

Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

Beschrijvingen van het kustvak ter ondersteuning
van het beheer en onderhoud van de kust

concept



Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

**Beschrijvingen van het kustvak ter ondersteuning van het
beheer en onderhoud van de kust**

Dick Mastbergen
Kees Nederhoff

11202190-000

Titel

Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

Project

11202190-000

Kenmerk

11202190-000-ZKS-0012

Pagina's

161

Trefwoorden




Beheerbibliotheek, kustvak 11 Voorne, kustvak 12 Goeree, morfologische ontwikkeling, beheer en onderhoud kust

Samenvatting

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is samenbrengen en inzichtelijk maken meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer per kustvak. Gebruikers van dit document zijn Rijkswaterstaat, Deltares en andere (kennis)partijen. De beheerbibliotheek biedt onder andere een basis voor het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en onderzoek.

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een beschrijving van de geomorfologische systeemwerking. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, evenals van de waargenomen effecten van dat beheer. Ten slotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma. De beheerbibliotheek is een levend document en resulteert (op termijn) in een handreiking voor suppleren in het betreffende kustvak.

De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het project KPP-B&O Kust, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek.

Versie	Datum	Auteurs	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
v0.1	nov. 2018	Dick Mastbergen Kees Nederhoff		Bart Grasmeijer		Frank Hoozemans	 b. ca.

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Titel

Beheerbibliotheek Voorne en Goeree

Project

11202190-000

Kenmerk

11202190-000-ZKS-0012

Pagina's

159

Trefwoorden

Beheerbibliotheek, kustvak 11 Voorne, kustvak 12 Goeree, morfologische ontwikkeling, beheer en onderhoud kust

Samenvatting

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is samenbrengen en inzichtelijk maken meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer per kustvak. Gebruikers van dit document zijn Rijkswaterstaat, Deltares en andere (kennis)partijen. De beheerbibliotheek biedt onder andere een basis voor het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en onderzoek.

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het kustvak en omvat een beschrijving van de geomorfologische systeemwerking. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, evenals van de waargenomen effecten van dat beheer. Ten slotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma. De beheerbibliotheek is een levend document en resulteert (op termijn) in een handreiking voor suppleren in het betreffende kustvak.

De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het project KPP-B&O Kust, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek.

Versie	Datum	Auteurs	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
v0.1	nov. 2018	Dick Mastbergen Kees Nederhoff		Bart Grasmeijer		Frank Hoozemans	

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Kustonderhoud en -onderzoek	1
1.2	Waarom een beheerbibliotheek?	1
1.3	Wat staat er in een beheerbibliotheek?	1
1.4	Kustviewer	2
1.1	Kustlijnkaartenboek	2
1.2	Algemene informatie betreffende kustvakken 11 Voorne en 12 Goeree	2
1.3	Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Voorne en Goeree	4
2	Beleid: dynamische kustlijnhandhaving	5
2.1	Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven	5
2.2	Vaststelling Basiskustlijn	6
2.2.1	Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	6
2.2.2	Regionale afspraken voor de kustvak Voorne en Goeree	7
2.3	Herzieningen Basiskustlijn	7
2.3.1	Landelijke herzieningen	7
2.3.2	Regionale herzieningen voor het kustvak Voorne	8
2.3.3	Regionale herzieningen voor het kustvak Goeree	8
3	Beschrijving van het morfologisch systeem	9
3.1	Paleogeografische ontwikkeling van het gebied	9
3.1.1	Regionale ontwikkelingen	9
3.1.2	Ontwikkeling Voordelta	11
3.2	Algemene gebiedsbeschrijving	12
3.2.1	De Voordelta	12
3.2.2	De Deltawerken	12
3.2.3	Het Brielse Gat	13
3.2.4	Het Haringvliet	17
3.2.5	Het Kierbesluit	20
3.2.6	Onderhoud Slijkgat	21
3.2.7	Grevelingen	23
3.2.8	Bollen van de Ooster	25
3.2.9	Beheer Brouwersdam en Grevelingenmeer	26
3.3	Grootschalige morfologie	27
3.3.1	De Voordelta, een aaneengesloten systeem van buitendelta's van de (voormalige) zeearmen in Zuidwest Nederland (Lazar et al, 2017)	27
3.3.2	De Grevelingen buitendelta (Elias et al, 2016)	29
3.3.3	De Haringvliet buitendelta (uit Elias en van der Spek, 2016)	31
3.3.4	Invloed grootschalige ingrepen op de morfologische ontwikkelingen in de Haringvliet buitendelta (uit Elias en Van der Spek, 2018)	33
3.3.5	Ontwikkeling zandvolumes buitendelta (Elias et al, 2016)	39
3.3.6	Zandgolven voor de kust van Goeree	40
3.3.7	Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen (Vermaas, 2014)	43
4	Kustlijnhandhaving en ontwikkeling vooroever	45
4.1	Inleiding	45
4.2	Uitgevoerde zandsuppleties	45

4.2.1	Overzicht zandsuppleties	45
4.2.2	Verkenning morfologische effecten (geulwand-)suppletie Bollen van de Ooster (Elias, 2015)	50
4.2.3	Morfologische modellering van een zandsuppletie bij de Brouwersdam (Schrijvershof, 2015)	52
4.3	Detailontwikkeling vooroever	54
4.3.1	Deelgebieden kustvak 11 Voorne (raaien 560-1600)	54
4.3.2	Deelgebied I Voorne: Brielse Gatdam - kop Voorne (RSP 560-880)	55
4.3.3	Deelgebied II Kop van Voorne (RSP 880-1100)	59
4.3.4	Deelgebied III: Zuidelijk deel van Voorne (RSP 1100-1600)	63
4.3.5	Gebiedsbeschrijving kustvak 12 Goeree	68
4.3.6	Deelgebied I: RSP 280-400	69
4.3.7	Deelgebied II: (RSP 400-1300)	72
4.3.8	Deelgebied III: (RSP 1300-1700)	76
4.3.9	Deelgebied IV: (RSP 1700-1900)	81
4.4	Dynamiek van de zeeleep (Arens en Neijmeijer, 2015)	86
4.4.1	Inleiding	86
4.4.2	Kustvak 11 Voorne, algemene beschrijving situatie 1988 en 2014	86
4.4.3	Kustvak 12 Goeree, algemene beschrijving situatie 1988 en 2014	89
5	Kustverdediging en primaire waterkering	92
5.1	Historische ontwikkeling kustverdediging Voorne en Goeree	92
5.2	Primaire waterkering	93
5.2.1	Dijkringgebied Voorne-Putten	93
5.2.2	Dijkringgebied Goeree-Overflakkee	95
5.3	Beoordeling van de waterkering	97
5.3.1	Waterwet, VTV & WBI	97
5.3.2	Toetsing waterkering Voorne	99
5.3.3	Toetsing waterkering Goeree	105
5.3.4	Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne (Arcadis, 2018)	113
6	Gebruiksfuncties	114
6.1	Strandrecreatie Voorne en Goeree	114
6.1.1	Gemeentes met strandrecreatie op Voorne en Goeree	114
6.1.2	Gemeente Goedereede (Goeree)	116
6.1.3	Gemeente Westvoorne (Voorne)	116
6.2	Natuur Voorne en Goeree	118
6.2.1	Natuurwetgeving	118
6.2.2	Habitatkaracteristieken	119
7	Referenties	122
Bijlage(n)		
A	Achtergrondinformatie over het beleid van dynamische kustlijnhandhaving	A-1
A.1	Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	A-1
A.2	Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990	A-2
A.3	Landelijke herzieningen	A-4
A.3.1	Landelijke herziening van 2001	A-4
A.3.2	Landelijke herziening van 2012	A-4

B Begrippenlijst morfologie	B-1
C Uitgevoerde suppleties Voorne en Goeree	C-1
C.1 Uitgevoerde suppleties Voorne	C-1
C.2 Uitgevoerde suppleties Goeree	C-3
D Beschrijving duinsituatie Voorne en Goeree	D-1
D.1 Methode	D-1
D.1.1 Hoogteverschilkaart 2007-2013	D-1
D.2 Responstypen	D-1
D.3 Kustvak 11 Voorne beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied	D-3
D.3.1 Brielse Gatdam (RSP 4.07-6.80)	D-5
D.3.2 Voornes Duin Noord (RSP 6.80- 8.80)	D-6
D.3.3 Voornes Duin (RSP 8.80-11.20)	D-7
D.3.4 Rockanje (RSP11.20-15.01)	D-8
D.3.5 Voornes Duin Zuid (RSP 15.01-17.00)	D-10
D.4 Kustvak 12 Goeree beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied	D-11
D.4.1 Middelduinen (RSP 8.00 tot 10.50)	D-15
D.4.2 Het Oude Nieuwland (RSP 10.50 tot 11.75)	D-16
D.4.3 Flauwe Werk (RSP 11.75 tot 13.00)	D-17
D.4.4 Westhoofd (RSP 13.00 tot 19.25)	D-18
D.4.5 Brouwersdam (RSP 19.25 t/m 24.00)	D-20
E Recreatie Voorne en Goeree	E-22
E.1 Economische waarde	E-22
E.2 Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden	E-23
E.3 Strandrecreatie Zuid-Holland	E-24

1 Inleiding

1.1 Kustonderhoud en -onderzoek

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het onderhoud van onze kust. Daarvoor wordt de zandvoorraad op het strand en op de zeebodem vlak voor de kust regelmatig aangevuld door middel van zandsuppleties op plaatsen waar dit nodig is. Hierdoor wordt erosie van de kustlijn gecompenseerd. Het zand draagt bij aan de bescherming van Nederland tegen de zee en het behoud van de kustlijn. Tussen 2001 en 2018 is er gemiddeld 12 miljoen kubieke meter zand per jaar gesuppleerd. Hoeveel zand er precies nodig is, en op welke plaatsen en tijdstippen het zand het best kan worden neergelegd (de suppletiepraktijk), baseert Rijkswaterstaat op de jaarlijkse evaluatie van de kustmetingen en op kennis over het kuststelsel.

In de loop der jaren zijn er vele studies afgerond en is er veel kennis over het kuststelsel ontwikkeld. Toch komen er voortdurend nieuwe onderzoeksvragen naar voren, bijvoorbeeld of zandsuppleties nog efficiënter en duurzamer kunnen worden uitgevoerd. Tevens is er nog geen eenduidig beeld van de effecten van suppleties op de ecologie van de kust en wordt hiertoe meerjarig onderzoek uitgevoerd. Om de kennis over het kuststelsel uit te breiden en te verspreiden voert Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat kustonderzoek uit (project KPP-B&O Kust), in nauwe samenwerking met andere onderzoeksinstituten en met Rijkswaterstaat. Nieuwe inzichten die uit het onderzoek voortkomen, kunnen ertoe leiden dat de suppletiepraktijk wordt aangepast. Deze interactie tussen kustbeleid, kustbeheer en kustonderzoek draagt eraan bij dat acute veiligheidsproblemen langs de kust kunnen worden beperkt.

1.2 Waarom een beheerbibliotheek?

Het hoofddoel van de beheerbibliotheek is samenbrengen en inzichtelijk maken van de meest recente kennis vanuit onderzoek en beheer per kustvak. Gebruikers zijn Rijkswaterstaat, Deltares en andere (kennis)partijen. De beheerbibliotheek biedt onder andere een basis voor het opstellen van het suppletieprogramma, kustadvies en onderzoek.

1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

De beheerbibliotheek beschrijft de toestand van het betreffende kustvak en omvat een beschrijving van de geomorfologische systeemwerking. Verder bevat de beheerbibliotheek een overzicht van het uitgevoerde kustbeheer, met nadruk op de eerder uitgevoerde suppleties, evenals van de waargenomen effecten van dat beheer. Ten slotte wordt in de beheerbibliotheek de informatie over de gebruiksfuncties van de kust samengevat, het gaat daarbij om informatie die relevant is voor het vaststellen van het suppletieprogramma.

Doelstelling van deze tweede versie van de beheerbibliotheek Voorne en Goeree is 1) geven van een overzicht en samenvatting van de huidige gebiedskennis, 2) op basis hiervan, geven van aanbevelingen voor het kustonderhoud, en 3) aangeven van kennisleemten bij het opstellen van adviezen voor kustonderhoud.

De kennis in de beheerbibliotheek komt voort uit het project KPP-B&O Kust, maar ook uit eerder uitgevoerde andere kustprojecten en uit wetenschappelijk onderzoek. Tevens wordt opgedane ervaring en kennis uit de uitvoering meegenomen in de beheerbibliotheek.

De voorliggende beheerbibliotheek kustvakken 11, Voorne en 12, Goeree betreft een update van de eerste versie door De Ronde en Van Oeveren (2014). Belangrijke delen van de tekst

zijn uit dit document overgenomen, daarnaast zijn de resultaten van nieuwe studies opgenomen en tekst, figuren en tabellen geactualiseerd.

1.4 Kustviewer

Aanvullend op de beheerbibliotheek heeft Deltares samen met Rijkswaterstaat een Kustviewer ontwikkeld met een achterliggende database van kustdata. Deze biedt op eenvoudige manier inzicht in de ontwikkeling van de kust. In aanvulling op de figuren in de beheerbibliotheek kan de lezer de ontwikkeling van de kust bekijken via:

<http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>.

Een KML-bestand kan worden weergegeven via Google Earth of Google Maps. Daarnaast zijn kustindicatoren zichtbaar via [subversion](#) of via de volgende [URL](#).

1.1 Kustlijnkaartenboek

Rijkswaterstaat meet elk jaar waar de kustlijn op dat moment ligt. Aan de hand van de metingen van de laatste 10 jaar berekent Rijkswaterstaat de lineaire trend van de kustlijnligging. Op basis van die trend leidt Rijkswaterstaat af waar de kustlijn op 1 januari van het daaropvolgende jaar zal liggen. Deze positie wordt vervolgens vergeleken met de norm, de Basiskustlijn. Deze informatie wordt ieder jaar opgeleverd in het kustlijnkaartenboek en is beschikbaar via:

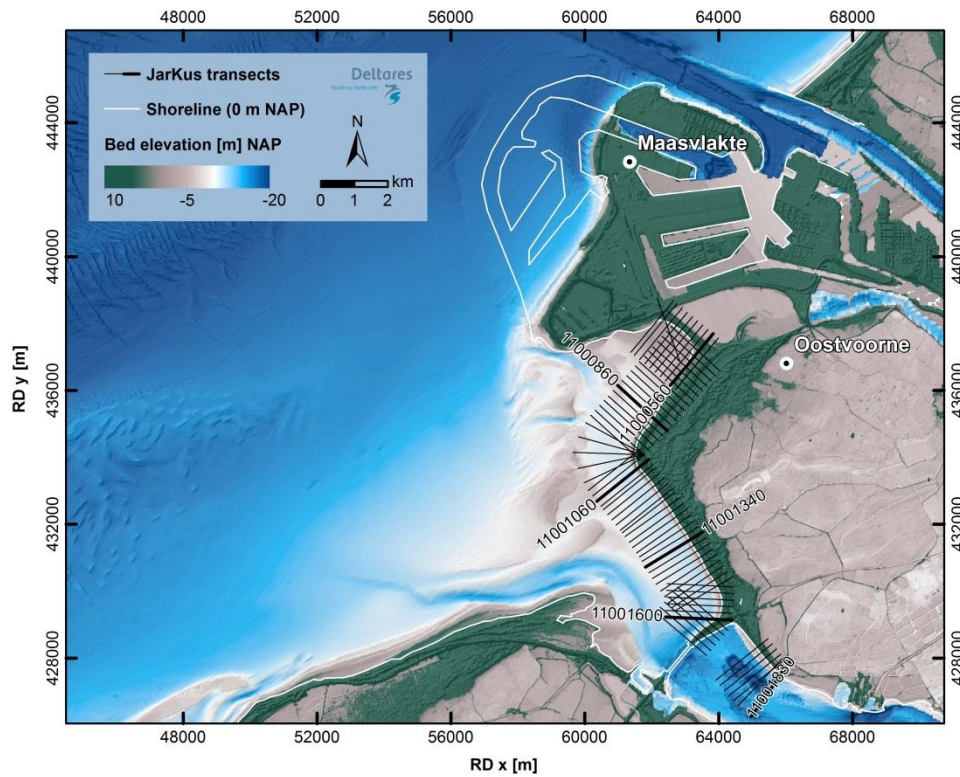
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/kustlijnkaarten-seriebeschrijving>.

1.2 Algemene informatie betreffende kustvakken 11 Voorne en 12 Goeree

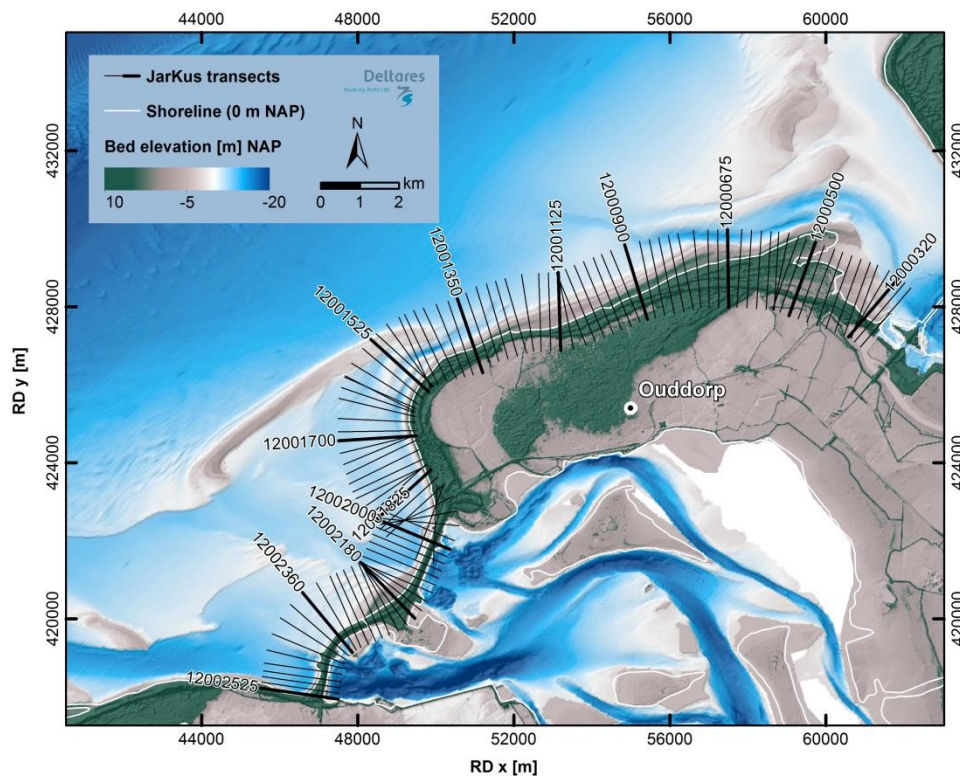
De kust van Voorne, zie Figuur 1.1, kan qua ligging en qua ontwikkeling in drie deelgebieden verdeeld worden. Het noordelijk deel grenzend aan de Brielse Gatdam waarvan de kust gericht is op het noordwesten, het zuidelijke deel vanaf de damaanzet Haringvlietsluizen, waarvan de kust gericht is op het zuidwesten en de daartussen gelegen Kop van Voorne met een sterk gekromde kustligging. De kust van Voorne is altijd zandig geweest en kent geen harde elementen.

Voor de gebiedsbeschrijving van de kust van Goeree, zie Figuur 1.2, is het kustvak opgedeeld in vier deelgebieden, het oostelijke kustgebied vanaf de havendam van Stellendam, dat gericht is op het noordoosten, het kustgebied gericht op het noorden, de Kop van Goeree met een sterk gekromde kust, dit deel is zeer dynamisch en heeft een sterke interactie met de nabijgelegen Bollen van de Ooster en de geul Schaar en tenslotte het kustgebied dat op het westen is gericht en eindigt bij de damaanzet van de Brouwersdam.

De kust van Goeree bestaat uit duinen en dijken. Al in de 18^e eeuw vormde de zeewering langs de noordkust van Goeree een bron van zorg. Tijdens de Watersnoodramp van 1953 was de situatie bij het Flaauwe Werk zeer kritiek. In 2009 is het Flaauwe Werk in het kader van de Zwakke Schakels versterkt.



Figuur 1.1 Ligging van de Jarkusraaien voor kustvak 11 Voorne.



Figuur 1.2 Ligging van de Jarkusraaien voor kustvak 12 Goeree.

1.3 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Voorne en Goeree

In het eerstvolgende hoofdstuk (Hoofdstuk 2) wordt de achtergrond van het kustbeleid uitgelegd. Hierin staat een beschrijving van de totstandkoming van de Basiskustlijn, landelijke herzieningen die hebben plaatsgevonden en welke regionale afspraken er vervolgens zijn gemaakt.

In Hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van het grootschalige morfologische systeem.

Hoofdstuk 4 beschrijft de kustlijnhandhaving en ontwikkeling van de vooroever, door een overzicht te geven van het uitgevoerde beheer en de detailontwikkeling van de vooroever.

Een overzicht van de huidige en de historische kustverdediging en de primaire waterkering wordt gegeven in Hoofdstuk 5.

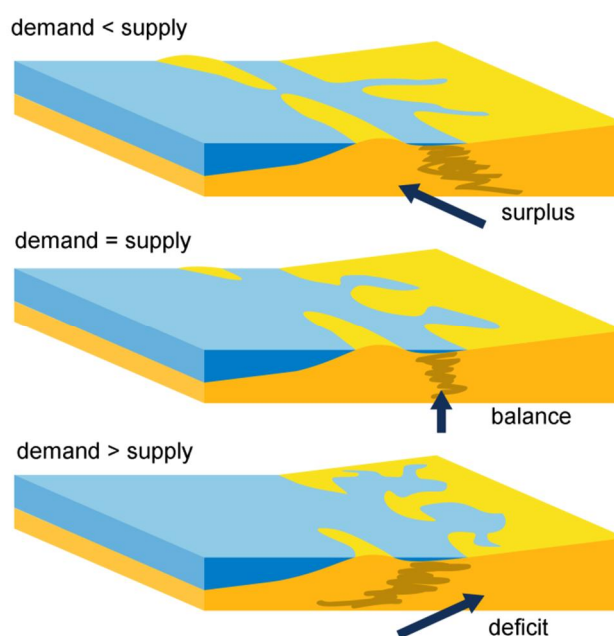
In Hoofdstuk 6 wordt een bescheiden start gemaakt met een overzicht van gebruiksfuncties van de kust. Vooralsnog betreft dit een uitwerking van strandrecreatie en natuur en bijbehorende wetgeving en natuurbeleving.

2 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving

Sinds 1990 wordt de Nederlandse kust dynamisch gehandhaafd en geldt het principe 'zacht waar het kan en hard waar het moet'. Bij de implementatie van dit beleid is er een zogenaamde Basiskustlijn (BKL) vastgesteld die als referentielijn voor de positie van de kustlijn fungeert. In paragraaf 2.1 wordt een toelichting gegeven over de achtergrond van dit kustbeleid. In paragraaf 2.2 worden de keuzes beschreven die gemaakt zijn bij het vaststellen van de Basiskustlijn en welke aanvullende afspraken zijn gemaakt voor de kustvakken Voorne en Goeree. In paragraaf 2.3 wordt de landelijke herziening van de Basiskustlijn beschreven en de gevolgen hiervan voor het kustvak Voorne en Goeree. Meer achtergrondinformatie staat in Appendix A.

2.1 Achtergrond kustbeleid dynamisch handhaven

Kusterosie - Hoewel er op kleine tijd- en ruimteschaal sprake is van afwisseling tussen kustopbouw en kustafbraak, vertoont de Nederlandse kust gemiddeld genomen al duizenden jaren een eroderende trend. Dit wordt veroorzaakt doordat er sprake is van een grote zandvraag, terwijl er slechts een gering zandaanbod is (Figuur 2.1). De grote zandvraag is het gevolg van een stijgende zeespiegel en van grootschalige ingrepen in de getijbekkens. Het geringe aanbod wordt veroorzaakt doordat de aanvoer van zand vanaf de diepere Noordzee bodem vrijwel tot nul is gereduceerd en de rivieren eveneens al lange tijd nauwelijks meer zand naar de kustzone transporteren.



Figuur 2.1 Samenspel van vraag (demand) en aanbod (supply) van sediment. Een tekort (deficit) van sediment zal uiteindelijk leiden tot erosie en landwaartse terugtrekking van de kust. (Nichols, 1989, aangepast door RWS).

Dynamische kusthandhaving - In 1990 besloot de regering dat het afgelopen moest zijn met de structurele erosie van de kust; de duinen langs de kust moesten behouden blijven om duurzaam de veiligheid en het behoud van functies te garanderen (Ministerie van Verkeer en

Waterstaat, 1990). Sindsdien wordt het structurele zandverlies aangevuld met suppleties. Het gesuppleerde zand wordt door stroming, wind en golven over het kuststelsysteem verspreid.

Basiskustlijn - Om te bepalen waar het zand gesuppleerd moet worden, is in 1990 de 'Basiskustlijn' ofwel BKL als referentie gedefinieerd, met als doel het signaleren van structurele erosie. Elk jaar wordt getoetst waar de kustlijn zich ten opzichte van deze Basiskustlijn bevindt. Als de Basiskustlijn structureel overschreden dreigt te worden, wordt het zandverlies met suppleties aangevuld. Het benodigde jaarlijkse suppletievolume om de Basiskustlijn te handhaven werd in 1990 vastgesteld op 6 miljoen kubieke meter zand.

Kustfundament - In de jaren na 1990 groeide het inzicht dat er niet alleen structurele erosie optrad in de ondiepe kustzone rondom de Basiskustlijn, maar ook in dieper water (Mulder, 2000). Het structurele zandverlies in deze zone zou op termijn kunnen leiden tot een toename van de zandverliezen in de ondiepe kustzone. De benodigde inspanning voor het handhaven van de Basiskustlijn zou daardoor in de toekomst aanzienlijk groter worden. Daarom besloot de regering in 2001 dat het voor een duurzame handhaving van veiligheid en functies in het duingebied nodig was om het zandverlies in het gehele kustfundament te compenseren. Het kustfundament loopt van de binnenduinrand tot aan de doorgaande -20m NAP-dieptelijn; het actieve zandvolume in dit hele kustfundament moet meegroeien met de zeespiegel. Het landelijke suppletievolume is daartoe verhoogd van 6 tot 12 miljoen kubieke meter zand per jaar. Bij de verdeling van dit suppletievolume staat het handhaven van de Basiskustlijn nog steeds voorop.

Herziening Basiskustlijn - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeën blijft komen met de gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn sinds 1990 herzien in 2001 en 2012 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002a) (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012). In de nieuwe Waterwet en het Nationaal Waterplan is, net als in de voorgaande Wet op de Waterkering, de noodzaak voor een terugkerende herziening van de Basiskustlijn vastgelegd.

2.2 Vaststelling Basiskustlijn

In deze paragraaf worden de gemaakte keuzes en argumenten achter de huidige Basiskustlijn beschreven. Eerst wordt de (landelijke) hoofdlijn met betrekking tot het vaststellen en herzien van de Basiskustlijn toegelicht voor de periode 1990 tot 2012. Vervolgens wordt de huidige Basiskustlijn en de gehanteerde argumenten voor specifiek de kustvakken Voorne en Goeree uitgewerkt.

De teksten in de volgende sub-paragrafen zijn gebaseerd op de volgende documenten:

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990)
- Hillen et al (1991)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002a)
- Bruens et al (2012)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012)

2.2.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn

Sinds 1965 wordt de kustlijn jaarlijks gemeten (i.e. JARKUS: JAarlijkse KUSStmeting). Op basis van deze JARKUS-profielen kan de positie van de Momentane KustLijn (MKL) bepaald worden. De MKL wordt berekend uit de ligging van het strand en het bovenste gedeelte van de vooroever.

Ieder jaar wordt beoordeeld of de BKL wordt overschreden, door de MKL-positie met de BKL-positie te vergelijken. Daartoe wordt gekeken naar de ligging van de jaarlijkse ‘te Toetsen Kustlijn’ (TKL) ten opzichte van de BKL. De jaarlijkse TKL wordt afgeleid uit de trend in de MKL uit voorgaande jaren (meestal 10 jaar).

In Appendix A.1 staat meer informatie over de Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn. In Appendix A.2 staat meer informatie over de landelijke vaststelling van de BKL in 1990.

2.2.2 Regionale afspraken voor de kustvak Voorne en Goeree

Voorstel Rijkswaterstaat:

Voor Voorne was er vooralsnog geen aanleiding om de BKL te verleggen of los te laten. Voor Goeree werden twee locaties aangegeven waar werd overwogen om de BKL te verleggen, op morfologische gronden (Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993):

Regio	Beginraai	Eindraai	BKL	Motivatie
Zuid-Holland, kustvak 12 (Goeree)	1500	1750	Landwaarts	argument III
Zuid-Holland, kustvak 12 (Goeree)	30	70	Landwaarts	argument III

Advies POK

Het advies van het POK (Provinciaal Overlegorgaan voor de Kust), met betrekking tot Voorne en Goeree, luidde (Min. V&W, 1993):

Provincie Zuid-Holland stelt voor om, op grond van natuur en natuurlijke dynamiek, op Voorne en op Goeree de BKL op een groter gebied landwaarts te verplaatsen dan in het eerste voorstel van Rijkswaterstaat. Het gaat hier om de volgende gebieden:

- Voorne, raaien 620 t/m 780. In afwijking van BKL-1 stelt het POK-Zuid-Holland voor om, omwille van de duidelijkheid, hier wél een BKL vast te stellen. Het betreft een sterk aanzandend/aanslibbend gebied waar de vooroever te ondiep is om een basiskustlijn te kunnen berekenen. Het POK adviseert om hier de basiskustlijn enige honderden meters landwaarts van de bestaande kustlijn vast te stellen.
- Voorne, raaien 800 t/m 1003. Het POK-Zuid-Holland adviseert hier eveneens tot landwaartse verlegging van de basiskustlijn (maximaal 220 meter verlegging).
- Goeree, tussen raai 300 en 900, en tussen raai 1325 en 1802. Het POK-Zuid-Holland adviseert hier eveneens tot landwaartse verlegging van de basiskustlijn.

Reactie Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat neemt dit advies over.

2.3 Herzieningen Basiskustlijn

2.3.1 Landelijke herzieningen

Na de vaststelling van de BKL in 1990 is deze twee keer herzien.

- Herziening in 2001: Naar aanleiding van de tweede Kustnota (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1995), waarin werd geconstateerd dat de ligging van de basiskustlijn niet overall optimaal is, heeft een technische en bestuurlijke evaluatie van de BKL plaatsgevonden. Dit heeft geresulteerd in een eerste BKL-herziening.
- Herziening in 2012: Na de versterking van de meeste Zwakke Schakels is de BKL wederom op een aantal locaties aangepast om de versterkingen goed te onderhouden.

Meer informatie over de landelijke herzieningen staat in Appendix A.3.

2.3.2 Regionale herzieningen voor het kustvak Voorne

Ter hoogte van Voorne (tussen raai 900 en 1080) zijn de duinen versterkt. De duinen zijn zeewaarts verzaamd. Landwaarts ligt een natuur-rustgebied, waardoor ingrijpen niet gewenst is. De versterking is zo gedimensioneerd dat de komende 20 jaar de verwachte erosie wordt opgevangen en er geen extra suppleties nodig zijn (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2002a). Een herziening van de BKL wordt verder niet overwogen.

Voor alle stranden geldt een vuistregel dat er geen strandonderhoud gepleegd wordt tussen 1 juli en 31 augustus. Als er werkzaamheden op het strand plaatsvinden, gaat dit altijd in goed overleg tussen de aannemers en de regionale activiteiten. Het wordt altijd geprobeerd om lokale maneges en organisaties met activiteiten op het strand tevoren te informeren, zodat beide partijen zo min mogelijk last van elkaar hebben

2.3.3 Regionale herzieningen voor het kustvak Goeree

Voor Goeree is bekeken of de Basiskustlijn tussen raai 1820 en 1900 herzien moest worden vanwege een te ver zeewaarts vastgestelde Basiskustlijn.

In de raaien 1800 tot 1900 ligt de te toetsen kustlijn vaak landwaarts van de basiskustlijn, toch is in dit gebied maar één keer sinds 1990 een suppletie uitgevoerd. Verdere suppleties in dit gebied zijn door de beheerder als onnodig beschouwd, omdat er geen sprake was van erosie en er geen functies in het geding kwamen.

De te toetsen kustlijn bevindt zich voor een deel van het gebied zeewaarts van de basiskustlijn, voor een deel landwaarts. Dit laatste wordt mede veroorzaakt doordat bij het vaststellen van de basiskustlijn geen rekening is gehouden met de natuurlijke dynamiek en de zeewaartse trend uit de jaren 80 verder is geëxtrapoleerd. Door de BKL nu iets terug te leggen, krijgt de BKL weer een sterkere signaalfunctie dan voorheen het geval was. Gezien de breedte van het duingebied, het huidige onderhoudsregime en de geringe voorgestelde teruglegging van de BKL, zal het effect op het benodigde onderhoud en de veiligheid nihil zijn.

De positie van de basiskustlijn, zoals vastgesteld in 1990, en de lokale herzieningen in 2001 en 2012 zijn terug zien in de kustviewer (<http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>).

3 Beschrijving van het morfologisch systeem

Dit hoofdstuk beschrijft de algemene kenmerken van de kust van Voorne en Goeree. Paragraaf 3.1 beschrijft de paleogeografische ontwikkeling van het gebied. Paragraaf 3.2 geeft een algemeen morfologische overzicht van het gebied met de belangrijkste bevindingen uit eerdere studies (De Ronde en Van Oeveren, 2014). In paragraaf 3.3 wordt dieper ingegaan op de grootschalige morfologische ontwikkelingen in de buitendelta van het gebied.

3.1 Paleogeografische ontwikkeling van het gebied

3.1.1 Regionale ontwikkelingen

Aan het einde van de laatste ijstijd, het Weichselien, lag Zeeland “droog” en was het nog niet overstroomd met zeewater. Twee kleinere rivieren, één ter hoogte van het huidige Zwin, de Eede en één langs de Brabantse Wal, de Schelde, ontwaterden de zuidelijke helft van de huidige provincie Zeeland. De Brabantse Wal bestaat uit relatief hooggelegen vroeg-Pleistocene, gecompacteerd en kleiige rivierafzettingen en vormde voor de Schelde een niet te eroderen obstakel. Met de stijgende zeespiegel mee schoof een relatief smalle gordel van veengroei en zeewaarts daarvan een bredere gordel van zand- en kleiafzettingen, het land op. Tussen 8000 BP (Present is 1950 A.D.) en ca. 4000 BP vulde het Zeeuwse bekken zich met veel fijn zand en relatief weinig klei, waarbij de grens tussen zee en land gevormd werd door smalle strandwallen met waarschijnlijk lage duintjes. Getijdengeulen staken tot diep in het bekken. Rond 5500 BP was er een maximum aan open water in het landschap, en snel daarna verlandde het gebied.

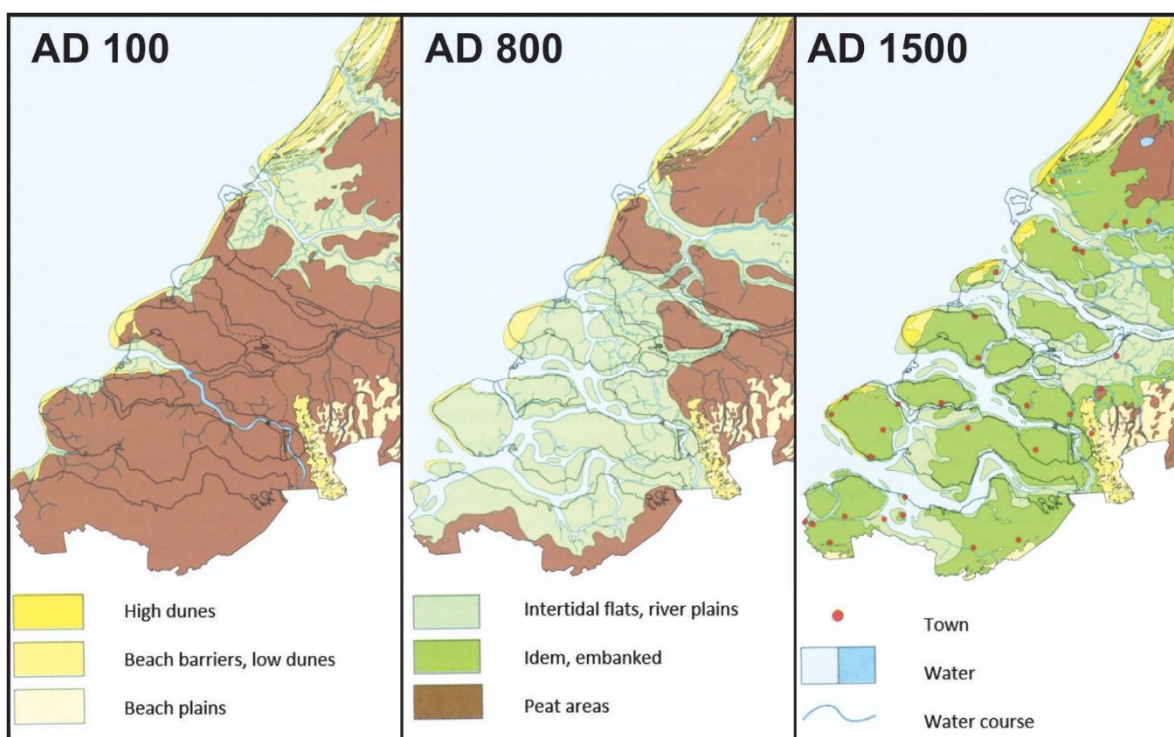
Na 4500 BP verzoette het landschap achter de smalle strandwallen zeer snel, waarschijnlijk omdat het in een kom vlak tegen hoger gelegen terrein aanlag: de tertiaire Vlaamse cuesta naar het zuiden en de vroeg-Pleistocene opgeheven Maasafzettingen naar het oosten met de nodige zoetwaterafvoer via kleine riviertjes. Tevens zal de afnemende snelheid van zeespiegelrijzing een rol hebben gespeeld. Binnen 1000 jaar was door deze verzoeting het gehele gebied bedekt geraakt met veengroei. Deze situatie veranderde nauwelijks in de opvolgende 2400 jaar, gerekend vanaf 4500 BP en groeide het veen meters hoog op.

Pas ca. 2100 jaar BP, kort voor de Romeinse tijd, vonden aan de kust kleinere inbraken plaats, die eerst na 200 AD aanleiding gaven tot het openbreken van het veensysteem en de afzetting van overstromingskleidekken rond die inbraken. Binnen 150 jaar na 200 AD was de kust sterk verbrokkeld geraakt en had de zee vrij toegang verkregen tot het achterliggende veengebied. Enorme erosie van het veen was het gevolg, waarbij zeer grote oppervlakten veen in slechts anderhalve eeuw veranderden in intergetijdengebied. Er wordt wel gezegd dat de snelle erosie is ingezet door graafactiviteiten voor sloten en kanalen door de boerenbevolking in die tijd (Vos, 2015).

Rond 1000 AD (Figuur 3.1, middelste kaartje) is het oppervlak van de jonge getijdenafzettingen maximaal en is nog maar een smalle rand veen niet geërodeerd of onbedekt door getijdenafzettingen. Bijna geheel Zeeland bestaat dan uit schorren en slikken. Niet alleen op de zandige koppen van de eilanden Walcheren en Schouwen, maar ook op Noord-Beveland en Tholen ontstaan tussen 750 en 1000 AD al bewoningskernen. De bewoners van deze gebieden gaan zich na 1000 AD organiseren en starten met het bedijken van enkele zeer grote hoog opgeslibde gebieden. Rond 1250 AD is het oppervlak ingedijkt land al bijna zo groot als in de huidige tijd.

Na 1500 AD wordt nog wel flink landverlies geleden in Zeeuws Vlaanderen, op Saeftinghe, bij Tholen en bij Reimerswaal (veel uitgeveende gebieden, dus extra kwetsbaar voor overstroming), met andere woorden; relatief diep in de estuaria, in de marges van de getijdensystemen. Ergens voor of rond 1000 AD wordt de Schelde aangetapt door terugschrijdende erosie van een getijdengeul komend uit het gebied tussen Walcheren en het Zwin. Dat luidt het einde in van de verbinding tussen de rivier de Schelde en de Oosterschelde, die finaal beëindigd wordt door de aanleg van de Kreekrakdam medio 19^e eeuw (Vos en van Heeringen, 1997).

Vanaf 1750 werd minder landverlies geleden, behalve door lateraal opschuiven van geulen, maar wel werd (bijna) elke hectare beschikbaar intergetijdengebied ingepolderd. De zijdelings eroderende werking van de geulen leidde tot ondermijning van dijken, vooral waar de ondergrond zandig opgebouwd was in een eerder stadium van kustontwikkeling (de Bruin en Wilderom, 1961). Vanaf de 19^e eeuw werd vooral de invloed van onderwater-oeverbescherming steeds sterker merkbaar, waardoor geulen grotendeels werden vastgelegd, en alleen de platen nog geërodeerd konden worden. Dijkvallen traden daardoor minder op, maar wel werden de geulen nog dieper in de buitenbochten. De laatste grote gebeurtenis is de stormramp van 1953 waarbij meer dan 1800 mensen omkwamen en ca. 200.000 ha land overstroomde. De overstroomde gebieden zijn in de jaren na de ramp weer bijna volledig terug ingepolderd. Voor natuurontwikkelingen worden tegenwoordig kleine gebiedjes weer ontpolderd, maar ontpoldering stuit in Zeeland op stevige weerstand.



Figuur 3.1 Tijdreeks van de paleografische ontwikkeling van het deltagebied van ZW Nederland 100 – 1500 AD. Elias et al., 2016 naar Vos en van Heeringen, 1997.

3.1.2 Ontwikkeling Voordelta

Tot in de Romeinse tijd stroomt de Schelde als relatief kleine rivier uit in de toenmalige voordelta, waarvan overigens niet bekend is hoe deze eruit zag. Deze is mogelijk veel kleiner en veel minder aaneengesloten geweest dan de huidige voordelta. Zeker is wel dat de waarschijnlijk stabiele riviermond een strategische betekenis had, omdat ten zuiden van die mond overblijfselen van een tweetal Romeinstijdige heiligdommen zijn gevonden (ter hoogte van Colijnsplaat en voor Domburg), in verband met de koopvaart op Engeland in die periode. Ook wordt aangenomen dat op de noordelijke landpunt van de rivieroever een Romeinse militaire wachtpost heeft gelegen, het castellum Roompot, een locatie die later door het opschuiven van geulen vlak voor de zuidoostpunt van Schouwen verdwenen is (Beekman, 2007).

Om de ontwikkeling van de voordelta te begrijpen, moet er eerst gekeken worden naar de ontwikkeling van de Oosterschelde als estuarium en later als getijdensysteem. De ontwikkeling van de Oosterschelde moet teruggaan tot de 4^e eeuw na Chr. (Vos en Van Heeringen, 1997). Door de enorme overstromingen na de 4^e eeuw en de daarmee gepaard gaande verbreding en verdieping van de getijdensystemen moet de Voordelta al in de vroege middeleeuwen een min of meer gelijke uitbreiding hebben gehad als tegenwoordig, waarbij een golfgedomineerd kustvorm overgaat in een veel meer getij-gedomineerde kustvorm onder invloed van de krachtige dwarscomponent in het stromingsbeeld (Elias et al, 2016). Zeker in de 13^e eeuw is er export van sediment uit het Oosterschelde bekken, het gebied van de huidige Voordelta (Beekman, 2007). Alle veranderingen daarna zijn variaties op het thema invloed van golven vs. invloed van getijstroming, al naargelang effecten van de golven plaatselijk de overhand kregen op die van het getij, zoals in de noordelijke Voordelta na de sluiting van de Grevelingen, het Haringvliet en de Brielse Maas (Van der Spek, 1997). De ligging en de dimensies (breedtes, dieptes) van de getijdengeulen lijken tot op zekere hoogte bepaald te zijn door de aanwezigheid van voor erosie-resistente pakketten klei en van geconsolideerd zand in de ondergrond van de Voordelta (Hijma, 2017).

3.2 Algemene gebiedsbeschrijving

Deze paragraaf beschrijft de grootschalige ingrepen en morfologische ontwikkelingen van het gebied die relevant zijn geweest voor de ontwikkelingen aan de kust van Voorne en Goeree. Voor de kust van Voorne zijn vooral de ontwikkelingen van het Haringvliet en het Brielse Gat van belang, voor de kust van Goeree zijn het de ontwikkelingen van het Haringvliet en de Grevelingen die een grote rol spelen. Voor een overzicht van de huidige configuratie van platen en geulen zie Figuur 3.2 en inzet Figuur 3.12 en Figuur 3.13.

