworden. Momenteel is er van drie zijdes (noord, west en zuid) aanvoer van sediment. De golven verplaatsen zand van de zeewaartse rand van de buitendelta in landwaartse richting, waardoor het oppervlak van de buitendelta afneemt, evenals de gemiddelde diepte. Vanuit het zuidwesten draagt ook de terugtrekking van de zeewaartse rand van de buitendelta van de Grevelingen bij. Dit leidt tot aanzienlijk netto transport. Bij de Kwade Hoek is hierdoor veel uitbouw. Transport langs de kustlijn van Maasvlakte 2 levert eveneens zand aan de Haringvlietmonding. Tenslotte wordt er ook slib aangevoerd via de spuisluizen, wat ook bijdraagt aan de verondieping van het gebied.

De sterke verondieping en aanslibbing van de Haringvlietmonding zal doorgaan. Een realistisch toekomstbeeld is een uitgebreid plaatsysteem. Het lijkt op het Waddengebied, maar hier is geen 'barrier island' te verwachten. De monding ligt relatief beschermd en er is daarom weinig golfwerking, noch getij om het sediment weer te verspreiden. Het lijkt zeer onwaarschijnlijk dat er een tekort aan sediment optreedt, ook bij sneller stijgende zeespiegel. De huidige actieve zone is nog lange tijd representatief als 'mee te groeien gebied'.

Voor de begrenzing van de maximale omvang van de actieve zone bij de monding van het Haringvliet is het advies: **“Bij hoge zichtwaarden van zeespiegelstijging is het waarschijnlijk nog steeds de huidige (minimale variant van de) actieve zone waarin suppletiezand zich verspreidt en die mee zal (moeten) groeien⁷. Het is in overweging te nemen daarnaast een scenario te hanteren met een iets bredere zone, van 1500 of 2000⁸ meter langs de huidige kustlijn.”**



Figuur 3-2: Verschillende varianten voor de toekomstige actieve zone bij de Voordelta.

Monding Grevelingen

De monding van de Grevelingen is sinds de afsluiting ook aanzienlijk kleiner en ondieper geworden. Veel van het vanaf de zeewaartse rand geërodeerde zand is landwaarts afgezet. Met het ondieper worden is de zandbank Bollen van de Ooster gegroeid. Via getijtransport komt ook zand van de Oosterscheldemonding naar de Grevelingenmonding, via het Krabbengat. Dit zand wordt afgezet op de Bollen van het Nieuwe Zand voor de noordwestkust van Schouwen. Golfgedreven transport langs de noordoever van Schouwen brengt zand naar het oosten waar het in de oksel van de Brouwersdam wordt afgezet. In de voormalige getijgeul Brouwershavense Gat bezinkt vooral slib.

De verwachting is dat deze ontwikkeling (bij huidig beleid) doorgaat en dat de kustlijn steeds meer gaat lijken op een aaneengesloten kust. Het verschil met monding Haringvliet is een meer zeewaartse ligging en fase 3 van het model in Figuur 3-1 nog niet / minder is bereikt. Ook ontvangt deze monding niet van drie richtingen sediment en fungeert in mindere mate als een 'put'. Het landwaarts getransporteerde zand vanaf de voormalige buitendelta blijft voorlopig veel zand leveren aan de kustlijn, wat de nood aan suppleties beperkt.

⁷ Het conceptueel model verwacht geen significant ander verspreidingsgebied van suppletiezand onder sterke zeespiegelstijging.

⁸ Deze keuze is gemaakt op basis van expert judgement, om een indruk te krijgen van de invloed van de breedte van de actieve zone op de berekende sedimentbehoefte.

Voor de begrenzing van de maximale omvang van de actieve zone bij de monding van het Grevelingen is het advies: ***Bij hoge zichtwaarden van zeespiegelstijging is het waarschijnlijk nog steeds de huidige (minimale variant van de) actieve zone waarin suppletiezand zich verspreidt en die mee zal (moeten) groeien⁹. Het is, net al bij de monding van het Haringvliet, in overweging te nemen ook een scenario te hanteren met een bredere zone, van 1500 of 2000 meter langs de huidige kustlijn.***

Monding Oosterschelde

Het noordelijk deel van de Oosterscheldemonding is deel van de Voordelta en wisselt zand uit met de noordelijker gelegen buitendelta's van Grevelingen en Haringvliet. Dit deel is meegenomen in het bepalen van de actieve zone op lange termijn en bij snellere zeespiegelstijging.

Het zuidelijk deel heeft niet veel interactie met het noordelijk deel en ook niet met de aangrenzende monding van de Westerschelde. De getijgeul Roompot-Zuid, voor de noordwestkust van Walcheren, heeft niet veel interactie met de aangrenzende kusten, evenals de geulen en platen in het centrale deel van de Oosterscheldemonding.