3.2.1 De Voordelta

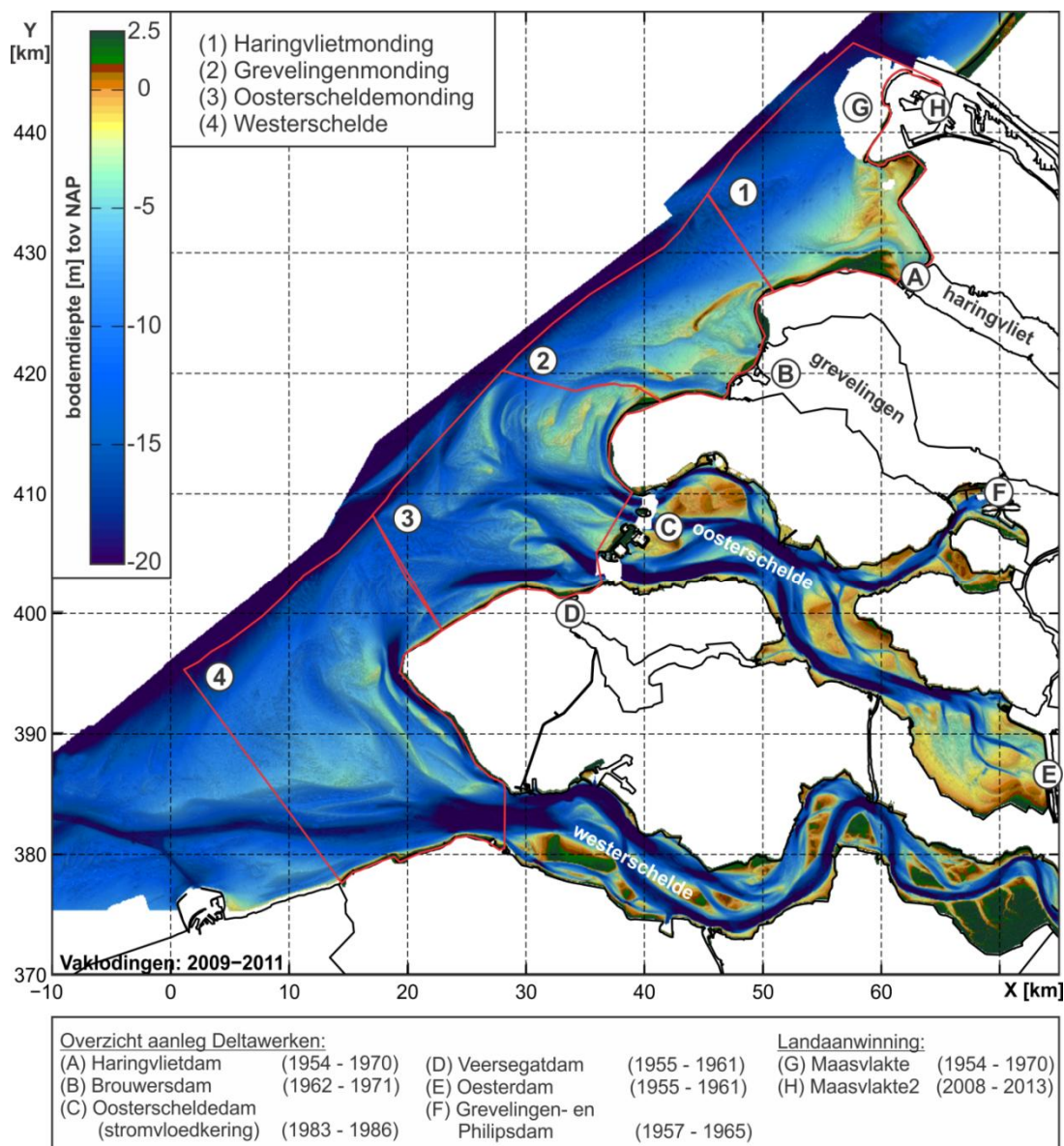
De aaneengesloten buitendelta's van de (voormalige) zeearmen voor de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden vormen samen een uitgestrekt buitengebied: de Voordelta (Elias et al, 2016, Lazar et al, 2017), zie uitgebreide beschrijving in paragraaf 3.3.1. Het gebied wordt gekenmerkt door getijdegeulen en –platen, waarvan de ligging van grote invloed is op het beheer en onderhoud van de kust van Zeeland. Het gedrag van deze geulen en platen wordt bepaald door een ingewikkeld samenspel tussen golven, getij en effecten van menselijk handelen. De platen zijn tevens belangrijk voor veel bodemdieren, zeehonden en vogels. Verder kent het gebied van de Voordelta een hoge voedselrijkheid en veel vissen (website Natura 2000, Ministerie van Economische Zaken). In paragraaf 6.2 wordt dieper ingegaan op de aanwezige natuur in dit kustvak, waaronder de Natura 2000 gebieden.

3.2.2 De Deltawerken

Het Deltaplan in het zuidwesten van Nederland werd ontwikkeld en uitgevoerd na de stormramp van 1 februari 1953. Het project bestond uit de afsluiting van de verschillende zeegaten met dammen om de veiligheid tegen overstroming te verhogen, zie Figuur 3.2 (Elias et al, 2016). Tegelijkertijd konden zo zoetwaterbekkens worden gecreëerd ten behoeve van de landbouw en de drinkwatervoorziening. De Haringvlietdam werd voorzien van spuisluisen (Foto 3.1) om de afvoer van de Rijn en de Maas te reguleren zodat zoutindringing door de diep uitgebaggerde Nieuwe Waterweg kon worden voorkomen. Alleen de Westerschelde zou open blijven in het oorspronkelijke Deltaplan om een onbelemmerde vaarweg naar Antwerpen te behouden.

In de jaren '70, na voltooiing van de eerste projecten, de afsluiting van het Haringvliet met de Haringvlietdam en de Grevelingen met de Brouwersdam (Foto 3.3), werden waterkwaliteit en milieu een toenemende zorg. Zo werd in 1978 een zoutwater-doorlaatmiddel gemaakt in de Brouwersdam en ontstond er weerstand tegen de plannen om de Oosterschelde, een getijbekken met zeer helder water vanwege de afwezigheid van rivierwaterinstroming en waarin de schelpdierkwekerij floreerde, af te sluiten, wat het verlies van een waardevol binnenlands ecosysteem zou betekenen. De tegenstand groeide zodanig, dat werd afgezien van complete afsluiting en een halfopen dam werd gebouwd, de Oosterschelde Stormvloedkering (OSK), voltooid in 1986.

Het geheel of gedeeltelijk afdammen van de zeegaten had een enorm effect op de buitendelta's: de sterke vermindering van de dwars op de kust gerichte getijstroming veroorzaakte een reeks van morfologische veranderingen, die tot op de dag van vandaag voortduren. Daarenboven veranderden de hydrodynamica en de morfologie ook door het grootschalige baggeren in de Westerschelde en in de Wielingen vaargeul, de meest zuidwestelijke geul van de buitendelta.



Figuur 3.2 Overzicht van het Zeeuwse en Zuid-Hollandse deltagebied dat tezamen de Voordelta vormt. Met de voornaamste afsluitdampen van het Deltaplan (rood-gestreepte lijnen) en de grenzen van de buitendelta's (ebb-tidal delta's) van de verschillende zeegaten (dunne witte lijnen). (Elias et al, 2016).

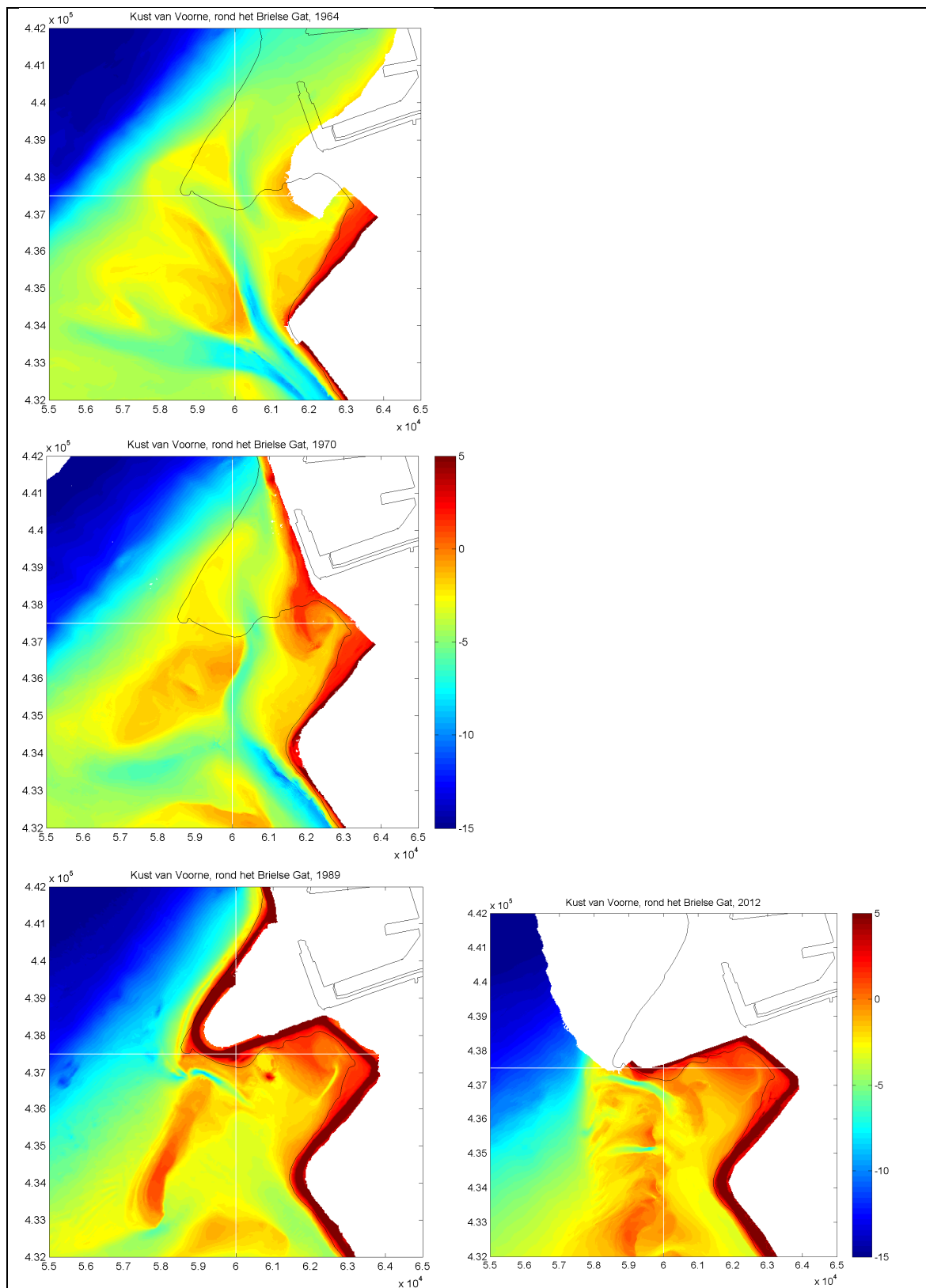
3.2.3 Het Brielse Gat

Het Brielse Gat vormde ooit de monding van de Nieuwe Maas in zee, maar omdat de Brielse Maas sterk begon te verzanden is in 1872 de Nieuwe Waterweg geopend als nieuwe monding van de Nieuwe Maas. In 1950 werd de Brielse Maasdam aangelegd, waarmee het gebied volledig werd afgesneden van de rivier. De invloed van het getij op de Noordzee kon nog wel in het Brielse Gat doordringen, via een geul die in noordelijke richting langs de Maasvlakte liep (op de plek waar zich tegenwoordig De Slufter bevindt).

Dit veranderde met de aanleg van de Brielse Gatdam in 1966. Aan de zeezijde bleef nog een klein getijdengebied over, de Slikken van het Brielse Gat. De afname van het oppervlak aan getijdengebied zorgde voor een afname van de getij-invoed. De getijstrooming in de geul nam af, waardoor de geul begon te sedimenteren. Ook was de getijstrooming niet sterk genoeg meer om het door golven aangevoerde sediment weer af te voeren. Het gehele gebied begon

hierdoor op te hogen met sediment. Dit is te zien aan de verschillen in de bodemligging van het gebied tussen de jaren 1964 en 1970, in Figuur 3.3.

Door de verdere uitbreiding van de Maasvlakte eind jaren zeventig en met name de aanleg van het baggerspeciedepot (Slufter) in 1987, kwam de hoek van het voormalige Brielse Gat steeds meer in de luwte te liggen. Het gebied is hiermee een invang geworden voor sediment dat onder invloed van golven vanuit het zuidwesten naar het gebied wordt getransporteerd.



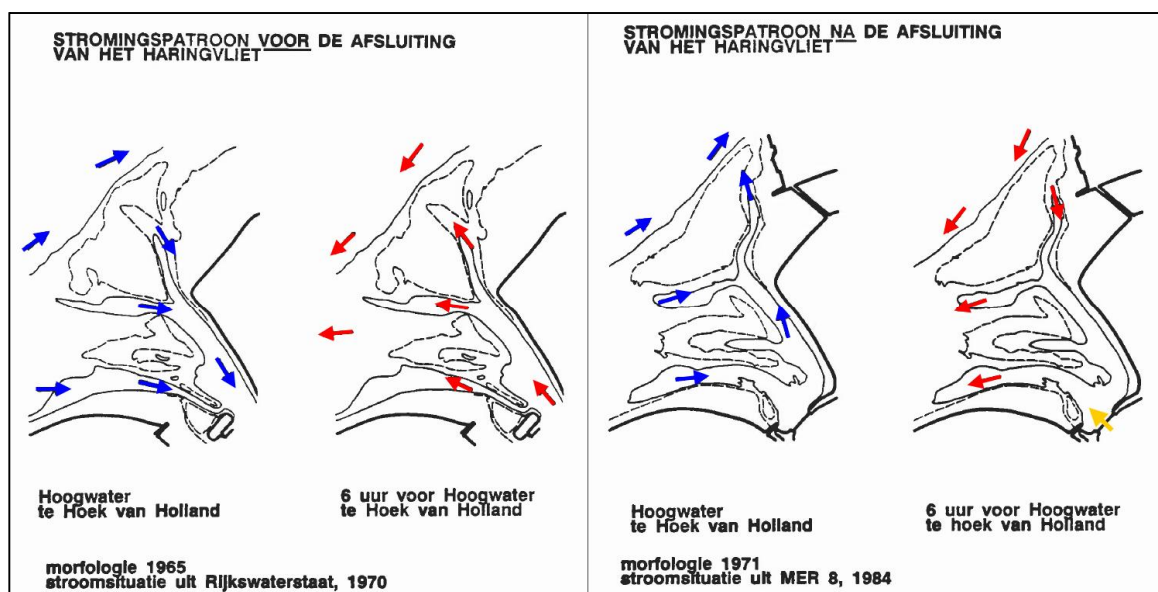
Figuur 3.3 Bodemligging (m+NAP) kust van Voorne, rond het Brielse Gat. Linksboven (1964) is de situatie vlak vóór de aanleg van de Brielse Gatdam weergegeven, rechtsboven (1970) toont de situatie enkele jaren later, rond de afsluiting van het Haringvliet. Linksonder (1989) geeft de situatie kort na de aanleg van de Slufter weer. Rechtsonder toont de bodem van 2012.

3.2.4 Het Haringvliet

De afsluiting van het Haringvliet heeft een aanzienlijke verandering van de stromingspatronen tot gevolg gehad, zie Figuur 3.4 (Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014). Vóór de afsluiting kon het getij doordringen in het Haringvliet. Tijdens vloed (blauwe pijlen) was de stromingsrichting in de geulen landwaarts, tijdens eb (rode pijlen) was de stroming zeewaarts gericht.

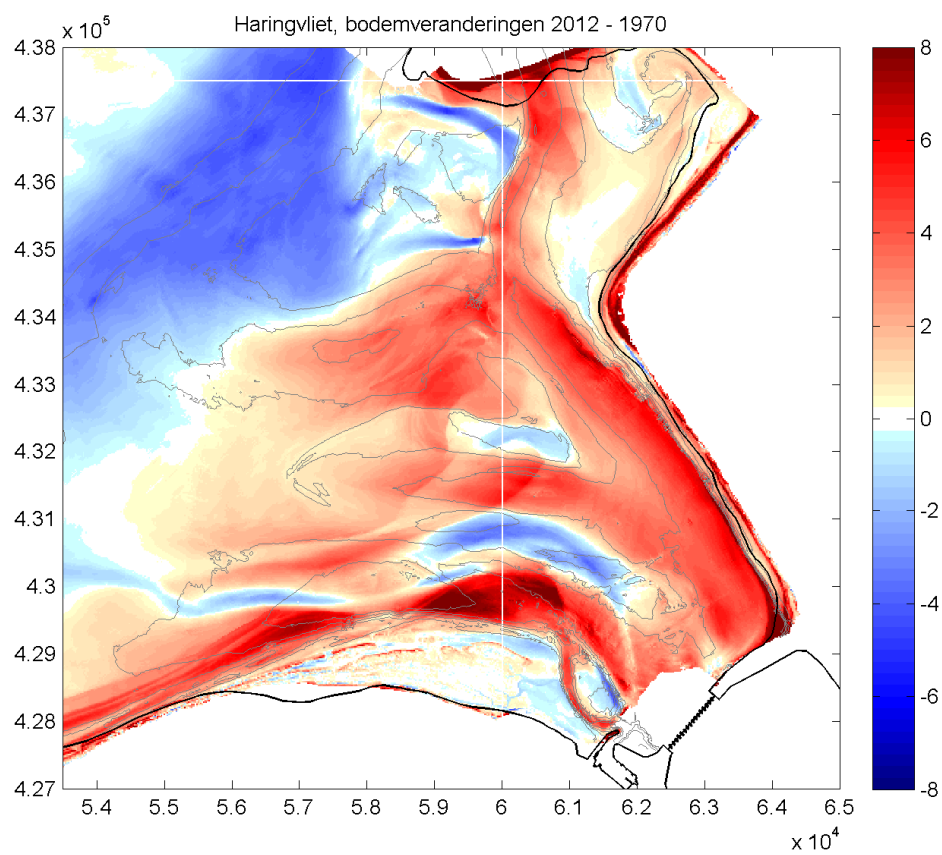
Na de afsluiting kreeg de getijstrooming in de Haringvlietdelta een meer cirkelvormig patroon. Aan de zuidwestelijke zijde van de delta stroomt het water tijdens vloed nog steeds de delta binnen, maar omdat de stroming niet langer in het Haringvliet kan doordringen, stroomt het water via de noordkant van de delta weer terug in zee. De vloedstrooming in de Rak van Scheelhoek (langs de kust van Voorne) en in het Hindergat is dus omgedraaid en is nu zeewaarts gericht.

Tijdens eb stroomt het water aan de noordkant de delta binnen, en verlaat de delta via de geulen in het zuidwesten. Tegelijkertijd kan spuiwater via de Haringvlietssluis richting zee worden afgevoerd. Vanwege de circulatie in de delta, stroomt het spuiwater (zie Foto 3.1) via het zuidwesten richting zee, door het Slijkgat. De stroomsnelheid door het Rak van Scheelhoek tijdens eb is hierdoor bijna nul en het verliest zijn functie als ebgeul (Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014).

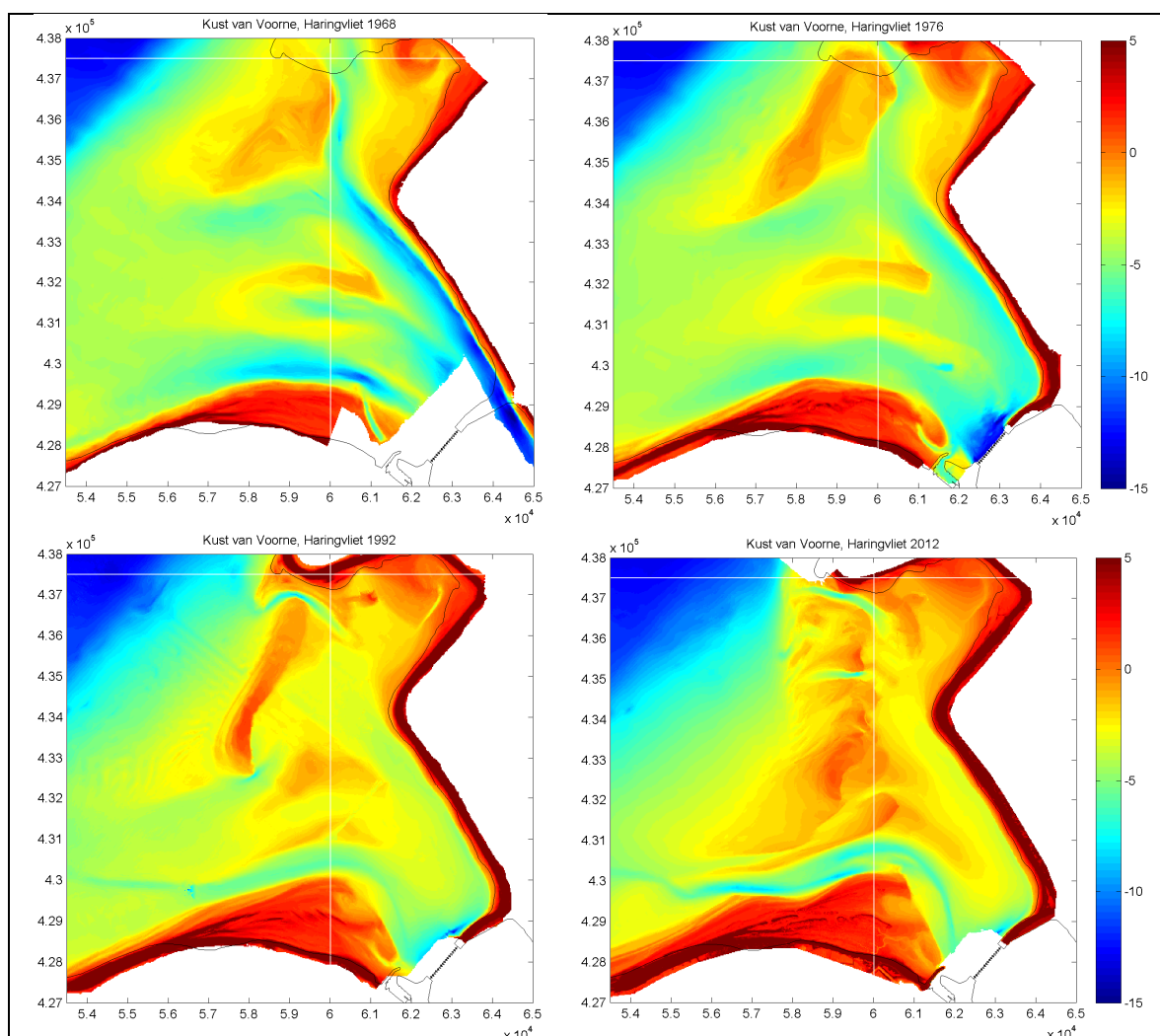


Figuur 3.4 Schematische stromingspatronen van het getij bij Het Haringvliet, vóór en na de afsluiting. De blauwe pijlen geven de vloedstrooming aan, de rode pijlen de ebstrooming. De gele pijl in de rechter figuur geeft de spui-afvoer vanuit de Haringvlietssluis tijdens eb aan. De lengte van de pijl staat niet in verhouding met de stroomsnelheid of het debiet. (Naar: Van der Spek, 1987, *in*: De Winter, 2014)

Door de afname van het getijvolume in de geulen begonnen deze zich op te vullen met sediment en werden ondieper. In de eerste jaren na de afsluiting werd hierbij vooral slib in de geulen afgezet. Rond 1976 waren de geul al aanzienlijk ondieper geworden. Deze trend bleef zich voortzetten in de daaropvolgende decennia, zie Figuur 3.5 en Figuur 3.6. Omdat het Slijkgat nog dienst doet als vaargeul voor de haven van Stellendam, moet deze geul regelmatig uitgebaggerd worden om voldoende vaardiepte te behouden.



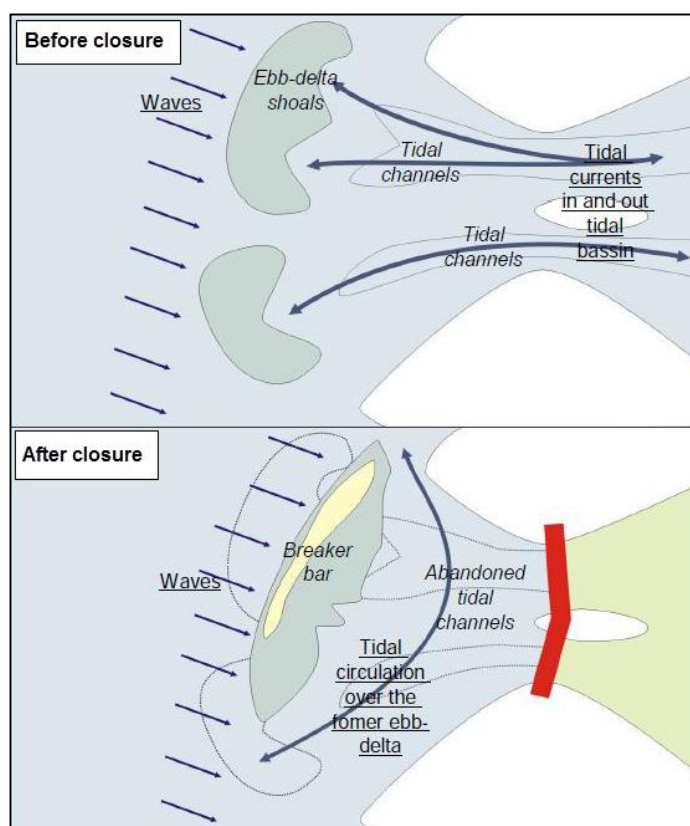
Figuur 3.5 Totale sedimentatie (positief, rood) en erosie (negatief, blauw) tussen 1970 en 2012, in de voormalige delta van het Haringvliet. De lichtgrijze contouren zijn de dieptelijnen van de bodem in 1970.



Figuur 3.6 Bodemligging (m+NAP) kust van Voorne. Linksboven (1964) is de situatie vlak vóór de aanleg van de Brielse Gatdam weergegeven, rechtsboven (1976) toont de situatie enkele jaren na afsluiting van het Haringvliet. De figuren links- en rechtsonder tonen de bodemontwikkeling in 1992 en 2012.

De afname in getijdeinvloed betekende ook een toename in het relatieve belang van golven. Vóór de afsluiting was de ebstroming verantwoordelijk voor een zeewaarts gericht sedimenttransport en een uitbouw van de voormalige ebdelta. Na de afsluiting zorgt de relatieve toename van de invloed van golven ervoor dat het sediment op de zeewaartse rand van de delta wordt omgewerkt en landwaarts wordt getransporteerd (Postma *et al.*, 1990, *in*: De Winter, 2014). Het geërodeerde zand voedt de plaat op de rand van de delta, die zich vervormt tot een langwerpige brekerbank, zie Figuur 3.7 (Cleveringa, 2008, *in*: De Winter, 2014). Dit is ook duidelijk te zien aan de vorm van de Hinderplaat in 1992, in Figuur 3.6 (linksonder).

Geleidelijk is de zeewaartse rand van de delta steeds verder landwaarts verschoven en heeft het achterliggende gebied zich steeds verder opgevuld met sediment, zoals te zien in de bodemligging van 2012 (Figuur 3.6). De zeewaartse rand heeft daarbij een oriëntatie aangenomen die loodrecht staat op de invalshoek van de dominante golven.



Figuur 3.7 Schematische weergave van de hydrodynamica en morfologie vóór en na het sluiten van de dam. (Cleveringa, 2008, in De Winter, 2014).

3.2.5 Het Kierbesluit

De Haringvlietdam met spuisluizen (zie Foto 3.1) zijn als onderdeel van de Deltawerken in 1970 in gebruik genomen, om enerzijds het achterland te beschermen tegen stormvloed en tevens om de rivierafvoer van Rijn en Maas af te voeren en een zoetwaterreservoir te realiseren. Omdat de waterkwaliteit van het Haringvlietbekken sindsdien is verslechterd, is overwogen of het beheer van de Haringvlietsluizen zodanig kon worden aangepast dat in beperkte mate het zoute water kon terugkeren. Met compenserende maatregelen wordt dan de inname van zoet water voor de landbouw in de aangrenzende gebieden gegarandeerd.

Op 20 juni 2013 is een principebesluit genomen: in 2018 gaan de sluisen op een kier. De ingangsdatum is uitgesteld. Het Kierbesluit betekent dat de Haringvlietsluizen 'op een kier worden gezet' als de waterstand op het Haringvliet lager is dan op zee¹. Dat is belangrijk voor de internationale vismigratie. Op deze manier kunnen trekvis, waaronder zalm en zeeforel de sluisen passeren richting hun paaigebieden die stroomopwaarts liggen.

Het openzetten van de sluisen zorgt er ook voor dat zout water binnen kan stromen, waardoor het westelijk deel van het Haringvliet gaat verzilten. De sluisen worden dan zo beheerd dat zoet water ten oosten van de denkbeeldige lijn Middelharnis - monding Spui gegarandeerd blijft. Als er te weinig water door de rivier stroomt om het zoute water ten westen van deze lijn te houden, gaan de sluisen dicht. Voordat de sluisen dichtgaan wordt

¹ www.kierharingvliet.nl

het zoute water uit het Haringvliet gespoeld, het zogenaamde 'zoetspoelen'. Inname van zoet water blijft op het Haringvliet dus gegarandeerd ten oosten van de lijn Middelharnis en het Spui.

Omdat de instroomsnelheden bij inname van zout water, dus bij niet te hoge rivierwaterstanden en rond de vloed op zee, zeer gering zullen zijn, worden er geen grote morfologische veranderingen in het Haringvlietbekken of daarbuiten verwacht. Mogelijk zal er lokaal wel sprake zijn van erosie van sliblagen, in de vorm van geultjes waarin het zoute water als een dichtheidsstroom langs de bodem het bekken kan instromen.



Foto 3.1 Haringvlietsluizen (detail, deels gesloten deur), Beeldbank Rijkswaterstaat

3.2.6 Onderhoud Slijkgat

Het Slijkgat loopt noord van Goeree en ten zuiden van de Hinderplaten. Met de uitbreiding van de Maasvlakte is het nabijgelegen zeegebied (de Voordelta) onderhevig aan veranderingen. De geulen liggen niet vast en moeten met enige voorzichtigheid worden bevaren. De vaargeul naar Stellendam, het Slijkgat, is vooral belangrijk voor de visserij en enkele scheepswerven. Bij de aanleg van de Maasvlakte is bedongen dat het Havenbedrijf Rotterdam garant staat voor het op diepte houden van deze geul. Bij de Kwade Hoek gaat de vaargeul naar Stellendam over in de vaargeul Noord Pampus. Vissersschepen en recreatievaart maken gebruik van deze vaargeul.

De zandbank die er ligt bemoeilijkt de binnenkomst van schepen vaak dusdanig dat alleen bij hoogwater de haven binnen kan worden gevaren (Hans Villerius, Eilanden Nieuws, 5 maart

2018). Onder invloed van meerdere factoren, zoals wester- en noordwesterstormen en grote hoeveelheden rivierwater die door de Haringvlietsluizen naar zee worden afgevoerd, vindt op deze plek een continu proces van zandafzetting plaats, waardoor het Slijkgat voortdurend ondieper wordt. Zie ook paragraaf 3.2.4, 3.3.3 en 3.3.4. Het is overigens onwaarschijnlijk dat er veel zand gespuid wordt door de sluisen, zelfs bij hoge rivierafvoeren.

Al sinds 2005 laat Havenbedrijf Rotterdam baggerwerk uitvoeren om tussen de boeien SG5 en SG8 de vaargeul over een breedte van honderd meter op diepte te houden, aanvankelijk op 5 m - NAP, maar sinds 2009 op 5,5 m - NAP. Dit brengt hoge kosten mee. De gemeente Goeree-Overflakkee en het Havenbedrijf Rotterdam zijn het niet eens over de diepte waarvoor de vaargeul onderhouden moet worden en er loopt een rechtszaak.



Foto 3.2 Twee zuigers aan het werk in Slijkgat (Zandzuigbedrijf Faasse BV, Goes)

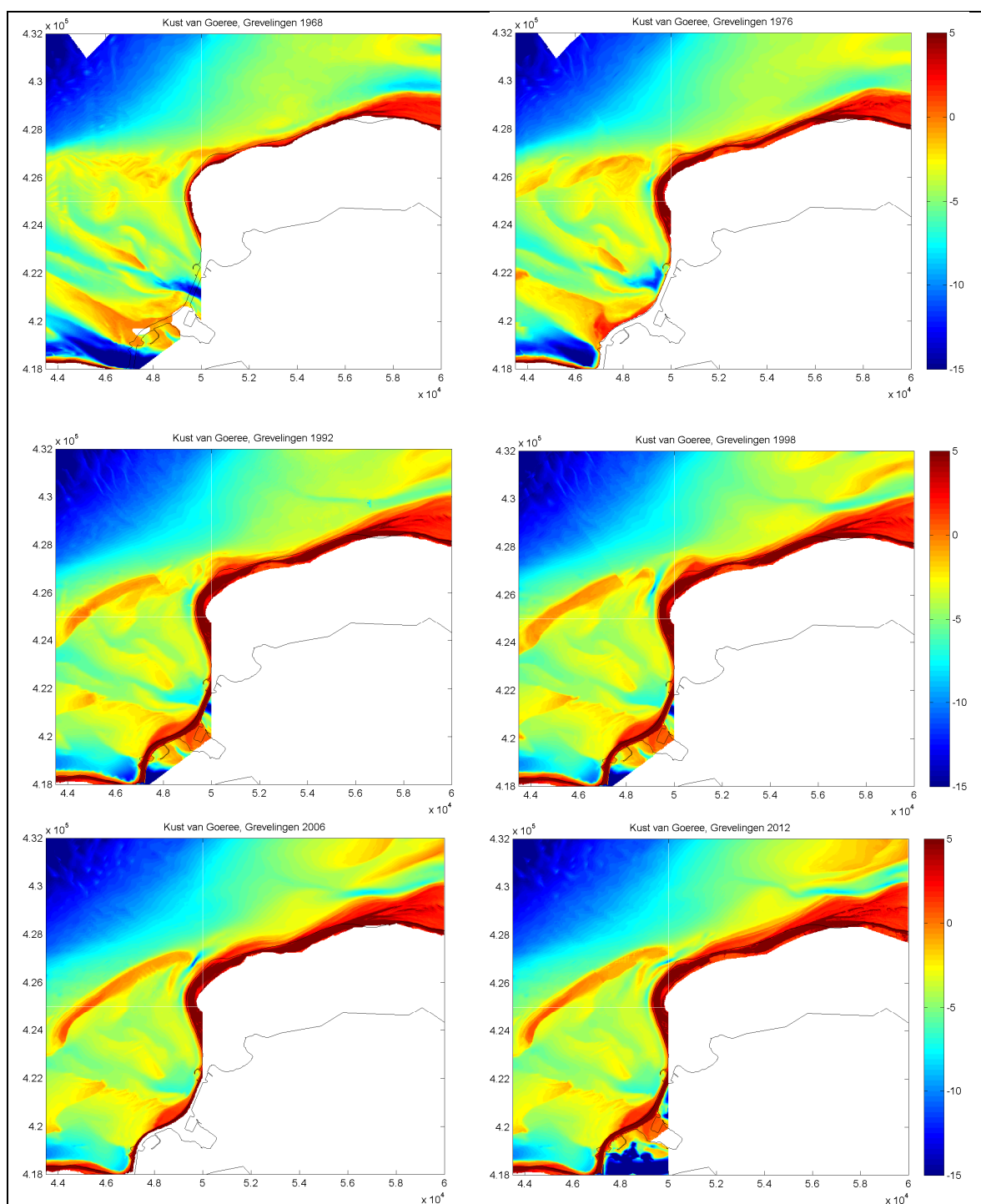
Voor het baggerwerk is een milieu-effectrapportage uitgevoerd (Arcadis, 2015). Gebaggerd wordt op 3 drempels: Hinderplaat, Kwade Hoek en Pampus en de verspreidingslocaties zijn Voordelta en Haringvliet. Het gaat om $0,5 \text{ Mm}^3$ tot $1,1 \text{ Mm}^3$ voornamelijk zand per jaar. Momenteel wordt er met 2 schepen gevaren (Foto 3.2). In een modelstudie heeft Arcadis de slibverspreiding en de omvang van de baggerpluim berekend. De effecten zijn gering.

3.2.7 Grevelingen

Net als bij de afsluiting van het Haringvliet, zorgt de afsluiting van de Grevelingen in 1971 ervoor dat de getijstromingen dwars op de kust (door de zeegaten) geen rol meer spelen, waardoor het belang van getijstromingen parallel aan de kust van de Voordelta toeneemt (zie ook Figuur 3.7 voor een schematische weergave van de stromingen vóór en na een afsluiting). Ook gaan golven en golf-gedreven stromingen een grotere rol spelen.

Vóór de afsluiting vormden De Bollen van de Ooster nog geen geheel, zie de bodemligging in 1968 in Figuur 3.8 en Figuur 3.9. Onder de toegenomen invloed van de golven na de afsluiting, begon de zeewaartse rand te eroderen en het vrijgekomen zand werd in landwaartse richting getransporteerd, over de Bollen van de Ooster. Deze werden hierdoor hoger en vervormden zich uiteindelijk tot één langwerpige zandrug, te zien in de bodem van 1992 in Figuur 3.8.

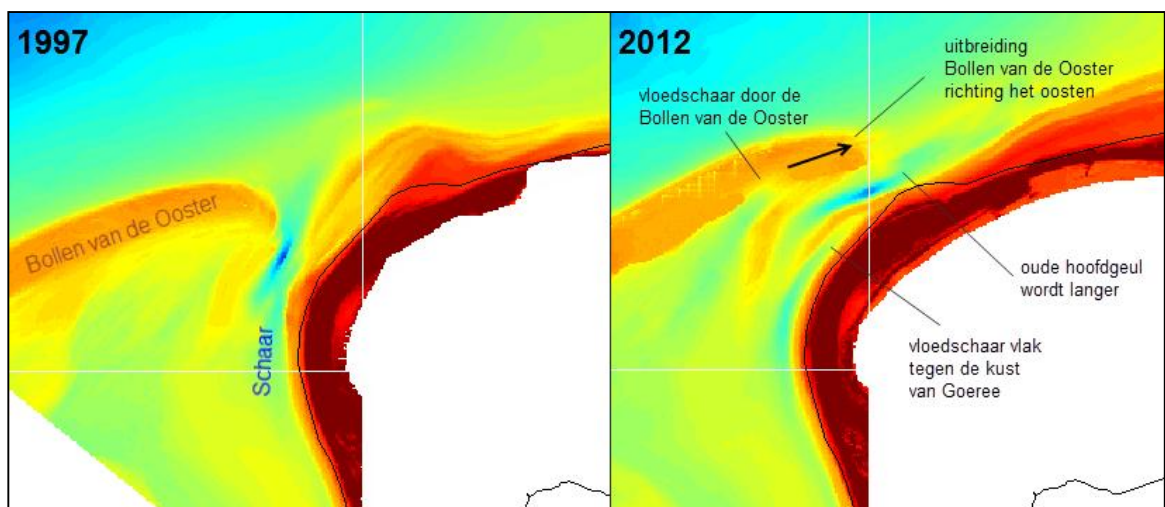
De golf-gedreven stroming voedt de kust van Goeree met zand afkomstig van de Bollen van de Ooster. Periodiek komen hierdoor grote hoeveelheden zand vrij op de kust van Goeree, wat door de golf-gedreven stroming verder oostwaarts wordt getransporteerd. Mogelijk speelt dit transport ook een rol bij het ontstaan van horizontale zandgolven die zich langs de kust van Goeree van west naar oost verplaatsen. Deze zandgolven worden verder behandeld in paragraaf 3.3.6.



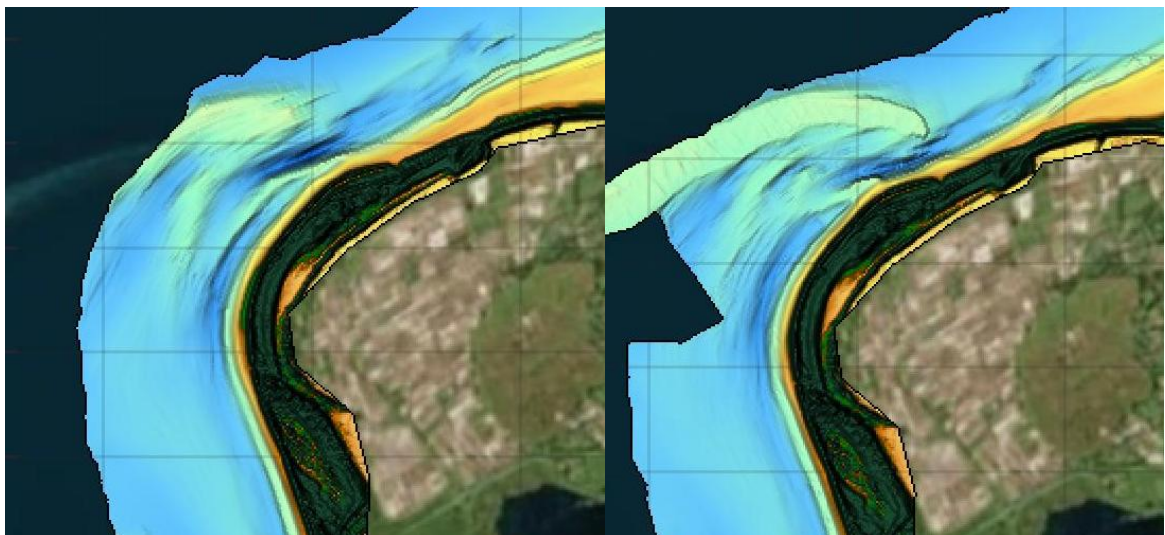
Figuur 3.8 Bodemligging (m+NAP) kust van Goeree en de Grevelingen. Linksboven (1968) is de situatie vlak vóór de afsluiting van de Grevelingen weergegeven, rechtsboven (1976) toont de situatie enkele jaren na de afsluiting. De overige figuren tonen de bodemontwikkeling in de daaropvolgende jaren 1992, 1998, 2006 en 2012.

3.2.8 Bollen van de Ooster

De zandrug van de Bollen van de Ooster (Figuur 3.9) migreert niet alleen landwaarts, maar strekt zich ook steeds verder uit in oostelijke richting en schuift daarmee steeds dichterbij de kust van Goeree. Het migreren van deze zandrug zorgt er voor dat ook de geul 'Schaar' vanaf 1997 (Figuur 3.9 links) steeds meer tegen de kust wordt geduwd. Iets ten westen van de geul is in de bodem van 2012 (Figuur 3.9 rechts en Figuur 3.10 links) een vloedschaar te zien. In de bodem van 2016 (Figuur 3.10 rechts) is te zien dat de geul Schaar nog dichterbij de kust gekomen is, maar dat het vloedschaartje zich niet verder heeft ontwikkeld. Zie ook paragraaf 3.3.7 en paragraaf 4.2.2, waarin de mogelijkheid van een geulwandsuppletie wordt onderzocht (Elias, 2015).



Figuur 3.9 Detail van de bodemligging voor de kust van Goeree, nabij de Bollen van de Ooster in 1997 (links) en 2012 (rechts).



Figuur 3.10 Detail van de bodemligging (Jarkusgrids) voor de kust van Goeree, nabij de Bollen van de Ooster in 2012 (links, vergelijk Figuur 3.9 rechts) en 2016 (rechts). De ontwikkeling van de geul Schaar en de vloedscharen van deze geul zijn hierin goed te zien.

3.2.9 Beheer Brouwersdam en Grevelingenmeer

De Brouwersdam, voltooid in 1971 valt niet onder kustlijnzorg, want deze dam vormt immers een harde waterkering. In 1983 is een doorlaatmiddel (hevel) in de Grevelingendam bij Bruinisse in gebruik genomen waarmee in combinatie met de in 1978 geopende doorlaatsluis in de Brouwersdam zout water het Grevelingenmeer kan instromen ten behoeve van de waterkwaliteit. Dit systeem functioneerde echter niet goed. Sinds 2017 is de verbinding met de Oosterschelde, de Flakkeese Spuisluis gerenoveerd en verbeterd, zodat er hier nu ook zout water ingenomen kan worden.

Rijkswaterstaat heeft sinds 2011 plannen uitgewerkt voor een groter doorlaatmiddel in de Brouwersdam waarbij een getij van ongeveer 50 cm kan terugkeren en waarbij ook de mogelijkheid van een getijdecentrale ontstaat. De morfologische effecten zullen echter gering zijn vanwege de geringe stroomsnelheden door de spuisluis.

Ten behoeve van de recreatie zijn zandsuppleties uitgevoerd, zie ook paragraaf 4.2.3.



Foto 3.3 Brouwersdam, Beeldbank Rijkswaterstaat

3.3 Grootschalige morfologie

3.3.1 De Voordelta, een aaneengesloten systeem van buitendelta's van de (voormalige) zeearmen in Zuidwest Nederland (Lazar et al, 2017)

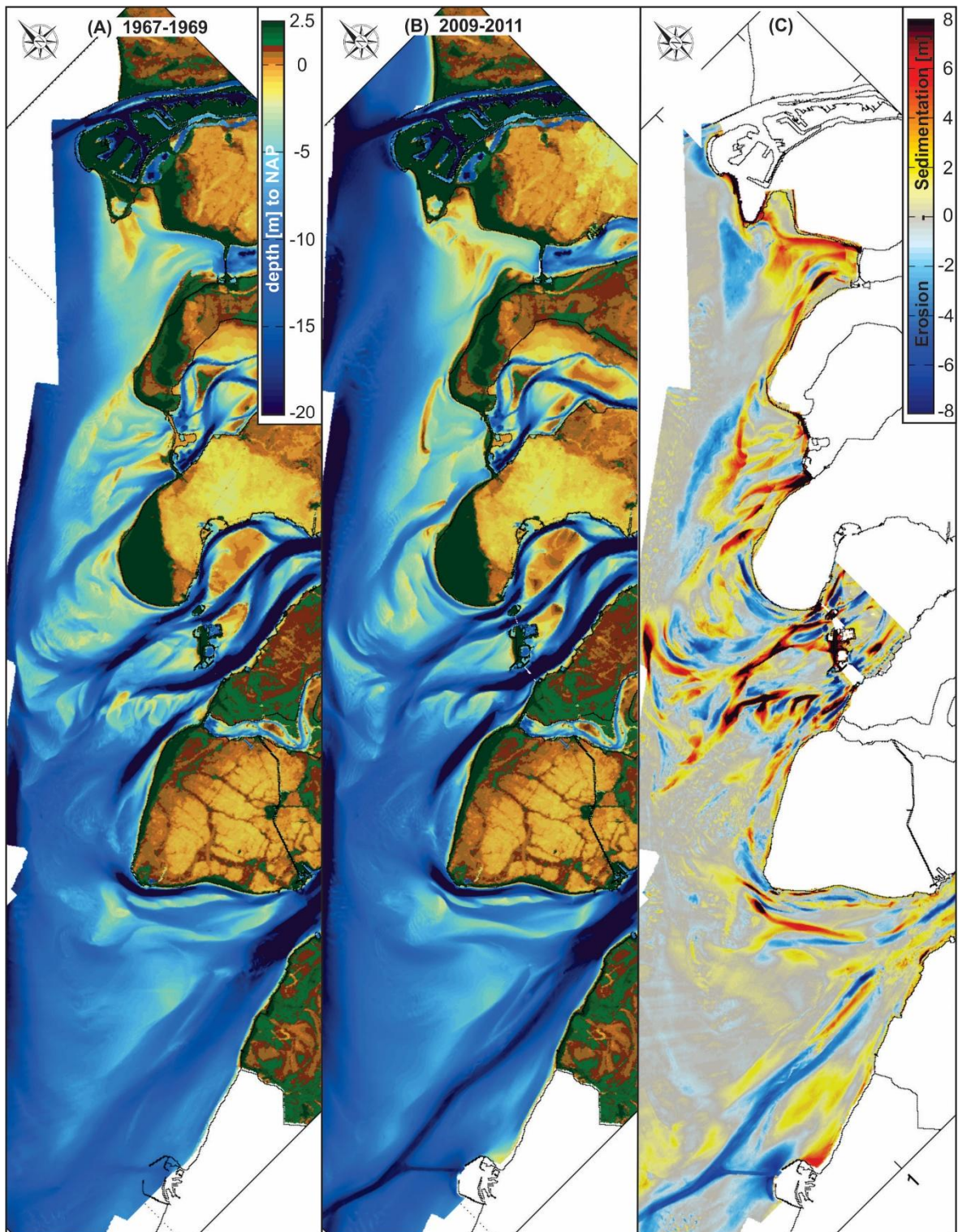
De kust van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden in het zuidwesten van Nederland bestaat uit vier (voormalige) getijdebekkens, van noord naar zuid Haringvliet, Grevelingen, Ooster- en Westerschelde, zie Figuur 3.2. Haringvliet, Grevelingen en de Oosterschelde zijn thans zijtakken van de samengevloede rivieren Maas en Rijn, terwijl de Westerschelde de benedenloop vormt van de rivier de Schelde. Alleen de Ooster- en Westerschelde staan nog in directe verbinding met de zee, de eerste door de halfopen Oosterschelde Stormvloedkering (OSK). De OSK laat de getijbeweging door in het estuarium, maar de bijbehorende werkeilanden en pijlers verminderden het getijvolume met ruwweg 35% (Vroon, 1994). De aaneengesloten buitendelta's vormen een betrekkelijk ondiep buitengebied: de Voordelta, die zich uitstrekt over 90 km tussen Hoek van Holland in het noorden en Zeebrugge (België) in het zuiden. De zeewaartse reikwijdte van de Voordelta gaat tot ongeveer 10 km buiten de kust. Van noord naar zuid neemt de gemiddelde diepte toe, terwijl het percentuele oppervlak van de ondiepe banken afneemt. Het sediment van de geulen en banken bestaat voornamelijk uit fijn tot matig fijn zand (Terwindt, 1973). Plaatselijk zijn harde, erosieresistente lagen aanwezig bestaande uit vaste kleipakketten (Van der Spek, 1997, Hijma en Kooi, 2018).