Het noordelijk deel van de Oosterscheldemonding heeft momenteel ongeveer de omvang die past bij de gewijzigde situatie na aanleg van de Oosterscheldekering. In tegenstelling tot de buitendelta's van Grevelingen en Haringvliet kan niet aangenomen worden dat er verder terugtrekken plaatsvindt, omdat er nog steeds uitwisseling met het bekken via het getij is. Er kan ook niet aangenomen worden dat de huidige (minimale variant van de) actieve zone het enige areaal is dat meedoet met het verspreiden van suppleties op de lange termijn (mee moet groeien). Het lijkt echter ook onwaarschijnlijk dat het hele noordelijk deel van de Oosterscheldemonding mee gaat doen met die verspreiding en in de berekening voor sedimentbehoefte meegenomen moet worden. De onderbouwing voor deze laatste aanname is dat de tijdschalen van aanlandingen, zoals de Verklikkerplaat bij Schouwen, hier groter zijn dan bij de Waddenkust en de observatie dat de hele Banjaard momenteel sediment verliest (zie Elias et al., 2024).

Voor de begrenzing van de maximale omvang van de actieve zone bij de monding van de Oosterschelde is het advies: ***Bij hoge zichtwaarden van zeespiegelstijging is de huidige maximum variant van de actieve zone naar verwachting te groot, al is het lastig sluitend te beredeneren hoeveel kleiner deze gekozen kan worden. Een robuuste aanname is een begrenzing zoals in Figuur 3-2 is gesuggereerd. Uiteindelijk is nog altijd goed mogelijk dat dit een flinke overschatting blijkt.***

⁹ Zie voetnoot 8: geen significant ander verspreidingsgebied van suppletiezand verwacht.

3.3 Maximale toekomstige omvang actieve zone per mondingsgebied

De oppervlakten die volgen uit Figuur 3-2 zijn met een GIS-analyse bepaald.

Tabel 3-1: Oppervlakte verschillende varianten voor de actieve zone op lange termijn.

Zone	Oppervlakte (km ²)	Opmerkingen
Maximum variant (2023)	407	Inclusief huidige actieve zone à 34 km ²
Haringvlietmonding		
Huidige actieve zone	16,3	Goeree-noord en Voorne
Actieve zone 1500 m breed	36	Inclusief huidige actieve zone
Actieve zone 2000 m breed	47	Inclusief huidige actieve zone
Grevelingenmonding		
Huidige actieve zone	9,6	Schouwen-noord en Goeree-zuid
Actieve zone 1500 m breed	31	Inclusief huidige actieve zone
Actieve zone 2000 m breed	41	Inclusief huidige actieve zone
Oosterscheldemonding		
Schouwen-zuid	7,7	Schouwen-zuid
Maximum variant (2025) voor Oosterschelde	70	Inclusief huidige actieve zone

Als de waarden in Tabel 3-1 met elkaar vergeleken worden is de conclusie dat:

- De gezamenlijke oppervlakte van de huidige actieve zones bij de Voordelta is samen 33,6 km². Het verschil met de maximum variant is 373 km² (cf. Taal et al., 2023).
- De oppervlakte van de nieuwe (kleinere) maximum variant bij de Voordelta is bij een breedte van 1500 meter 137 km². Het verschil met de maximum variant die in 2023 is bepaald is 270 km². Dit is een flinke vermindering van de onzekerheid.
- De gezamenlijke oppervlakte van de nieuwe maximum variant met een breedte van 2000 meter is 156 km². Het verschil met de maximum variant uit 2023 is 251 km². Dit blijft een flinke vermindering van de onzekerheid, met meer dan 60%.

3.4 Expertoordeel Vlakte van de Raan

In de vraagstelling is niet verwezen naar de onzekerheid die in Taal et al. (2023) is geconstateerd ten aanzien van de Vlakte van de Raan. Dit hangt af van het antwoord op 'Is het voor de gebruiksfuncties nodig de Vlakte van de Raan mee te laten groeien met de zeespiegel'?

Deze onzekerheid betreft een toekomstige beleidskeuze, veel meer dan aan het ontbreken van kennis over het gedrag van dit systeem. Voorlopig lijkt het niet aannemelijk dat deze keuze gemaakt gaat worden, mede gezien de grote zandvolumes die ermee gemoeid zijn en het feit dat het systeem permanent overstroomd is.