In de Voordelta zijn getij en golven de voornaamste drijvende krachten. Krachtige getijstromingen en zware zeegang, vooral bij harde wind, vormen een hoog-dynamische omgeving, die vorm heeft gekregen in snel verplaatsende banken en platen, doorsneden door vele ondiepe en diepe getijdegeulen. Alleen de afvoersluizen in de Haringvlietdam (met een maximale capaciteit van 25.000 m³/s) kunnen tijdelijk gedurende zoetwater piekafvoeren zodanig merkbare dichtheidsverschillen in het zeewater bewerkstelligen, dat deze invloed kunnen hebben op de lokale bodemmorfologie

Het golfklimaat wordt beheerst door windgolven opgewekt in het ondiepe Noordzee-bekken. De gemiddelde significante golfhoogte is 1,3 m vanuit het west-zuidwesten, met een bijbehorende gemiddelde golfperiode van 5 s (Roskam, 1988; Wijnberg, 1995). Tijdens storm kunnen windgolven soms een hoogte van meer dan 6 m bereiken en zijn bijkomende waterpeilstijgingen van meer dan 2 m gemeten.

Het twee-keer daagse getij beweegt evenwijdig aan de kust naar het noorden bij vloed en naar het zuiden bij eb. De getijslag neemt af van 3,86 m bij Vlissingen aan de Westerschelde tot 1,74 m bij Hoek van Holland ten noorden van het Haringvliet. In het algemeen zouden volgens de indeling van Davis en Hayes (1984), de zeegaten vóór de afsluiting gekenmerkt worden door 'gemengd-energetisch golf-gedomineerd' in het noordelijk deel, tot 'gemengd-energetisch getij-gedomineerd' en uiteindelijk 'getij-gedomineerd' in de zuidelijke Westerscheldemond. Niettemin vertoont de morfologie van de grootste zeegaten getijde-gedomineerde kenmerken zoals een grote buitendelta en diepe geulen. Deze zijn het gevolg van een groot getijde-volume en betrekkelijk gematigde golfenergie.

Figuur 3.11 laat de grootschalige morfologische veranderingen in de Voordelta zien over de periode 1968-2010, waarin de ontwikkelingen vallen die zijn opgetreden na de afsluitingen in het kader van het Deltaplan.



Figuur 3.11 De bodemligging van de Voordelta voor de jaren (A) 1968 (gebaseerd op de Vaklodgingen 1967-1969) en (B) 2010 (gebaseerd op de Vaklodgingen 2009-2011). De morfologische veranderingen in deze periode worden getoond door de sedimentatie- en erosie patronen in (C). (Elias et al, 2016).

3.3.2 De Grevelingen buitendelta (Elias et al, 2016)

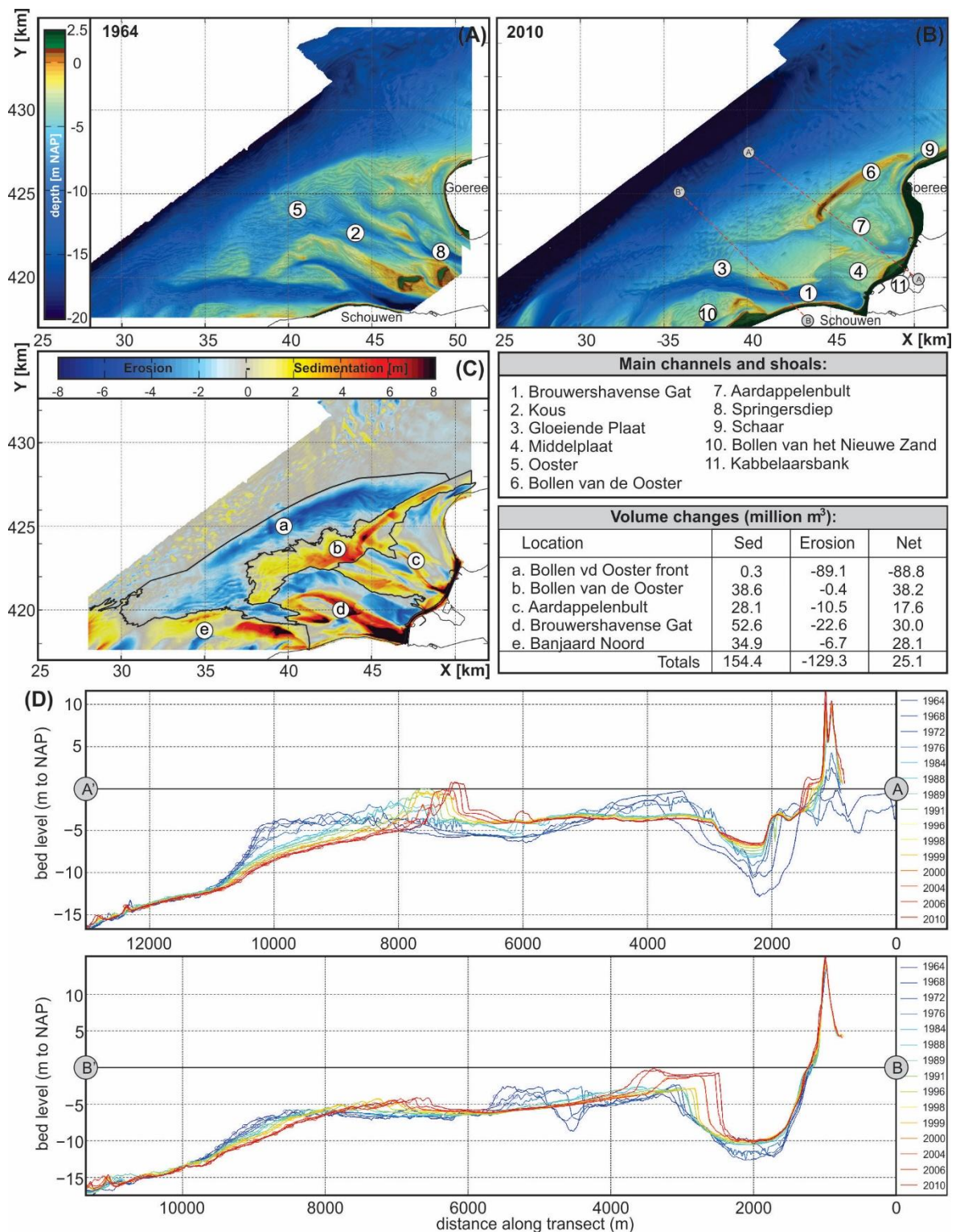
Voor de voltooiing van de Brouwersdam bestond de buitendelta van de Grevelingen uit de meer dan 30 m diepe geul Brouwershavensche Gat in het zuiden, grenzend aan de noordkust van Schouwen en het Springersdiep, dat samenvloede met de geul Kous, in het noorden (Figuur 3.12 A, B). De geulen waren oost-west georiënteerd en werden gescheiden door de Middelplaat en de Kabbelaarsbank (Figuur 3.12 B).

In 1965 werd de Grevelingendam in het oostelijk deel van het estuarium voltooid (bouwjaren 1958-1965). Deze dam scheidde de Grevelingen van de Oosterschelde. De Grevelingen veranderde in een getijbekken zonder verbinding met de andere estuaria. Daardoor verminderde het getijvolume met ca 14% (Haring, 1978) en begon de buitendelta zich aan te passen. In deze periode begon de aanleg van de Brouwersdam aan de zeezijde van de Grevelingen. Reeds in 1965 (bouwjaren 1962-1965) blokkeerde het eerste deel van de afsluitdam, tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank, de kleinere getijdegeulen in het zeegat. Dit veroorzaakte een toename in diepte van de overblijvende grotere geulen, vanwege het verminderde doorstroomoppervlak van het zeegat. Een aansluitend deel van de dam werd gebouwd in het meest noordelijke deel van het zeegat.

In 1971 werden de overblijvende geulen Brouwershavensche Gat en Kous volledig afgesloten met de Brouwersdam, waardoor de Grevelingen werd gescheiden van zijn buitendelta en het getijbekken veranderde in een zout-water meer. De getijstroming in de buitendelta nam sterk af en daardoor begonnen golven het ebschild aan te vallen tot 10 m diepte en stuwden het zand voorwaarts naar een kustparallele zandbank genoemd Bollen van de Ooster (Van der Spek, 1987, Kohsiek, 1988) (Figuur 3.12B, 6). Een deel van het zand zal zijn getransporteerd naar het noordoosten, langs de kustlijn van het eiland Goeree en ten goede gekomen aan de uitbreiding van de omgebogen spitten bij Kwade Hoek aan de noordzijde van Goeree. De buitendelta verminderde in oppervlak, de voormalige banken en platen erodeerden door golven en de geulen verzandden. Opgemerkt kan worden dat ondanks de vermindering in oppervlak van de buitendelta, de vermindering in volume verhoudingsgewijs minder is dan aangegeven door de Walton en Adams (1976) relatie, omdat het geërodeerde sediment niet teruggevoerd kon worden in het estuarium vanwege de afsluitdam. Het Brouwershavensche Gat werd snel opgevuld met voornamelijk slib. Van den Berg (1986) vermeldt slibafzettingen van meer dan 7 m dikte. De voormalige Middelplaat/Kabbelaarsbank erodeerde door golven, omdat het niet meer werd onderhouden door de getijstroming. Het vrijkomende zand werd afgezet voor de Brouwersdam en vormde een breed strand; landwaarts windgedreven transport leidde tot de vorming van een actieve duinenrij op de dam.

De Bollen van de Ooster namen in de jaren toe in hoogte en groeiden in kustlangse richting, eerst naar het west-zuidwesten en later ook naar het oost-noordoosten (Figuur 3.12B). Tegenwoordig zijn de Bollen nog steeds gescheiden van de kust van Goeree door een betrekkelijk ondiepe kortsluitgeul. Bij het zuidelijk deel van de buitendelta is een ondiep platengebied opgebouwd door het Krabbengat, de Bollen van het Nieuwe Zand, waardoor het Brouwershavensche Gat ter plaatse naar het noorden gedrukt wordt.

De erosie van de zeewaarts gelegen ebschild van de buitendelta gaat nog steeds door, net als de sedimentatie aan de landwaartse zijde. In totaal is er sprake van een kleine netto sediment volumetoename. Een deel van dit sediment zal zijn aangevoerd door erosie van de Banjaard en afgezet langs de noordelijke rand van de plaat en de kust van Schouwen (Figuur 3.12C, polygoon e).



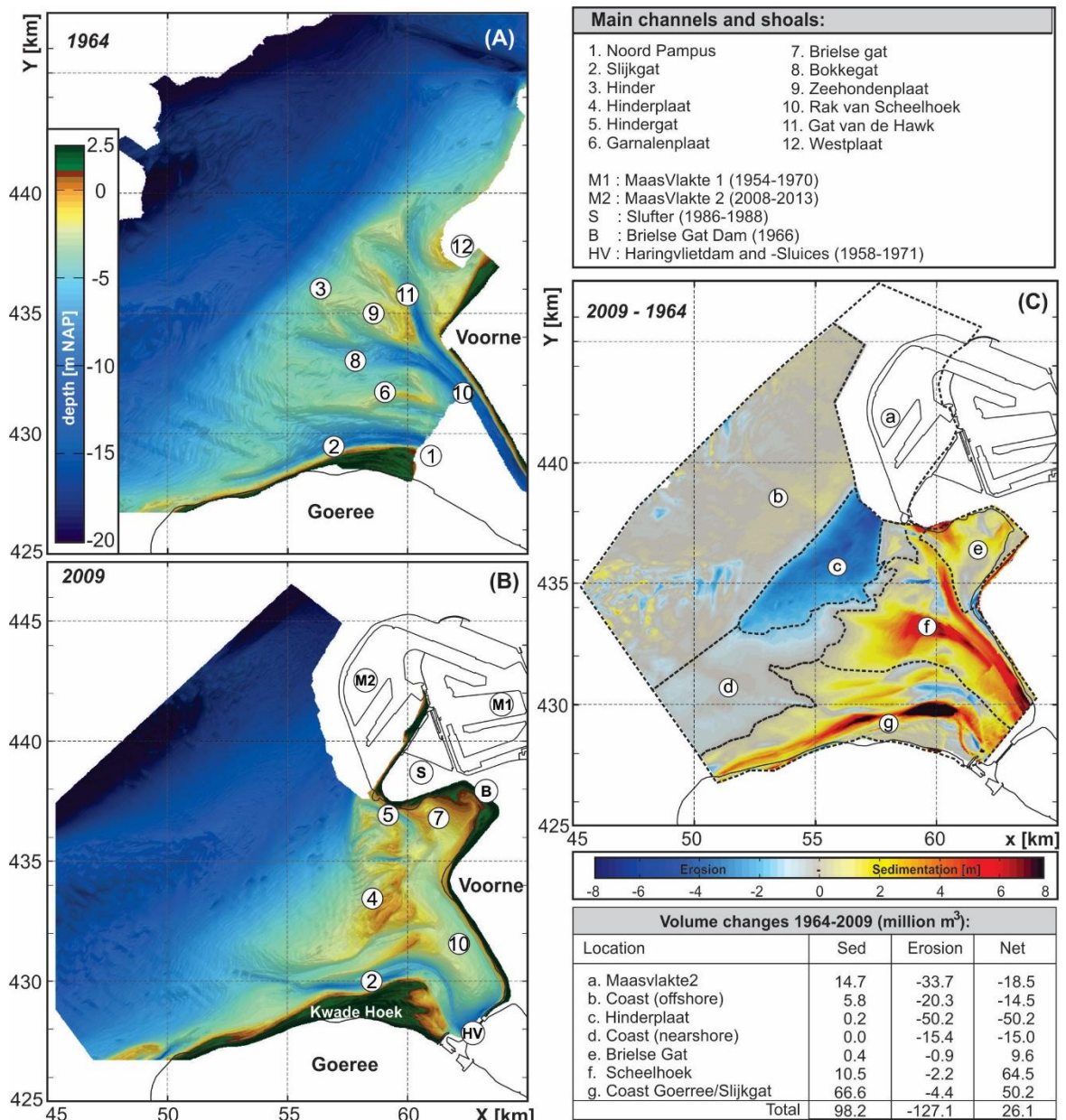
Figuur 3.12 Overzicht van de bodemligging van de Grevelingen buitendelta in (A) 1964 en (B) 2010. De morfologische ontwikkelingen over deze periode in (C) en de doorsnede over de buitendelta in (D), zie (B) voor de locaties (Elias et al, 2016).

3.3.3 De Haringvliet buitendelta (uit Elias en van der Spek, 2016)

Net als bij de Grevelingen is het huidige platengebied dat voor de monding van het Haringvliet ligt geen echte buitendelta meer (Figuur 3.13). Na afdamming van de Brielse Maas (1950), de afsluiting van het Brielse Gat door de Brielse Gatdam (1958-1970, [B]) en de afsluiting van het Haringvliet (1964-1976, [HV]) is er geen verbinding meer met het achterliggende estuarium. Alleen door de spuisluizen in de Haringvlietdam wordt er nog periodiek (zoet) water gespuid. Door het wegvallen van de getijstroming vanuit de estuaria zijn de waterbeweging en de maatgevende sedimenttransporten in de monding sterk veranderd. Het ondiepe platengebied geeft eigenlijk het opruimen van de voormalige buitendelta weer, waarbij sediment vanuit diep water (vooral door golven) richting de kust verplaatst. Daarnaast is het gebied sterk beïnvloed door de aanleg van de Europoort (1964-1966) en de kustuitbreidingen van de Maasvlakte (1964-1976, [M1]) en Maasvlakte 2 (2008-2013, [M2]). De voormalige geulen zijn vrijwel geheel opgevuld en het (diepe) plaatoppervlak is sterk afgenomen. Het 'buldozeren' van zand landwaarts door de golven zorgt wel voor een toename van het ondiepe plaatareaal. Circa 50% van het gebied ligt tussen de NAP -5 en -2,5 m.

Voor het begin van de Deltawerken bestond het Zeegat van Goeree op zijn smalste punt uit twee noord-west lopende ebgeulen, het Rak van Scheelhoek [10] in het noorden en Noord Pampus [1] in het zuiden (Figuur 3.13 A), zich vertakkend naar het zuiden naar o.a. het Slijkgat [2] dat de kust van Goeree volgt. Het Rak van Scheelhoek splitst zich in twee zijtakken, het Bokkegat [8], lopend naar het westen en het Gat van de Hawk [11] naar het noorden, gelegen tussen Westplaat [12], deel van de Brielse Maas buitendelta en de Zeehondenplaat [9]. De ondiepte tussen de geulen Bokkegat en Slijkgat werd Garnalenplaat genoemd [6].

In de huidige Haringvlietmonding (Figuur 3.13 B) worden nog vier getijgeulen onderscheiden: het Slijkgat [2], het Bokkegat [8], het Hindergat [5] en het Rak van Scheelhoek [10]. Het Slijkgat, de grootste geul, ligt langs de kust van Goeree en verbindt de uitwateringssluizen van de Haringvliet met de Noordzee. Langs de kust van Voorne ligt nog de oude hoofdgeul Rak van Scheelhoek. Deze geul is sinds de afsluiting van het Haringvliet voor een groot deel opgevuld met sediment (slib). Het grote, gedeeltelijk droogvallende plaatoppervlak dat zich vanaf de zuidwestzijde van de Maasvlakte zuidwaarts uitstrekt is de Hinderplaat [4]. Een klein geultje (Hindergat) scheidt de Hinderplaat en de Maasvlakte. Door de grote morfologische veranderingen is het moeilijk de verschillende platen (en geulen) in de Haringvliet van elkaar te onderscheiden. Zo is de Garnalenplaat [6], de voormalige scheiding tussen de geulen Bokkegat en Slijkgat, vrijwel verdwenen (Figuur 3.13 A). Ten zuiden van het Slijkgat ligt de Kwade Hoek [1] een (droogvallend) platen- en duinengebied.

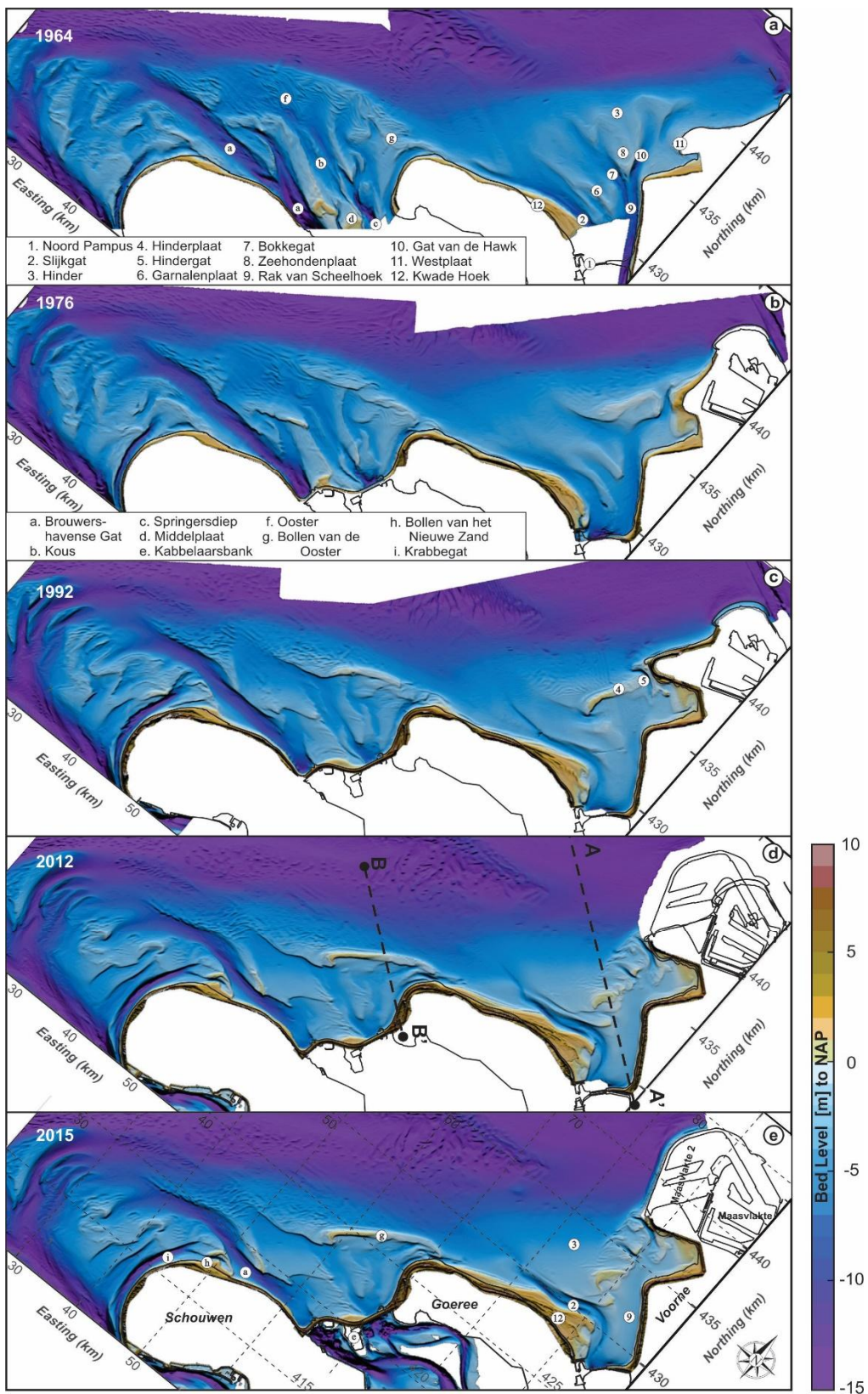


Figuur 3.13 Bodemligging Haringvliet buitendelta in 1964 (A) en 2009 (B). De morfologische veranderingen over deze periode zijn samengevat in de sedimentatie- en erosie kaart (C) met de volumeveranderingen (Elias en Van der Spek, 2016).

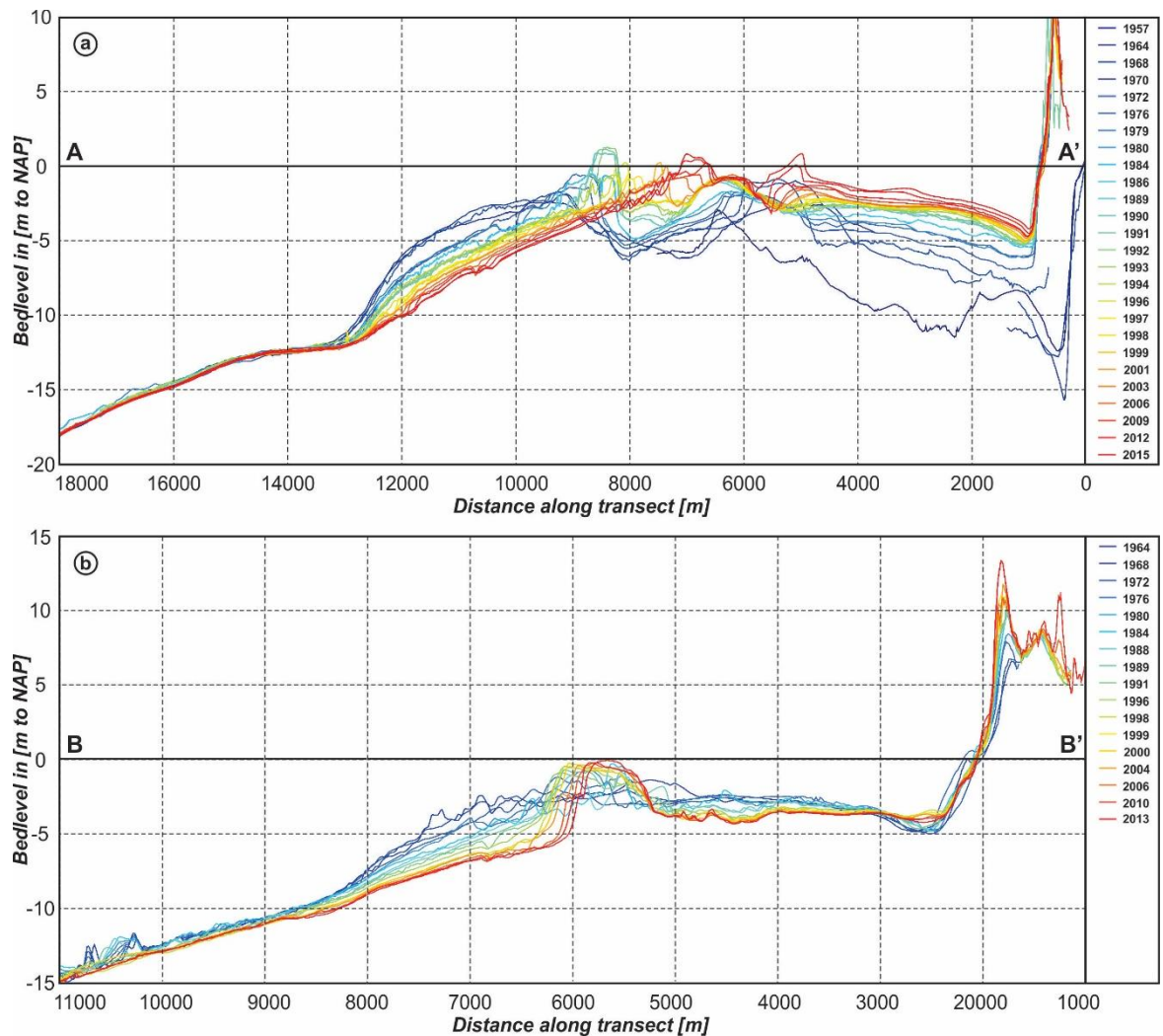
3.3.4 Invloed grootschalige ingrepen op de morfologische ontwikkelingen in de Haringvliet buitendelta (uit Elias en Van der Spek, 2018)

Figuur 3.14 toont de grootschalige morfologische veranderingen in het noordelijk deel van de Voordelta over de periode vanaf 1964, waaronder de gevolgen van de afsluiting van Haringvliet en Grevelingen in het kader van de Deltawerken. De afsluiting van de zeegaten tussen 1970 en 1986 resulteerde in een sterke verkleining van het getijvolume, een sterke vermindering van de zandtoevoer naar de buitendelta door de ebstroming en daardoor een relatieve toename van het golfgedreven zandtransport. Dit resulteerde in een netto landwaarts transport, erosie van de buitendelta en de vorming van zandbanken op de buitenrand van de buitendelta (zie Figuur 3.15 en Van der Spek, 1987, en Kohsiek, 1988 voor details). Bovendien werden door de afname van de kustdwarse getijstroming de kust-parallelle stromingen door de geulen in de buitendelta meer overheersend. Morfologische aanpassingen en zandverlies naar de aanliggende delta's was het gevolg. De Haringvliet en Grevelingen buitendelta's vertoonden grootschalige erosie van hun zeewaartse en aanzanding van hun landwaartse zijde (zie Figuur 3.14 en Figuur 3.15). Deze ontwikkelingen deden zich al eerder voor bij de afsluiting van de Brielse Maas. De beschikbaarheid van de bijna jaarlijks uitgevoerde vaklodingen van deze gebieden maken nu een gedetailleerde analyse van de morfodynamiek mogelijk.

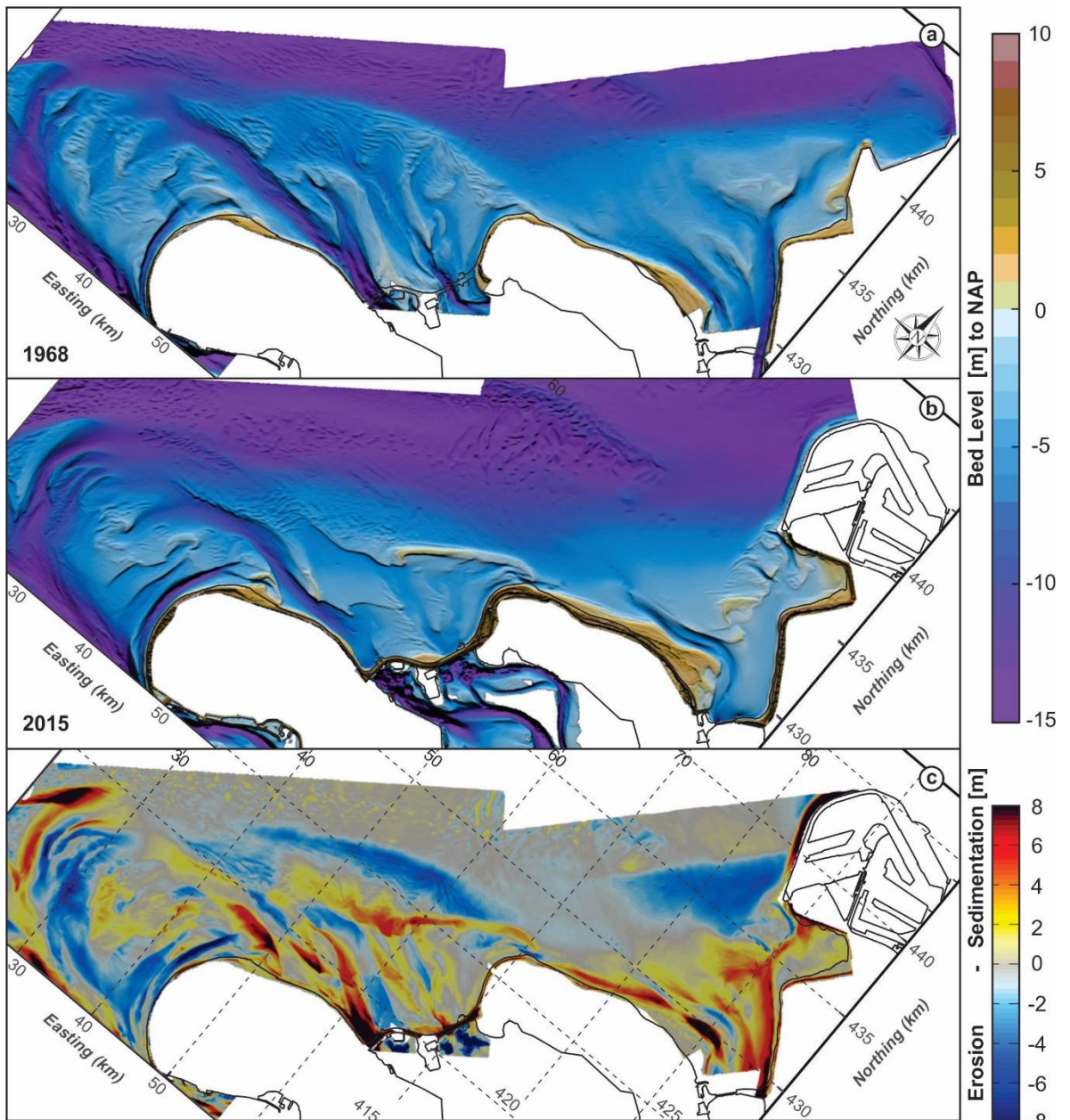
Het Haringvliet werd volledig afgesloten in 1970. In de daaropvolgende jaren erodeerde de zeewaartse zijde van de buitendelta en groeide de kust-parallel gelegen Hinderplaat snel in zowel lengte als hoogte (Figuur 3.14 subplot a, b en c). De afname van de stroomsnelheden veroorzaakte aanslibbing in de zeegaten, behalve in het Gat van de Hawk. De noord-zuid georiënteerde getijstroming in de Noordzee begon het stromingspatroon in de zeewaarts gelegen geulen te overheersen. De toegenomen stroming in het Gat van de Hawk gedurende een deel van de getijcyclus veroorzaakte erosie in deze geul (Rijkswaterstaat, 1973), maar de overige geulen sedimenteerden en vulden zich, vooral met slib. Piekhaar & Kort (1983) melden een dikte tot 4,8 m slib (met minder dan 10% zand) in het Rak van Scheelhoek. De buitendelta kromp in oppervlakte en omdat de hoogte van de platen afnam vulden de geulen zich en nam de gemiddelde diepte af. Figuur 3.16 c laat het sedimentatie-erosie patroon zien over de periode 1968-2015.



Figuur 3.14 Bodemligging Haringvliet en Grevelingen buitendelta voor (1964) en na afsluiting van de zeegaten (1976-2015). De locatie van de dwarsprofielen in Figuur 3.15 zijn aangegeven in de kaart van 2012 (Elias en Van der Spek, 2018).



Figuur 3.15 Ontwikkelingen van twee profielen in de Haringvliet (AA') en Grevelingen buitendelta (BB') die de gevolgen van de afsluitingen laten zien. Zie Figuur 3.14 voor de locatie van de profielen. De vooroever is geërodeerd van NAP -10 tot -12 m en een deel van het zand is opgestuwd naar een zandbank op de rand van de delta. Het Haringvliet profiel laat de grootschalige sedimentatie zien van de voormalige getijdgeul Rak van Scheelhoek. (Elias en van der Spek, 2018)



Figuur 3.16 De bodemligging van de Voordelta voor de representatieve jaren (a) 1968 (gebaseerd op Vaklodingen 1967-1969) en (b) 2010 (Vaklodingen 2009-2011). De morfologische veranderingen in deze periode zijn weergegeven in de sedimentatie-erosie patronen in scherm (c). Merk op dat voor het Haringvliet de 2009 bodemligging is gebruikt, dis van voor de aanleg van Maasvlakte2. (Elias en Van der Spek, 2018).

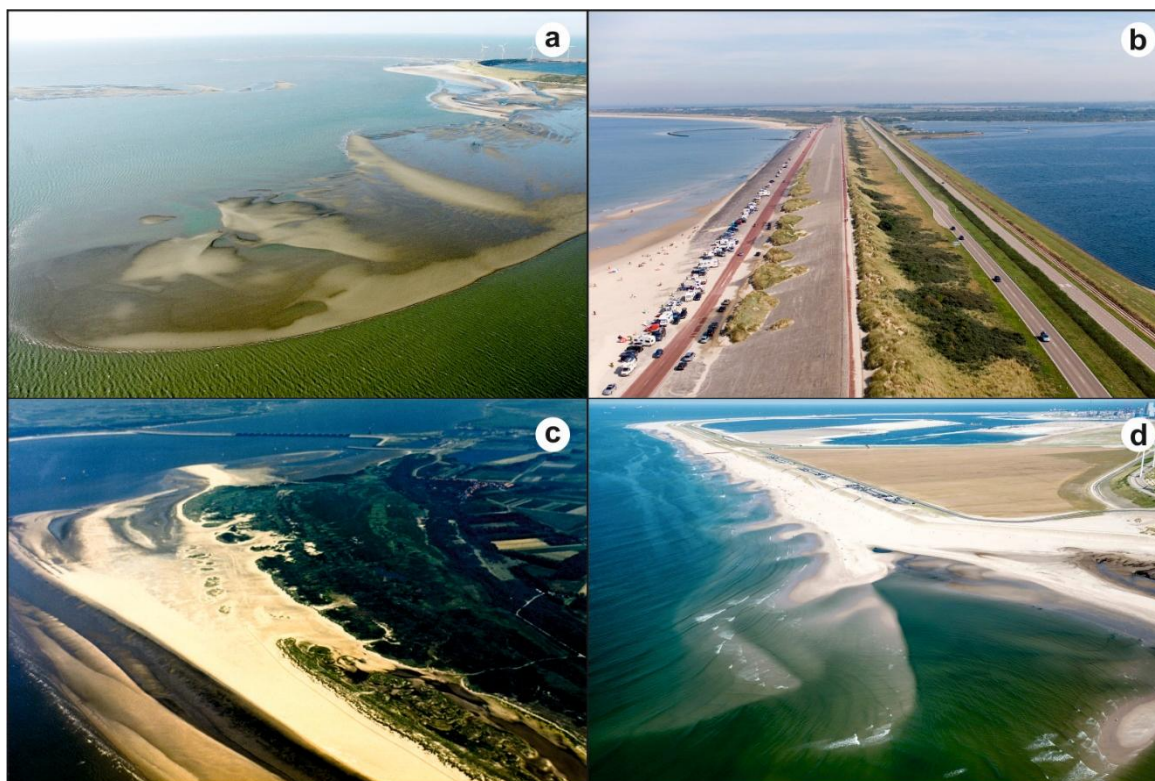
Een grote sedimentaanvoer uit het zuidwesten, gevoed door erosie van de Grevelingen buitendelta en de zandsuppleties op de kust van Goeree, resulteerde in aangroei van de kust van Goeree en uitbreiding van de omgebogen zandspit van Kwade Hoek (Figuur 3.14 [12]). De enige overgebleven getijdegeul in de Haringvlietdelta werd het Slijkgat (Figuur 3.14 [2]). Deze doet dienst als de hoofdafvoergeul van de Haringvlietsluizen en als vaargeul naar de visserijhaven Stellendam. Deze geul moest regelmatig worden uitgebaggerd om de minimale diepte van NAP-4 m te onderhouden. De stranden en duinen op de punt van Voorne bleken kwetsbaar en werden regelmatig gesuppleerd en versterkt. Tussen 1970 en 1986 werd hier een totaal volume van 6,6 miljoen m³ zand aangebracht, vooral als duinversterking.

Tussen 1986 en 1987 is de Slufter aangelegd, het baggerspeciedepot voor vervuild slib uit de Rotterdamse haven, als een uitbreiding van de Maasvlakte. Het bedekte het noordelijk deel van de Hinderplaat, zie Figuur 3.14 [4]. Het Gat van de Hawk verdween bij dit werk en er werd hier een nieuwe geul, het Hindergat [5], gebaggerd. De NNO-ZZW georiënteerde zanddam van de Slufter werd onderhouden met vooroever- en strandsuppleties. Tussen 1991 en 2005 is hier bijna 12 miljoen m³ zand aangebracht. In 1987 zijn de duinen van de punt van Voorne versterkt met 3 miljoen m³ zand en vanaf 1991 wordt de kustlijn van Voorne en Goeree onderhouden met zandsuppleties.

Begin 20^e eeuw zijn opnieuw grote werken in de Haringvlietmond ter hand genomen. Het Flaauwe Werk op de noordkust van Goeree en de duinen op de westpunt van Voorne zijn aangepast aan de nieuwe veiligheidsnormen voor waterkeringen in het kader van de versterking Zwakke Schakels. De zeewering het Flaauwe Werk is verhoogd en verbreed in 2008 en de duinen en het strand bij de westpunt van Voorne zijn verbreed en aangevuld in 2009-2010. Bovendien begon in 2008 de aanleg van de Maasvlakte2, een verder zeewaartse uitbreiding van de Maasvlakte, die hoofzakelijk door opspuiting van zand is gerealiseerd. Na voltooiing van de zandig afgewerkte zeewering in 2012, is deze nieuwe uitbreiding van de haven van Rotterdam verder westelijk in zee gelegen dan de buitendelta ooit was, zie Figuur 3.14 subplot e, daarbij de Haringvlietmond nog verder afschermend tegen golfinval uit noord- en noordwestelijke richting.

Het Slijkgat, welke nu dienst doet als het afvoerkanaal in het zuidelijk deel van de Haringvlietmond, wordt al uitgebaggerd sinds 1970. Een 200 m brede geul werd onderhouden op een diepte van NAP-4 m om de haven van Stellendam toegankelijk te houden. In 2000 werd het baggerwerk aangepast om een 100 m brede vaargeul op NAP-5 m te onderhouden en in 2005 werd de diepte weer vergroot, met 0,5 m (De Winter, 2014, p. 81-82).

De erosie van de buitendelta zette zich ook na 1986 voort, waardoor de reikwijdte van de delta afnam en de overblijvende vlakte achter de Hinderplaat aanzandde en de geulen zich opvulden met slib. Recente analyses van de slibafzettingen in het Rak van de Scheelhoek laten een aanslibbing tot wel 7,5 m dikte zien (Van Heteren, 2002). De hele buitendelta werd landwaarts gestuwd door golfinval. Terwijl de Hinderplaat in hoogte en lengte toenam, nam de breedte af. Dit resulteerde in een doorbraak rond 1996 en er ontstond een meer dynamisch systeem met meerdere smalle geulen (vergelijk Figuur 3.14 subplots c en d, de jaren 1992 en 2012). In de huidige situatie is de Hinderplaat niet langer een duidelijke zandbank, maar is deze uitgebreid naar het oosten en vormt daar een gebied met kleine geultjes en plaatjes (Figuur 3.17a).



Figuur 3.17 Luchtfoto's laten een aantal kenmerkende verschijnselen zien in de buitendelta van Haringvliet en Grevelingen. a: kleinschalige geulen en platen in de Haringvliet delta (nov 2005). b: duinen gevormd op de Brouwersdam door windgedreven transport van zand van strandsuppleties (maart 2008). c: Kwade Hoek bij Goeree met Haringvlietsluizen op de achtergrond (juli 1987). d: omgebogen en 'vliegende' zandspitten langs de westkust van Maasvlakte 2 (juli 2013). (Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Joop van Houdt)

De Winter (2014) beschrijft de groei van het intergetijde platengebied en de samensmelting van de platen tot een 'superplaat' vanaf 2001. Het oppervlak van de platen boven NAP-2,2 m nam toe van 6 km² in 2001 tot 16 km² in 2012. De gemiddelde hoogte van de platen fluctueert sinds 1967 tussen NAP+0,7 m en NAP+0,9 m (het lokaal GHW is NAP+1,24 m). De aanzandingssnelheid is toegenomen vanaf 2009. Ongeveer gelijktijdig met de groei van de 'superplaat' is een kortsluitgeul door de Hinderplaat ontstaan, ongeveer 2 km ten zuiden van het Hindergat.

Door het opruimen van het voorliggende ebschild van de Middengeul wordt eigenlijk rond 1990 een doorgaande geul gevormd, vrijwel evenwijdig aan het Bokkegat. Het landwaarts gedeelte van deze geul en het Bokkegat wordt nog door de Garnalenplaat (noord) gescheiden (Figuur 3.14 [6]). Tussen 1994 en 2003 wordt het Bokkegat vrijwel geheel opgevuld en blijft alleen de Middengeul aanwezig. Ook de Middengeul wordt door landwaartse migratie van de Hinderplaat steeds verder dichtgedrukt en is in 2012 vrijwel geheel opgevuld.

Reintjes (2002) analyseerde de spitvorming bij Kwade Hoek, bij de noordoostelijke punt van Goeree. De vorming van drie achtereenvolgende generaties kon worden onderscheiden. Doordat de vorming van een nieuwe spit zeewaarts van een bestaande deze afschermt van golfwerking en zandaanvoer, zal de spitvorming geleidelijk verschuiven van oost naar west. Daarnaast blokkeerde de zuidwaartse migratie van het Slijkgat een verdere uitbreiding van de

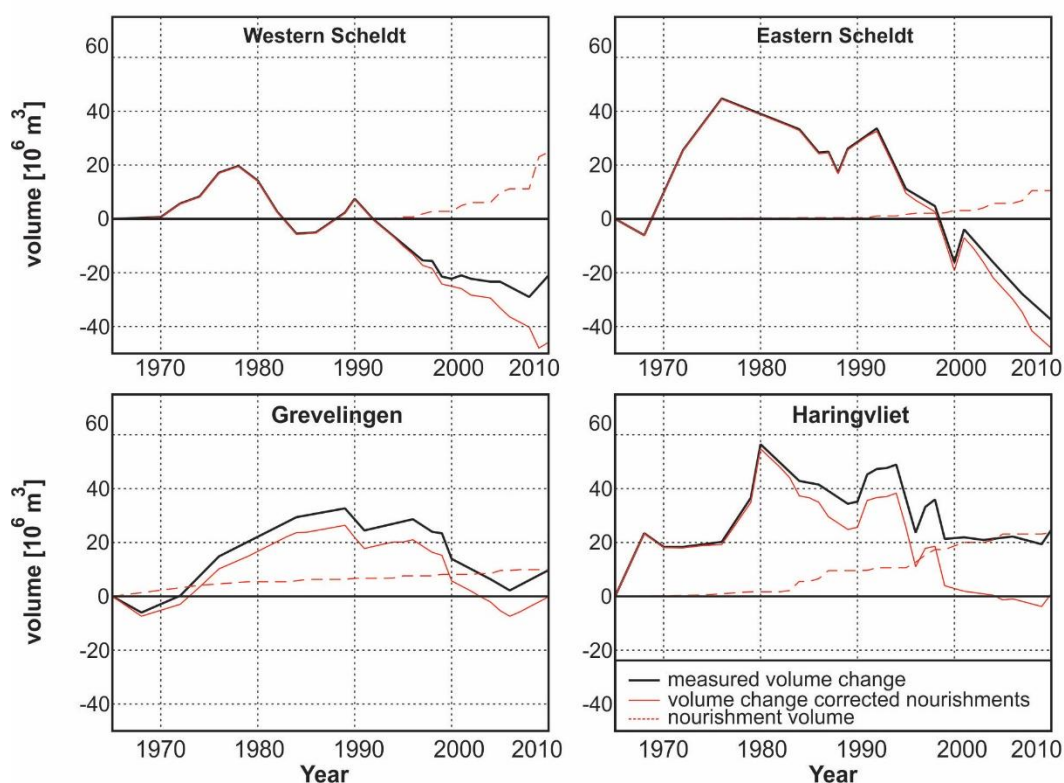
zandspitten of erodeerde deze. Hieronder ontstond een fan-vormig zandspit complex (Figuur 3.14 1992-2012, Figuur 3.17 c). Een vergelijkbare ontwikkeling kon eerder worden waargenomen langs de noordkust van Voorne. Reintjes (2002) stelde snelle aangroei vast in het gebied tussen de meest westelijke spit en het Flaauwe Werk vanaf midden '90-er jaren. De groei van dit gebied lijkt te zijn gekoppeld aan de erosie van de oostelijke punt van Goeree. Transport van zand door het Slijkgat naar het westen tijdens hoogwaterafvoeren door de Haringvlietssluisen zou dit kunnen verklaren. Als dit gebied begint te groeien zou daardoor het kustlangse transport vanuit het westen gedeeltelijk geblokkeerd kunnen worden wat tot nog meer aanzanding zou kunnen leiden. Daarnaast kan ook de algehele verondieping van de zeezijde van de delta hiertoe bijdragen.