4 Ruimte in kustprofiel voor suppleties

4.1 Verspreiding van suppleties bij snellere zeespiegelstijging

De toenemende sedimentbehoefte van de Nederlandse kust bij snellere snelheden van zeespiegelstijging leidt tot de vraag of er voldoende ruimte langs de kust is om zoveel zand jaarlijks te plaatsen. De onderliggende vraag is dan vooral of de natuurlijke processen (golven en stromingen) het sediment snel genoeg kunnen herverdelen over de kustzone. Daardoor ontstaat namelijk weer ruimte voor nieuwe suppleties. Het natuurlijk herverdelen van het suppletiesediment zorgt er ook voor dat op een beperkt aantal locaties gesuppleerd kan worden, waardoor niet de hele kustlijn voortdurend gelijkmatig gesuppleerd moet worden. Door Huisman & Dagalaki (2025) is dit onderzocht met een focus op twee onderzoeksvragen:

- Hebben suppleties voldoende capaciteit om lokaal (kustdwars) het kuststelsel te onderhouden bij extreme stijgsnelheden van de zeespiegel?
- Is er voldoende kustlangse transportcapaciteit door golven en stromingen om suppleties op langere termijn gelijkmatig over het hele kustvak te verdelen? Of zal de kust lokaal zeewaarts uitbouwen ten opzichte van (tussenliggende) niet-gesuppleerde delen? En kennen die tussenliggende delen dan kustteruggang?

In dit onderzoek hebben Huisman & Dagalaki (2025) in beeld gebracht hoe (en met welke snelheid) strand- en vooroeversuppleties bij extreme zeespiegelstijgsnelheden sediment kunnen leveren aan het omliggende kuststelsel. Eerst is op basis van ervaring met suppleties een ingeschat of suppleties (lokaal) voldoende kustdwarse verspreidingscapaciteit hebben, bijvoorbeeld van het strand naar de duinen. Daarna is een numeriek model (UNIBEST-CL+) gebruikt om te berekenen hoe sediment zich kustlangs verspreid vanaf suppletielocaties. Voor twee representatieve kustvakken (Ameland en Rijnland) zijn scenario's van zeespiegelstijging van 12 tot 25 mm/jr. doorgerekend. Qua verdeling van sediment langs de kust is uitgegaan van de huidige wijze van suppleren (i.e. op een beperkt aantal locaties), waarbij het de vraag is hoe het sediment zich bij scenario's met hoge stijgsnelheden van de zeespiegel verspreidt. Het onderzoek geeft daarmee inzicht in de mate waarin een historisch suppletiescenario (qua kustlangse verdeling en suppletievolume) al voldoet bij een snellere stijging van de zeespiegel. Ook geven de modelberekeningen informatie over de veranderingen bij de suppletielocatie (gaat deze sterk uitbouwen?) en over de ontwikkeling van de kustlijn op de niet-direct-gesuppleerde delen (groeien die voldoende mee?). Uit Huisman & Dagalaki (2025) volgen de volgende inzichten:

- De huidige wijze van kustonderhoud, gebaseerd op vooroever- en strandsuppleties zoals ze nu worden ontworpen, heeft voldoende capaciteit om ook bij stijgsnelheden tot 25 mm/jr. (i.e. meest extreme scenario in Taal et al., 2024) de kust te kunnen onderhouden (bijna tien maal de huidige stijgsnelheid). Uitgangspunt is daarbij dat de suppleties kustlangs gespreid worden aangelegd. Het is dus mogelijk om de huidige wijze van suppleren ook voor de toekomstige scenario's voort te zetten.
- De kustlangse verdeling van de suppleties kan zo afgesteld worden dat sprake is van een kust die op alle plaatsen tenminste de huidige kustlijnpositie behoudt. Hiervoor zijn slechts beperkte aanvullingen nodig ten opzichte van de plaatsen waar in het verleden suppleties zijn aangebracht. Welke precieze locaties dat betreft zal in de praktijk van het suppleren vanzelf duidelijk worden.

- Historische suppletievolumes zijn voor sommige kustvakken van eenzelfde orde van grootte (of zelfs veel meer) geweest dan de theoretisch benodigde toekomstige sedimentvolumes met sterkere zeespiegelstijgingen. Dit komt omdat er in deze kustvakken versterkingen zijn uitgevoerd in het kader van de zwakke schakels of andere grootschalige suppleties, waardoor in de beschouwde historische periode meer is gedaan dan het compenseren van de zeespiegel. De grootschalige suppleties die in andere kustvakken zijn uitgevoerd, zoals de Zandmotor en Hondsbossche Duinen, geven bovendien aan dat het technisch en praktisch mogelijk is zeer grote suppletievolumes aan te brengen. Alhoewel dit wel een ander type suppleties is dan de meer gangbare vooroever en strandsuppleties. Door grootschalige suppleties kan het karakter van de kustlijn ter plaatse van de ingreep tijdelijk veranderen.
- Voor de Hollandse kust geldt in het huidige beheer dat er een extra behoefte is aan suppleties als gevolg van ‘bolwerken’ bij kustplaatsen (i.e. hier ligt de BKL veelal net iets meer zeewaarts, zie Taal et al., 2025). Bij die ‘bolwerken’ wordt de lokale kustlangse herverdeling van sediment gecompenseerd met suppleties. De stukken kust daarnaast ontvangen dat sediment en de kustlijn verplaats zich daar zeewaarts. In de toekomst zal naar verwachting deze praktijk niet veranderen. Het zand dat berekend is voor het hele kustvak de zeespiegelstijging te compenseren zal nog steeds direct worden ingezet bij de kustplaatsen en van daar uit verspreidt het zich en voorkomt het (te veel) erosie bij de aangrenzende stukken kust
- Voor de Waddeneilanden is er veel onzekerheid over de impact van zeespiegelstijging op de bypassing van sediment over de buitendelta’s van de zeegaten, van het ene naar het andere Waddeneiland. Mocht deze bypassing geleidelijk verdwijnen, wat waarschijnlijk is als de ebdelta’s niet genoeg meegroeien met de zeespiegelstijging¹⁰, dan valt mogelijk een belangrijk deel van de aanvoer van sediment op de eilandkoppen weg. Daarnaast kan een toenemende import naar de Waddenzee zorgen voor extra verliezen op de eilandkoppen en -staarten. Het is niet bekend in welke mate dit zal gebeuren en waar dit precies zal plaatsvinden. Compensatie met suppleties is mogelijk als er voldoende offshore sediment beschikbaar is en de economie de kosten kan dragen.