Samenvattend: Na de afsluiting van de Haringvlietmonding (1970) reduceert de estuarium-gedreven getijstrooming naar vrijwel nul. De strooming in de Haringvlietmonding wordt nu vooral gedreven door het Noordzeegetij. Dit veroorzaakt een rondstroming. Het water stroomt het mondinggebied in via het Slijkgat en stroomt het gebied uit door het Gat van de Hawk/Hindergat en vice versa na kentering. Initieel is deze rondstroming nog vrij groot door de nog aanwezige geulen. Door de overheersende golfenergie verplaatsen de platen landwaarts en nemen in hoogte toe. De geulen worden door deze platen langzaam weggedrukt en vullen op met sediment. Met het verdwijnen van de geulen vermindert ook de rondstroming. Vooral in de recente periode, sinds 1995, zien we dat vrijwel alle geulen dichtgedrukt worden. Alleen het Slijkgat blijft nog redelijk goed behouden.

3.3.5 Ontwikkeling zandvolumes buitendelta (Elias et al, 2016)

Sinds 1980 is het volume van de buitendelta van de Oosterschelde behoorlijk afgenomen met 77 miljoen m³ (Figuur 3.18 rechtsboven), een erosiesnelheid van gemiddeld -2,67 miljoen m³/jaar. Het grootste deel van deze verliezen trad op in de Banjaard (-49 miljoen m³). De volumeveranderingen van de Westerschelde, Grevelingen en Haringvliet buitendelta's zijn geringer dan die van de Oosterschelde.

Tussen 1965 en 2010 is het volume van de Haringvliet en Grevelingen buitendelta toegenomen met 25 resp. 10 miljoen m³ hoewel meer recent weer zandverliezen te zien zijn. De grootschalige sedimentatie in de Haringvliet buitendelta (Figuur 3.18 rechtsonder) tussen 1965 en 1980 is mogelijk het gevolg van de vorming van de Hinderplaat. Consolidatie van dikke pakketten slib in het Rak van de Scheelhoek kunnen het volumeverlies tussen 1980 en 2000 verklaren. Tegenwoordig blijft het volume stabiel, waarschijnlijk mede door de aanleg van Maasvlakte 2 tussen 2003 en 2008, waarbij 240 miljoen m³ zand is gesuppleerd. Deel van de tussen 1989 en 2006 waargenomen erosie van de Grevelingen buitendelta (Figuur 3.18 linksonder) zal naar het noordoosten zijn getransporteerd langs de kust van Goeree en verklaart de waargenomen aanzanding bij Kwade Hoek.



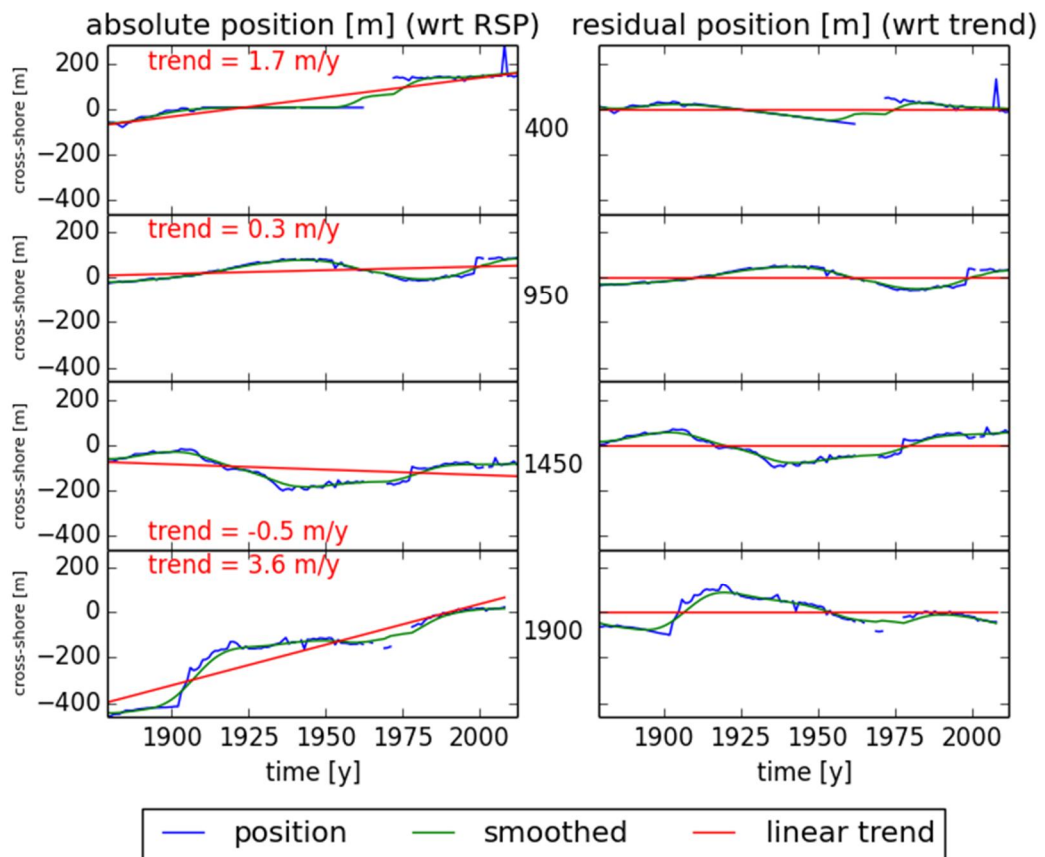
Figuur 3.18 Cumulatieve volumeveranderingen van de verschillende buitendelta's (zwarte lijn), het volume gecorrigeerd voor suppleties (rode getrokken lijn) en het totale suppletievolume (gestreepte lijn) (Elias et al, 2016).

3.3.6 Zandgolven voor de kust van Goeree

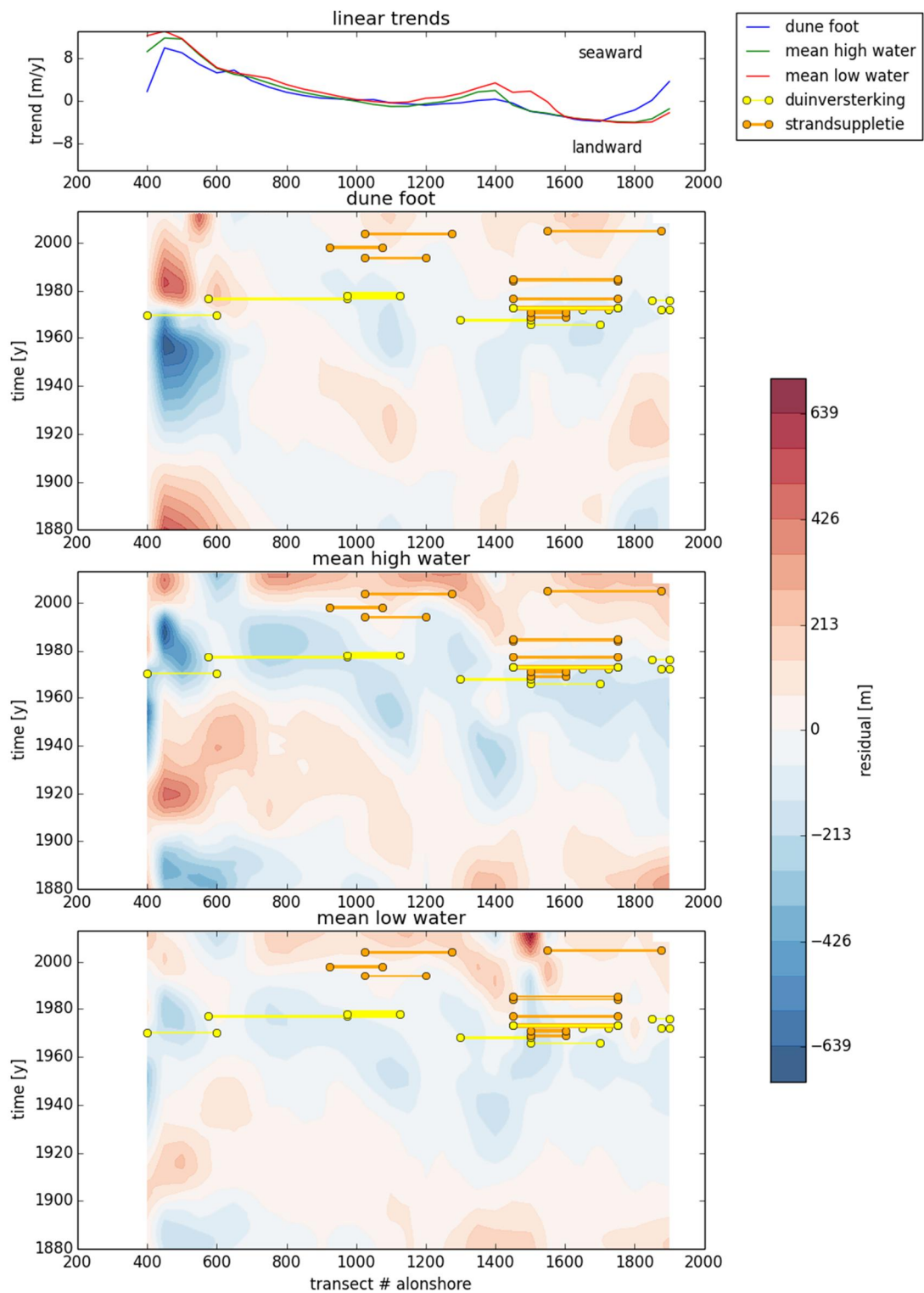
Giardino e.a. (2014) hebben onderzoek gedaan naar horizontale zandgolven voor de kust van Goeree. Deze zandgolven migreren vanaf ongeveer raai 1500 in oostelijke richting. Tussen raai 1500 en 1900 gedragen ze zich daarbij meer als een staande golf. De aanwezigheid van zandgolven wordt ook bevestigd door Figuur 3.19 en Figuur 3.20, die het morfologische gedrag weergeven van de raaien 400, 950, 1450 en 1900.

In Figuur 3.19 zijn de zandgolven duidelijk zichtbaar door periodieke fluctuaties in de duinvoetpositie op de raaien 400, 950, 1450 en 1900. In Figuur 3.20 zijn de zandgolven langs de gehele kust van Goeree te zien, aan de hand van de schuin lopende patronen. Merk op dat de raaien langs de horizontale as van de figuur oplopen. Dit komt overeen met een richting van oost naar west (links is oost, rechts is west).

Zowel Verhagen (1989, *in*: Giardino 2014) als Giardino (2014) komen op een golfperiode van 100 jaar voor de zandgolven.



Figuur 3.19 Duinvoetpositie voor vier raaien op Goeree (400, 950, 1450 en 1900). De blauwe lijn stelt de daadwerkelijke verandering in de duinvoetpositie voor. De groene lijn geeft de 'gladgemaakte' verandering in duinvoetpositie, na het toepassen van een zogeheten low-pass filter. De rode lijn geeft de lineaire trend weer. In de linker figuur is de positie uitgedrukt ten opzichte van het RSP punt. In de rechterfiguur is de positie uitgedrukt ten opzichte van de lineaire trend (residuele positie). (Giardino, 2014).



Figuur 3.20 Contourplaatjes van de residuele positie (ten opzichte van de lineaire trend) van de duinvoet, gemiddelde hoogwaterlijn en gemiddelde laagwaterlijn. De bijbehorende lineaire trend is weergegeven in de bovenste grafiek. Merk op dat de raaien langs de horizontale as van de figuur oplopen, wat overeenkomt met een richting van oost naar west (links is oost, rechts is west). (Uit: Giardino, 2014).

3.3.7 Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen (Vermaas, 2014)

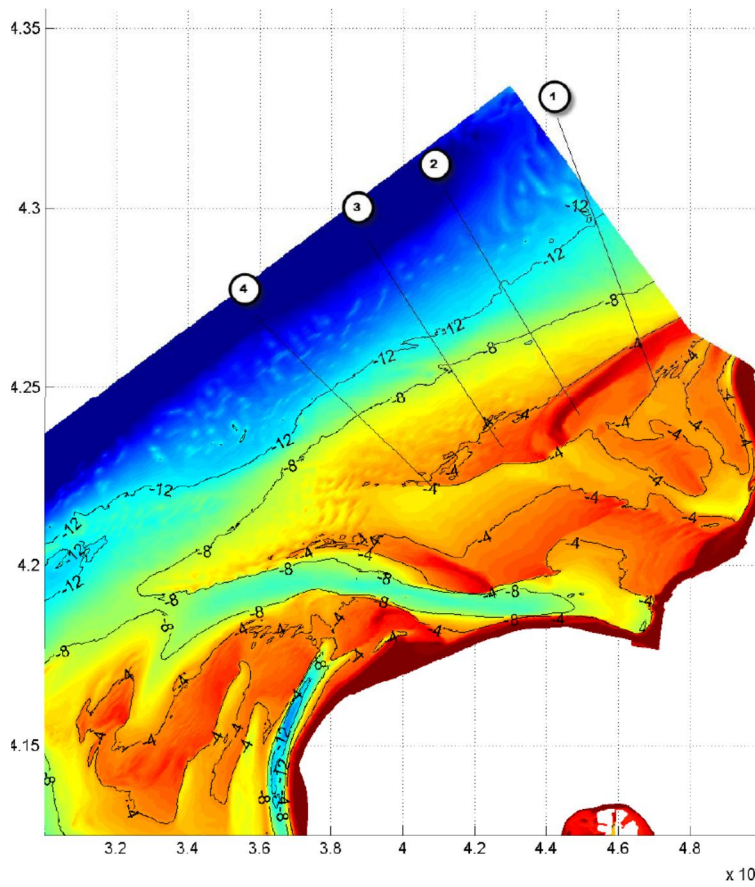
In een aantal geanalyseerde profielen dwars op de vooroever van de Grevelingen buitendelta tussen 1960 en 2010 (Figuur 3.21) is duidelijk te zien dat de vooroever in landwaartse richting is verplaatst. Dit werd veroorzaakt door verandering in de hydrodynamica van het gebied door de afsluiting van de Grevelingen in 1965 en met name na de afsluiting van het Brouwershavense Gat die in 1971 voltooid was. Hierdoor ontstond er een afname van de getijdewerking in oostwest richting en daardoor een relatieve toename van de golfwerking die voor de landwaartse verplaatsing zorgde.

De afstand en daarmee de snelheid waarmee de vooroever zich heeft verplaatst varieert met de diepte in de profielen. In de regel neemt de snelheid af met de diepte, wat het duidelijkst zichtbaar is in de profielen die centraal op de buitendelta zijn gelegen. Hierin is de verplaatsing tussen de 40 en 50 meter per jaar rond de diepte van -5 m NAP en neemt af tot minder dan 10 meter per jaar rond de diepte van -10 m NAP. De verplaatsingsnelheid is gedurende de gehele periode vrij constant. Onder de -10 m NAP neemt de snelheid niet veel verder af.

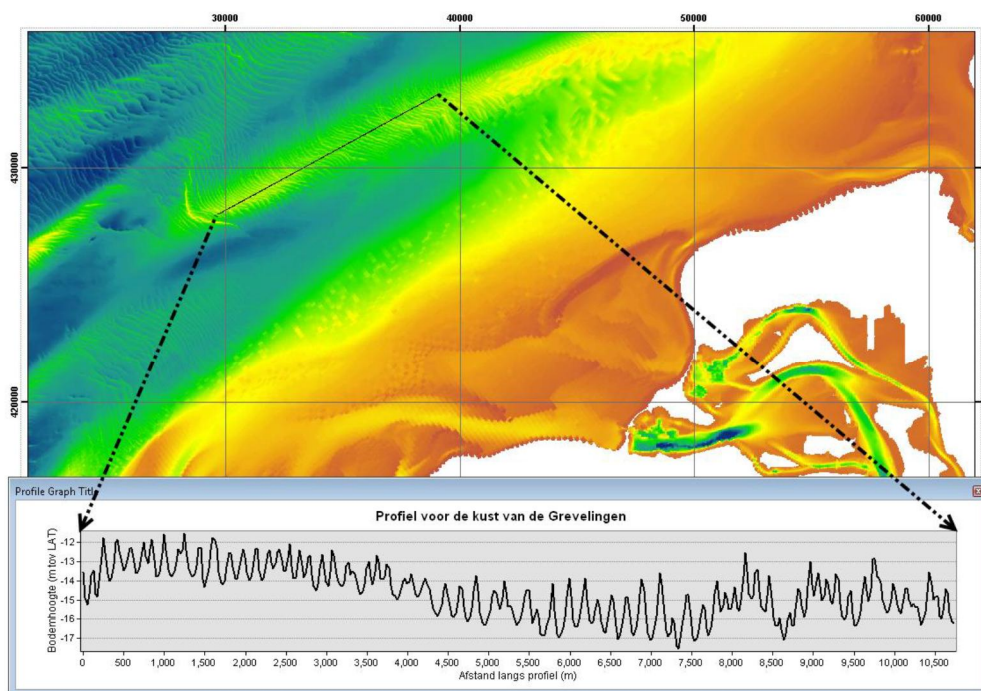
Voor de diepste delen van de profielen is het mogelijk dat migratie van zandgolven hier zorgt voor veranderingen in de diepte. Tot ongeveer -12 m NAP is er nog een kleine, maar vrij constant landwaarts gerichte verplaatsing. Daaronder lijkt er een afwisseling te zijn in de richting van de verplaatsing, hoewel niet voor alle dieptes even duidelijk. De veranderingen op deze dieptes zijn veel kleiner en liggen grotendeels binnen 300 meter. De zandgolven zijn duidelijk zichtbaar iets verder uit de kust in bathymetrische kaarten van de Hydrografische Dienst van de Marine, zie Figuur 3.22. Het is echter lastig te zien tot hoe dicht bij de buitendelta ze aanwezig zijn, doordat de data daar een lagere nauwkeurigheid lijken te hebben.

De processen die voor de hierboven beschreven veranderingen zorgen zijn anders voor de verschillende dieptes. De ondiepste delen, ca. -4 tot -6 m NAP, worden dagelijks door golfwerking beïnvloed. Op grotere diepte, ca. -6 tot -10 m NAP, zijn het de grotere golven die effect hebben, die niet dagelijks aanwezig zijn maar tijdens stormen voorkomen. Met het afnemen van de invloed van golven is het effect van het getij relatief belangrijker. Onder ca. -10 m NAP is het getij het belangrijkste proces dat voor morfologische veranderingen zorgt.

Belangrijkste conclusie is dat op een termijn van 50 jaar de morfologische veranderingen van de ebdelta van de Grevelingen voornamelijk plaatsvinden boven -10 m NAP. Daaronder is de verandering relatief klein. De verplaatsing van de diepere lijnen is ook niet consequent landwaarts en hangt mogelijk samen met de aanwezigheid van zandgolven.



Figuur 3.21 Bathymetrie Grevelingen buitendelta in 2010 met ligging geanalyseerde profielen



Figuur 3.22 Morfologie van de zeebodem zeewaarts van de Grevelingen delta, met een profiel door een zandgolvenveld. Bron van de data: Hydrografische dienst der Koninklijke Marine en Rijkswaterstaat (uit Vermaas, 2014).

4 Kustlijnhandhaving en ontwikkeling vooroever

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkelingen van de vooroever, in relatie tot het uitgevoerde beheer voor het kustvak Ameland, met name de zandsuppleties. Jaarlijks wordt aan de hand van posities van de MKL en de TKL getoetst hoe de kustlijn erbij ligt ten opzichte van de BKL (voor uitleg zie Appendix A.1). De resultaten van deze beoordeling worden vastgelegd in het jaarlijks uitgegeven kustlijnkartenboek van Rijkswaterstaat. Hierin wordt aangegeven wat de ligging van de TKL is t.o.v. BKL, kustlijntrends (in m/jaar, landwaarts of zeewaarts), zie ook paragraaf 4.3. De kustlijnkartenboeken (van 1992 t/m 2018) zijn te downloaden op de website van Rijkswaterstaat:

<http://publicaties.minienm.nl/documenten/kustlijnkarten-seriebeschrijving>

Figuur 1.1 en Figuur 1.2 geven een overzicht van het kustvak met de ligging van de Jarkus raaien. Paragraaf 4.2 geeft een gedetailleerd overzicht van de ingrepen (suppleties) die langs de kust van Voorne en Goeree hebben plaats gevonden. De detailontwikkeling van de vooroever met de kustindicatoren staat beschreven in paragraaf 4.3 en de dynamiek van de zeereep in paragraaf 4.4.

In de Kustviewer (<http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>) is ook veel informatie te vinden in kaartvorm over de toestand van de kust en de zandsuppleties.

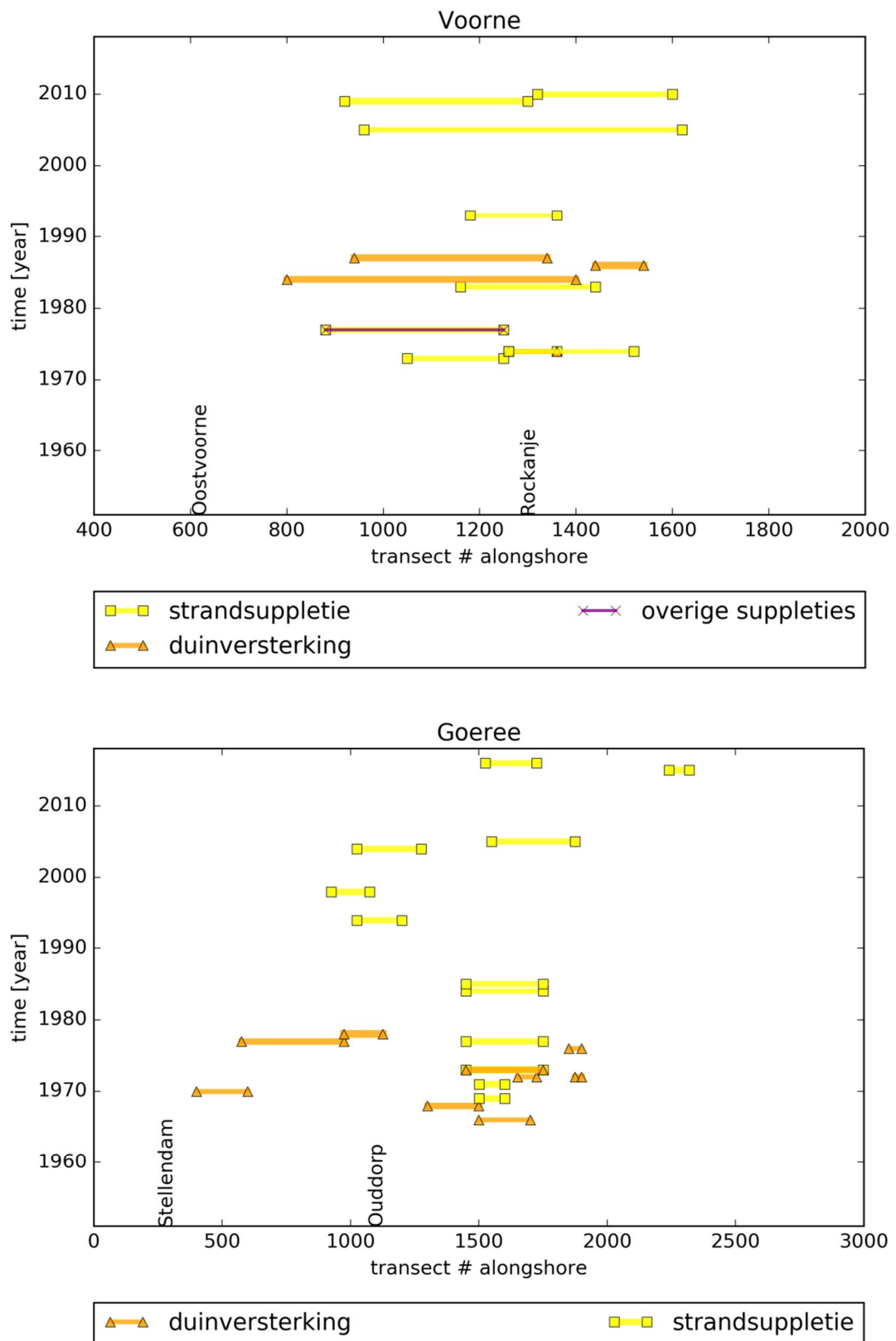
4.2 Uitgevoerde zandsuppleties

4.2.1 Overzicht zandsuppleties

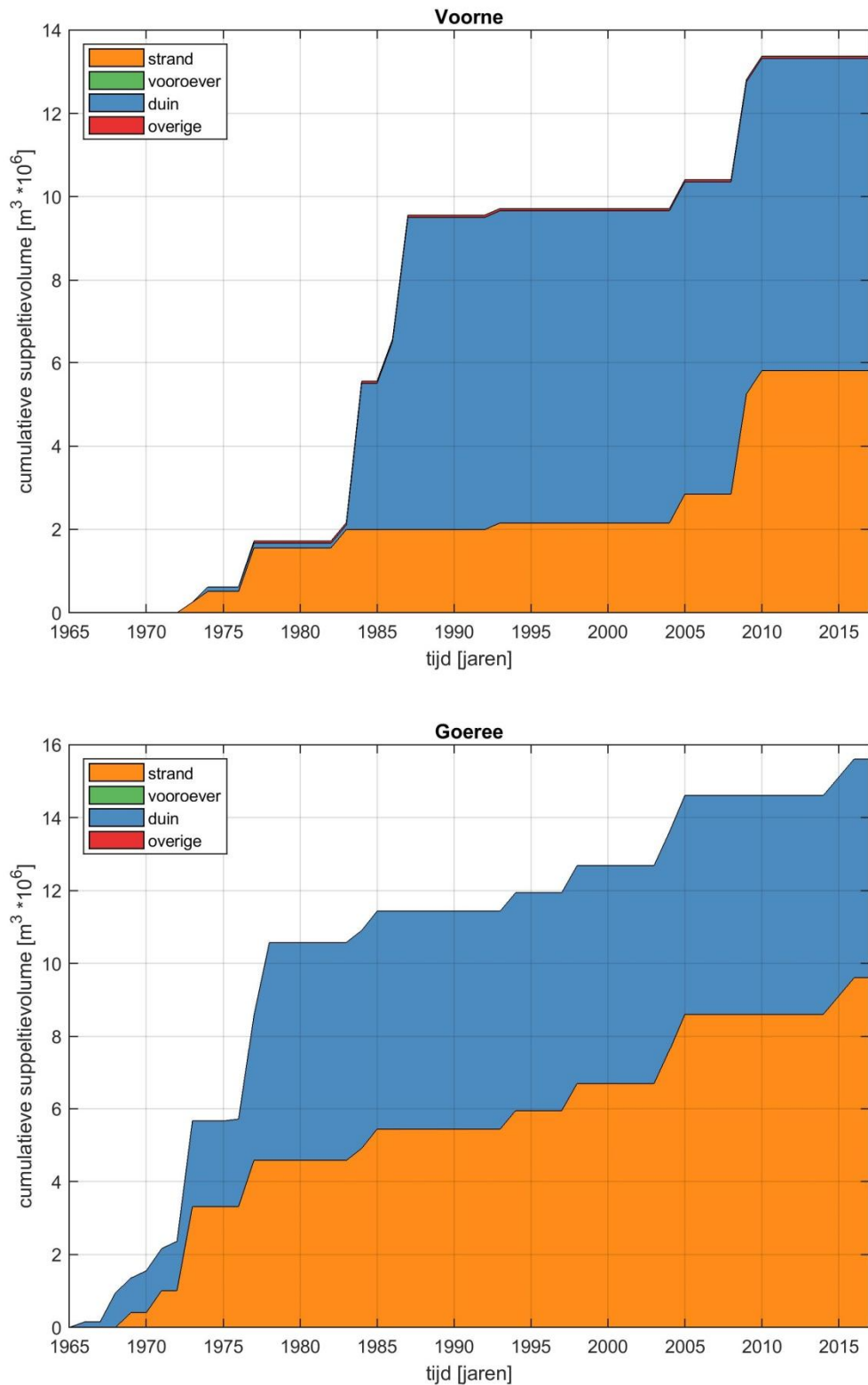
Op Voorne zijn vóór 1990 al grote suppleties uitgevoerd. Deze betreffen de duinversterkingen van het gehele eiland in het kader van de Deltawerken, uitgevoerd in de jaren 1984 – 1987. Tussen 2009 en 2011 is opnieuw een grote duinversterking uitgevoerd in het kader van het Zwakke-Schakelprogramma. Hier ging het alleen om de kop van Voorne tussen RSP 920 en 1300. Deze is tegelijkertijd uitgevoerd met een kleinere strandsuppletie op het zuidelijke deel tussen RSP 1320 en 1600. De totale hoeveelheid betreft ongeveer 3,0 miljoen m³. Sindsdien zijn hier geen suppleties uitgevoerd. Op Goeree is het meest recent in 2016 een zandsuppletie uitgevoerd op het Westhoofd.

In Appendix C zijn de kaartjes van de kustvakken Voorne en Goeree met de locaties van de uitgevoerde suppleties opgenomen. Figuur 4.1 geeft voor beide kustvakken een overzicht van locatie, uitvoeringsperiode en type van de suppleties. Figuur 4.2 geeft het totale gesuppleerde volume weer en Figuur 4.3 geeft de totale hoeveelheden per periode per strekkende meter kustlengte.

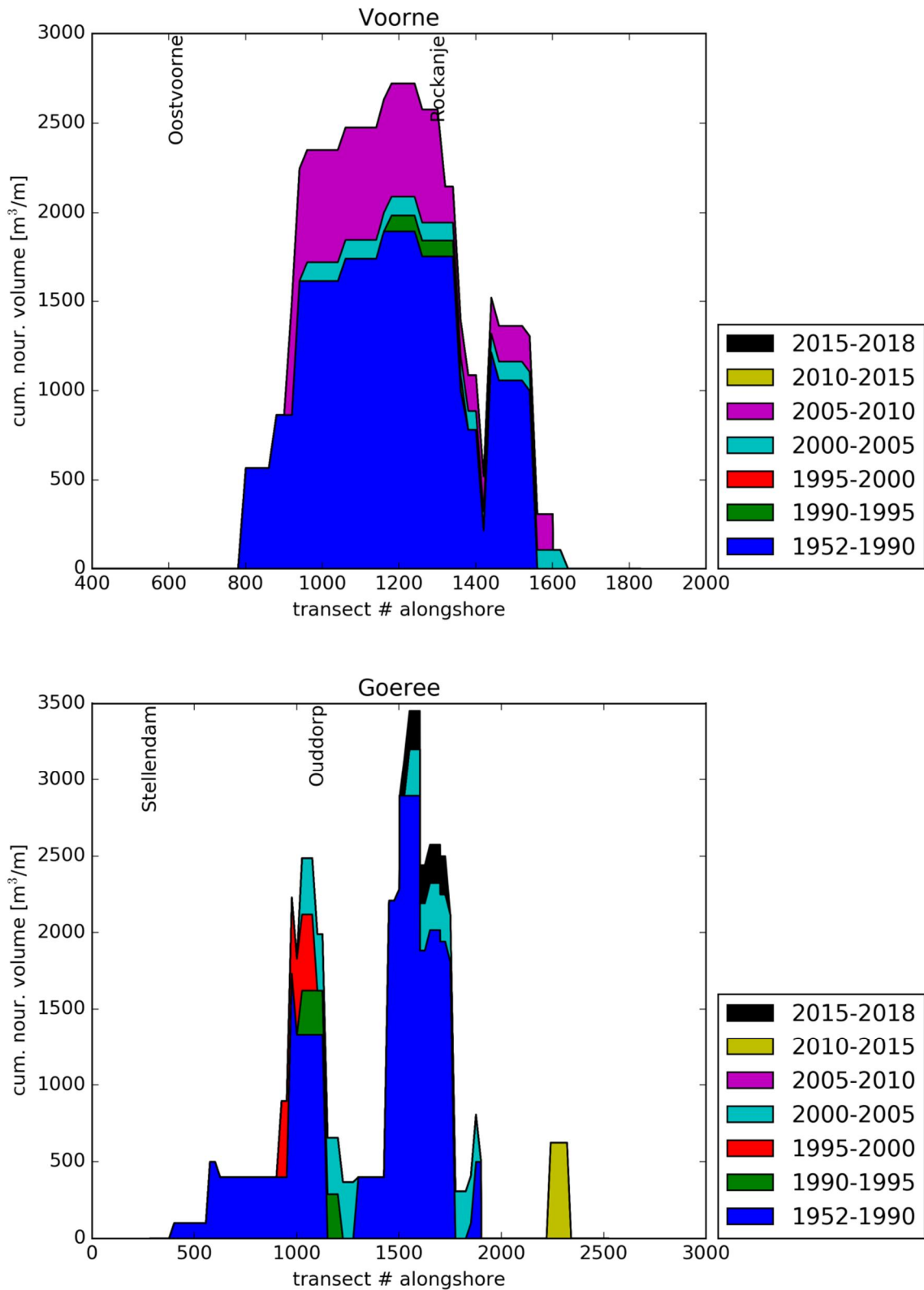
De periode van vóór 1990 is in zijn geheel samengenomen. In deze figuur vallen vooral de grote suppleties voor 1990 (donkerblauw) op, dit betreft vooral de duinsuppleties (oranje in Figuur 4.1 en blauw in Figuur 4.2) in het kader van de Deltaversterking uitgevoerd in de jaren 1966 – 1987. Tabel 4.1 en Tabel 4.2 geven het volledige getalsmatige overzicht van de suppleties voor de kustvakken 11 Voorne resp. 12 Goeree.



Figuur 4.1 Overzicht uitgevoerde suppleties per raai per jaar t/m 2017. Boven kustvak Voorne, onder Goeree. Blauw = vooroeversuppletie, Geel = strandsuppletie en Oranje = Duinversterking



Figuur 4.2 Cumulatief per kustvak aangebrachte suppletievolumen t/m 2018. Boven kustvak Voorne, onder Goeree. Groen = vooroeversuppletie, Oranje = strandsuppletie en Blauw = Duinversterking)



Figuur 4.3 Cumulatieve suppletievolume per m per raai t/m 2018. Boven kustvak Voorne, onder Goeree. Kleur geeft de periode aan.

Tabel 4.1 Overzicht suppleties kustvak 11 Voorne.

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m ³]	volume [m ³ /m]
strandsuppletie	1973 – 1973	1050	1250	2000	250.000	125
strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1360	1000	110.000	110
duinverzwaring en strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1360	1000	110.000	110
strandsuppletie	1974 – 1974	1260	1520	2600	150.000	58
strandsuppletie	1977 – 1977	880	1250	3700	1.045.000	282
depot	1977 – 1977	880	1250	3700	55.000	15
strandsuppletie	1983 – 1983	1160	1440	2800	440.000	157
duinverzwaring zeewaarts	1984 – 1984	800	1400	6000	3.400.000	567
duinverzwaring	1986 – 1986	1440	1540	1000	1.000.000	1000
duinverzwaring	1987 – 1987	940	1340	4000	3.000.000	750
strandsuppletie	1993 – 1993	1180	1360	1800	160.000	89
strandsuppletie	2005 – 2005	960	1620	6400	691.403	108
duinverzwaring Zwakke Schakel	2009 – 2010	920	1300	2800	2.400.000	632
strandsuppletie	2010 – 2010	1320	1600	2800	560.000	200

Tabel 4.2 Overzicht suppleties kustvak 12 Goeree.

type suppletie	aanleg [jaar]	beginraai [RSP]	eindraai [RSP]	lengte [m]	volume [m ³]	volume per m [m ³ /m]
duinverzwaring	1966 – 1966	1500	1700	2000	150.000	75
duinverzwaring landwaarts	1968 – 1968	1300	1500	2000	800.000	400
strandsuppletie	1969 – 1970	1501	1601	1000	401.000	401
duinverzwaring	1970 – 1970	400	600	2000	200.000	100
strandsuppletie	1971 – 1971	1501	1601	1000	610.000	610
duinverzwaring	1972 – 1972	1650	1725	750	100.000	133
duinverzwaring	1972 – 1972	1875	1900	250	100.000	400
strandsuppletie	1973 – 1974	1450	1750	3000	2.300.000	767
duinverzwaring	1973 – 1974	1450	1750	3000	1.000.000	333
duinverzwaring	1976 – 1976	1850	1900	500	50.000	100
duinverzwaring landwaarts	1977 – 1979	575	975	4000	1.600.000	400
strandsuppletie	1977 – 1977	1450	1750	3000	1.267.000	422
duinverzwaring landwaarts	1978 – 1979	975	1125	1500	2.000.000	1333
strandsuppletie	1984 – 1984	1450	1750	3000	330.000	110
strandsuppletie	1985 – 1985	1450	1750	3000	530.000	177
strandsuppletie	1994 – 1994	1025	1200	1750	505.678	289
strandsuppletie	1998 – 1988	925	1075	1500	745.376	497
strandsuppletie	2004 – 2004	1025	1275	2500	920.424	368
strandsuppletie	2005 – 2005	1550	1875	3250	1.000.552	308
dijk in duin	2007 – 2009	1100	1300	2000	290.000	145
strandsuppletie	2016 – 2016	1525	1725	2000	500.000	250

4.2.2 Verkenning morfologische effecten (geulwand-)suppletie Bollen van de Ooster (Elias, 2015)

Langs de zuidwest kust van Goeree (raaien 1250-1500), zie Figuur 4.4, vindt er structurele erosie plaats. Uit de toetsing van de kustlijn (1-1-2015) volgt dat de BKL overschreden zal worden. Om de BKL te handhaven is een suppletie gewenst. Door middel van analyse van de beschikbare bodemmetingen, aangevuld met eenvoudige modelsimulaties, wordt in deze studie antwoord gegeven op de vraag: *Wat zijn de gevolgen van een geulwandsuppletie in de geul tussen de Bollen van Ooster en Goeree en is het verstandig om deze uit te voeren?*

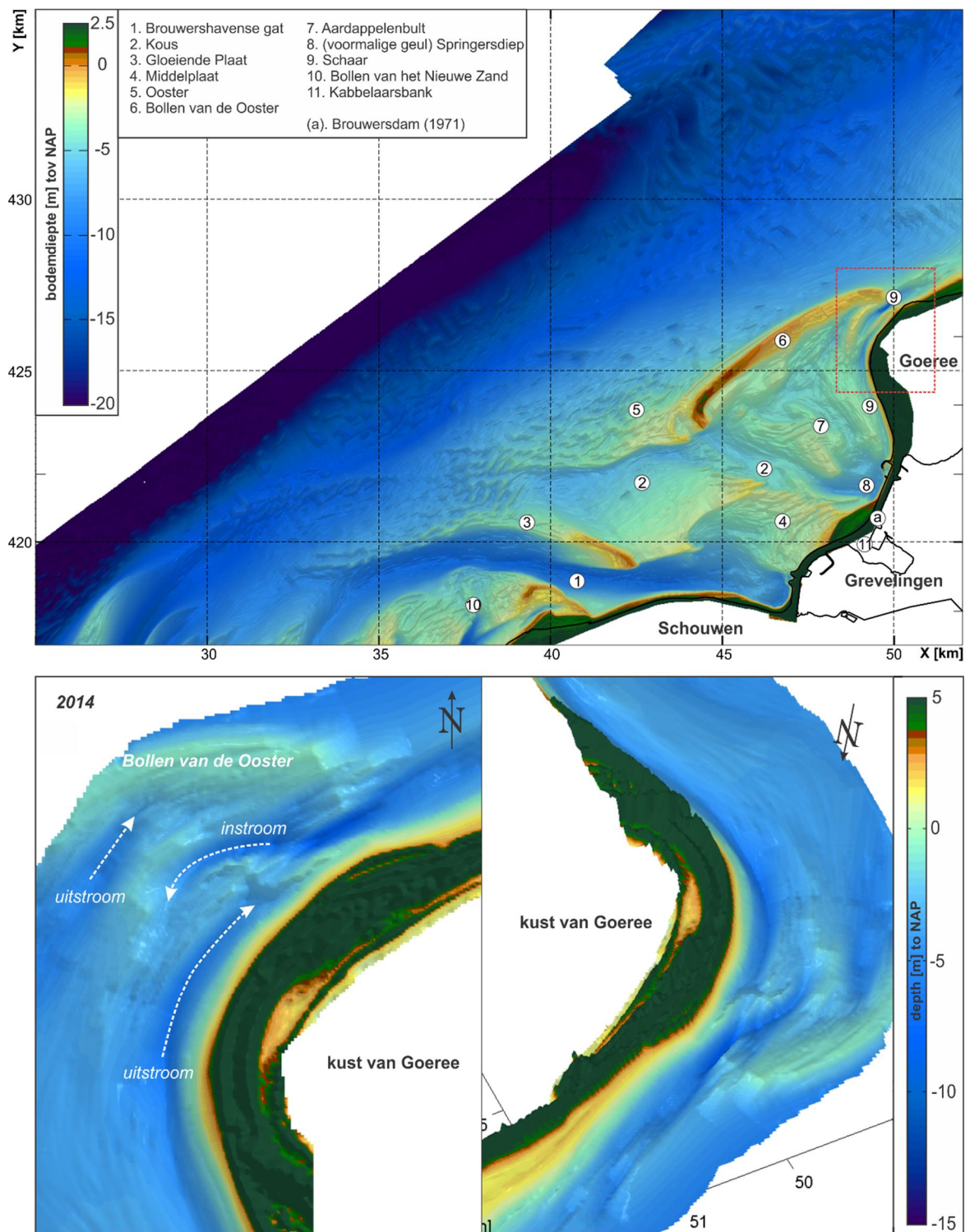
Morfologische veranderingen

De Bollen van de Ooster verplaatsen zich noordoostwaarts (en landwaarts). De geul die zich tussen de Bollen van de Ooster en de kust bevindt, volgt deze ontwikkeling en wordt tegen de kust gedrukt. Op basis van de modelresultaten kan deze beschrijving worden aangescherpt. De modelresultaten laten zien dat juist tijdens afgaand getij op zee, hoge zuidwaarts gerichte stroomsnelheden langs de kust van Goeree ontstaan. Deze stromingen worden samengeknepen en versnellen tussen de Bollen van de Ooster en de kust. Dit veroorzaakt hier hoge (in)stroomsnelheden. Deze stromingen verklaren de aanwezigheid van de diepe geul die zich aan de kop van de Bollen van de Ooster heeft gevormd. Deze geul beweegt zich mee, met de verplaatsing van de Bollen van de Ooster. De Bollen van de Ooster verplaatsen zich noordwaarts door de overheersende golfgedreven transporten. De stromingen die tussen de Bollen en de kust worden geperst zullen bijdragen tot het zeewaarts houden van de Bollen. Zonder deze stroming zouden de Bollen van de Ooster tegen de kust zijn gedrukt. Het erosiegebied dat samenhangt met de geul en stromingen verplaatst zich dus ook langzaam noordwaarts. Elias (2015) heeft niet gekeken naar de noordelijke grens van invloed. Toch is het aannemelijk dat erosie rond km. 12 gerelateerd zal zijn aan de versnelling van de stroming naar de Bollen toe en de daaruit volgende transportgradiënten.

Cyclisch gedrag

Cyclisch gedrag, het periodiek aanlanden van kleinere banken op de kust van Goeree, is waarneembaar in de periode tot 1994. Eigenlijk is dit de periode voordat de Bollen van de Ooster zich als lange, hoge en ondoorbroken bank heeft gevormd. Sindsdien accumuleert het zand zich in de Bollen van de Ooster en niet in kleinere banken die kunnen aanlanden. Daarnaast bevindt er zich sinds 1994 een barrière tussen de Bollen en de kust, in de vorm van een relatief grote geul. Het ontstaan en gedrag van de Bollen van de Ooster is een eenmalige gebeurtenis en gerelateerd aan de afsluiting van de Grevelingen monding, waardoor er heel veel zand te ver zeewaarts ligt. Dit zand, het voormalige buitendeltafront, wordt door golven landwaarts verplaatst en heeft zodoende de Bollen van de Ooster gevormd. Uiteindelijk zal er zich een 'normale strandvlakte vormen'. De veranderingen van de Hinderplaat in de naastliggende Haringvlietmonding geven een goed toekomstbeeld van de toekomstige ontwikkelingen van de Bollen van de Ooster.

Een belangrijke conclusie is dat een reguliere geulwandsuppletie, waarbij de geul slechts gedeeltelijk wordt volgestort, leidt tot grotere instroomsnelheden ter plaatse van de suppletie. Hierdoor zullen zal de suppletie eroderen met verliezen die waarschijnlijk hoger zijn dan op basis van de huidige trend zou worden afgeschat. Er treden geen significante (negatieve) veranderingen in stromingen op langs de kust buiten het suppletiegebied. Een geulwandsuppletie waarbij de gehele geul wordt afgesloten zorgt ervoor dat de instroming niet meer kan plaatsvinden, waardoor ook het gebied van erosie zal verdwijnen. Deze ingreep zal echter wel een significante morfologische verandering in het gebied veroorzaken.

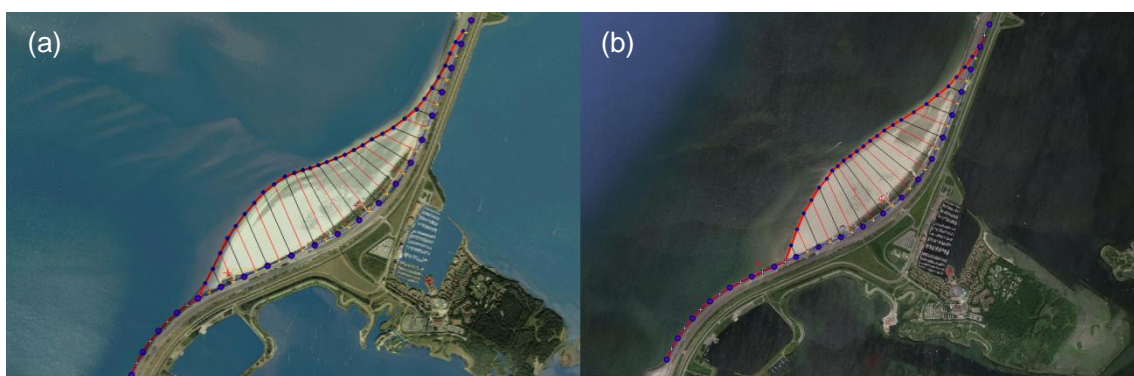


Figuur 4.4: Ligging van de belangrijkste geulen en platen in de Grevelingenmondning (boven) en (onder) detail weergave (bovenaanzicht en 3D perspectief) van de kop van de Bollen van de Ooster (zie rode polygoon in bovenste paneel voor ligging) (Elias, 2015).