4.2 Welke benadering te kiezen voor de waddenkust.

In de toekomst speelt mogelijk de vraag of opvullen van de accommodatieruimte in de bekkens door zeespiegelstijging actief ondersteund moet worden. Dit zou kunnen door extra suppleties¹¹. Hier is nog geen extra onderzoek naar gedaan. Dit is een toekomstige keuze, in het bijzonder gegeven de vraag *“is het gewenst voor behoud van functies en waarden van de Waddenzee de voorkeursstrategie van ‘niet actief sediment naar de Waddenzee brengen’ te veranderen”?*. In Haasnoot, M, F. Diermanse (ed.) (2022) is in paragraaf 7.2 (Meegroeien van de bodem van de Waddenzee) een eerste verkenning gedaan naar maatregelen om de Waddenzee beter met de zeespiegel te laten meegroeien. Dit is aan de orde als de kritische waarde voor zeespiegelstijging (zie b.v. Wang et al., 2018) voor een bekken wordt overschreden.

Momenteel speelt dit niet. Er is voor sommige functies (toegankelijkheid) soms juist sediment te veel.

¹⁰ Deze hypothese wordt in dit rapport geponeerd op basis van het systeeminzicht dat recente analyses gaven. De toetsing van deze hypothese zal in een vervolgonderzoek moeten gebeuren.

¹¹ Waarbij de keuze is of dit op de buitendelta of direct in het bekken moet gaan gebeuren.

5 Verminderen onzekerheden sedimentbehoefte bij zichtwaarden zeespiegelstijging

5.1 Achtergrond en eerdere berekening

In Taal et al. (2023) zijn, zie ook hoofdstuk 1, uitspraken gedaan over de sedimentbehoefte van de Nederlandse kust bij zichtwaarden van zeespiegelstijging. Deze behoefte is in hoge mate afhankelijk van de omvang van het deel van de kust dat moet meegroeien voor behoud van de gebruiksfuncties van de kust, naast de netto transporten naar de gebieden. Zonder uitvoerig dit rapport te herhalen laat Tabel 5-1 zien dat er naast de huidige actieve zones (waarin nu de kustlijnzorg plaatsvindt en waarvoor de sedimentbehoefte 'zeker' is) gebieden zijn waarvoor niet duidelijk is of ze sedimentbehoefte hebben. Daarnaast is er een meer algemene onzekerheid (punt 4 in de tabel).

- Een actieve zone waar nu geen kustlijnzorg gebeurt, de Waddenkust ten oosten van Schiermonnikoog.
- Zones die nu niet meedoen met de verspreiding van het suppletiezand, maar in de toekomst mogelijk wel. Dit speelt voornamelijk in de voormalige buitendelta's van de afgesloten zeegaten in de Zuidwestelijke Delta. De omvang van deze zones kan verkleind worden met de nieuwe kennis (Tabel 5-2).

Tabel 5-1: Totale sedimentbehoefte Nederlandse kust per zichtwaarde in 2100 / 2200 (mln. m³), zoals vermeld in Taal, 2023. Achtereenvolgens actieve zones (zekere sedimentbehoefte), onzekere zones en andere gekwantificeerde onzekerheden.

Sedimentbehoefte Nederlandse kust - totaal							
zichtwaarde	0,5 m	1 m	2 m	1 m	2 m	3 m	5 m
scenario zeespiegelstijging	laag	hoog	extreem	laag	mid	hoog	extreem
eindjaar	2100	2100	2100	2200	2200	2200	2190 ¹²
1. Meegroeien actieve zones – met kustlijnzorg, inclusief export							
Wadden	930	1311	2078	2093	3006	3740	5084
Hollandse kust	264	327	455	577	705	832	1062
Delta	158	236	392	336	492	647	949
TOTAAL	1351	1875	2924	3007	4202	5220	7095
2. Meegroeien actieve zones – ZONDER kustlijnzorg, inclusief export							
Groninger Wad	54	193	482	113	449	761	1379
3. Mogelijk actieve zones in toekomst							
buitendelta's Deltakust	187	373	746	373	746	1119	1866
Vlakte van de Raan	164	248	415	348	515	683	1008
4. Onzekerheden in sedimentbehoefte							
extra breedte actieve zone	31	63	125	63	125	188	313
Meer transport naar Westerschelde uit actieve zone	80	80	80	180	180	180	170
Totaal meegroeien zones en onzekerheden	1.787	2.751	4.692	3.903	6.037	7.970	11.660

¹² In de aangeleverde scenario's treedt de 5 meter op in 2190.

In voorgaande hoofdstukken (2 en 3) is al aandacht besteed of en hoe de onzekerheid kan worden verminderd rondom de bijdrage van het Groninger wad en de Voordelta aan de sedimentbehoefte.

5.2 Toegenomen inzicht vanwege rapport ‘zand en zee in balans’

Hieronder staat, per kustvak, hoe in Taal et al. (2025) is besproken of de sedimentbehoefte voor de lange termijn beter bepaald kan worden, met de kennis van (voornamelijk) Elias et al. (2024). Het kan gaan om betere waarden voor de oppervlakte actieve zone en/of de netto transporten. Voor uitgebreide onderbouwing moet Taal et al. (2025) geraadpleegd worden.

Rondom monding Westerschelde

Onder de voorkeursstrategie is het ook voor de verdere toekomst waarschijnlijk dat de sediment- en suppletiebehoefte voor de actieve zone bij Zeeuws-Vlaanderen vergelijkbaar is met de komende 15 jaar. Dat geldt in ieder geval bij beperkt snellere zeespiegelstijging. In dit gebied wordt nu namelijk slechts ca. 10% bepaald door de extra accommodatieruimte door zeespiegelstijging. Tevens zijn de transporten vanaf dit kustvak richting de Westerschelde beter in te schatten.

Voor Zuidwest Walcheren is de vraag gesteld hoe waarschijnlijk het is dat de actieve buitendelta in het Oostgat in een toekomst met veel snellere zeespiegelstijging meedoet met het verspreiden van suppletiezand. In Taal et al. (2023) is dit gezien als onderdeel van de actieve zone met kustlijn­zorg'. Als dit niet het geval is, zoals nu, zal, net als bij Zeeuws-Vlaanderen, de behoefte niet snel sterk toenemen. In de berekening voor de komende 15 jaar wordt ca. 10 - 15% van de behoefte aan suppleties bepaald door extra accommodatieruimte. Het is echter nog niet goed te beoordelen welk van de opties het meest waarschijnlijk is. Daarvoor is extra onderzoek nodig. Het is duidelijk dat dit een onzekerheid is. Dat is in Taal et al. 2023 niet op die manier aangeduid.

Rondom de mondingen van Oosterschelde, Grevelingen en Haringvliet

Er zijn wel betere schattingen mogelijk van transporten uit de huidige actieve zone, waardoor in principe voor de ‘minimale variant’ iets aangescherpt kan worden. Dit is gegeven de algehele onzekerheid echter niet zinvol. In hoofdstuk 3 is uiteengezet in welke mate de oppervlakte van de ‘maximale variant’ beter ingeschat kan worden (lees: verkleind).

Hollandse Kust

Er kunnen geen betere schattingen van de oppervlakte van de actieve zone en/of de transporten uit de actieve zone gegeven worden dan in Taal et al. (2023).¹³

Waddenkust: alle centrale eilandkusten

Er kunnen geen betere schattingen van de oppervlakte van de actieve zone en/of de transporten uit de actieve zone gegeven worden dan in Taal et al. (2023), zie verder de voetnoot hiervoor.

¹³ De onzekerheid in die oppervlakte ligt vooral in de breedte van de actieve zone. Zeewaarts gaat het om de diepte waarop geen verspreiding van suppleties meer plaatsvindt. De fysische verklaring is dat deze verwaarloosbaar is omdat reguliere golven ‘de bodem niet meer bereiken’. Deze grens is in Taal et al. (2023) empirisch bepaald door voor elke JarKusraai te kijken naar de overgang (buigpunt van de min of meer gelijkmatige diepe vooroever naar het steilere bankprofiel) en hier een vloeiende lijn door te trekken. Hiernaast is een onzekerheidsmarge van 200 meter gebruikt, om zowel de onnauwkeurigheid van bepaling als de onzekerheid van het gedrag bij een hogere zeespiegel te ondervangen. Aan de landzijde ligt de grens van de actieve zone ca. 20 meter landwaarts van de buitenste duintop, met een onzekerheidsmarge van 50 meter. Door de beide onzekerheidsmarges (200 meter aan zeewaartse zijde en 50 meter aan landwaartse zijde) neemt de breedte van de actieve zone bij rechte kusten orde 15-20% toe.