4.2.3 Morfologische modellering van een zandsuppletie bij de Brouwersdam (Schrijvershof, 2015)

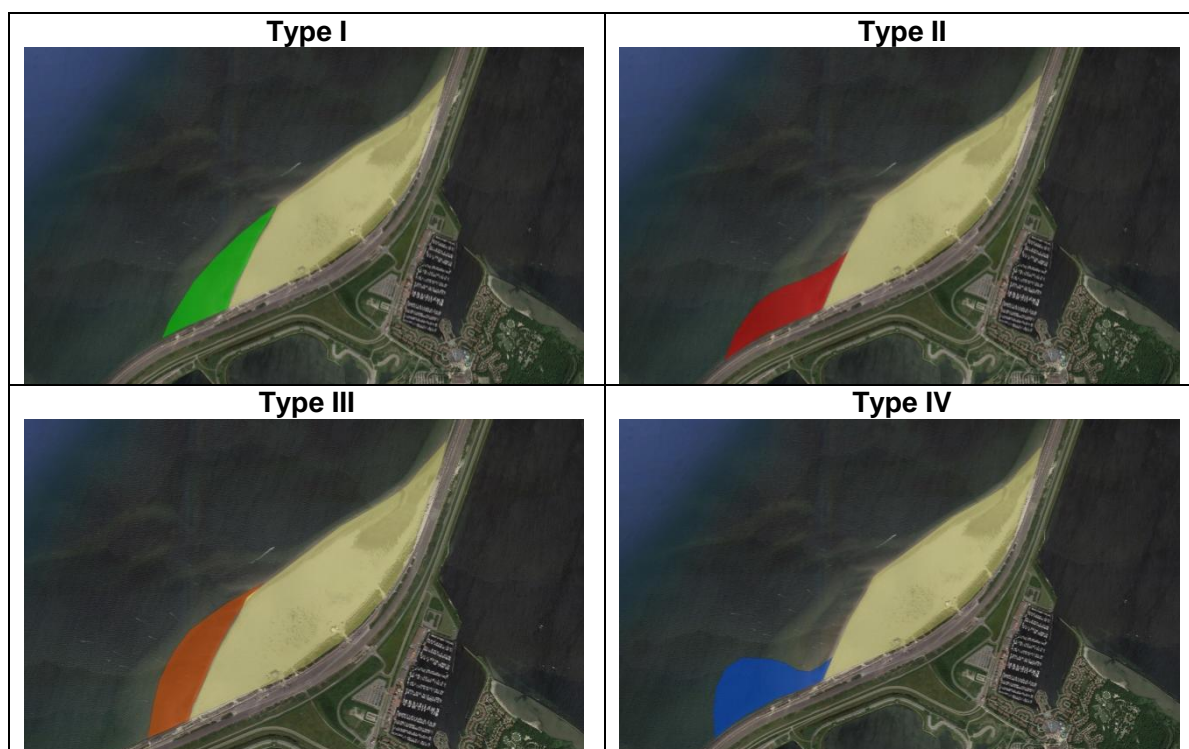
In Schrijvershof (2015) wordt aan de hand van een locatie bij de Brouwersdam, zie Figuur 4.5, de modellering van een zandsuppletie in dwarsprofielen met UNIBEST CL+ vergeleken met metingen. Het model wordt gebruikt om de vormgeving van de zandsuppletie te optimaliseren qua levensduur.

De zandsuppletie bij de Brouwersdam valt feitelijk niet binnen kustlijnzorg, maar de studie is wel van belang voor het modelinstrumentarium.



Figuur 4.5 Unibest kustlijn model 2005 (a) en 2014 (b) (Schrijvershof, 2015)

Met het oog op optimalisatie van de levensduur zijn vier verschillende suppletieontwerpen doorgerekend met verschillende zandkarakteristieken (Figuur 4.6). Om de bandbreedte in voorspelbaarheid te bepalen is met drie zandtransportformuleringen gerekend. Figuur 4.7 toont de waargenomen en gesimuleerde kustlijnontwikkeling.

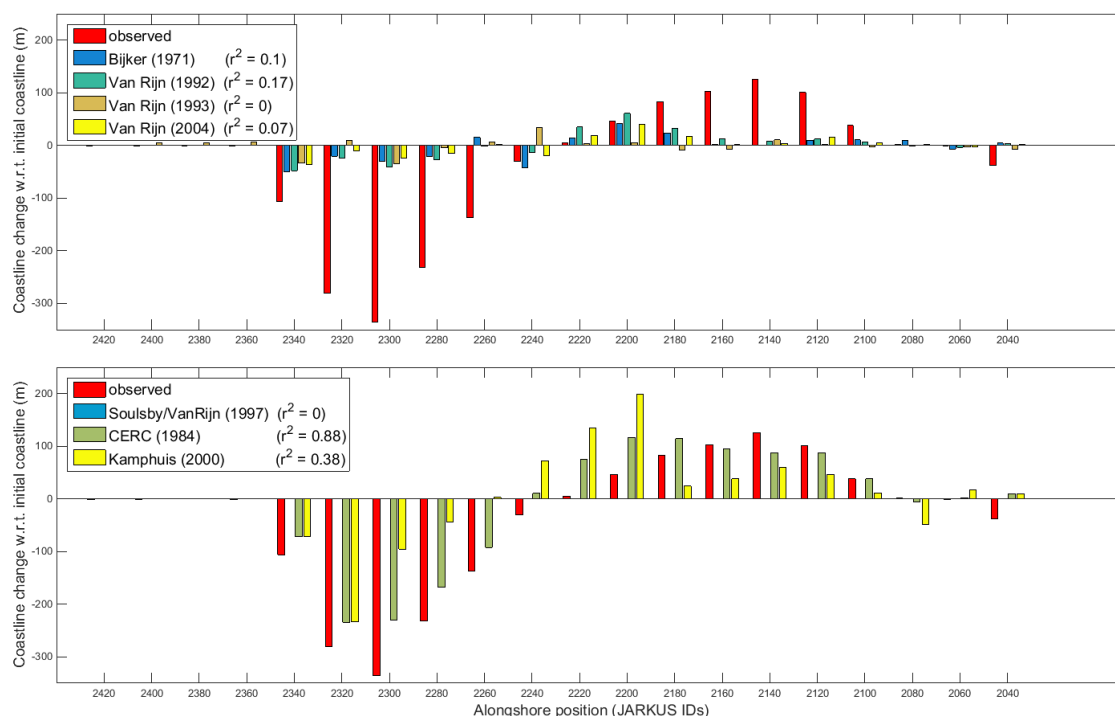


Figuur 4.6 Type zandsuppletie (Schrijvershof, 2015)

Het blijkt dat hoe meer het ontwerp afwijkt van de bestaande kustlijn, des te hoger de verliezen. Type I en Type II voldoen beter dan Type II en Type IV.

De zandsort is bepalend voor de levensduur van de suppletie, hoe grover hoe minder erosie.

De resultaten laten verder zien dat de CERC-formule de beste correlatie geeft met de metingen, maar deze transportformule kent geen input voor sedimenttype of gradatie. Het Van Rijn (2004) model geeft een sterke onderschatting van de kustlijnontwikkeling maar geeft de trend wel goed weer. Dit model kan gekalibreerd worden en is dan goed bruikbaar.



Figuur 4.7 Waargenomen en gesimuleerde kustlijnontwikkeling voor 2005-2014 met verschillende sediment transport formules (Schrijvershof, 2015)

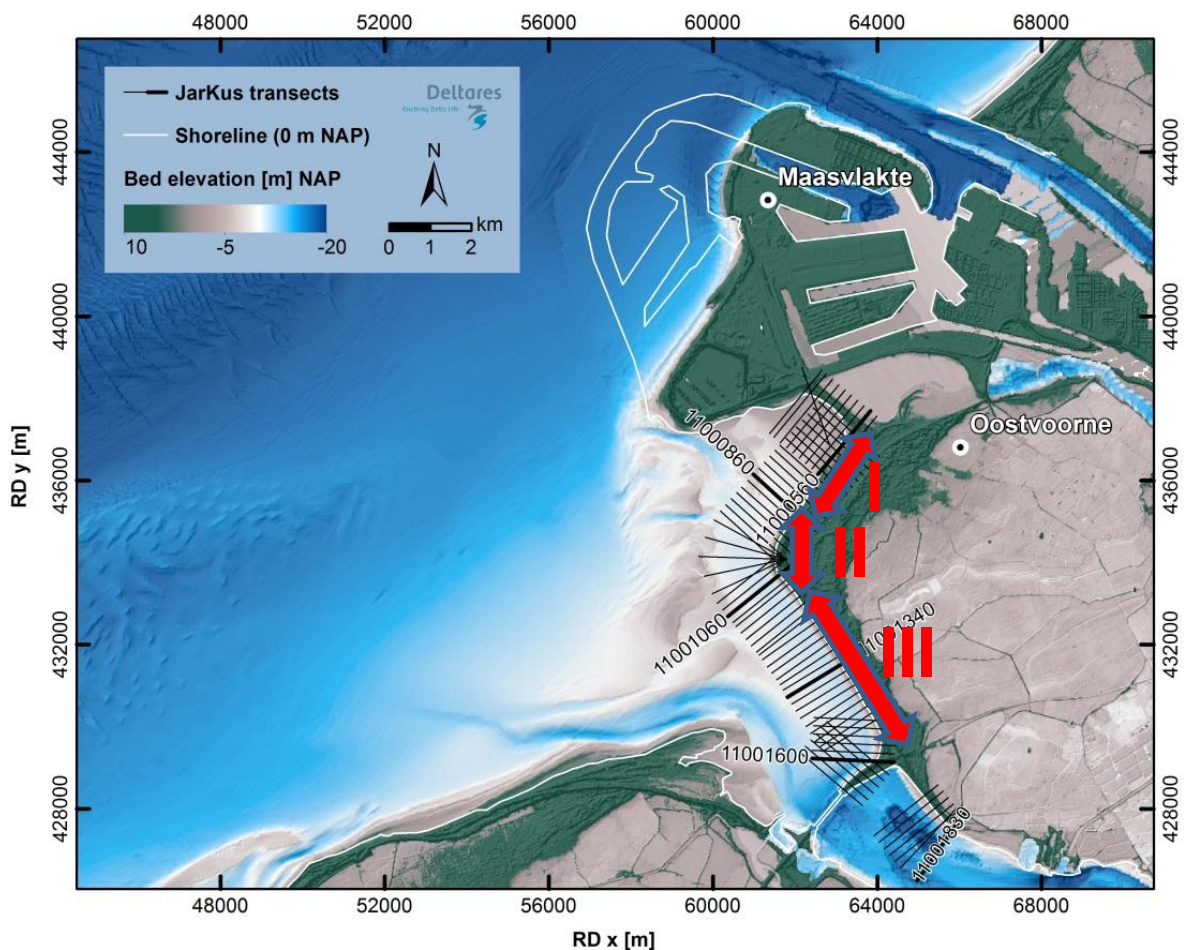
4.3 Detailontwikkeling vooroever

4.3.1 Deelgebieden kustvak 11 Voorne (raaien 560-1600)

De kust van Voorne kan qua ligging en qua ontwikkeling in drie stukken verdeeld worden:

- I. Het noordelijk deel tussen de Jarkus raaien 560 (Brielse Gatdam) en 880 waarvan de kust gericht is op het noordwesten,
- II. De Kop van Voorne (raai 880 tot raai 1100) met een sterk gekromde kustligging.
- III. Het zuidelijke deel tussen de raaien 1100 en 1600 (Damaanzet Haringvlietssluisen), waarvan de kust gericht is op het zuidwesten.

Deze drie deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 4.8, zie ook Figuur 1.1.

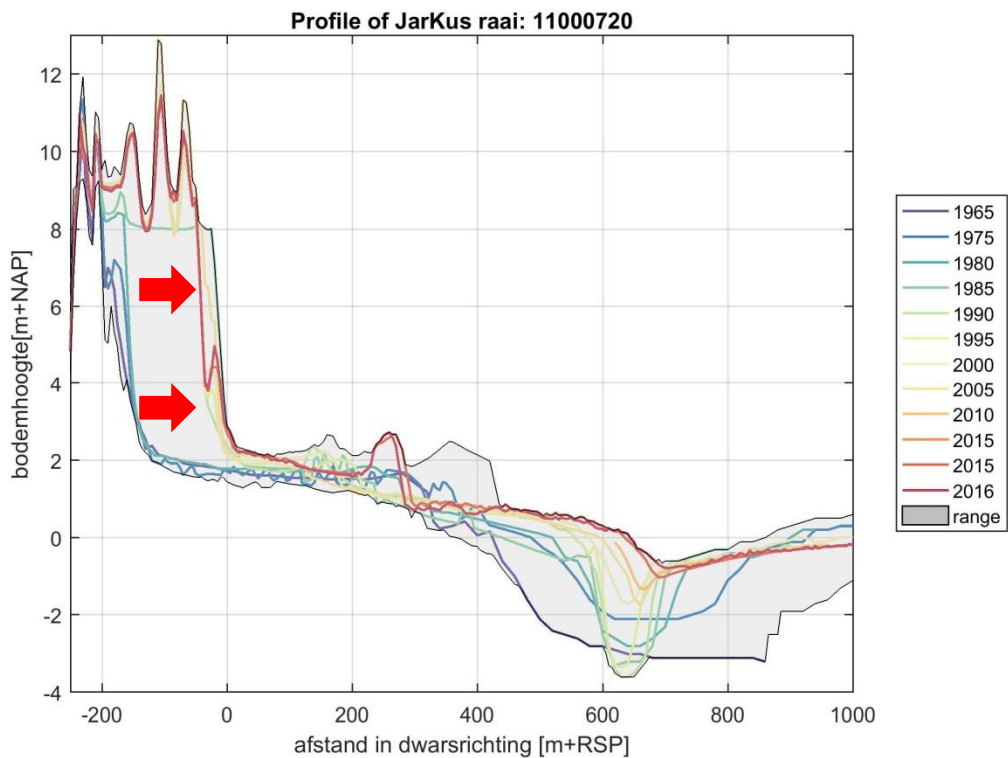


Figuur 4.8 Indeling kust van Voorne in drie kenmerkende deelgebieden.

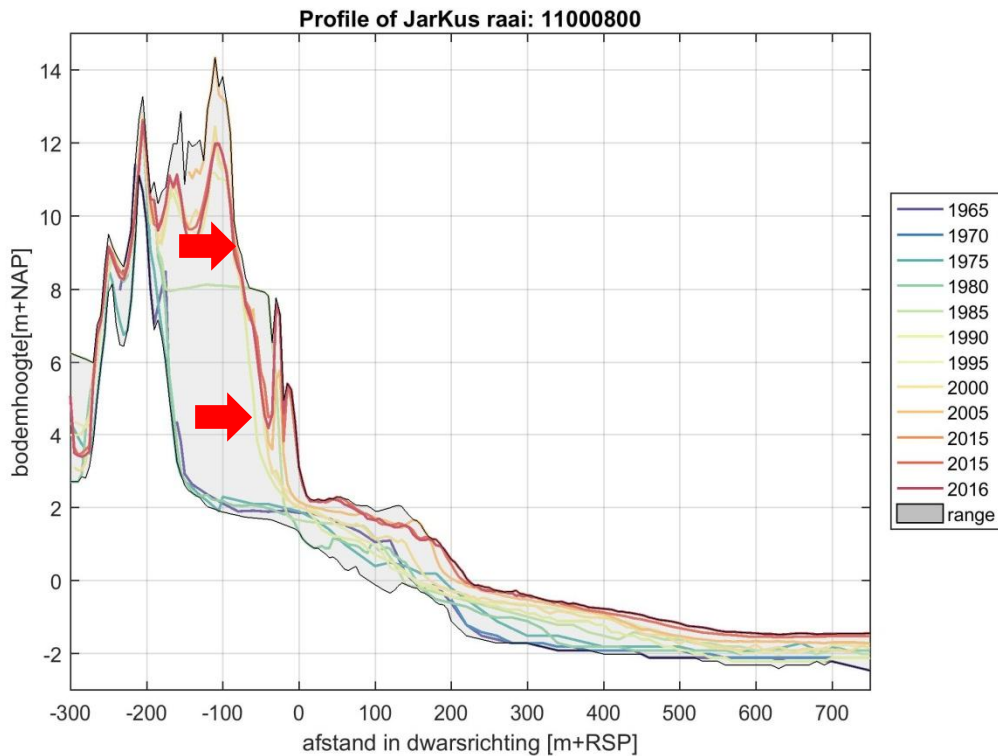
In de volgende paragrafen worden de deelgebieden in detail beschreven voor wat betreft de morfologische ontwikkelingen en de ontwikkeling van de kustindicatoren. Elk deelgebied sluit af met een conclusie voor het te verwachten beheer en onderhoud in het betreffende gebied.

4.3.2 Deelgebied I Voorne: Brielse Gatdam - kop Voorne (RSP 560-880)

Deelgebied I van de kust van Voorne loopt van de aanhechting van de Brielse Gatdam tot de kop van Voorne. Dit deel van Voorne heeft een zeer ondiepe vooroever die naar verwachting in de loop van de tijd nog verder zal verondiepen. Na de afsluiting van de Brielse Maas in 1950 en vooral na de afsluiting met de Brielse Gatdam in 1966 is de verondieping begonnen en deze is verder versterkt door de uitbreiding van de eerste Maasvlakte en de aanleg van de Slufter. Tussen 1984 en 1986 is het duin van dit deelgebied in het kader van de Deltawerken versterkt. Figuur 4.9 en Figuur 4.10 geven een goed beeld van deze duinversterking voor respectievelijk RSP 720 en 800, waarbij het duin zo'n 100 – 150 meter verbreed is. De twee groene lijnen tonen het duinprofiel voor en na de versterking. Het duin is na de versterking in zeewaartse richting nog iets aangegroeid. Dit is vooral duidelijk bij RSP 800. Ook de sedimentatie van de vooroever is duidelijk in de figuren te zien. Rond 1985 was er bij RSP 720 nog sprake van een klein geultje in de vooroever. Deze is in 2016 vrijwel verdwenen.



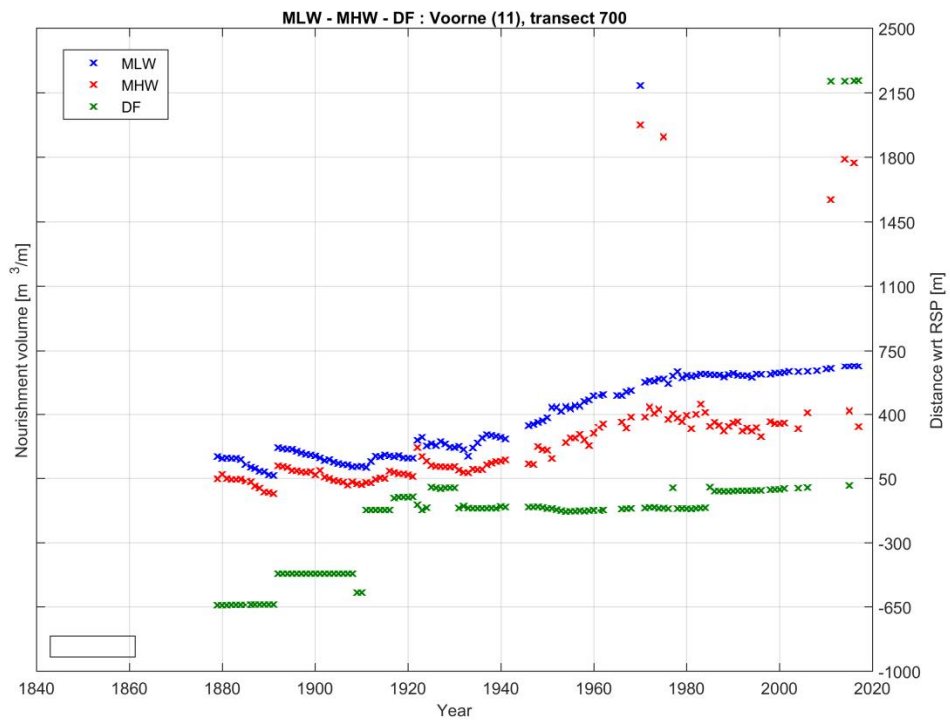
Figuur 4.9 Verandering in het dwarsprofiel RSP 720, Voorne. De rode pijlen geven de duinversterking aan tussen 1984 en 1986.



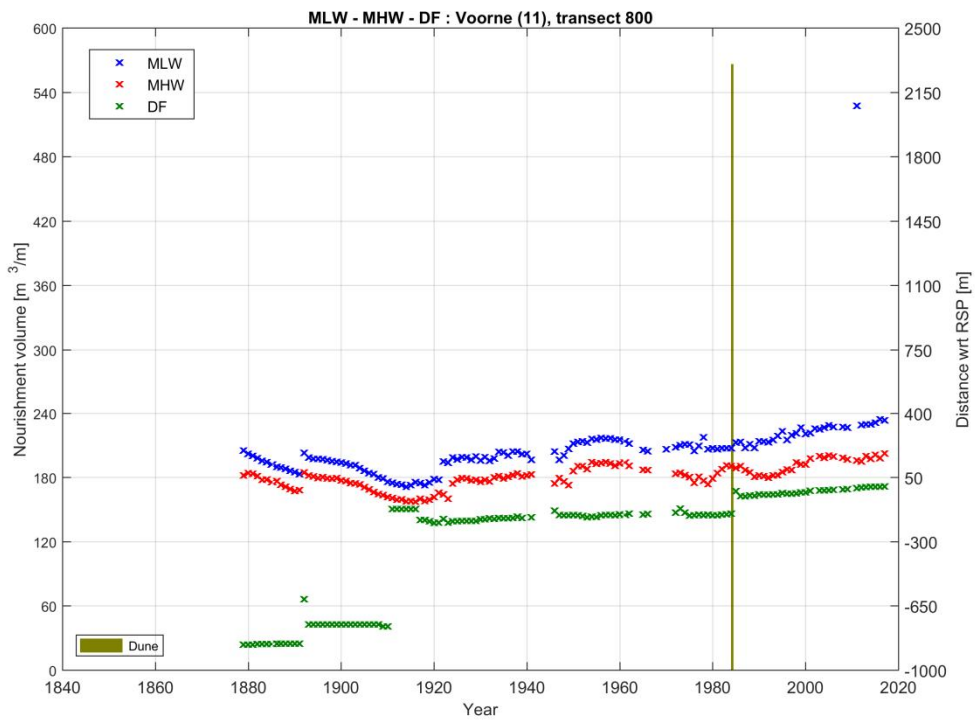
Figuur 4.10 Verandering in het dwarsprofiel RSP 800, Voorne. De rode pijlen geven de duinversterking aan tussen 1984 en 1986.

Kustindicatoren deelgebied I Voorne

Allereerst worden in Figuur 4.11 en Figuur 4.12 het verloop van de duinvoet (DF), de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en gemiddelde laagwaterlijn (MLW) getoond voor RSP locaties 700 en 800. In Figuur 4.12 is tevens de duinversterking van 1984 aangegeven met een groene verticale lijn. In de periode voor 1920 vinden er nog grote natuurlijke ontwikkelingen plaats in de vooroever. Op de strandvlakte vormen zich enkele malen nieuwe duintjes waardoor de duinvoetpositie met sprongen verandert. Door de mens worden deze verder verstevigd en aangeplant (zie voor meer informatie de beschrijving bij deelgebied II). In 1984 verplaatst de duinvoet door de uitgevoerde versterking, daarna verplaatst de duinvoet geleidelijk verder zeewaarts. Na 1920 laten de gemiddeld hoogwater- en laagwaterlijn eveneens een geleidelijke zeewaartse verplaatsing zien, na 1984 zet deze door, alhoewel de gemiddelde hoogwaterlijn ook enige fluctuaties laat zien.

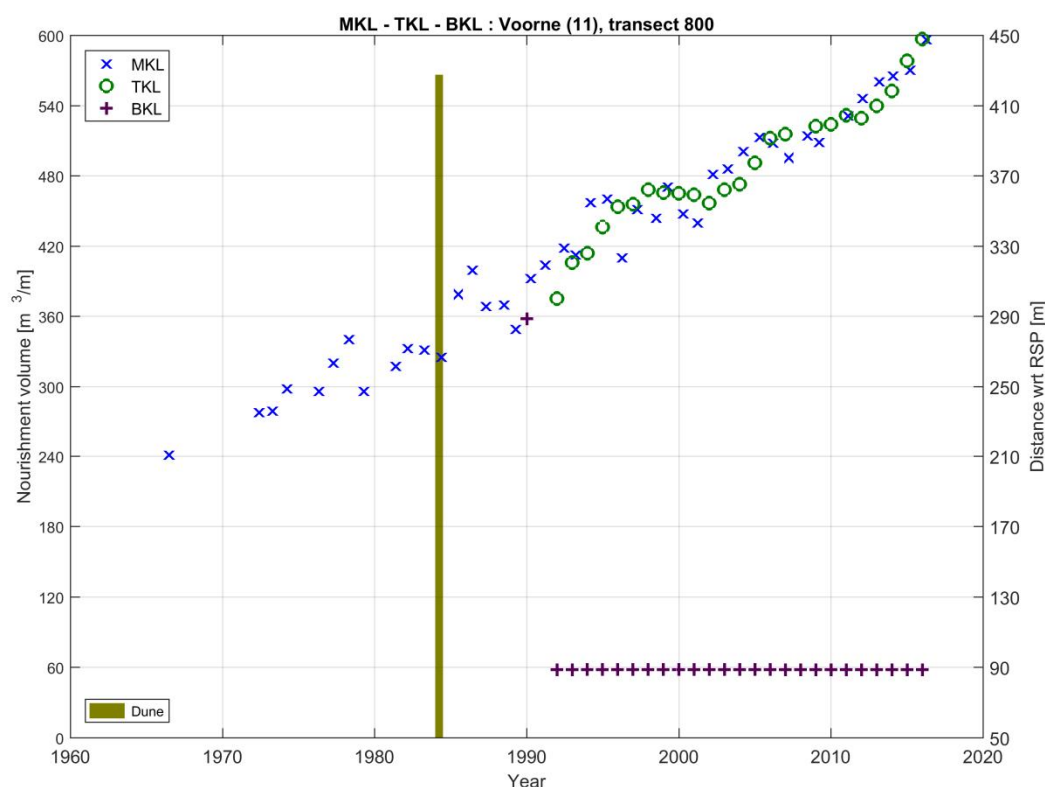


Figuur 4.11 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor RSP 700, Voorne.



Figuur 4.12 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor RSP 800, Voorne. De groene lijn geeft het zandvolume van de duinversterking weer.

In Figuur 4.13 staan de indicatoren (MKL en TKL) voor RSP 800 gegeven. De weergegeven getallen komen overeen met getallen zoals die door Rijkswaterstaat zijn gerapporteerd in de Kustlijnkaarten 2018. In de periode 1990 tot heden is de ligging van de BKL op sommige locaties gewijzigd. Dit zijn beleidsmatige aanpassingen geweest van de BKL. De positie van de BKL is vastgesteld in 1990 en wordt met enige regelmaat geëvalueerd. In dit deelgebied is de BKL in 1992 aangepast met een landwaartse verlegging. De MKL en TKL vertonen een geleidelijke zeewaartse trend. Naast de duinversterking in 1984 zijn in dit deelgebied dan ook geen suppleties uitgevoerd.



Figuur 4.13 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 800. De groene verticale lijn geeft de duinversterking van 1984 weer. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in dit geval de duinversterking, in m³/m. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP lijn.

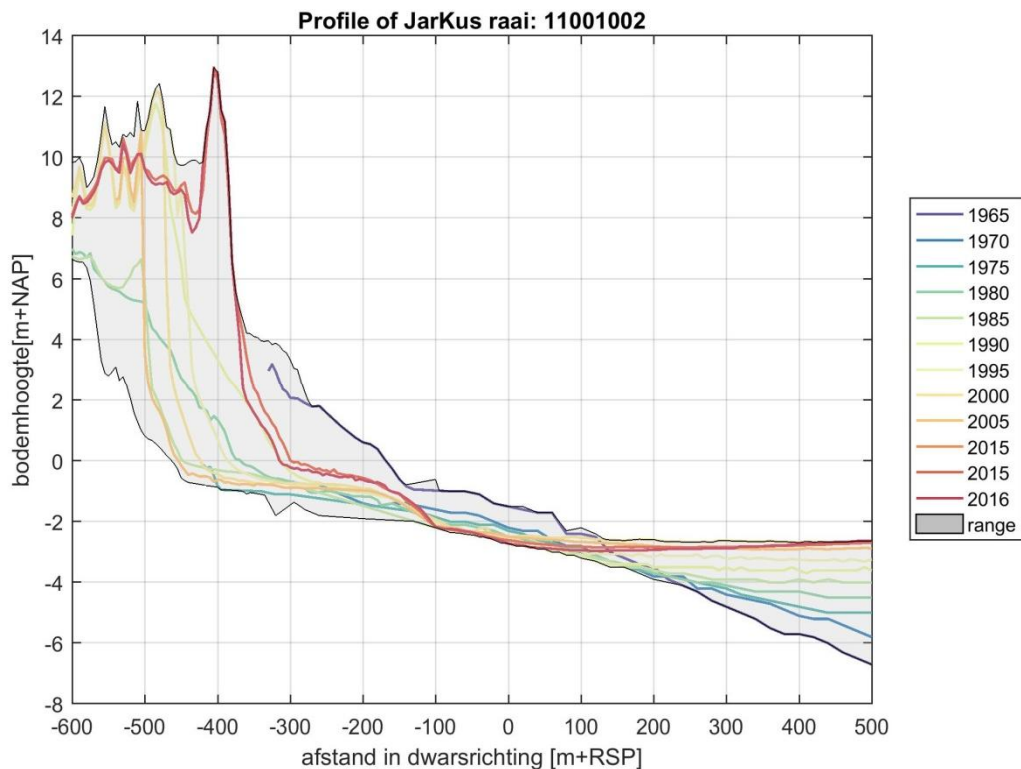
Conclusie deelgebied I Voorne

Deelgebied I van de Voornse kust (tussen RSP 560 en 880) vertoont geleidelijke sedimentatie en uitbouw. Tussen 1975 en 2010 is de momentane kustlijn (MKL) ongeveer 250 meter zeewaarts verplaatst op raai 800, zie Figuur 4.13. In 1984 is in het kader van de Deltawerken een duinversterking uitgevoerd. Verder zijn in dit deelgebied geen suppleties uitgevoerd en zijn deze in de toekomst ook niet te verwachten.

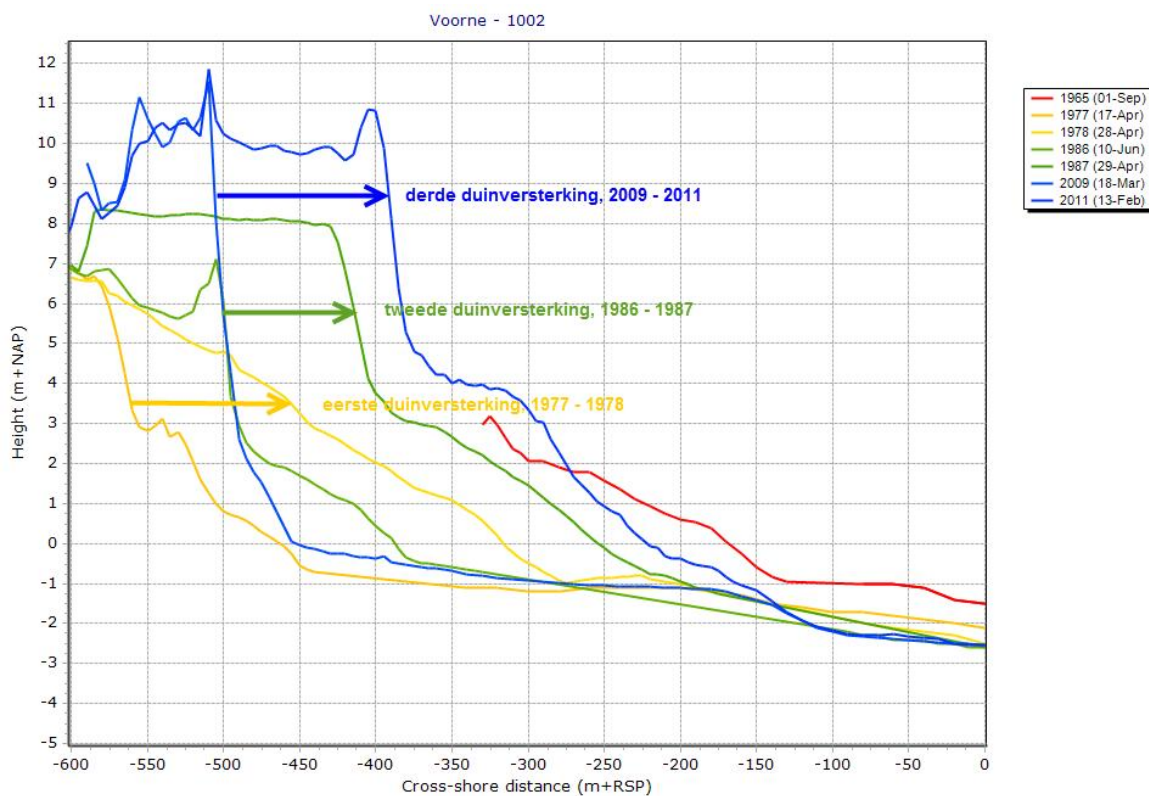
4.3.3 Deelgebied II Kop van Voorne (RSP 880-1100)

Deelgebied II van de kust van Voorne betreft de kop van Voorne (Figuur 4.8). Dit deel van Voorne had in het verleden rond 1965 nog een vrij diepe vooroever met een geul voor het strand (Figuur 4.14). Door alle veranderingen in de nabije omgeving (afdamming Brielse Gat, aanleg Maasvlakte, Slufter en tweede Maasvlakte) is de vooroever steeds ondieper geworden (Figuur 4.14).

In de loop van de tijd zijn er drie duinversterkingen uitgevoerd. De eerste vond plaats in 1977. Figuur 4.15 toont deze versterking met gele lijnen in de dwarsdoorsnede. In de suppletie-database (zie Tabel 4.1, in paragraaf 4.2.1) staat deze als strandsuppletie aangemerkt. Ook in Figuur 4.16 en Figuur 4.17 staat deze als strandsuppletie vermeld. De tweede duinversterking heeft volgens de gegevens in Jarkus plaatsgevonden tussen 1986 en 1988 (1984 volgens de suppletiedatabase). Figuur 4.15 toont deze versterking met donkergroene lijnen in de dwarsdoorsnede. De derde en laatste duinversterking is uitgevoerd in het kader van de zwakke-schakel projecten in 2009, 2010. Figuur 4.14 toont de ontwikkeling voor en na de versterking. Duidelijk is te zien dat een gedeelte van het versterkte duin weer is geërodeerd.



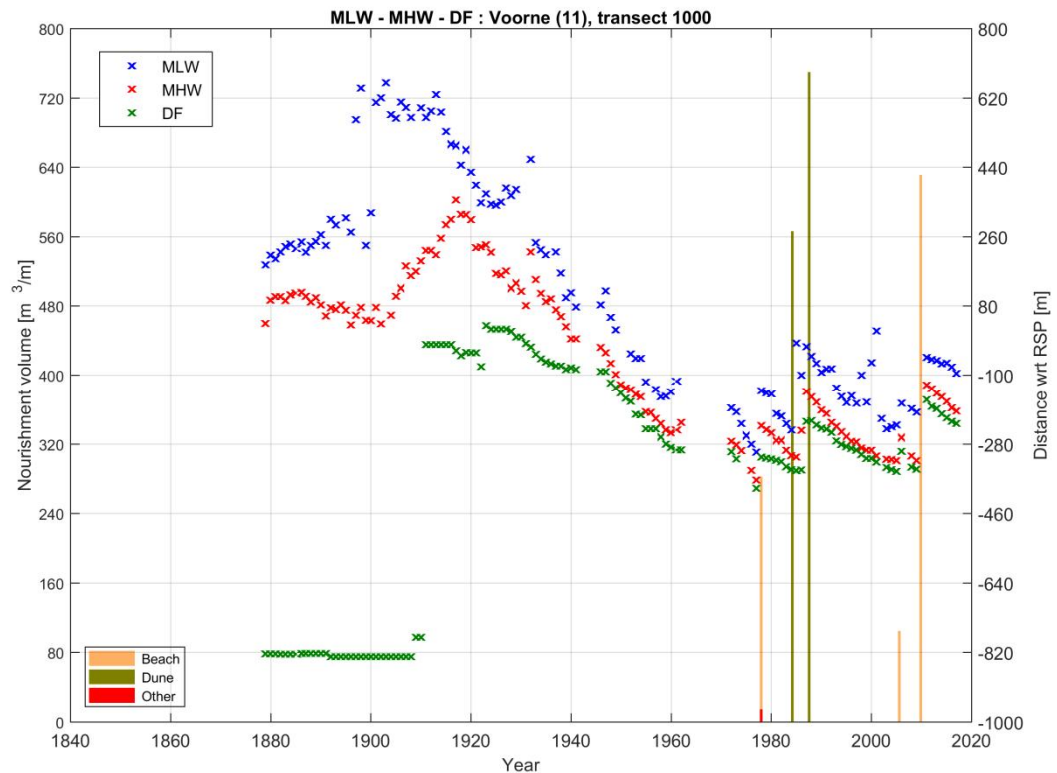
Figuur 4.14 Ontwikkeling van de vooroever van de Kop van Voorne voor RSP 1002.



Figuur 4.15 Ontwikkeling van de duinen van de Kop van Voorne voor RSP 1002. De drie uitgevoerde duinversterkingen zijn duidelijk te herkennen. Eerste duinversterking tussen 1977 en 1978 (gele pijl), de tweede tussen 1986 en 1988 (groene pijl) en de derde tussen 2009 en 2011 (blauwe pijl).

Kustindicatoren deelgebied II Voorne

Het Voornse duingebied heeft eerst omstreeks 1600 zijn huidige gedaante gekregen, nadat in de middeleeuwen de eerste grote duinformaties waren ontstaan en door menselijke invloed, vooral door bedijkingen, een aaneengesloten duinenreeks tot stand was gekomen. De ontwikkeling vanaf 1880 van de duinvoet, de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.16. In 1910 gaat de duinvoet met ongeveer 300 meter vooruit. Er heeft zich een nieuwe duinregel gevormd op de brede strandvlakte.

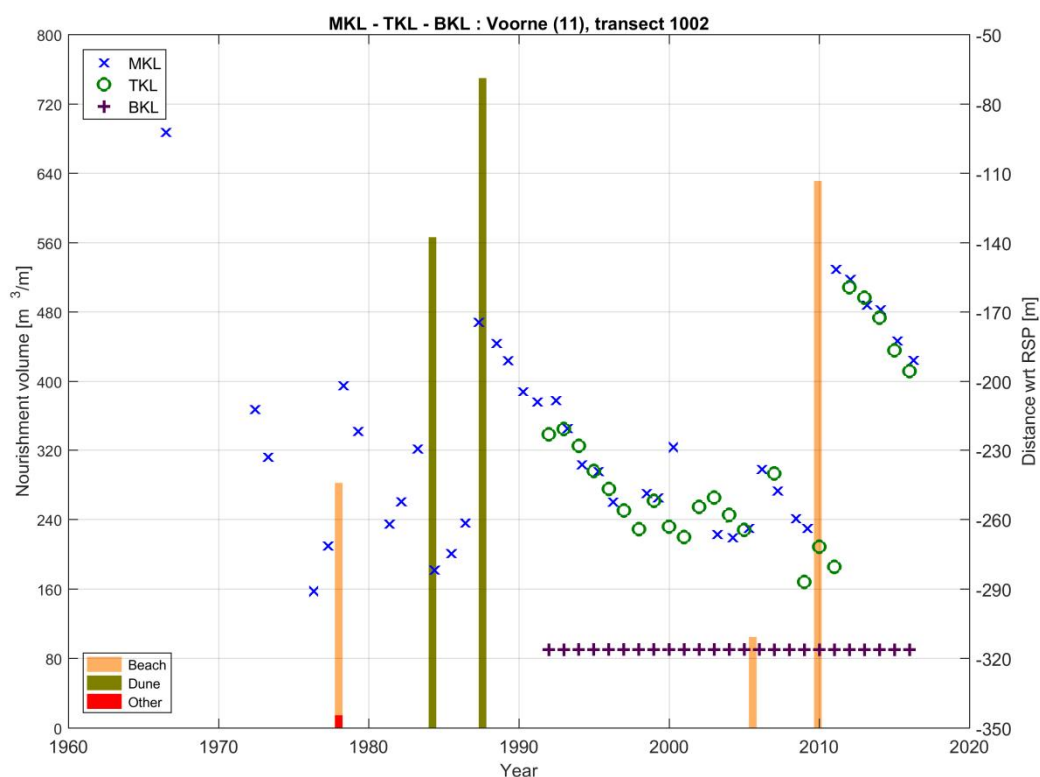


Figuur 4.16 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF) en de gemiddelde hoogwater- (MHW) en laagwaterlijn (MLW) voor RSP 1000. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties.

Op een breed strand heeft het duinlandschap zich nadien uitgebreid met een karakteristieke periodiciteit, waarbij steeds na een periode van betrekkelijke rust een nieuwe duinenrij op het strand ontstond op enige afstand van de vorige. Aldus zijn de duinregels van 1910, 1926 en 1935 ontstaan (zie de verspringing in de duinvoetpositie in Figuur 4.16). De eerste duinregel kreeg in 1910 een definitief karakter als gevolg van verstevigingen en het planten van helmgras. De duinregels van 1910 en ook die van 1926 zijn goed in de duinvoetpositie in Figuur 4.16 te herkennen, die van 1935 niet.

Vanaf ongeveer 1915 zet een sterke erosie van de kust in, die zich tot op de dag van vandaag voortzet. Deze erosie is het eerst te zien in de MLW positie in Figuur 4.16. Vanaf 1920 begint ook de MHW-positie achteruit te gaan. Door het aanvankelijke brede strand en het actief aanplanten van helmgras blijft de duinvoet nog wat langer aangroeien en konden er nog nieuwe duinregels ontstaan. De duinvoet wordt enkele malen zeewaarts verplaatst door de uitgevoerde suppleties. De suppleties staan weergegeven met verticale lijnen. Het effect op de duinvoet en de gemiddelde hoogwater- en laagwaterlijn is zichtbaar.

De kustindicatoren voor kustlijn zorg, de momentane kustlijn (MKL), de te toetsen kustlijn (TKL) en de Basiskustlijn (BKL) staan in Figuur 4.17 weergegeven.



Figuur 4.17 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1002. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. De duinversterking van 2009, 2010 ontbreekt in deze figuur. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m³/m. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

De duinversterkingen hebben een grote invloed (zeewaartse verschuiving) op de ligging van de MKL, na iedere versterking/suppletie treedt echter weer een sterke negatieve trend op door de sterke erosie van dit deelgebied. De verwachting is dat na verloop van tijd (mogelijk 20 jaar) er opnieuw een duinversterking nodig is, afhankelijk van de verdere suppleties en de verdere ontwikkeling van de vooroever. De laatste duinversterking (Zwakke Schakel) betrof een totale hoeveelheid van 2,4 miljoen m³.

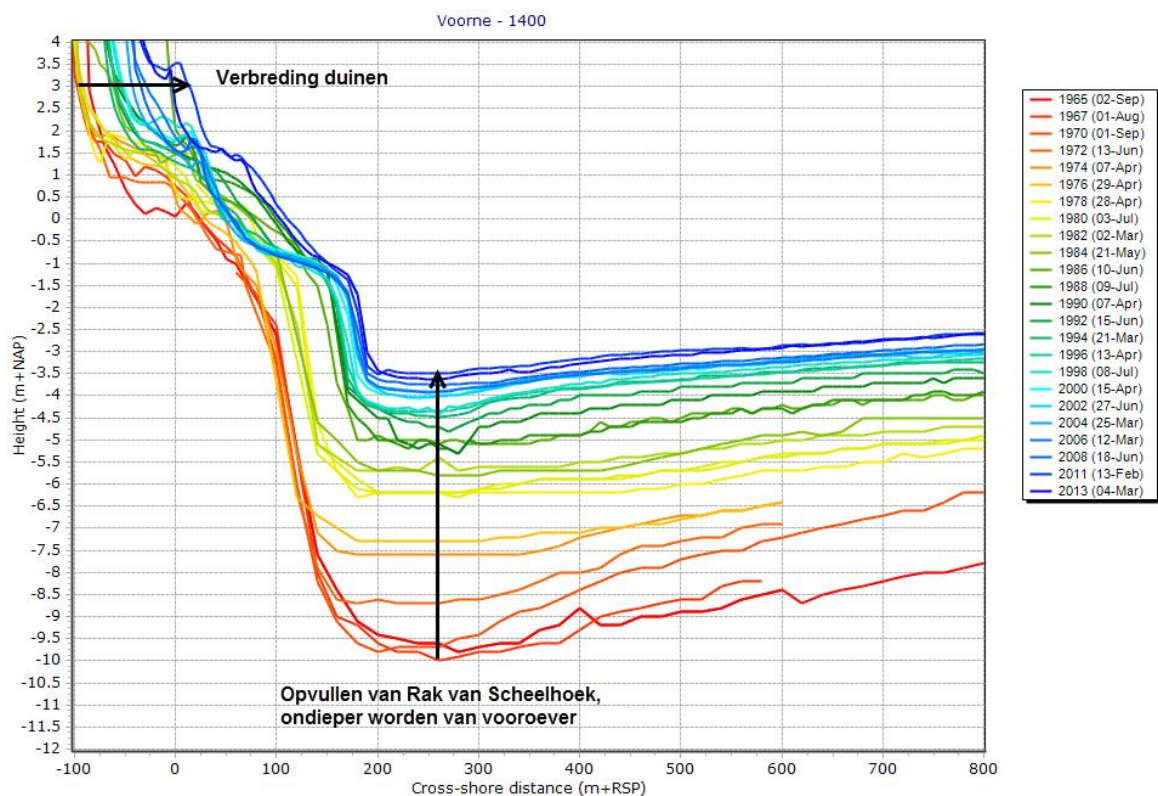
Conclusie Deelgebied II Voorne

Deelgebied II van de Voornse kust, de Kop van Voorne tussen RSP 880 en 1100, vertoont vanaf ongeveer 1915 een sterke erosie. In 1977, 1984/1987 en in 2009/2010 zijn duinversterkingen uitgevoerd. In de toekomst lijken verdere suppleties/duinversterkingen onvermijdelijk. Het geërodeerde zand is voor een groot gedeelte naar het (noord)oosten getransporteerd en zal daar naar verwachting hebben bijgedragen aan de opvulling van de getijgeulen en het ophogen van de voormalige Haringvlietdelta en het voormalige Brielse Gat (zie paragraaf 3.2.3 en Figuur 3.5).