Zeegat van Texel en Eierlandse gat

Besproken is of onzekerheden m.b.t. de oppervlakte van de actieve zone en/of de transporten van de actieve zone naar de bekkens verminderd kunnen worden. Dit lijkt met nader onderzoek in de komende jaren wel mogelijk. Dit hangt samen met twee zaken. Ten eerste zou het kunnen dat de rand van de actieve buitendelta zich terugtrekt op een wijze zoals bij andere zeegaten te zien is. Ten tweede is het goed mogelijk dat de netto transporten naar de bekkens voor een hoger percentage uit slib bestaan. Voorlopig zijn er alleen deze kwalitatieve uitspraken die ook voornamelijk gelden voor het Zeegat van Texel. Het Eierlandse gat is momenteel een zeegat dat sediment exporteert vanuit het bekken.

Zeegat van het Vlie

De oppervlakte van de actieve zone is kleiner dan in Taal et al. (2023). Dit stelt Taal et al. (2025) vast op basis van nader onderzoek. Dit hangt samen met de terugtrekking van de buitendelta. Deze oppervlakte van de actieve zone voor de komende 15 jaar is vastgesteld op 87 km². In Taal et al. (2023) was 134 km² berekend. Als de waarde van 87 km² ook voor de sedimentbehoefte onder zichtwaarden van de zeespiegel wordt gebruikt betekent dit dat de totale sedimentbehoefte bij een specifieke zichtwaarde iets vermindert. Dit is voor het Nederlandse totaal geen significant verschil, maar wel voor dit zeegat. Ten tweede geldt ook voor dit zeegat dat het goed mogelijk is dat de netto transporten naar de bekkens voor een hoger percentage uit slib bestaan.

Zeegat van Ameland en Friesche Zeegat

Besproken is of onzekerheden m.b.t. de oppervlakte van de actieve zone en/of de transporten van de actieve zone naar de bekkens verminderd kunnen worden. Voor beide zeegaten geldt dat aanpassing van de zeewaartse grens van de actieve buitendelta niet nodig is. Bij de inschatting van Taal et al. (2023) is op expertoordeel de zeewaartse grens van de actieve buitendelta al op de zich terugtrekkende rand gelegd. Gememoreerd wordt dat de situatie aan de westzijde van Ameland zorgt voor extra nood aan supplementies. Daarnaast geldt voor beide zeegaten, net als voor de eerder besproken zeegaten, dat het goed mogelijk is dat de netto transporten naar de bekkens voor een hoger percentage uit slib bestaan. Voorlopig zijn er alleen deze kwalitatieve uitspraken.

Groninger wad Buitendelta's

In hoofdstuk 2 is dit gedeelte van de Nederlandse kust behandeld. De toekomstige sedimentbehoefte van de buitendelta's van het Groninger is waarschijnlijk veel kleiner dan wat in Taal et al. (2023) is opgenomen. Dat gebeurde in dat rapport om een maximum vast te stellen, om de onzekerheid te kwantificeren.

5.3 Samenvatting verminderde onzekerheden

- De omvang van de actieve zones van de buitendelta's in het Waddengebied lijken iets kleiner te zijn. In Elias et al. (2024) is het terugtrekken van de rand van de actieve buitendelta beschreven. De belangrijkste aanpassing ligt bij het zeegat van het Vlie. Dit is niet logisch om door te trekken richting de lange termijn. Er ontstaat een zeker evenwicht met 'stabiele ligging van het buitendeltafront'.
- Er is nog geen update mogelijk v.w.b. de sedimentbehoefte van de Waddenkust als gevolg van netto transport van zand naar de bekkens van de Waddenzee. De mogelijke verlaging van de getallen als meer slib bijdraagt aan het opvullen van de accommodatieruimte in de bekkens is nog niet gedaan.
- Hoofdstuk 2 van dit rapport beredeneert dat de toekomstige sedimentbehoefte van de buitendelta's van het Groninger waarschijnlijk veel kleiner is dan wat in Taal et al. (2023) is opgenomen.
- Langs de Deltakust is een betere schatting van de behoefte cf. de minimumvariant van de actieve zone mogelijk. Dit komt door het meenemen van de transporten uit de actieve

zone naar de actieve buitendelta en/of voorliggende geulen (in het bijzonder als deze niet tot de actieve buitendelta gerekend kunnen worden).

- De maximumvariant bij de Deltakust is veel minder groot dan Taal et al. (2023) aannemen. In hoofdstuk 3 van dit rapport is uiteengezet dat dit met wel 60% kan worden teruggebracht (orde 150 km² in plaats van 407 km²).

De inschattingen van de sedimentbehoefte van de huidige actieve zone in Tabel 5-1 zijn robuust. Het gaat om het bovenste deel van de tabel: de zone die nu kustlijn zorg heeft. Er is toegenomen inzicht, maar de invloed op te trekken conclusies is relatief beperkt, gegeven het type besluiten waarvoor ze bepaald zijn. De onzekerheidsmarge lijkt daarvoor acceptabel.

De maximale sedimentbehoefte is wel significant verminderd, dankzij een scherpere analyse van de mogelijke toekomstige behoefte van de buitendelta's van het Groninger Wad en van de Voordelta. Tabel 5-2 geeft een verbeterd beeld. De berekende sedimentbehoefte die 'zeker optreedt' (categorie 1) is onveranderd. Een belangrijke conclusie mag dan ook zijn dat deze berekende waarden robuust zijn. Ze zijn zeer goed bruikbaar om de houdbaarheid van de huidige (voorkeurs)strategie te beoordelen, zeker gegeven de lange tijdschaal waarvoor de voorspelling moet worden gedaan.

Tabel 5-2: Totale sedimentbehoefte Nederlandse kust per zichtwaarde in 2100 / 2200 (mln. m³), met verminderde onzekerheden die in dit rapport zijn besproken.

Sedimentbehoefte Nederlandse kust - totaal							
zichtwaarde	0,5 m	1 m	2 m	1 m	2 m	3 m	5 m
scenario zeespiegelstijging	laag	hoog	extreem	laag	mid	hoog	extreem
eindjaar	2100	2100	2100	2200	2200	2200	2190 ¹⁴
1. Meegroeien actieve zones – met kustlijn zorg, inclusief export							
Wadden	930	1311	2078	2093	3006	3740	5084
Hollandse kust	264	327	455	577	705	832	1062
Delta	158	236	392	336	492	647	949
TOTAAL	1351	1875	2924	3007	4202	5220	7095
2. Onzekerheden in sedimentbehoefte actieve zones met kustlijn zorg							
extra breedte actieve zone	31	63	125	63	125	188	313
Deels meegroeien Voordelta onder invloed suppleties	75	149	298	149	298	448	746
Meer transport naar Westerschelde uit actieve zone	80	80	80	180	180	180	170
Totaal meegroeien en onzekerheden	1537	2167	3427	3399	4805	6036	8324
3. Extra sedimentbehoefte bij wijziging beleid							
Groninger Wad ¹⁵	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Vlakte van de Raan	164	248	415	348	515	683	1008

De indeling voor de rest van Tabel 5-2 is aangepast t.o.v. Tabel 5-1. Onder categorie 2 zijn alle onzekerheden over het gedrag van het kuststelsel onder invloed van huidige vorm van suppleties samengebracht.

¹⁴ In de aangeleverde scenario's treedt de 5 meter op in 2190.

¹⁵ Een wijze van berekenen is niet beschikbaar, zie de uiteenzetting in sectie 2.3.

Als categorie 2 wordt vergeleken met de uitkomsten van Tabel 5-1 is een flinke reductie van de onzekerheid te zien die voor de hogere scenario's 50% of meer is.¹⁶ Uit de secties 2.3 en 3.4 volgt dat binnen het huidige beleid het Groninger wad en de Vlake van de Raan geen sedimentbehoefte hebben. Deze twee gebieden zijn samengebracht in categorie 3 (extra sedimentbehoefte bij wijziging beleid).

¹⁶ Om tot die conclusie te komen is het 'Totaal meegroeien zones en onzekerheden' uit Tabel 5-1 (maar zonder de Vlake van de Raan) vergeleken met het 'Totaal meegroeien en onzekerheden' uit Tabel 5-2.

6 Reflectie en aanbevelingen

Houdbaarheid van de 'factische aanpak'

In Taal et al. (2025) is geconstateerd dat de huidige aanpak (het handhaven de kustlijn op basis van de ligging van de BKL) goed mogelijk blijft. Het lijkt aannemelijk dat hiervoor tot zeker 2050 geen significante toename in suppletiehoeveelheden nodig is. Een eventuele toename daarna zal naar verwachting geleidelijk verlopen. Op die termijn vormt de aanneme van voortzetting van het huidige beleid een veel belangrijkere onzekerheid.

Om het optimisme over de houdbaarheid van de huidige aanpak van kustlijnhandhaving op lange termijn te onderstrepen, zijn de verkenningen aangehaald die zijn gedaan door het Kennisprogramma Zeespiegelstijging over de denkrichtingen zeewaarts / beschermen / meebewegen. De ENW concludeert in haar advies (Expertise Netwerk Waterveiligheid, 2024) dat in alle drie deze denkrichtingen zandsuppleties voor de kust de aangewezen manier blijven om het beschermingsniveau tegen overstromingen vanuit de zee te handhaven, langs de Westkust van Zuid-Holland, Noord-Holland en delen van Zeeland, bij een zeespiegelstijging tot ruim 5 meter.