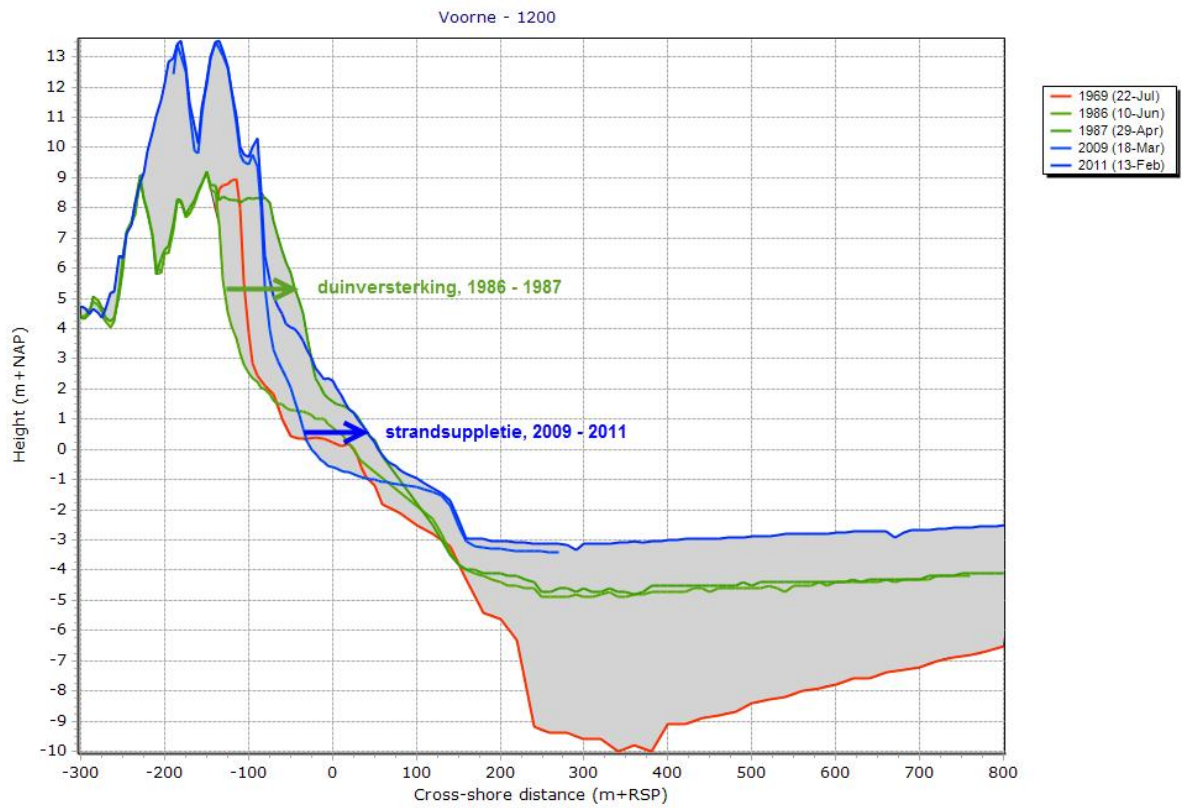
4.3.4 Deelgebied III: Zuidelijk deel van Voorne (RSP 1100-1600)

Deelgebied III van de kust van Voorne betreft het zuidelijke deel van Voorne gelegen tussen de kop van Voorne en de damaanzet van de Haringvlietsluizen. Dit deel van Voorne had in het verleden een vrij diepe geul (Rak van Scheelhoek) voor de kust. Na de afsluiting in 1970 door de Haringvlietsluizen is het getijvolume door deze geul sterk afgenomen en is de geul sterk verondiept.

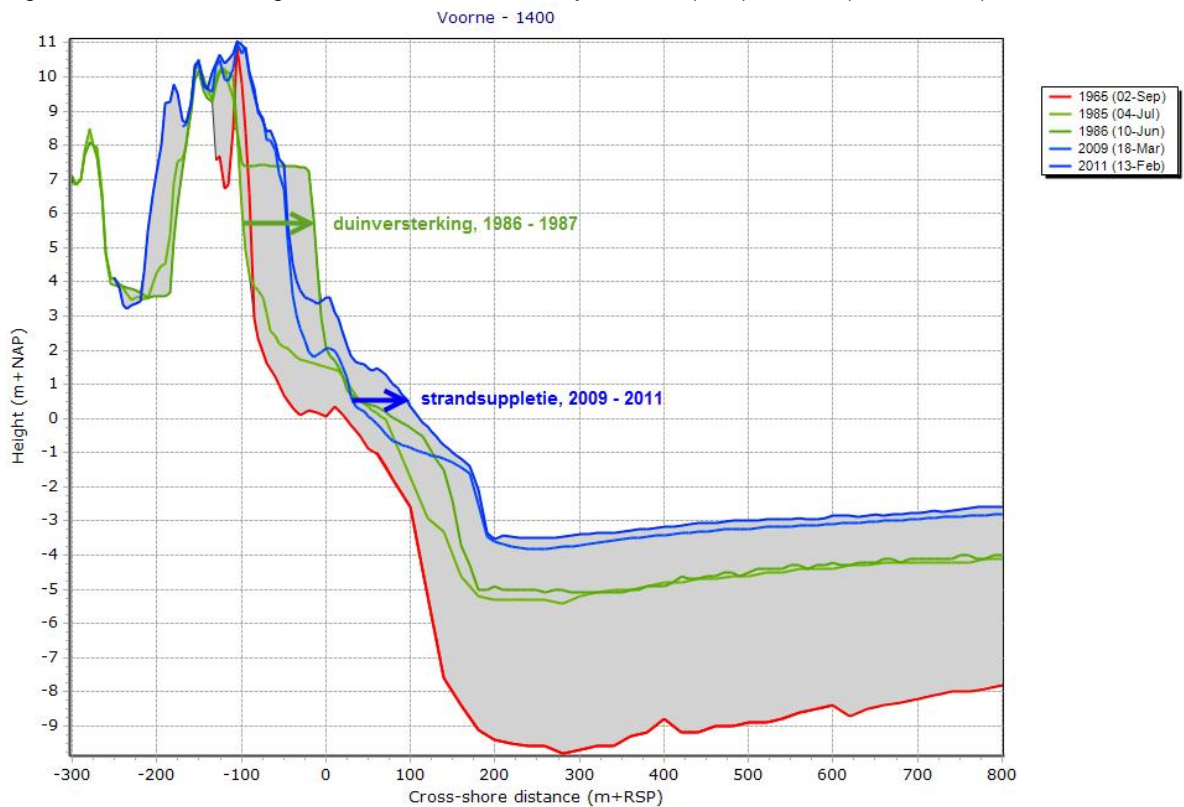
Als voorbeeld van het verloop in de tijd is in Figuur 4.18 het verloop voor RSP 1400 gegeven. De lijnen verlopen van rood (1965) naar donkerblauw (2013). Opvallend zijn de verondieping van de vooroever en de verbreding van de duinen. Bij RSP 1400 is de geuldiepte afgenomen van ongeveer 10 meter beneden NAP in 1970 tot 3,5 meter beneden NAP in 2013. Alhoewel de snelheid van verondieping is afgenomen, is te verwachten dat deze voorlopig nog doorgaat. Het duin is in de loop der jaren sterk verbreed, vooral door de uitgevoerde duinversterking in 1986-1987 en de duin/strand suppletie tussen 2009 en 2011. Dit is duidelijker te zien in Figuur 4.19 tot en met Figuur 4.21 voor RSP 1200, 1400 en 1500. Hierin is voor de duidelijkheid een beperkte selectie van de profielen getoond. Het eerste profiel is voor de verschillende RSP-lijnen op verschillende tijdstippen genomen om duidelijke figuren te verkrijgen, het jaar 1965 was hiervoor niet altijd geschikt. De twee groene lijnen (1986 en 1987) tonen de duinversterking van 1986/1987, de twee donkerblauwe lijnen de recente suppletie 2009/2010. In het profiel bij RSP 1400 is te zien dat het duin aan weerszijden van het oude duin verbreed is. De suppletie van 2009/2010 is tot vrij hoog in het profiel aangelegd (bv. Tot 6 m boven NAP voor RSP 1400).



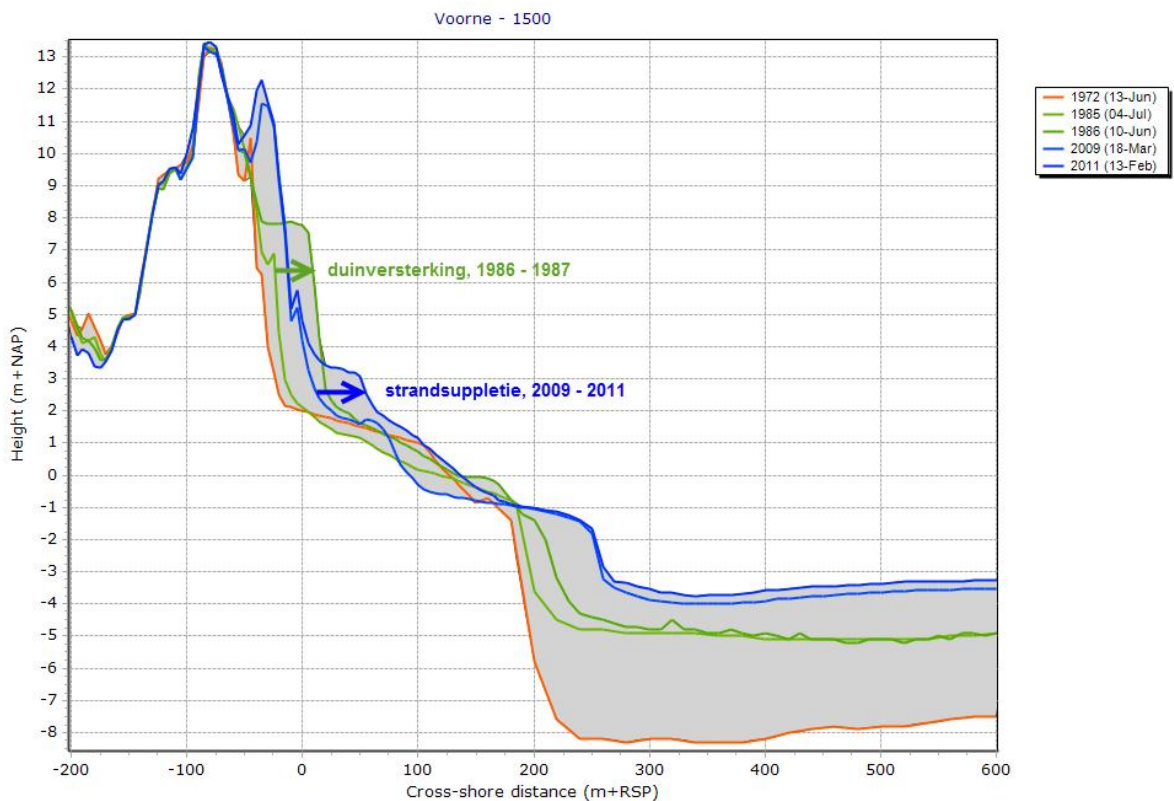
Figuur 4.18 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donkerblauw) voor RSP 1400.



Figuur 4.19 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1969 (rood) en 2011 (donkerblauw) voor RSP 1200.



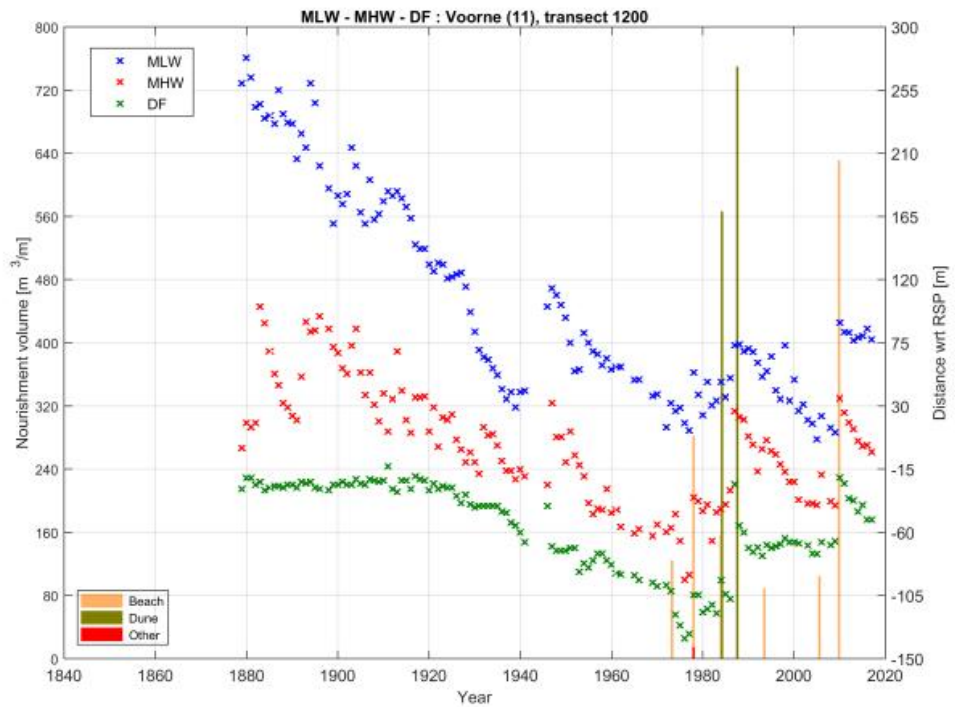
Figuur 4.20 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2011 (donkerblauw) voor RSP 1400.



Figuur 4.21 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1972 (oranje) en 2011 (donkerblauw) voor RSP 1500.

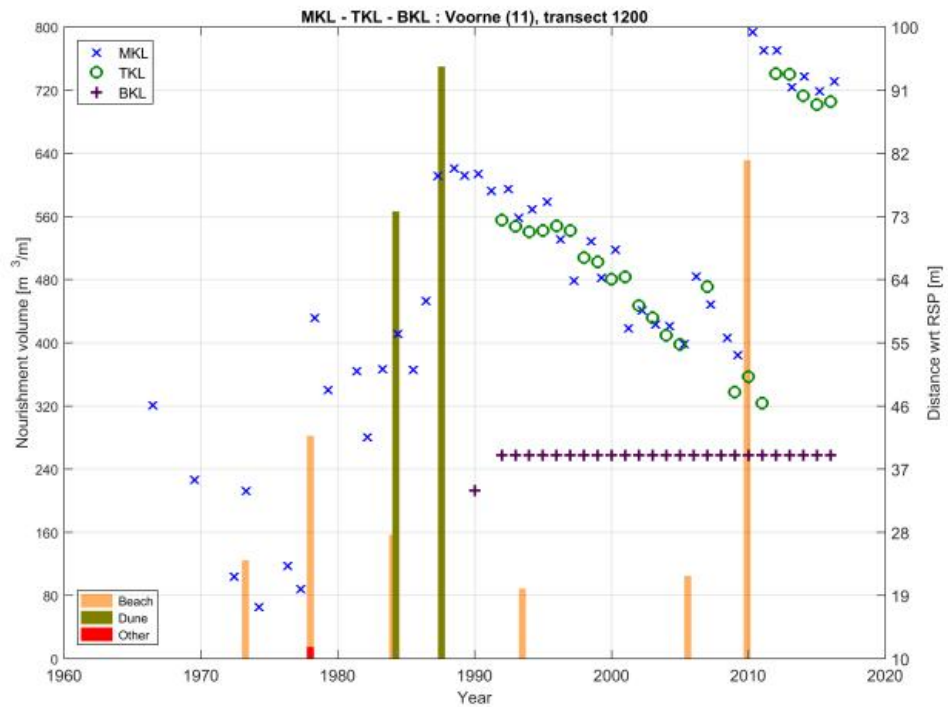
Kustindicatoren deelgebied III Voorne

De ontwikkeling vanaf 1880 van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.22 voor RSP 1200. Deze is illustratief voor RSP 1100 t/m RSP 1400. Zowel de duinvoet als de MHW als de MLW laten op de lange termijn een geleidelijke achtergang zien. Alleen het meest oostelijke deel is stabiel of vertoont zelfs enige aangroei (niet getoond). Een duidelijke trendbreuk door de aanleg van de Haringvlietsluizen is niet te onderkennen. Door de duinversterking in 1986/1987 is dit echter ook moeilijk te zien.



Figuur 4.22 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor RSP 1200. De groene verticale lijn geeft de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m^3/m . De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

Voor de meer recente jaren staan in Figuur 4.23 de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1200 gegeven. Vooral dit westelijke deel van deelgebied III is sterk erosief. Tussen RSP 1280 en 1600 is de ligging van de MKL vrij stabiel (niet getoond). De MKL-waarden van 2010 en daarna zijn veel hoger (zeewaartse verschuiving) door de Zwakke-Schakelversterking.



Figuur 4.23 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1200, 1300, 1400 en 1500. De groene verticale lijnen geven de duinversterkingen weer, de oranje lijnen de strandsuppleties. De linker as geeft het volume van de uitgevoerde suppleties, in m³/m. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

Conclusie Deelgebied III Voorne

Deelgebied III (tussen RSP 1100 en 1600) van de Voornse kust, vertoont tussen RSP 1100 en 1280 erosie. In 1986/1987 is een duinversterking uitgevoerd en in 2009/2010 een duin/strand suppletie, beiden over de gehele lengte. In de toekomst zijn verdere suppleties nodig tussen RSP 1100 en 1280. Het deel tussen RSP 1280 en 1600 is stabiel.

4.3.5 Gebiedsbeschrijving kustvak 12 Goeree

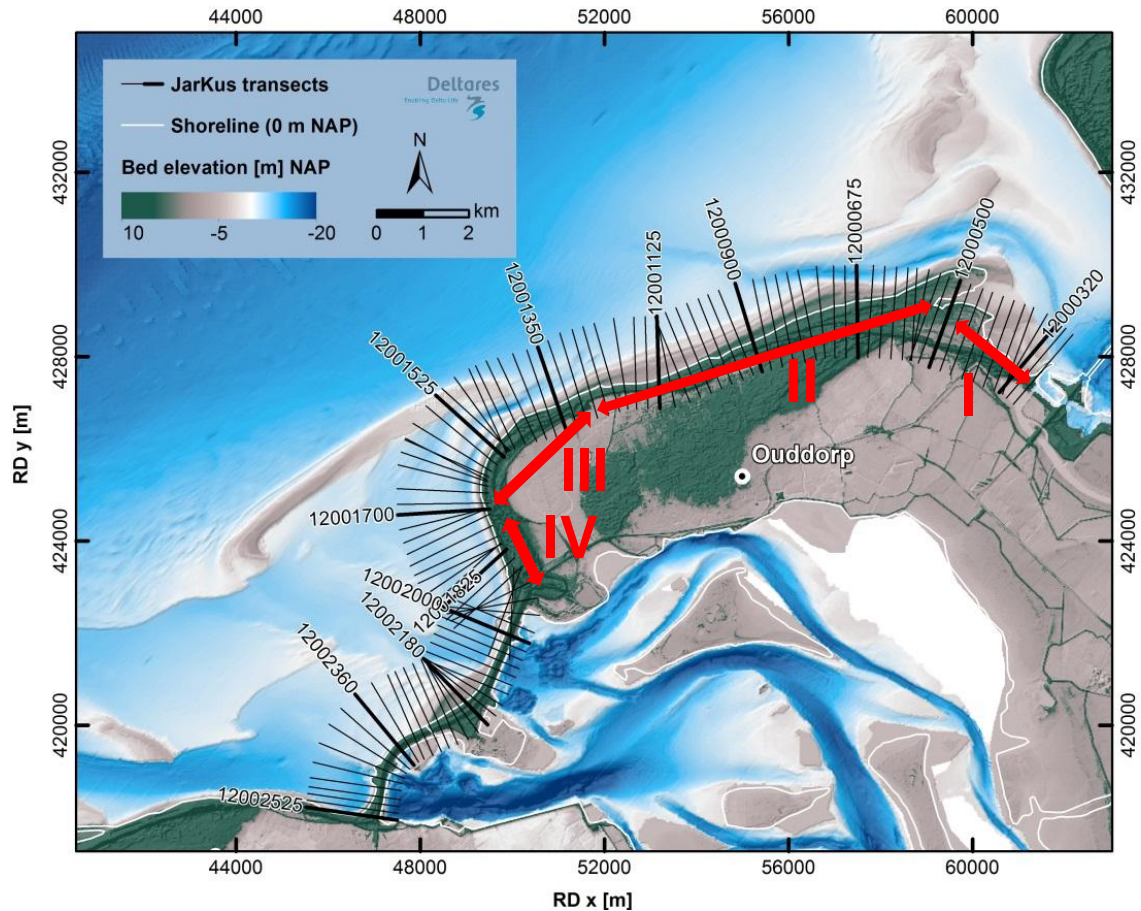
Voor de gebiedsbeschrijving is de kust van Goeree opgedeeld in vier deelgebieden, op basis van hun ligging en ontwikkeling (Figuur 4.24).

- I. Het oostelijke deelgebied tussen RSP 280 (havendam Stellendam) en RSP 400, waarvan de kust gericht is op het noordoosten.
- II. Het deelgebied tussen RSP 400 en 1300 gericht op het noorden, wat beïnvloed wordt door horizontale zandgolven.
- III. De Kop van Goeree met een sterk gekromde kust tussen RSP 1300 en 1700. Dit deelgebied is zeer dynamisch en heeft een sterke interactie met de nabijgelegen Bollen van de Ooster en de geul Schaar.
- IV. Het vierde deelgebied, tussen RSP 1700 en 1900, is op het westen gericht en eindigt bij de damaanzet van de Brouwersdam.

Zoals beschreven in de paragrafen 3.2 en 3.3 is door de afsluiting van de zeegaten de Voordelta sterk veranderd, waarna de zandbanken zich richting kust zijn gaan bewegen en hoger zijn geworden. Hierdoor zijn onder andere de Bollen van de Ooster ontstaan (Figuur 3.12 en Figuur 3.14). Deze hebben een zeer grote invloed op de kustontwikkeling van Goeree. Er is een sterk golfgedreven zandtransport van de Bollen van de Ooster naar de kust van Goeree en vervolgens langs de kust van Goeree in oostelijke richting (Cleveringa, 2008).

In deelgebied II is daarom sprake van uitgestrekte horizontale zandgolven (zoals ook beschreven in paragraaf 3.3.6). Dit geldt ook voor het oostelijk deel van deelgebied III. Tussen de Bollen van de Ooster en de kust van Goeree bevindt zich een getijgeul (Schaar). Door het verder oprukken van de Bollen van de Ooster wordt dit geultje tegen de kust gedrukt en zorgt vervolgens voor lokale erosie aan de kust, zie ook paragraaf 3.3.7 en 4.2.2.

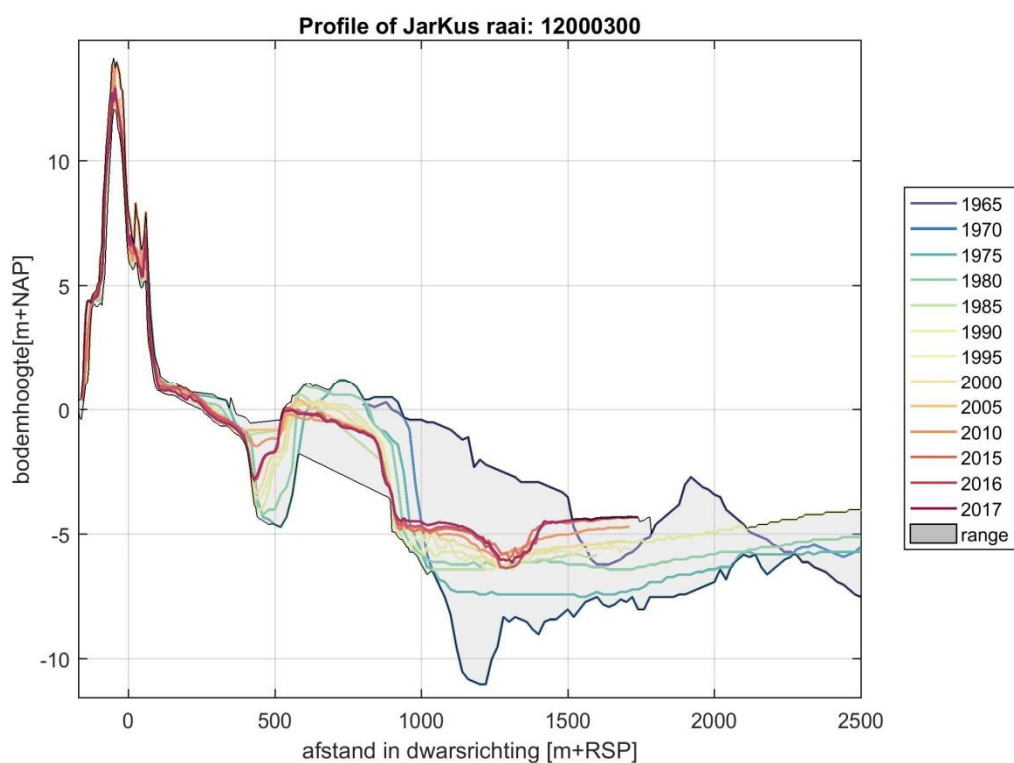
In de volgende paragrafen worden de deelgebieden in meer detail beschreven, voor wat betreft de morfologische ontwikkelingen en de ontwikkeling van de kustindicatoren. Elke paragraaf sluit af met een conclusie voor het te verwachten beheer en onderhoud in het betreffende deelgebied.



Figuur 4.24 Indeling kust van Goeree in vier kenmerkende deelgebieden.

4.3.6 Deelgebied I: RSP 280-400

Het meest oostelijke deelgebied van Goeree, gelegen tussen RSP 280 en 400, heeft een brede ondiepe vooroever die relatief weinig is veranderd in de loop van de tijd. Figuur 4.25 geeft voor RSP 300 de verandering in de tijd weer. Het geultje op ongeveer 500 meter voor het duin is geleidelijk verondiept en is nu nagenoeg verdwenen. De vooroever tussen 600 en 900 meter vanaf het nulpunt is geleidelijk geërodeerd en de diepere vooroever vanaf 900 meter uit het nulpunt is gesedimenteerd. Deze ontwikkelingen zijn ingezet na de afsluiting in 1970 van het Haringvliet. Het is niet uit de gegevens af te leiden of hier evenals in deelgebied II een duinversterking heeft plaatsgevonden rond 1970. In het suppletieoverzicht (zie Tabel 4.2 in paragraaf 4.2.1) staat de versterking aangegeven vanaf RSP 400.



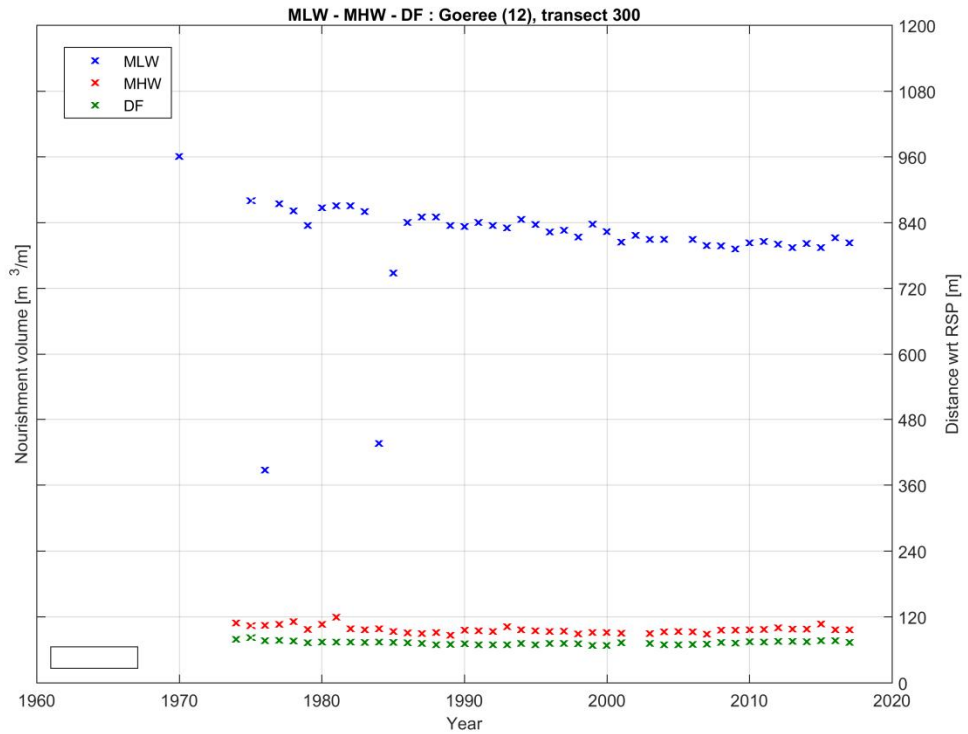
Figuur 4.25 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2017 (paars) voor RSP 300.

Kustindicatoren deelgebied I Goeree

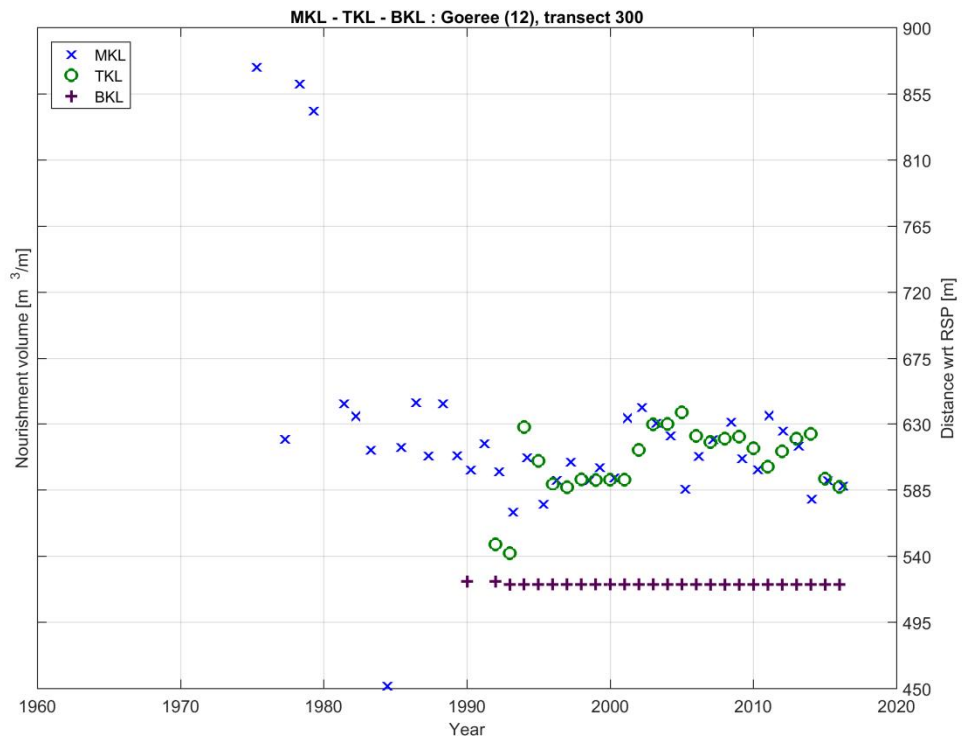
De ontwikkeling vanaf 1970 van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) is weergegeven in Figuur 4.26 voor de RSP lijn 300. Duinvoet en gemiddelde hoogwaterlijn zijn stabiel en de gemiddelde laagwaterlijn toont enige achteruitgang. Gezien de brede vooroever is dat niet verontrustend. In Figuur 4.27 is de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 300 gegeven. De MKL en daarmee de TKL zijn stabiel, suppleties zijn dan ook op korte termijn niet aan de orde.

Conclusie deelgebied I Goeree

Deelgebied I tussen RSP 280 en 400 is stabiel, voorlopig worden hier daarom geen suppleties verwacht.



Figuur 4.26 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor RSP 300. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

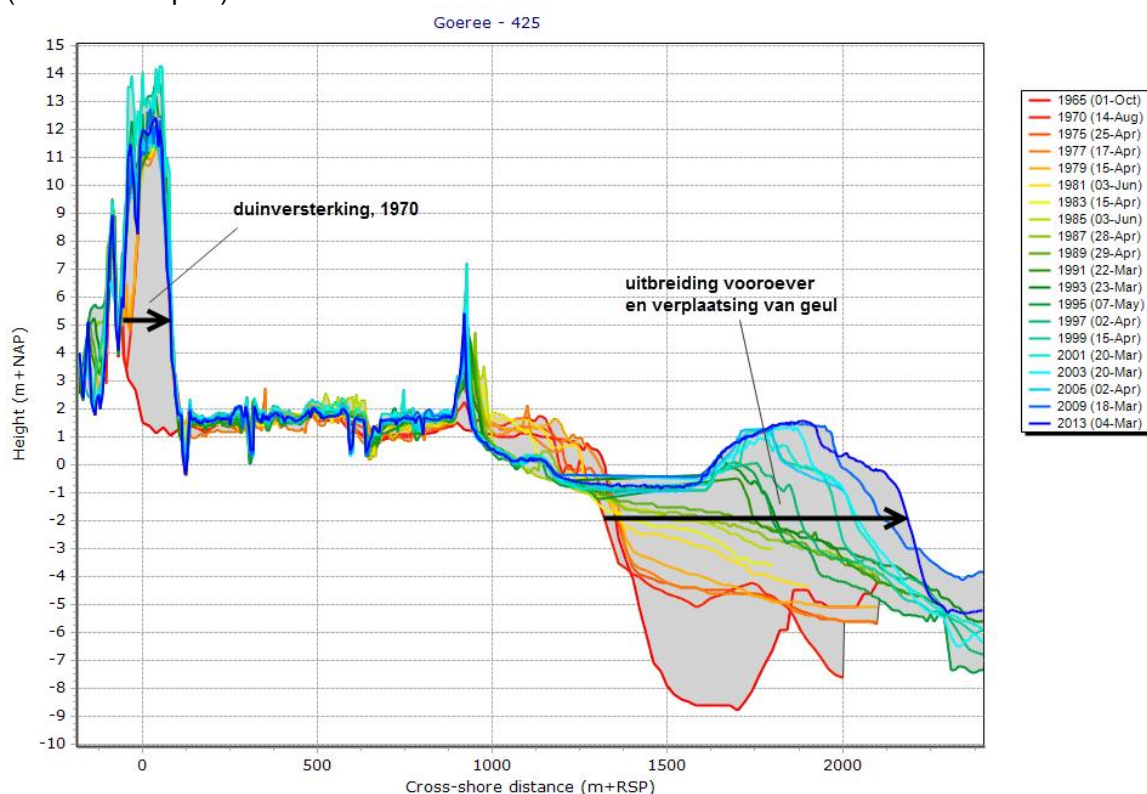


Figuur 4.27 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 300. De rechter as geeft de afstand tot het nulpunt van de RSP-lijn.

4.3.7 Deelgebied II: (RSP 400-1300)

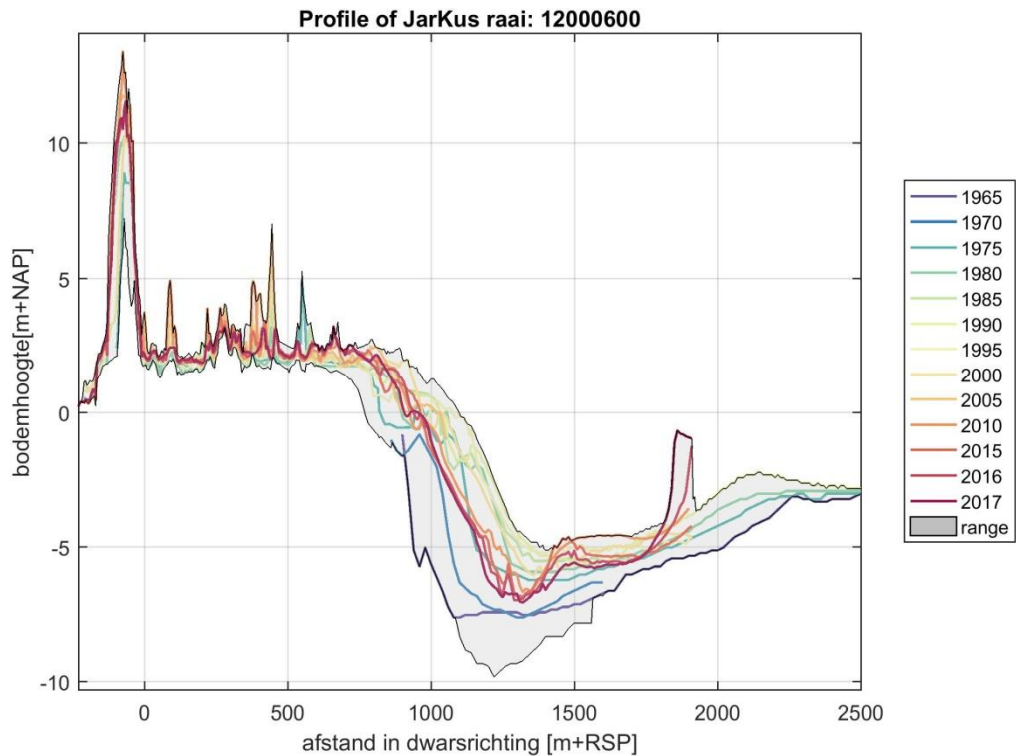
Deelgebied II, gelegen tussen RSP 400 en 1300 aan de noordzijde van Goeree laat na 1970 een grootschalige uitbreiding zien van de vooroever. Deze is duidelijk te zien in Figuur 4.28 tot en met Figuur 4.31 en is gerelateerd aan de grootschalige veranderingen in de voordelta veroorzaakt door de afsluiting van een aantal zearmen.

Door de afsluitingen is de getij-invloed in het gebied sterk afgenomen. Hierdoor is ook het relatieve belang van golfprocessen toegenomen. Voor Goeree is vooral de ontwikkeling van de Bollen van de Ooster en het ontstaan van horizontale zandgolven van belang, zoals ook beschreven in paragraaf 3.3.6. Door golfgedreven stroming wordt de kust van Goeree (deelgebieden II en III) gevoed met zand afkomstig van de Bollen van de Ooster. Op hun beurt krijgen de Bollen van de Ooster door golfwerking zand aangevoerd vanuit de diepere delen van de Voordelta. Aangekomen op de kust van Goeree (deelgebied III) wordt het zand verder oostwaarts verplaatst door de oostwaarts gerichte golfgedreven stroming van deelgebied III naar deelgebied II en in deelgebied II weer verder naar het oosten. Ook de duinen zijn fors verhoogd en verbreed, wat deels veroorzaakt wordt door de grote aanwas vanuit de vooroever en het brede strand. Door de wind wordt het zand de duinen ingeblazen (eolisch transport).

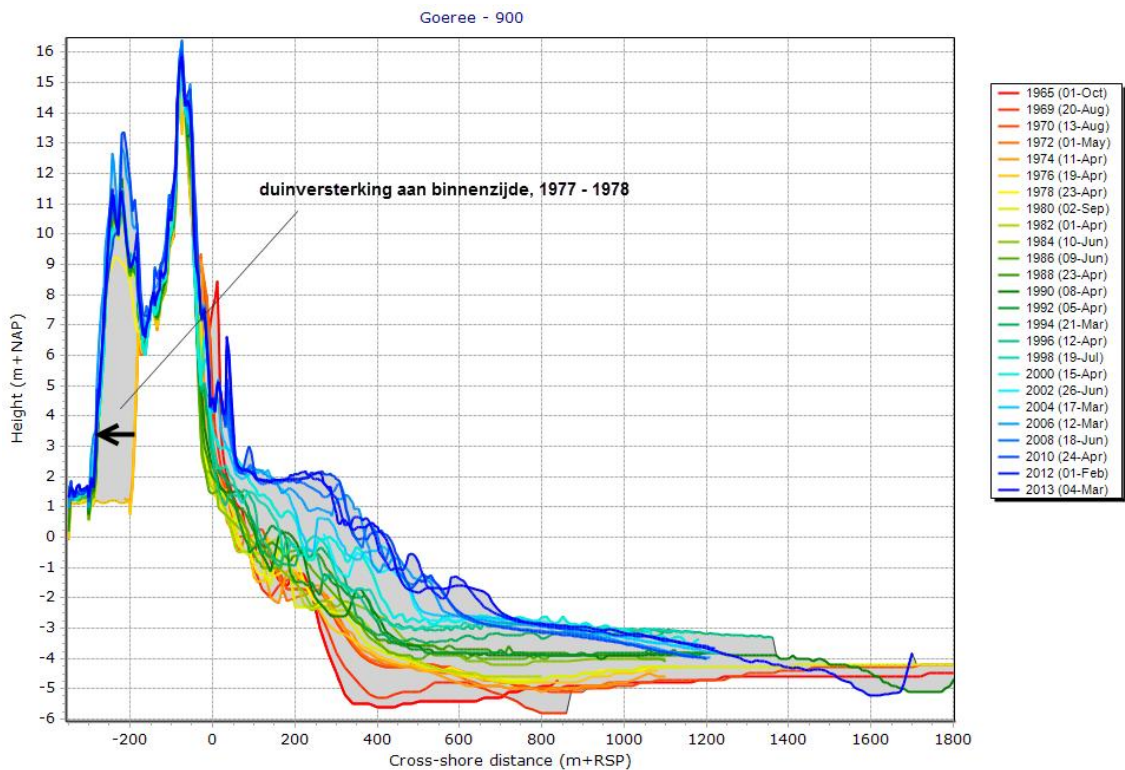


Figuur 4.28 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor RSP 425. De duinversterking in 1970, en de grootschalige, geleidelijke uitbreiding van de vooroever zijn aangegeven met zwarte pijlen.

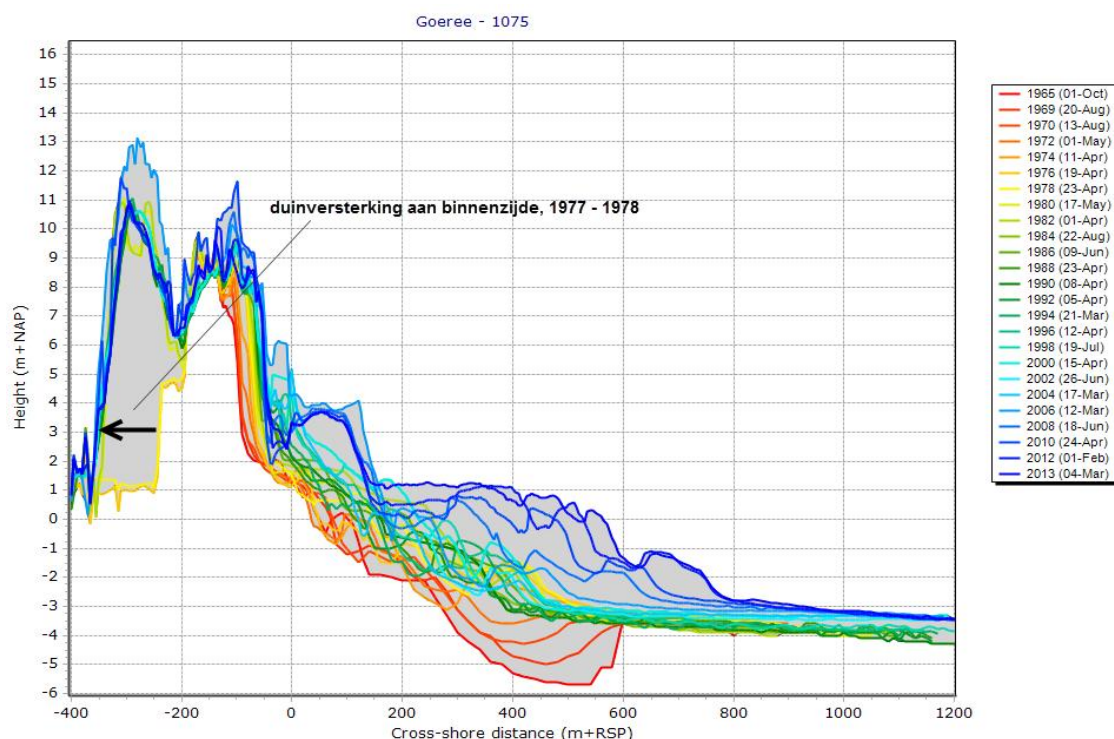
Een groot gedeelte van de duintoename is echter veroorzaakt door de uitgevoerde duinversterkingen in het kader van de Deltawerken. Het stuk tussen RSP 400 en 600 is rond 1969 versterkt. Dit is aangegeven in Figuur 4.28. Tussen RSP 575 en 1125 is in 1977/1978 een duinversterking uitgevoerd aan de binnenzijde van het duin (Tabel 4.2, in paragraaf 4.2.1). Dit is duidelijk te zien in Figuur 4.30 en Figuur 4.31.



Figuur 4.29 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (donker blauw) en 2017 (paars) voor RSP 600 (Goeree, deelgebied II – midden).



Figuur 4.30 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor RSP 900 (Goeree, deelgebied II – midden).



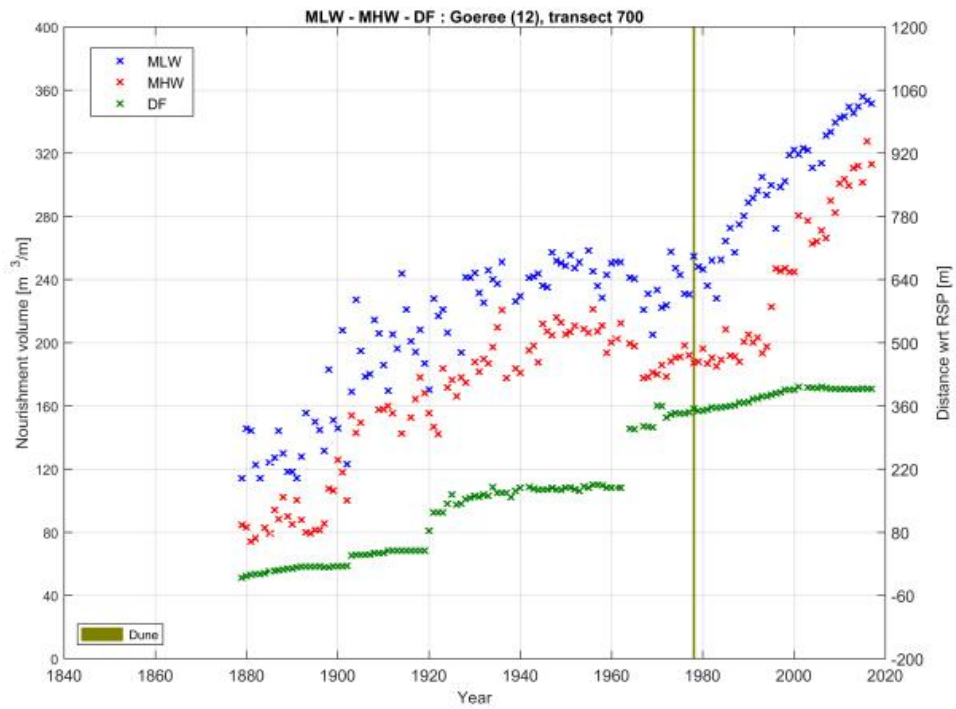
Figuur 4.31 Ontwikkeling van de vooroever en kust tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor RSP 1075 (Goeree, deelgebied II – west).

Kustindicatoren deelgebied II Goeree

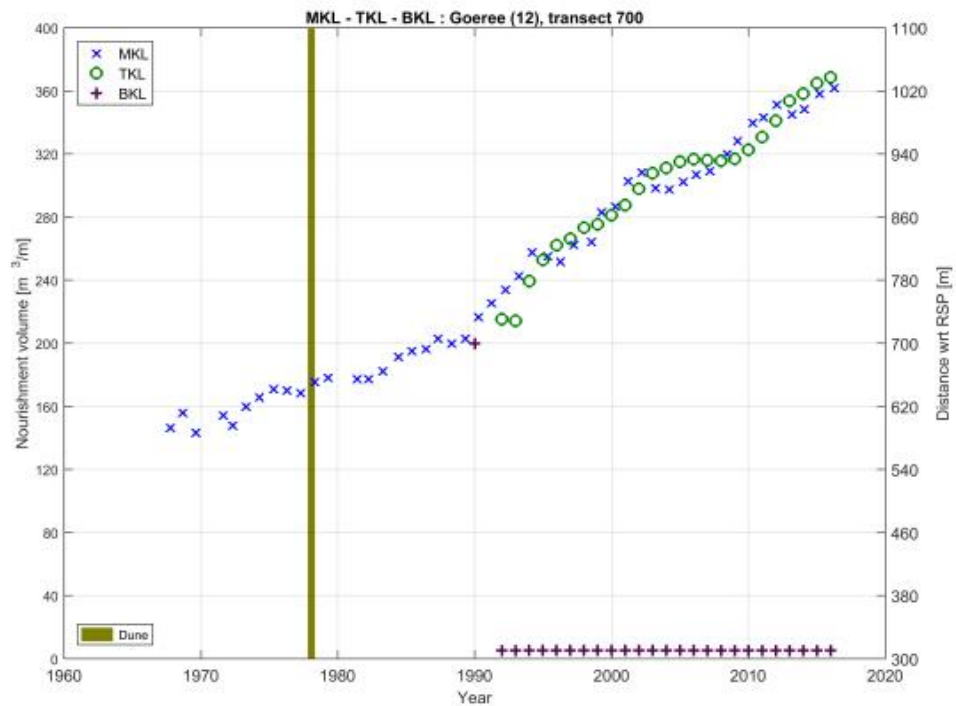
Ook in het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.32) komen de forse fluctuaties in de kustligging van dit deelgebied duidelijk tot uiting. Vooral in het oostelijke deel (RSP 400 – RSP 800) zijn de veranderingen groot (verschuiving zeewaarts van 100 – 200 meter). RSP 700 laat al voor 1970 een grote zeewaartse verschuiving zien.

Het deel tussen RSP 900 en RSP 1100 toont grote fluctuaties. RSP 1100 laat bijvoorbeeld tussen 1930 en 1960 een grote achteruitgang zien en daarna weer een grote vooruitgang. Ter plekke van RSP 1200, 1300 (westelijk deel van het Flaauwe Werk) is het beeld anders: voor 1970 zijn de veranderingen gering in de ligging van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn. Tussen 1940 en 1950 is er nog wel een forse achteruitgang van ongeveer 40 meter in de ligging van de duinvoet en de gemiddelde hoogwaterlijn bij RSP 1200. Na 1970 vertoont het deelgebied bijna overal een grote vooruitgang. Alleen tussen RSP 550 en 625 is er de laatste 10 jaar sprake van (tijdelijke?) achteruitgang (zie par 5.3.2) door het naderbij komen van de geul.

De ontwikkeling van de MKL, TKL en BKL is weergegeven in Figuur 4.33. De ontwikkeling is meestal positief, maar sterk variabel. Tussen RSP 550 en 625 is er sinds 2000 sprake van een achteruitgang door het naderbij komen van de hoofdgeul (zoals ook besproken in de grootschalige morfologie, in paragraaf 3.3). Hoe lang dit zal doorgaan is niet aan te geven. Het is een zeer dynamische omgeving en waarschijnlijk is deze achteruitgang tijdelijk en zal deze geen problemen opleveren ten aanzien van een overschrijding van de BKL-waarden. Ook rondom RSP 800 en rondom RSP 1200 lijkt er de komende jaren een tijdelijke achteruitgang van de kustlijn te komen. Ook hier worden niet direct problemen verwacht ten aanzien van de ligging van de kust ten opzichte van de BKL.



Figuur 4.32 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor RSP 700.



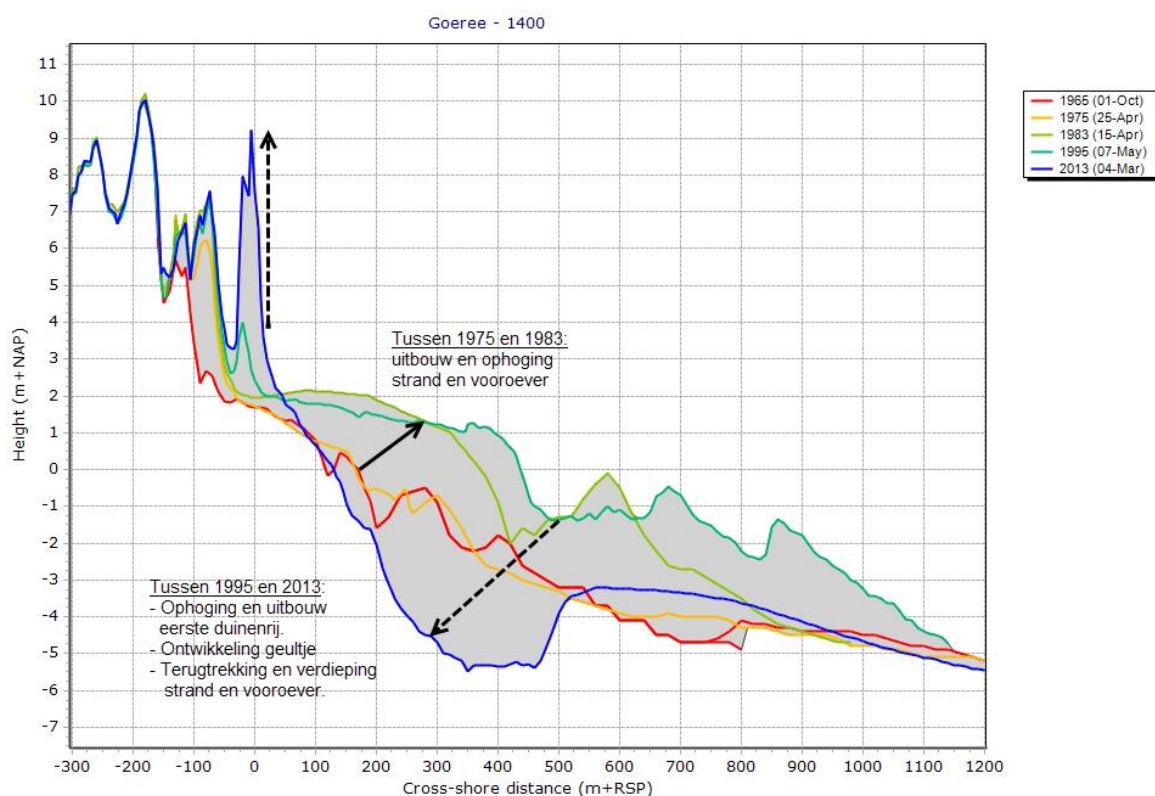
Figuur 4.33 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor raai 700.

Conclusies deelgebied II Goeree

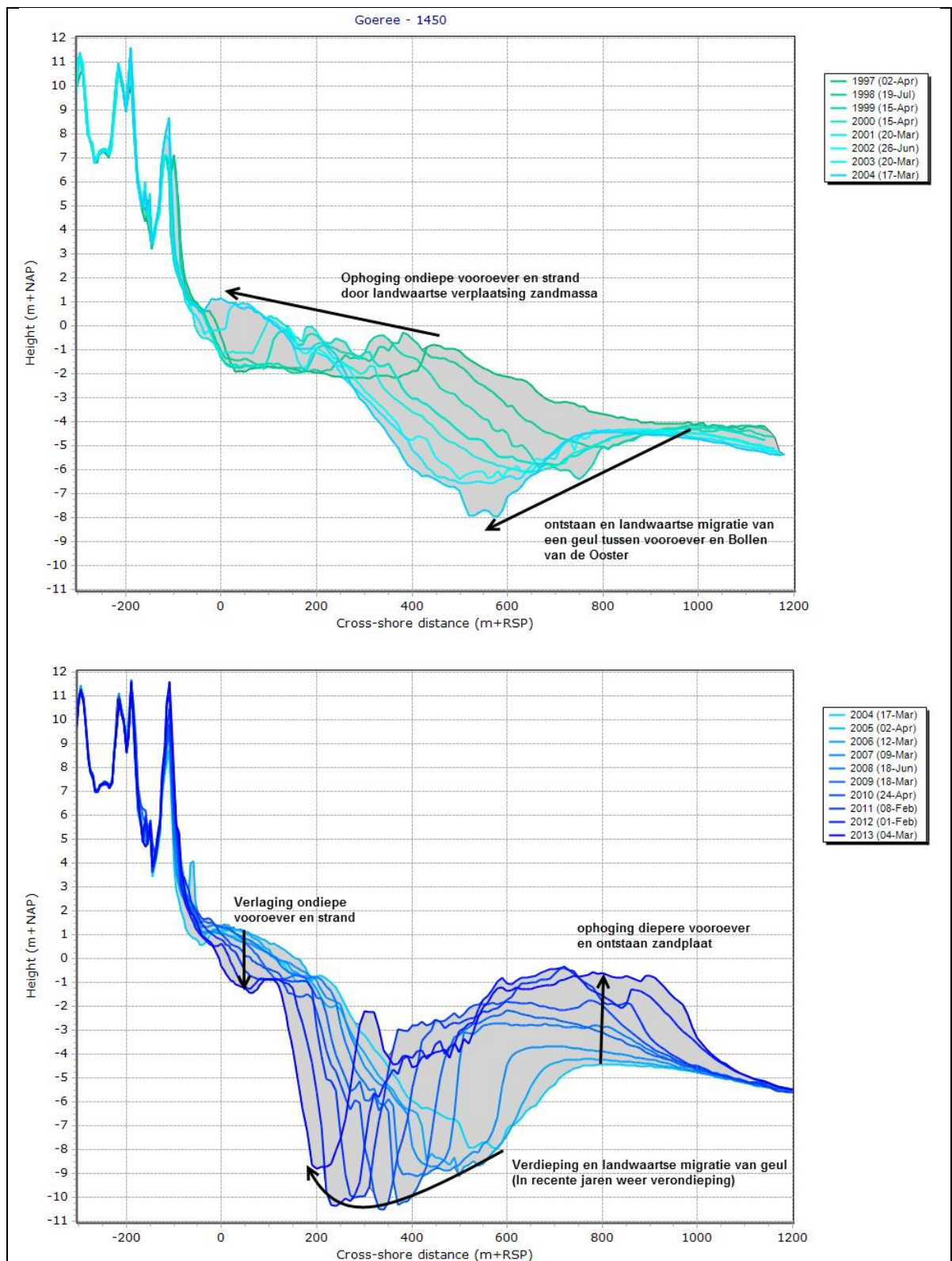
Het deelgebied II kenmerkt zich door grote veranderingen in de kustlijn. In het algemeen is de ontwikkeling zeewaarts. Er worden voorlopig dan ook geen problemen verwacht ten aanzien van de ligging van de MKL ten opzichte van de BKL.

4.3.8 Deelgebied III: (RSP 1300-1700)

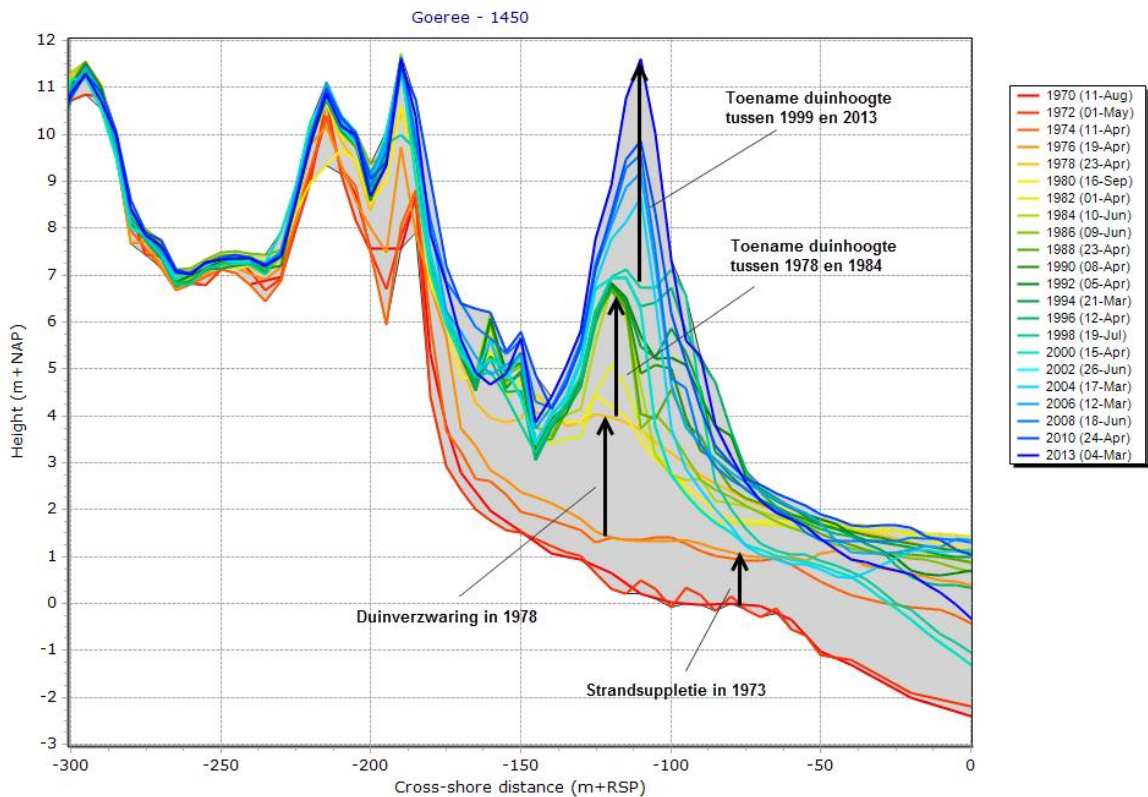
De kust van deelgebied III (locatie, zie Figuur 4.24) staat sterk onder invloed van de ervoor gelegen Bollen van de Ooster. Tussen de Bollen van de Ooster en de kust ligt een geultje (Schaar). Door het golfgedreven zandtransport van de Bollen van de Ooster, wordt dit geultje tegen de kust gedrukt, waardoor het geultje lokaal verdiept en het strand lokaal erodeert. Dit is ook beschreven in paragraaf 4.2.2. In Figuur 4.34 en vooral in Figuur 4.35 is de ontwikkeling van dit geultje goed te zien. Tegelijkertijd ontwikkelt het duin zich vrij sterk. Na 1979 heeft zich een nieuw duin ontwikkeld ongeveer 80 meter voor het oude duin (Figuur 4.34 en Figuur 4.35). In Figuur 4.36 is dit meer in detail weergegeven. De laatste jaren neemt het duin nog steeds verder in volume en hoogte toe. Deze duintoename en/of vorming van een extra duin loopt van RSP 1275 t/m RSP 1700. Na ongeveer het jaar 2000 (moment varieert per raai) zien we dat het volume in de vooroever (en de BKL) afneemt, terwijl het duinvolume toeneemt.



Figuur 4.34 Ontwikkeling van de vooroever tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor RSP 1400. De doorgetrokken pijl geeft de ontwikkeling van de vooroever tussen 1975 en 1983 aan. De gestippelde pijlen geven de ontwikkeling van de vooroever en het duin tussen 1995 en 2013 aan.

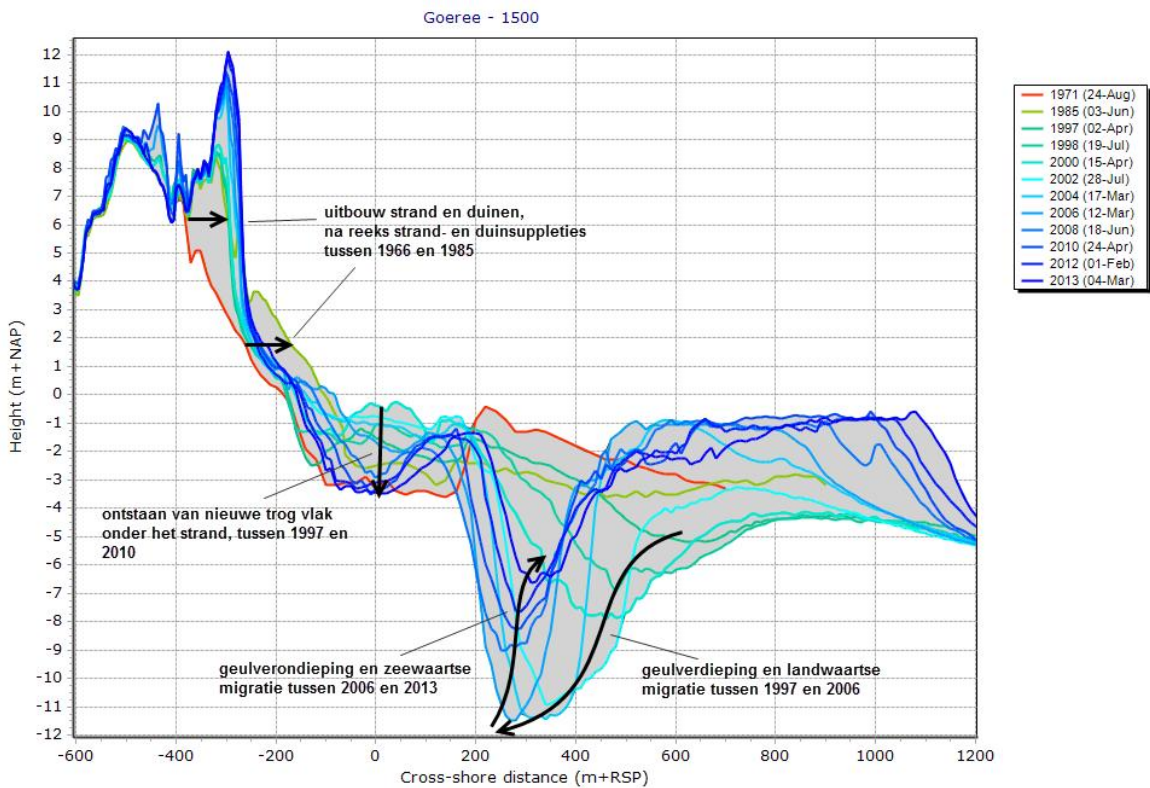


Figuur 4.35 Ontwikkeling van de vooroever en kust in de periode 1997 - 2004 (boven) en in de periode 2004 – 2013 (onder), voor RSP 1450.

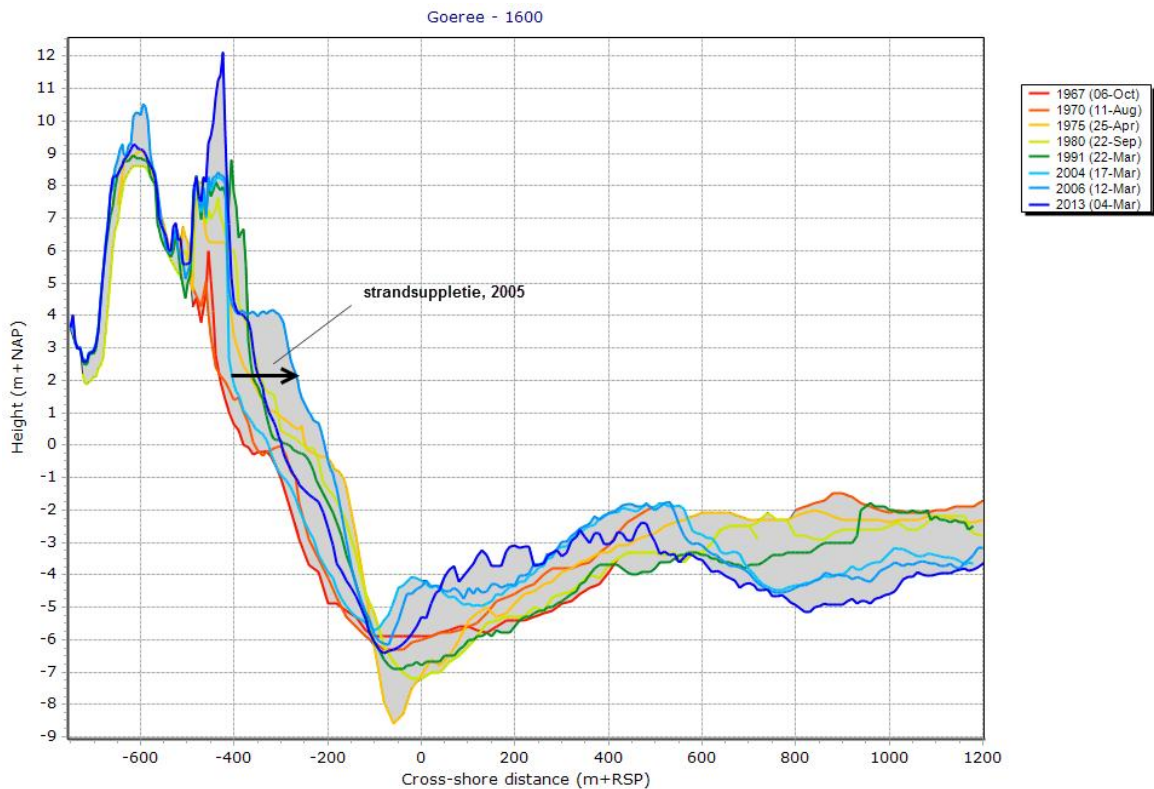


Figuur 4.36 Ontwikkeling van de duinen tussen de jaren 1971 (oranje) en 2013 (donker blauw) voor RSP 1450.

Iets meer naar het zuiden is te zien (Figuur 4.37) dat het geultje zich op deze plek na 2006 verdeeld in twee geultjes. Een zeewaartse die verondiept en zich van de kust af beweegt en een ondiepe geul landwaarts die juist verdiept en zich verder landwaarts ontwikkelt. De consequentie voor het kustonderhoud wordt in de volgende paragraaf besproken. Ook verder naar het zuiden tot ongeveer RSP 1700 is er sprake van een landwaarts opdringend geultje. Figuur 4.38 laat dit zien voor RSP 1600. Hier is tevens mooi het effect te zien van de in 2005 uitgevoerde suppletie. De twee lichtblauwe lijnen geven de situatie voor (2004) en na (2005) de suppletie. In de jaren daarop neemt het duin mede door deze suppletie toe in hoogte en in volume (donkerblauwe lijnen).



Figuur 4.37 Ontwikkeling van de duinen en geulverplaatsing tussen de jaren 1971 (rood) en 2013 (donkerblauw) voor RSP 1500.

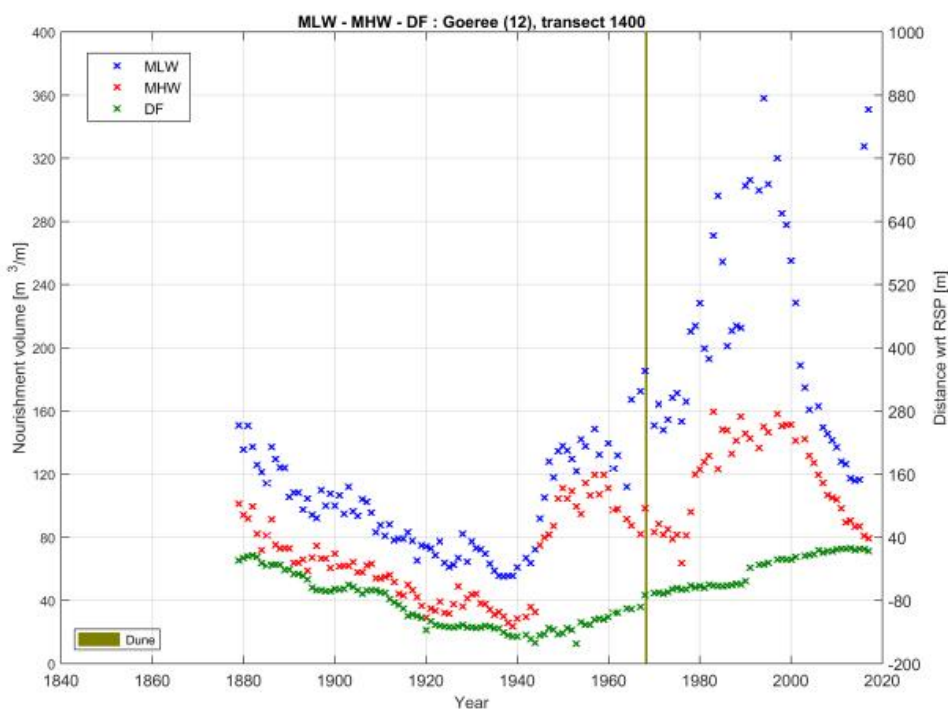


Figuur 4.38 Ontwikkeling van de duinen tussen de jaren 1967 (rood) en 2013 (donkerblauw) voor RSP 1600.

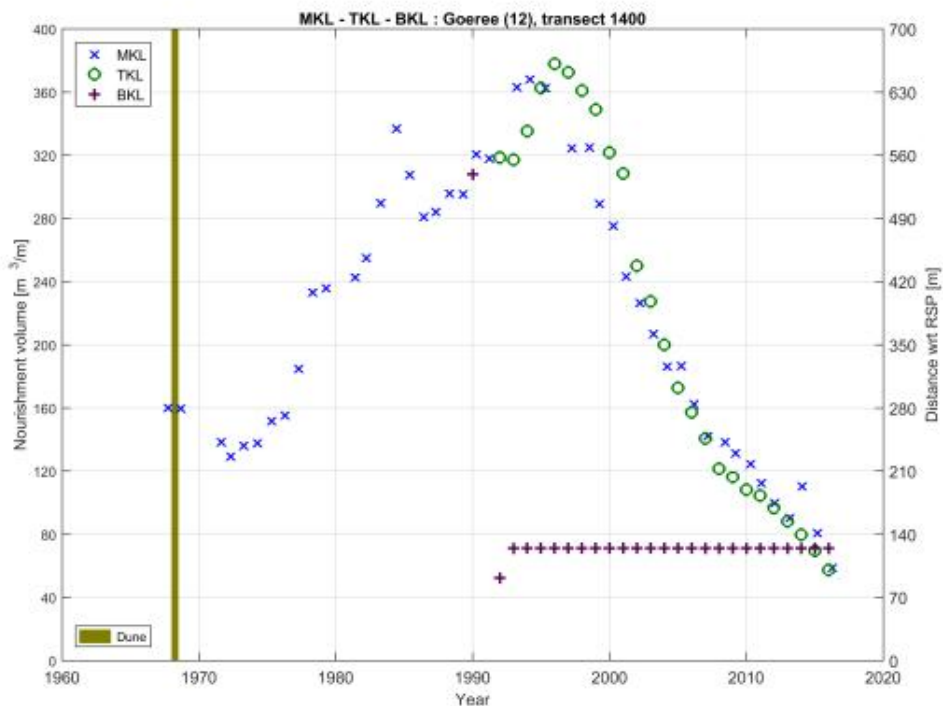
Kustindicatoren deelgebied III Goeree

Het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.39) verschilt duidelijk voor en na het jaar 1970 als gevolg van de Deltawerken en de ontwikkelingen bij de Bollen van de Ooster. Voor het jaar 1970 ondergaat de kust tussen RSP 1300 en RSP 1500 een lichte achteruitgang, daarna zijn er grote fluctuaties. Tussen RSP 1500 en 1700 is er voor 1970 sterke achteruitgang. Bij RSP 1601 en 1701 zelfs met ongeveer 400-600 meter voor de duinvoet, de gemiddelde hoogwaterlijn en de gemiddelde laagwaterlijn. Na het jaar 1970 is er alleen rondom RSP 1600 nog duidelijk sprake van achteruitgang, het overige kustdeel tussen RSP 1500 en 1700 is dan vrij stabiel.

De ontwikkelingen van de MKL en TKL (na 1970) zijn vergelijkbaar met het bovenstaande (Figuur 4.40). Sinds 1995 laat het gehele deelgebied (RSP 1300 tot RSP 1700) een sterke achteruitgang zien van de MKL, zodanig dat de BKL binnen enkele jaren overschreden zal worden. Bij RSP 1375, de meest ongunstige situatie, ligt de TKL al op de positie van de BKL in 2012. Tussen RSP 1300 en RSP 1450 zijn na de duinversterking in 1967/1968 nog geen suppleties uitgevoerd. Tussen RSP 1550 en RSP 1700 is recent (na 1990) alleen nog in 2006 een strandsuppletie uitgevoerd.



Figuur 4.39 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor raai 1400.



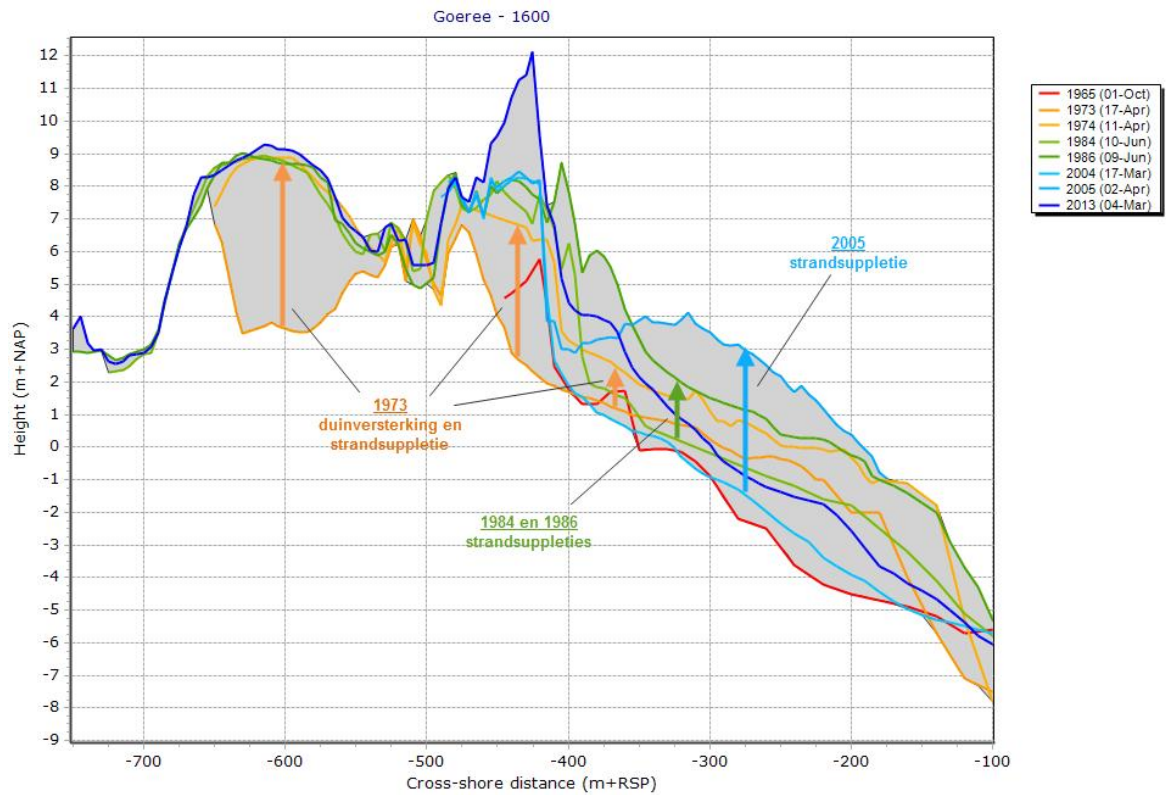
Figuur 4.40 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1400.

Conclusies deelgebied III Goeree

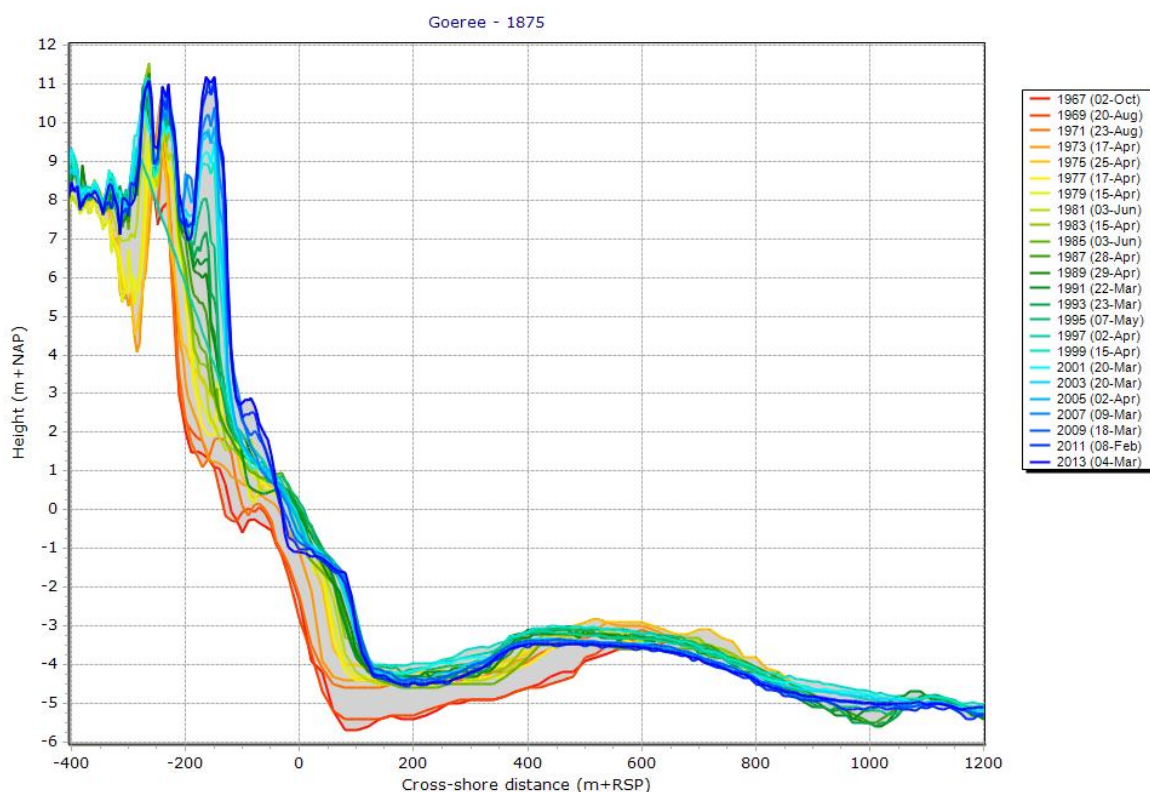
Sinds 1995 laat het gehele deelgebied (RSP 1300 tot RSP 1700) een sterke achteruitgang zien van de MKL, zodanig dat de BKL binnen enkele jaren zal worden of reeds door de TKL overschreden is.

4.3.9 Deelgebied IV: (RSP 1700-1900)

De kust van het meest zuidelijke deelgebied IV (locatie, zie Figuur 4.24) is georiënteerd op het westen en is gelegen tussen RSP 1700 en RSP 1900, de damaanzet met de Brouwersdam. In 1972 (tussen RSP 1875 en RSP 1900) en in 1976 (tussen RSP 1850 en 1900) zijn duinversterkingen uitgevoerd (zie Tabel 4.2 in paragraaf 4.2.1). Het duin is hierdoor iets toegenomen en ook na de duinversterkingen is het duin verder blijven groeien (Figuur 4.42). In het noordelijk deel van het deelgebied waar geen duinversterkingen zijn uitgevoerd en waar alleen in 2005 een strandsuppletie is uitgevoerd is het duin eveneens fors toegenomen (Figuur 4.41) na 1970. Vermoedelijk speelt de verhoging van de vooroever na 1970 na de afsluiting van het Brouwershavense Gat hierbij een rol. Na 2000 verondiept de vooroever niet verder en verdiept deze zelfs weer. De toename van het duin gaat nog wel verder door (Figuur 4.41 en Figuur 4.42).



Figuur 4.41 Ontwikkeling van de duinen en het strand, tussen de jaren 1965 (rood) en 2013 (donker blauw) voor RSP 1600. In dit gebied zijn diverse suppleties op het strand en in de duinen uitgevoerd. Enkele grote suppleties staan met pijlen in de figuur aangegeven.



Figuur 4.42 Ontwikkeling van de duinen en vooroever tussen de jaren 1967 (oranje) en 2013 (donkerblauw) voor RSP 1875.

4.3.9.1 Kustindicatoren deelgebied IV Goeree

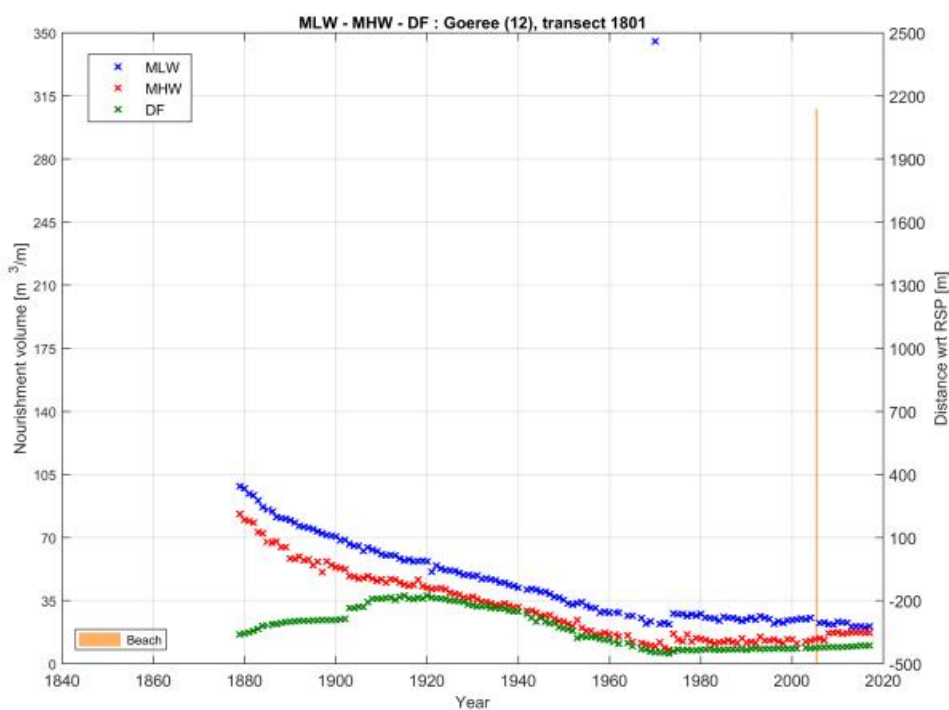
Het verloop van de duinvoet, de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn (Figuur 4.43) toont voor 1970 (afsluiting Brouwershavense Gat) een teruggang van de gemiddelde hoogwaterlijn en de gemiddelde laagwaterlijn, vooral nabij RSP 1900. De duinvoet bij RSP 1900 toont juist een grote vooruitgang. Na 1970 treedt in het begin nog enige aanpassing op, na 1990 is de kustligging vrij stabiel.

In 2012 is de BKL-ligging voor het meest zuidelijke deel tussen RSP 1802 en RSP 1900 met maximaal 29 meter landwaarts verschoven (Tabel 4.3, Min. I&M, 2012). Bij een aantal raaien in het zuiden van Goeree is de BKL reeds jaren overschreden, zonder dat sprake is van sterke erosie en functies die in het geding komen. Door de BKL iets terug te leggen krijgt de BKL een sterkere signaalfunctie dan dat voorheen het geval was.

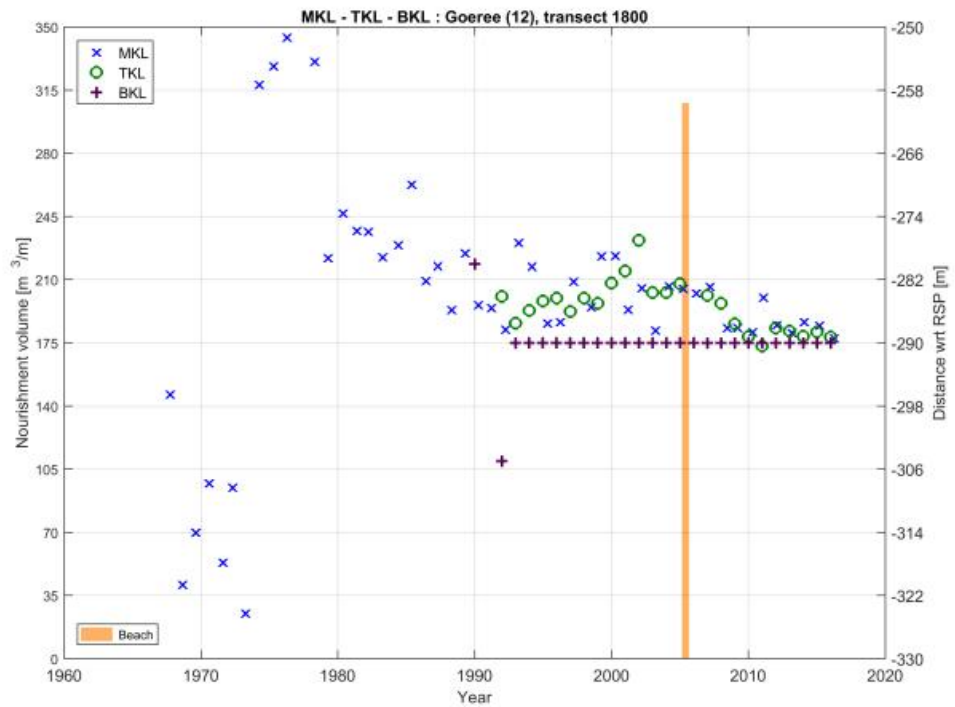
Het verloop van de MKL en de TKL wordt weergegeven in Figuur 4.44. De ligging van de MKL is vrij stabiel, maar toont bij RSP 1900 nog wel enige achteruitgang over de periode 1990 – 2013. Na 2010 is de ligging even stabiel. Een lichte verdere achteruitgang van de MKL in de toekomst is niet onmogelijk. Het verloop van de vooroever in Figuur 4.42 (RSP 1875) duidt ook op mogelijke verdere erosie. Dit zou betekenen dat ondanks de verplaatsing van de BKL, deze in de toekomst mogelijk weer wordt overschreden.

Tabel 4.3 Aanpassing in de BKL (Min I&M, 2012)

km raai	BKL 2001	BKL 2012	BKL verschuiving
18.02	-276	-285	-9
18.25	-193	-210	-17
18.50	-81	-100	-19
18.75	29	15	-14
19.00	169	140	-29



Figuur 4.43 Grafiek met de positie van de duinvoet (DF), gemiddelde hoogwaterlijn (MHW) en de gemiddelde laagwaterlijn (MLW) voor RSP 1801.



Figuur 4.44 Grafiek met de positie van de MKL, TKL en BKL voor RSP 1800.

Conclusies deelgebied IV Goeree

De afgelopen 20 jaar is er sprake van een lichte achteruitgang of vrijwel stabiele ligging van de vooroever en de MKL. Mogelijk zal in de toekomst de BKL licht worden overschreden.

4.4 Dynamiek van de zeereep (Arens en Neijmeijer, 2015)

4.4.1 Inleiding

In het kader van de beheerbibliotheek die Deltares in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu maakt is Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek gevraagd om informatie te verschaffen over de zeereep. De zeereep is ingedeeld in een aantal kustvakken. In Bijlage D wordt de duinsituatie per deelgebied gegeven voor de kustvakken Voorne en Goeree. De beschrijving van de kustvakken bevat informatie over de zeereep, met betrekking tot aangroei of afslag en een typering van de zeereepdynamiek in zogenaamde responstypen (mate van dynamiek en doorstuiving). Daarnaast wordt informatie verschaft over de volumeverandering van de zeereep, jaarlijks op Jarkusraai niveau (op basis van werk van Puijvelde, 2010) en over langere perioden op kilometerniveaus (op basis van het suppletieonderzoek, Arens et al, 2010).

4.4.2 Kustvak 11 Voorne, algemene beschrijving situatie 1988 en 2014

Situatie 1988

De gehele zeereep van Voorne is tussen 1984 en 1989 verzwaaard en is daardoor vrijwel geheel kunstmatig (Figuur 4.45). De zeereep is in een semi-natuurlijke vorm geprofileerd. Omdat de zeereep geheel kunstmatig is, is geen verdere beschrijving uitgevoerd.

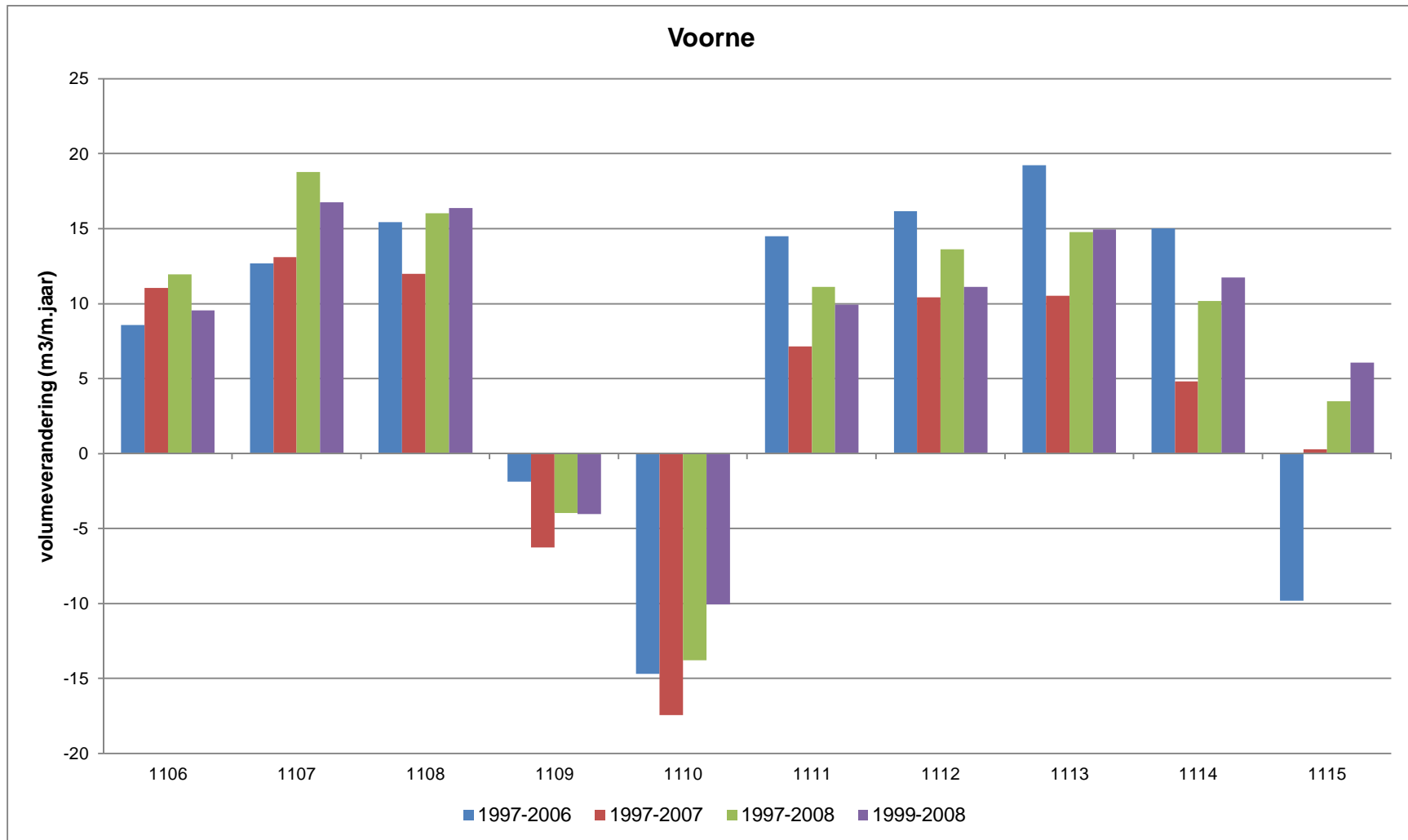
Situatie 1999-2008

Aangroeiende zeereep met een jaarlijkse volumetoename van $\pm 10 \text{ m}^3/\text{m}$ (Figuur 4.46). De punt van Voorne heeft een sterk eroderend karakter. In 2005 heeft hier nog een suppletie plaatsgevonden, maar het verlies is hier zichtbaar sterker.