De huidige aanpak biedt veel mogelijkheden de kust adaptief te beheren, vooral omdat het werken met sediment feitelijk 'werken met de natuur' is. Deze flexibiliteit schept ruimte om 'meer te doen' met zand als dit vanuit andere beleidsvelden gewenst is. Voorwaarde is wel dat 'met het systeem mee' wordt gewerkt. Binnen (of grenzend aan) de reguliere kustlijnzorg zijn hiermee al enkele experimenten uitgevoerd, variërend van onderzoek naar systeemsuppleties tot het uitvoeren van pilots.

Belangrijke kennisleemten

In Elias et al. (2024) en Taal et al. (2025) zijn veel suggesties gedaan voor een onderzoeksagenda voor het kustbeleid en -beheer. Deze worden hier niet herhaald.

Met het oog op de lange termijn formuleerde de deltagcommissaris begin 2025 (pers. med.) onontkoombare vraagstukken voor de waterveiligheid. Twee daarvan vragen om goede kennis van het kuststelsel:

- (i) welke marges hanteren we voor de toekomstige kustlijn, en
- (ii) welke benadering kiezen we voor de bekkens van de Waddenzee.

Een vervolg op het onderzoeksprogramma Zandige Kust moet hier aandacht aan geven.

Voor punt (i) heeft 'Zandige Kust' al veel kennis geleverd, maar deze is niet zonder extra inspanning bruikbaar in scenario's van *meebewegen* of *zeewaarts gaan* als andere liggingen van de kustlijn worden voorgesteld.

Voor punt (ii) is in paragraaf 4.2 al een uiteenzetting gegeven en verwezen naar Haasnoot, M, & F. Diermanse (ed.) (2022), paragraaf 7.2. Hier liggen nog veel vragen over het morfologisch gedrag van de Waddenzeebekkens onder zeespiegelstijging, de ontwikkeling van ecologische waarden bij dat gedrag, en de wenselijkheid en mogelijkheden om in de verdere toekomst via sedimentmanagement in de bekkens te interveniëren.

7 Referenties

- Elias, E., Quataert, E., Taal, M., Vermeer, N. 2024. Sedimentbalans Nederlandse Kust. Rapport 11207897-002-ZKS-0007, Deltares, Delft, 209 p.
- Elias E. en Cleveringa, J.. 2021. Kombergingsrapportage Lauwers en Groninger Wad. Rapport 11206799-002
- Elias, E., Colina Alonso, A., Van Maren, B. (2021). Morfologische veranderingen Eems-Dollard en Groninger Wad. Deltares rapport: 11203742-000. 145 pp.
- Expertise Netwerk Waterveiligheid, 2024. Reflectie op rapport Ruimte voor Zeespiegelstijging, advies nummer 24-07. <https://www.enwinfo.nl/adviezen/advies-reflectie-rapport-ruimte-zeespiegelstijging/>
- Haasnoot, M, F. Diermanse (ed.) (2022). Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland. Deltares 11208062-005-BGS-0001
- HKV en Witteveen+Bos (2023) Kennisprogramma Zeespiegelstijging, spoor II, Systemanalyse waterveiligheid, Deelrapport Waddenzee en Eems-Dollard. Hoofdrapport. Rapportnummer: PR4682.10
- Huisman, B. en Dagalaki, V. 2025. Accommodatieruimte voor toekomstige suppleties. Rapport 11207897-002-ZKS-0011, Deltares, Delft
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2023. Hoe kan Nederland de stijging van de zeespiegel aan? Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.
- Rijkswaterstaat, 2020. Kustgenese 2.0: kennis voor een veilige kust. Rapport ter onderbouwing van het beleidsadvies 'Kustgenese 2.0'.
- Spek, van der, A.J.F., Elias, E.P.L., 2021. Half a century of morphological change in the Haringvliet and Grevelingen ebb-tidal deltas (SW Netherlands) - Impacts of large-scale engineering 1964-2012. Marine Geology 432, 106404. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106404>
- Taal M., Quataert, E., van der Spek, A., Huisman, B., Elias, E. Wang, Z., Vermeer, N. (2023). Sedimentbehoefte Nederlands kustsysteem bij toegenomen zeespiegelstijging. Rapportnummer: 11207897-002-ZKS-0004, Deltares, Delft.
- Taal M., Elias, E. van der Spek, A., Huisman, B., Quataert, E., Vermeer, N., Wang, Z..B. (2025). Zand en Zee in Balans. Technisch Eindrapport Zandige Kust (Synthese). Rapportnummer: 11207897-002-ZKS-0008, Deltares, Delft.
- Wang, Z.B., Elias, E.P.L., van der Spek, A.J.F. & Lodder, Q.L., 2018. Sediment budget and morphological development of the Dutch Wadden Sea - impact of accelerated sea-level rise and subsidence until 2100. Netherlands Journal of Geosciences 97 (3): 183-214. <https://doi.org/10.1017/njg.2018.8>

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



Kennisprogramma Zeespiegelstijging
Zand en Zee in Balans op lange termijn
Technisch eindrapport Zandige Kust

In opdracht van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Ministerie Infrastructuur en Waterstaat / Deltacommissaris