Situatie 2014

De zeereep bij Voorne heeft een langzaam aangroeiend karakter. Dit is vrijwel geheel bepaald door grote suppleties die hier in het verleden hebben plaatsgevonden. Meest recent is een duinverzwaring uitgevoerd tussen 2009 en 2010 waarbij de hele kop van Voorne een herinrichting heeft ondergaan. Van de oude duinversterking van 1988 is de top afgeschoven en deze is vervolgens bedekt met vers suppletiezand. Dit heeft geleid tot een enorme toename in dynamiek in dit gebied.

Voor situatie per deelgebied zie Bijlage D.



Figuur 4.46 Kustvak Voorne, Volumeverandering boven de +3m NAP per kilometer. De volumeberekening is gebaseerd op de laseraltimetrie meting. Noord links, zuid rechts. Notatie op X-as: kustvak (11) en km (RSP). De km-nummering loopt gelijk aan de RSP-nummering.

4.4.3 Kustvak 12 Goeree, algemene beschrijving situatie 1988 en 2014

Situatie 1988

De zuidkant heeft in de loop der jaren een aantal suppleties ondergaan, Figuur 4.47. Voor de eigenlijke zeereep, die soms uit verschillende ruggen bestaat, bevindt zich een lage glooiende zone met aanplant en schermen. Zeer plaatselijk is de zeereep extreem gekerfd, met uitstuivingen tot op het grondvlak.

De noordkant wordt gekenmerkt door Kwade Hoek en omstreken, een uitgestrekt aangroeigebied met kwelders, niet-gesloten primaire duinruggen en zandbanken met embryoduinvorming. De oude zeereep is vrij laag en breed, glooiend en gelijkvormig, over het algemeen met struweel begroeid.

Situatie 1999-2008

Afwisselende volumeverschillen in de zeereep met zowel positieve als negatieve trends. Het meest oostelijke deel bij de Kwade Hoek is overwegend erosief. De sterkste aangroei vindt plaats aan de noordzijde van Goeree. Net ten westen hiervan op de kop van Goeree is in 2005 een strandsuppletie uitgevoerd, die hier waarschijnlijk aan bijdraagt. Tussen RSP 20.00 en 24.00 ligt de Brouwersdam met daarvoor een zandbank die zich door de tijd heen verplaatst. Dit heeft effect op de volumeverandering, zie Figuur 4.48.

Situatie 2014

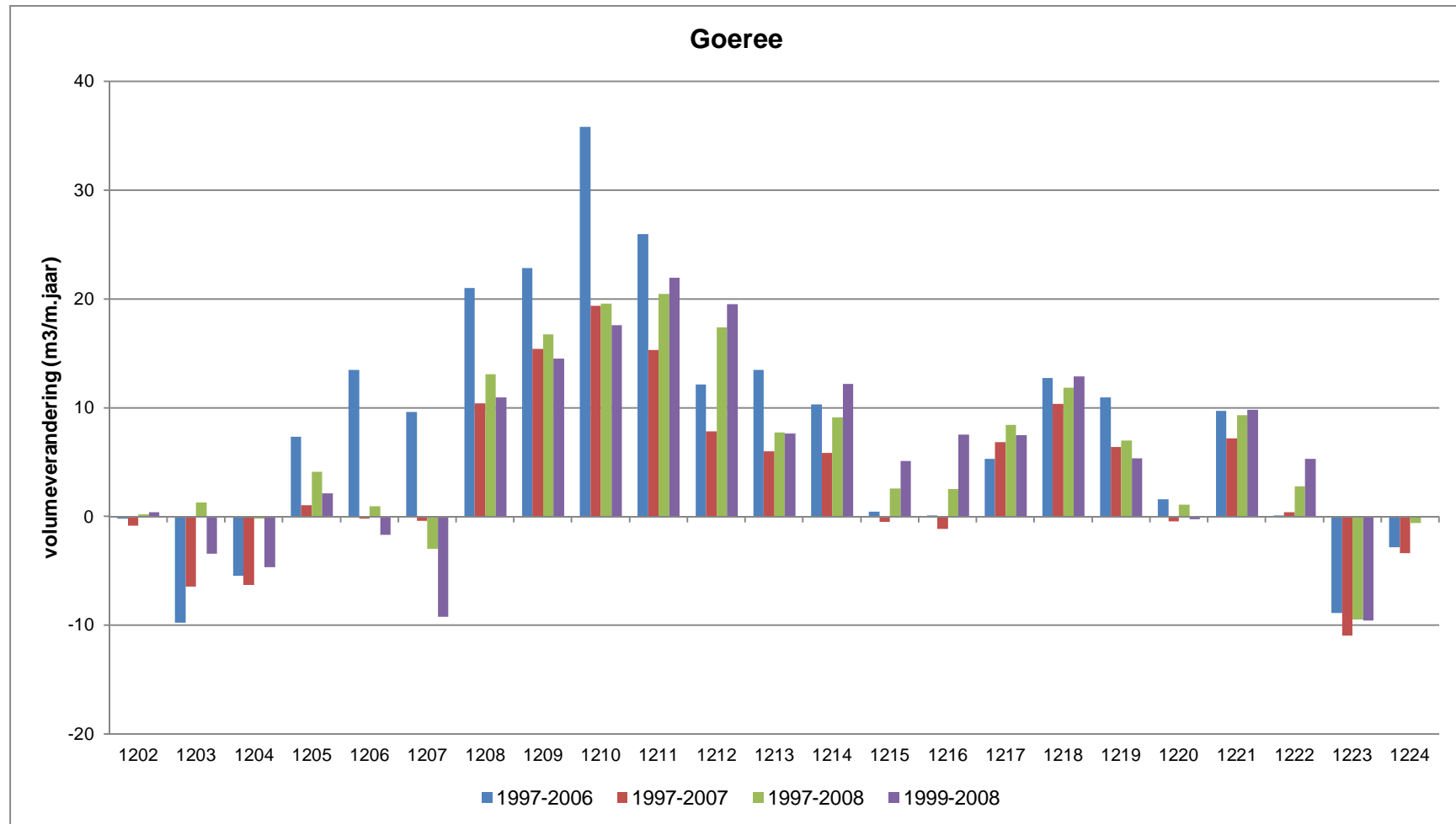
Over het algemeen toont de dit hele gebied een langzaam stijgende trend in volume. Op veel plekken ontstaan embryonale duinen voor de zeereep. Op het Westhoofd van Goeree is in 2005 gesuppleerd op het strand waarna het zand met name in noord en in mindere mate in zuidelijke richting is verplaatst. Er vindt hier flinke overstuiving plaats in de zeereep. Op enkele plekken zijn zelfs kerven ontstaan.

In het noorden heeft de Kwade Hoek zich verder uitgebreid. Zeewaarts van de kwelders zijn embryonale duinen zich steeds verder aan het ontwikkelen tot een nieuwe duinenrij.

Voor situatie per deelgebied zie Bijlage D.



Figuur 4.47 Classificatie van de zeereep voor Goeree. Het betreft de huidige classificatie van responstypen zoals ze in 2014 gelden, gebaseerd op laseraltimetrie 1997



Figuur 4.48 Kustvak Goeree, Volumeverandering boven de +3m NAP per kilometer. De volumeberekening is gebaseerd op de laseraltimetrie meting. West rechts, oost links. Notatie op X-as: kustvak (12) en km (RSP). De km-nummering loopt gelijk aan de RSP-nummering.

5 Kustverdediging en primaire waterkering

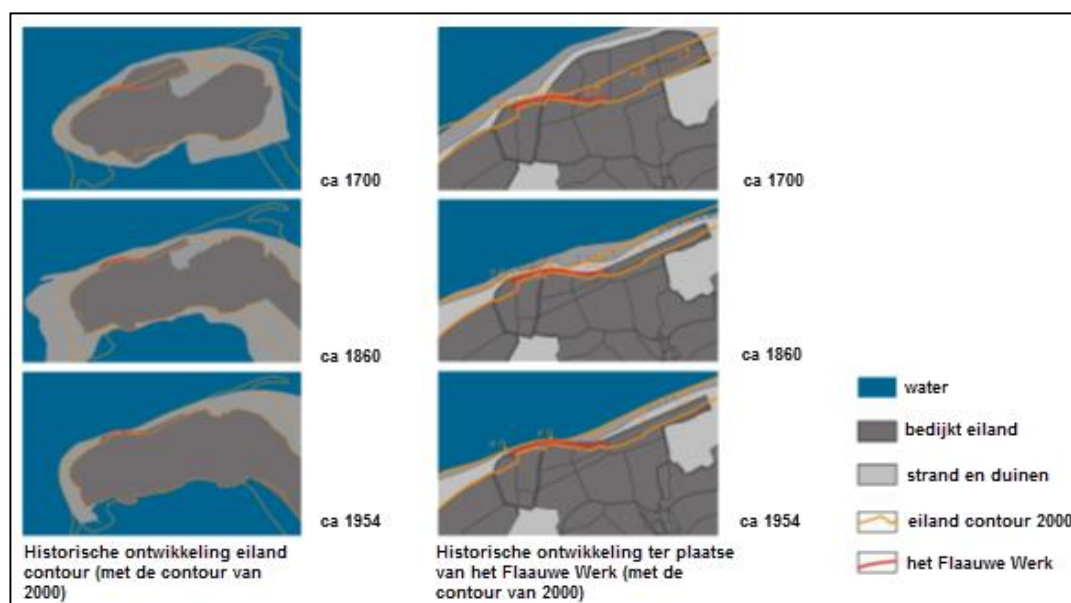
5.1 Historische ontwikkeling kustverdediging Voorne en Goeree

De kustverdediging van Voorne en Goeree bestaat uit duinen en zeeweringen. De kust van Voorne is altijd zandig geweest en kent geen harde elementen. Rond 1900 – 1930 was er rond de Kop van Voorne nog sprake van een grote brede strandvlakte en is een aantal maal de duinvoet zeewaarts verplaatst door het ontstaan (mede geholpen door de mens) van een nieuwe duinenrij.

Al in de 18^e eeuw vormde de zeewering langs de noordkust van Goeree een bron van zorg. De sterke stroming voor dit deel van de Noordzeekust zorgde in 1715 voor het verdwijnen van een gedeelte van de bestaande dijk. Decennialang vormden de kosten voor herstel en onderhoud een bron van discussie tussen de Staten van Holland en de ingelanden. Nadat gebleken was dat de aanleg van rijdsdammen voor het Flauwe Werk onvoldoende effect sorteerde, werd de strategie in 1756 gewijzigd. Men besloot de helling van de voor de dijk gevormde duintjes te verflauwen. Dit had wel resultaat. In 1812 was de hoogte van de dijk NAP +5.8 meter. In de eerste decennia van de 19^e eeuw raakt de dijk geheel ondergestoven, maar in 1835 komt het dijklichaam weer bloot te liggen. Daarna worden extra strandhoofden aangelegd.

Tijdens de Watersnood van 1953 was de situatie bij het Flauwe Werk zeer kritiek. De aanwezige zeewering werd grotendeels weggeslagen. Landinwaarts werd in 1984 een nieuwe asfaltdijk gelegd, waarbij ook het aanwezige zeemanskerkhof uit 1823 en een aantal woningen verdwenen. Voor de versterking van de Zeedijk werd het hoogste duin van Goeree-Overflakkee, de verderop gelegen Blanke Blienkerd afgegraven. In 1700 was de kust ter plekke van het huidige Flauwe Werk nog veel breder (Figuur 5.1).

In 2007/2009 is het Flauwe Werk in het kader van de Zwakke Schakels versterkt de dijk is 60.000 ton nieuw asfalt aangebracht en er is 200.000 m³ extra zand onder het asfalt komen te liggen en 90.000 m³ zand als afdeklaag er bovenop. Het hoogste punt ligt drie meter hoger dan in de oude situatie, namelijk op 12,60 meter +NAP. Foto 5.1 toont een luchtfoto van het Flauwe Werk.



Figuur 5.1 Historische ontwikkeling Goeree en Flauwe Werk (DHV, 2005).



Foto 5.1 Flauwe werk Goeree (Hollandse Delta, 2016)

5.2 Primaire waterkering

5.2.1 Dijkkringgebied Voorne-Putten

Voorne maakt deel uit van Dijkkring 20 en ligt geheel in de Provincie Zuid-Holland (Figuur 5.2). Het beheer van de dijkkring ligt in handen van Waterschap Hollandse Delta. Dit waterschap is in 2005 ontstaan uit een fusie tussen de waterschappen de Brielse Dijkkring, Goeree-Overflakkee, de Grootte Waard en IJsselmonde. Hiervoor lag het beheer van dijkkring 20 bij Waterschap de Brielse Dijkkring.

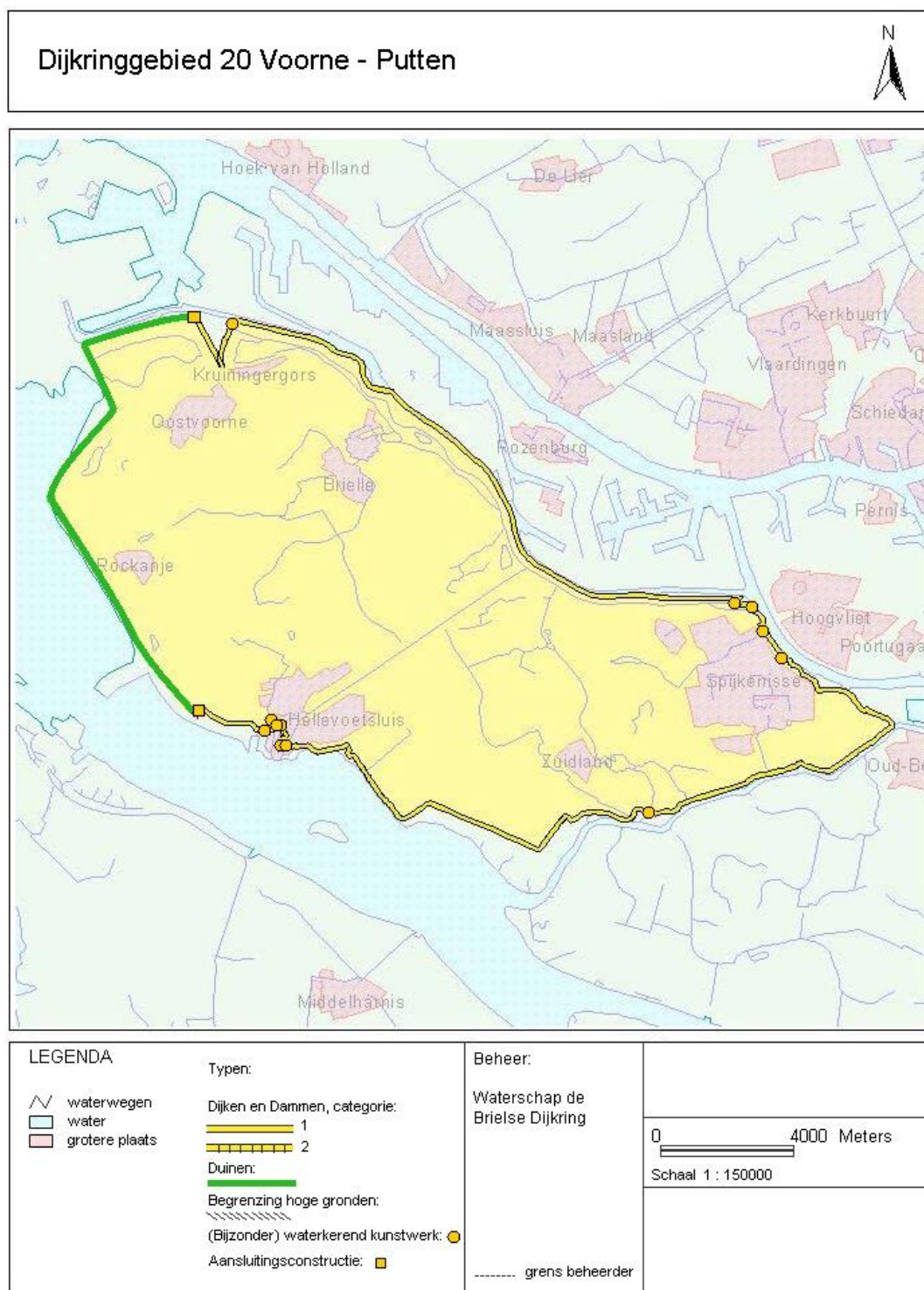
Het dijkkringgebied omvat globaal het eiland Voorne-Putten met aan de noordzijde het Hartelkanaal, aan de oostzijde de Oude Maas en het Spui, aan de zuidzijde het Haringvliet en aan de westzijde de Noordzee. De Noordzee en het Haringvliet zijn buitenwater. In 1997 is de Beerdam geopend waardoor het Hartelkanaal eveneens buitenwater is.

Via de Hartelkering en de Europoortkering II is dit gebied verbonden met dijkkringgebied 19, Rozenburg, en via de Haringvlietdam met dijkkringgebied 25, Goeree-Overflakkee.

Figuur 5.2 toont de overzichtskaart van de waterkering van de gehele dijkkring Voorne – Putten (met tevens de toetsresultaten uit de eerste veiligheidstoets van de eerste toetsronde).

De primaire waterkeringen van dit dijkkringgebied zijn allemaal van categorie a: direct buitenwaterkerend. Het geheel bestaat uit ongeveer 53.6 km dijken en ongeveer 17 km duinen, die een gebied van circa 19400 ha beschermen. Voor de dijkkring geldt in 2014 een normfrequentie van 1/4000 keer per jaar.

De dijkkring telt 13 waterkerende kunstwerken: vestingwerk Westbeer; vestingwerk Oostbeer; inlaatsluis Oostbeer; scheepvaartsluis Kanaal door Voorne; gemaal Gorzeman; persleiding noodpomp Zuidland; inlaatsluis Bernisse; gemaal De Vooruitgang; metrotunnel; keersluis haven Spijkensse; Voornse sluis en spuisluis Rozenburg.



Figuur 5.2 Waterkering Voorne-Putten, 1996 – 2001. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

5.2.2 Dijkkringgebied Goeree-Overflakkee

Goeree maakt deel uit van Dijkkring 25 en ligt geheel in de Provincie Zuid-Holland (Figuur 5.3). Het beheer van de dijkkring ligt in handen van Waterschap Hollandse Delta. Dit waterschap is in 2005 ontstaan uit een fusie tussen de waterschappen de Brielse Dijkkring, Goeree-Overflakkee, de Grootte Waard en IJsselmonde. Hiervoor lag het beheer van dijkkring 25 bij Waterschap Goeree-Overflakkee. De dijkkring beschermt een gebied van circa 22400 ha en heeft volgens de Waterwet een normfrequentie van 1/4000 keer per jaar (vigerende normering in 2014). Het dijkkringgebied grenst aan de noordoostzijde aan het Haringvliet, aan de zuidoostzijde aan het Krammer-Volkerak, aan de zuidwestzijde aan het Grevelingen en aan de noordwestzijde aan de Noordzee.

De primaire waterkering is 96.2 kilometer lang. 44.3 kilometer hiervan grenst aan de Noordzee en het Haringvliet, en valt onder categorie a (direct buitenwaterkerend). De 51.9 kilometer aan dijken grenzend aan het Grevelingen en het Krammer-Volkerak vallen onder de categorie c (niet-direct buitenwaterkerend).

Figuur 5.3 toont de overzichtskaart van de waterkering van de dijkkring Goeree – Overflakkee. De 44.3 km 'direct buitenwaterkerende' waterkeringen bestaan uit:

- 13.8 km duin langs de Noordzee,
- 4.3 km kunstmatig duin langs het Haringvliet
- 4.2 km dijk langs de Noordzee (het Flaauwe Werk en Buitenhaven Stellendam),
- 21.9 km dijk langs het Haringvliet
- 7 waterkerende kunstwerken (Uitwateringssluis Zuiderdiep; Noodpomp Zuiderdiepboezem en inlaatsluis Zuiderdiep; Keersluis haven van Middelharnis; Gemaal Koert; Keersluis Stad aan 't Haringvliet; Coupure Den Bommel; Gemaal De Bommelse Polders).

5.3 Beoordeling van de waterkering

5.3.1 Waterwet, VTV & WBI

De Waterwet² schrijft voor dat er elke zes (voorheen vijf) jaar een beoordeling van de primaire waterkering plaatsvindt. Bij de beoordeling wordt gekeken of de waterkering in kwestie nog aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoet. Uit de beoordeling komt één van drie mogelijke oordelen voort:

- de waterkering voldoet aan de norm,
- de waterkering voldoet niet aan de norm, of
- er kan geen oordeel geveld worden.

Sinds 2017 is het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium voor de primaire waterkeringen van kracht, het WBI³, voorheen de VTV. De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfeigenschappen en waterstanden) die nodig zijn voor de beoordeling, worden aangeleverd in de hydraulische randvoorwaarden. De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over de actuele toestand van de waterkering.

De methode van beoordeling hangt in grote mate af van de soort waterkering. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen:

- dijken & dammen,
- duinen,
- waterkerende kunstwerken (bijvoorbeeld sluizen of kademuren) en
- niet-waterkerende objecten (NWO's, zoals kabels en leidingen).

Voor al deze categorieën zijn beoordelingsinstrumenten beschreven in het WBI.

De primaire waterkeringen zijn voor ongeveer 90% bij de waterschappen en voor ongeveer 10% bij Rijkswaterstaat in beheer. Deze waterkeringbeheerders zijn verantwoordelijk voor het (laten) uitvoeren van de beoordeling en de beschikbaarheid van de actuele gegevens van de waterkering.

In het volgende tekstkader staan begrippen die in deze paragraaf gebruikt worden toegelicht.

² <http://wetten.overheid.nl/>

³ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-wbi/>

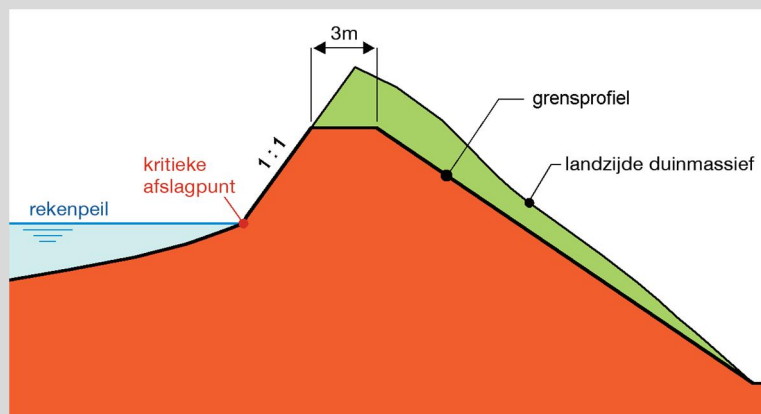
Begrippenlijst Beoordeling Waterkering

Aansluitingsconstructie

Een aansluitingsconstructie vormt een overgang (aansluiting) tussen twee verschillende type waterkeringen, vaak tussen een duin en een dijk.

Grensprofiel

Het grensprofiel is het minimale dwarsprofiel wat in de beoordeling nog aanwezig moet zijn na een duinafslag berekening. De dimensies van het benodigde grensprofiel zijn afhankelijk van de Hydraulische Randvoorwaarden. De ligging van het grensprofiel is opgenomen in de legger van de waterkering.



Hybride kering

Een kering die bestaat uit een combinatie van twee type waterkeringen, bijvoorbeeld een dijk achter een duinenrij of een dijk-in-duin constructie.

Legger

De legger van de primaire waterkering registreert de precieze ligging van de waterkering. Leggers kunnen de vorm hebben van een kaartenboek of een digitaal (GIS) bestand. De Waterwet verplicht sinds 2009 dat er voor elk waterstaatswerk een legger wordt opgesteld. Bij duinwaterkeringen wordt in de legger het grensprofiel geregistreerd.

Normfrequentie

Het veiligheidsniveau van elke dijkkring is vastgelegd in een normfrequentie. Deze frequentie geeft aan op welke waterstand de keringen berekend moeten zijn. Bijvoorbeeld: als een dijkkring een normfrequentie van 1/4000 per jaar heeft, dan moeten de keringen van die dijkkring bestand zijn tegen een waterstand die met een waarschijnlijkheid van 1/4000e per jaar (en dus gemiddeld eens in de 4000 jaar voorkomt).

Voorland

Het gebied dat aan de zeezijde van een waterkering gelegen is.

Zeereep

De duinenrij die direct aan het strand grenst. Deze kan samenvallen met, of zeewaarts liggen van, de primaire waterkering.

5.3.2 Toetsing waterkering Voorne

In deze subparagraaf worden de toetsingen van de Waterkering Voorne (dijkring 20) t/m 2011 samengevat (Toetsronde 1 t/m 3). Dijkring 20 heeft een normfrequentie van 1/4000 per jaar.

5.3.2.1 Toetsronde 1: 1996 – 2001

De resultaten uit de eerste toetsronde staan samengevat in Tabel 5.1 en Figuur 5.4.

Zandige kust

Het waterschap heeft de duinen van Voorne-Putten getoetst aan het grensprofiel en heeft aan alle duinvakken (totale lengte 17,40 km) de score 'goed' toegekend.

Harde keringen

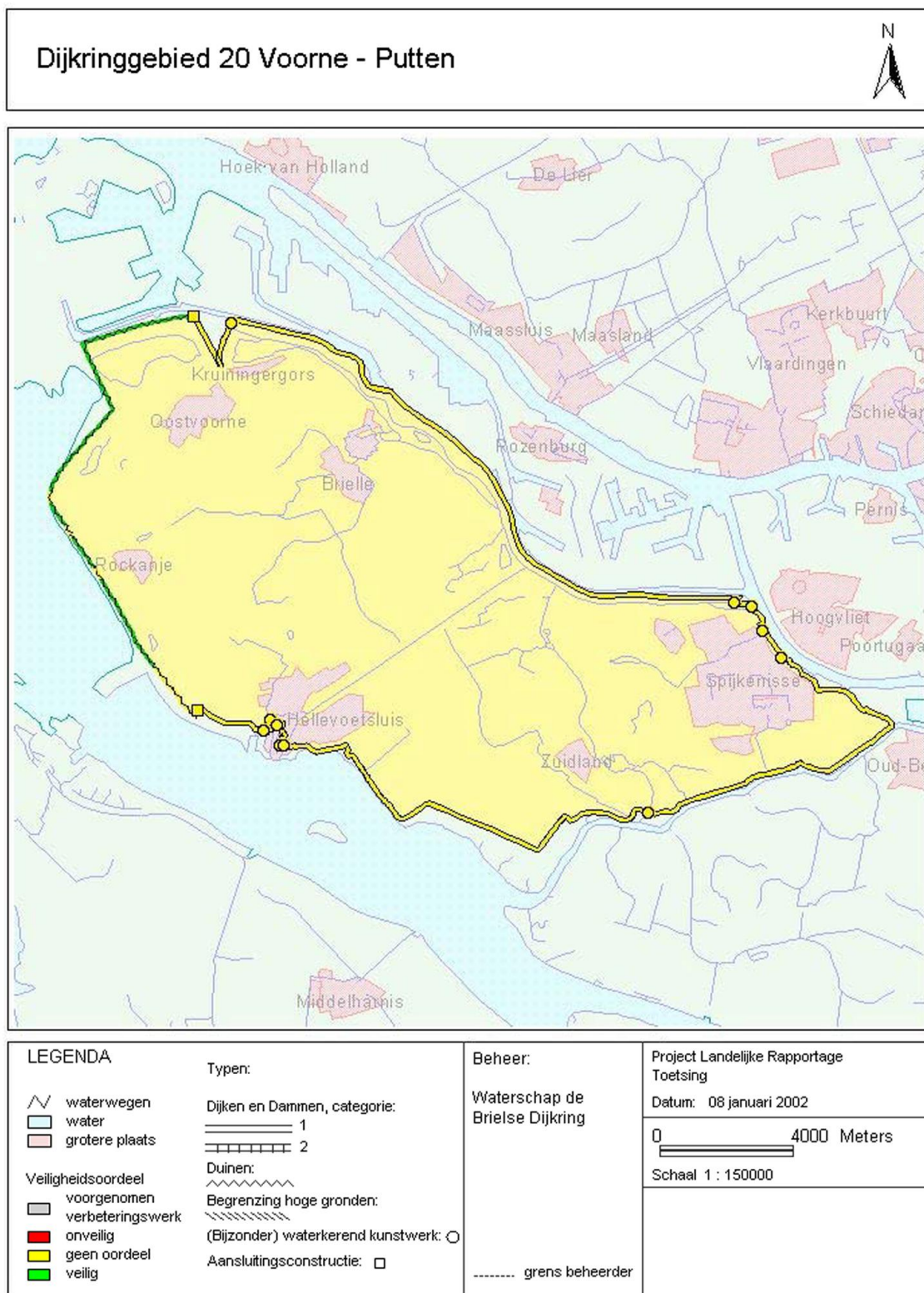
De 53,6 km aan dijken konden niet op alle onderdelen worden getoetst. Het geheel aan dijken kreeg dus de score 'geen oordeel' toegekend. Dit kwam vooral door onzekerheid over de beoordelingsmethode en ontbrekende randvoorwaarden bij de toetsing op bekleding (gras en steenzetting).

Waterkerende kunstwerken

De waterkerende kunstwerken zijn nog niet meegenomen in deze toetsronde en krijgen dan ook de score 'geen oordeel' toegekend.

Tabel 5.1 Resultaten van de eerste veiligheidstoetsing voor Voorne-Putten. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nerderland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

Resultaatstabel dijkringgebied 20, VOORNE-PUTTEN									
Toetsingscriterium per type	Aantal of Lengte (km)	Cat egorie 1	Cat egorie 2	Veiligheidsbeoordeling					
				Categorie 1		Categorie 2			
				VEILIG	ONVEILIG	GEEN OORDEEL	VEILIG	GEEN OORDEEL	
				goed	voldoende	onvoldoende	v.v.	goed	
Totaal	71,0	71,0		15,0			56,0		
Dijken en dammen	53,6	53,6					53,6		
HT Hoogte	53,6	53,6		51,6			2,0		
ST Stabiliteit	53,6	53,6					53,6		
Duinen	17,4	17,4		15,0			2,4		
Kunstwerken	11	11					11		
HT Hoogte	11	11					11		
ST Stabiliteit	11	11					11		
AM Afsluitmiddelen	11	11					11		
Hoge gronden									
Aansluitingsconstructies	2	2					2		



Figuur 5.4 Waterkering Voorne-Putten, met de toetsresultaten uit de eerste toetsronde, 1996 – 2001. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

5.3.2.2 Toetsronde 2: 2001 – 2006

De resultaten uit de tweede toetsronde staan samengevat in Tabel 5.2 en Figuur 5.5.

Zandige kust

Het waterschap heeft de duinen van Voorne-Putten getoetst aan het grensprofiel en heeft aan 16 van de 17,0 km aan duinen de score 'voldoende' toegekend. De 1,0 km aan duinen die onvoldoende scoorden zijn aangemeld bij de landelijke werkgroep op dit gebied.

Harde keringen

Van de 54 km aan dijken kreeg 8,5 km de score 'onvoldoende' en 45,5 km 'geen oordeel'. Dit laatste komt vooral omdat niet op het onderdeel Bekleding kon worden getoetst.

Waterkerende kunstwerken

De 15 waterkerende kunstwerken kregen allen de score 'geen oordeel' toegekend. De oorzaak hiervan ligt voor een aantal kunstwerken bij het ontbreken van gegevens over de opbouw en sterkte.

Tabel 5.2 Resultaten van de tweede veiligheidstoetsing Voorne-Putten. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

Resultaatstabel dijkringgebied			Veiligheidsbeoordeling						
Toetsingscriterium per type	Aantal of lengte [km / st]	Categorie a Categorie c	Categorie a			Categorie c			
			VOLDOET AAN DE NORM		VOLDOET NIET AAN DE NORM	GEEN OORDEEL	VOLDOET AAN DE NORM	VOLDOET NIET AAN DE NORM	GEEN OORDEEL
			goed	voldoende	onvoldoende		goed	onvoldoende	
Totaal	71,0	71,0	16,0		9,5	45,5			
Dijken en Dammen	54,0	54,0			8,5	45,5			
HT Hoogte	54,0	54,0	51,8			2,2			
ST Stabiliteit						54,0			
STPH Piping en heave	54,0	54,0	53,3		0,7				
STBU Macrostabiliiteit buitenwaarts	54,0	54,0	52,5	1,4		0,1			
STBI Macrostabiliiteit binnenwaarts	54,0	54,0	45,1	4,3	4,6				
STMI Microstabiliiteit	54,0	54,0	54,0						
STBK Bekleding:	54,0	54,0				54,0			
- steenzetting									
- asfalt									
- grasmat									
- overige bekledingen									
STVL Voorland:									
- afschuiving	54,0	54,0	36,8	16,5	0,7				
- zettingsvloeiing	54,0	54,0	37,0	14,5	2,5				
NWO Niet-waterkerende objecten:									
- bebouwing	1	1	1						
- kabels & leidingen	106	106	75	16	1	14			
- bomen & overige begroeiing	10	10				10			
- overige niet-waterkerende objecten	202	202				202			
Hoge gronden									
Duinen	17,0	17,0	16,0		1,0				
DA Duinafslag	17,0	17,0	16,0		1,0				
WE Winderosie	17,0	17,0	16,0		1,0				
NWO Niet-waterkerende objecten:	2,0	2,0	2,0						
Kunstwerken	15	15				15			
HT Hoogte	12	12	9			4			
ST Stabiliteit en sterkte	15	15	7			8			
STCG Constructie en grondlichaam	15	15	8			7			
STCO Constructieonderdelen	10	10	4			6			
STPH Piping en heave	15	15	6			9			
STVL Voorland									
BS Betrouwbaarheid sluiting	13	13				13			



Figuur 5.5 Waterkering Voorne-Putten, met de toetsresultaten uit de tweede toetsronde, 2001 - 2006. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

5.3.2.3 Toetsronde 3: 2006 – 2011

De resultaten uit de derde toetsronde staan samengevat in Figuur 5.6 voor de primaire waterkering en in Figuur 5.7 voor de waterkerende kunstwerken.

Zandige kust

Het waterschap heeft de duinen van Voorne-Putten getoetst aan het grensprofiel en heeft aan alle duinvakken (totale lengte 17,40 km) de score 'goed' toegekend.

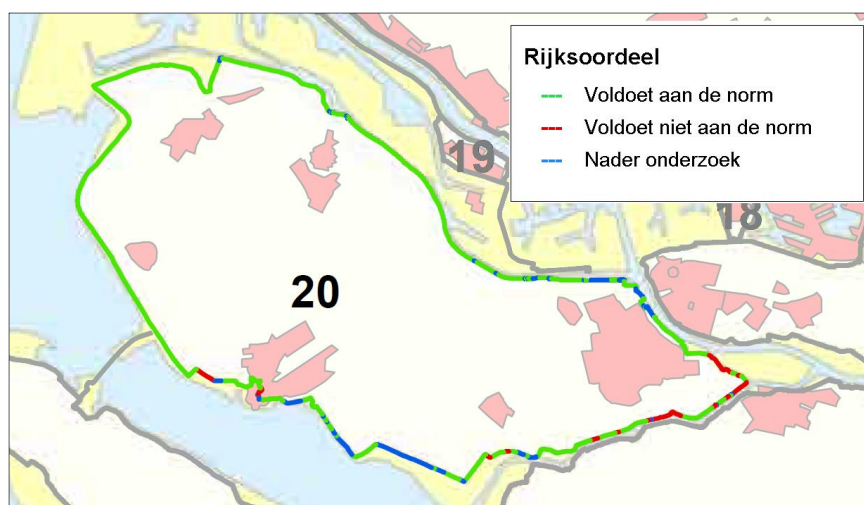
Harde keringen

Van de 53,6 kilometer aan dijken, krijgt 24,3 km een 'voldoende' toegekend, en scoorde 8,3 km een onvoldoende. Voor 21 km was nader onderzoek nodig, en kreeg dus geen oordeel.

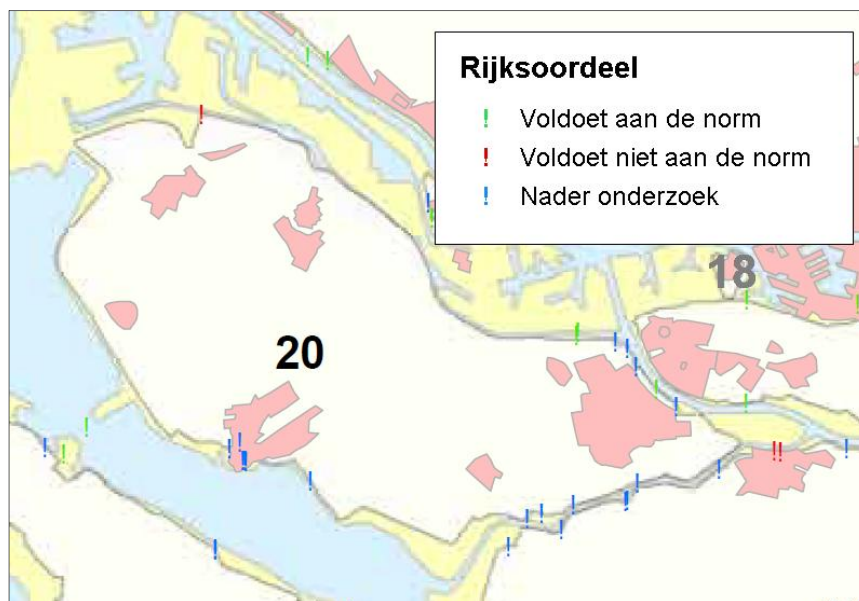
De 8,3 km die onvoldoende scoorde is reeds opgenomen in het lopende dijkversterkingsprogramma, op basis van de score in een eerdere toetsing. Deze waren ten tijde van de derde toetsing nog niet afgerond, waardoor de score uit de voorgaande toetsing is overgenomen. Ditzelfde geldt voor 11,1 km van de 21 km waar nader onderzoek voor nodig was. Voor de resterende 9,1 km is dus alsnog aanvullend onderzoek nodig.

Waterkerende kunstwerken

Voor veel kunstwerken is nader onderzoek nodig: dit geldt voor 11 van de 13 kunstwerken. 1 kunstwerk kreeg het oordeel 'voldoende' (de metrotunnel), en 1 kunstwerk kreeg het oordeel 'onvoldoende' (Spuisluis Rozenburg).



Figuur 5.6 Waterkering Voorne-Putten, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011. (Min I&M, 2011)



Figuur 5.7 Waterkerende kunstwerken op Voorne-Putten, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011. (Min I&M, 2011)

5.3.3 Toetsing waterkering Goeree

In deze subparagraaf worden de toetsingen van de Waterkering Goeree (dijkring 25) samengevat. We laten hierbij alléén de resultaten zien van de direct-buitenwaterkerende delen van de dijkring. Dijkring 25 heeft een normfrequentie van 1/4000 per jaar.

5.3.3.1 Toetsronde 1: 1996 – 2001

De resultaten uit de eerste toetsronde staan samengevat in Tabel 5.3 en Figuur 5.8.

Zandige kust

De score voor de duinen is 'goed'. Volgens de beheerder voldoet de zandige waterkering langs de Noordzeekust minstens tot 2009 aan de veiligheidseis. Volgens een indicatie van een extern adviesbureau is de afslag van het kunstmatig duin zo klein dat de score 'goed' is voor het duin langs het Haringvliet.

Harde keringen

Grote delen van de waterkeringen moeten nog beoordeeld of nader onderzocht worden. De dijken hebben op meerdere sporen van de toetsing de score 'geen oordeel'. Geen onderdeel van de primaire waterkeringen heeft de score 'onvoldoende'.

Waterkerende kunstwerken

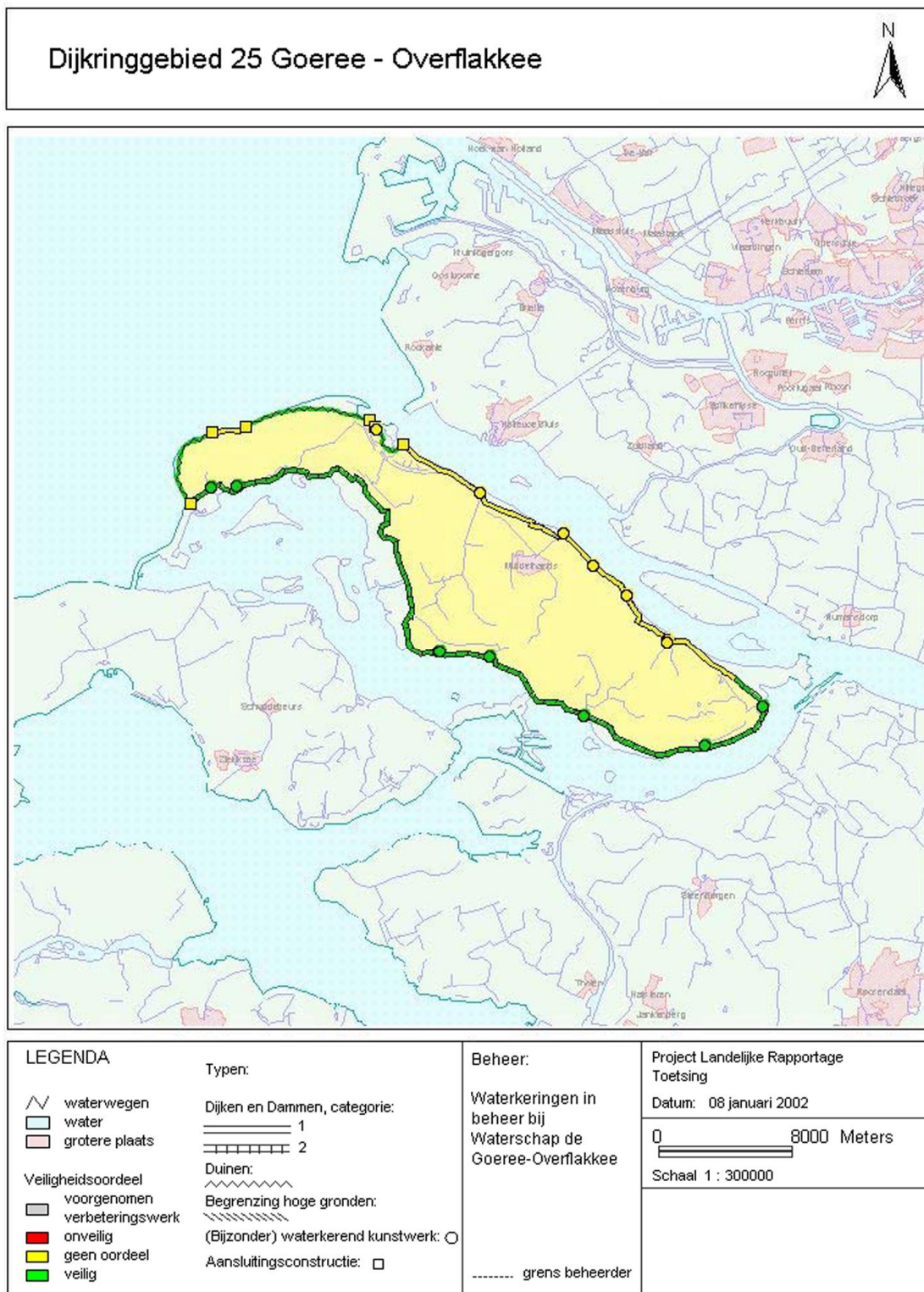
Wegens gebrek aan gegevens zijn de waterkerende kunstwerken nog niet meegenomen in deze toetsronde en krijgen dan ook de score 'geen oordeel' toegekend.

Eindoordeel

Op basis van de rapporten van beheerder en provincie komt het Rijk tot de score 'geen oordeel' voor dijkringgebied 25.

Tabel 5.3 Resultaten van de eerste veiligheidstoetsing voor Goeree-Overflakkee. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

Resultaattabel dijkkringgebied 25, GOEREE-OVERFLAKKEE										
Toetsingscriterium per type	Aantal of Lengte (km)	Cat egorie 1	Cat egorie 2	Veiligheidsbeoordeling						
				Categorie 1			Categorie 2			
				VEILIG	ONVEILIG	GEEN OORDEEL	VEILIG	GEEN OORDEEL		
				goed	voldoende	onvoldoende	v.v.	goed		
Totaal	96,1	44,3	51,8	18,1			25,7	0,5	51,8	
Dijken en dammen	78,0	26,2	51,8				25,7	0,5	51,8	
HT Hoogte	78,0	26,2	51,8	22,8			2,9	0,5	51,8	
ST Stabiliteit	78,0	26,2	51,8				25,7	0,5	51,8	
Duinen	18,1	18,1		18,1						
Kunstwerken	15	8	7				8		7	
HT Hoogte	15	8	7				8		7	
ST Stabiliteit	15	8	7				8		7	
AM Afsluitmiddelen	15	8	7				8		7	
Hoge gronden										
Aansluitingsconstructies	6	6					6			



Figuur 5.8 Waterkering Goeree-Overflakkee, met de toetsresultaten uit de eerste toetsronde, 1996 – 2001. (Bron: De Veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland, Achtergrondrapport. Rijkswaterstaat, 2002).

5.3.3.2 Toetsronde 2: 2001 - 2006

De resultaten uit de tweede toetsronde staan samengevat in Tabel 5.4 en Figuur 5.9.

Zandige kust

Voor de duinen langs de Noordzee is gebruik gemaakt van nieuwe inzichten in de golfbelastingen. Voor de beoordeling van de duinen aan het Haringvliet is gebruik gemaakt van een conservatieve inschatting van de hydraulische randvoorwaarden. Dit is dezelfde inschatting die ook bij de eerste toetsronde is gehanteerd. Uiteindelijk kreeg 13,8 van de 18,1 km aan duinen de score 'goed'. De overige 4,3 km kreeg 'geen oordeel'.

Harde keringen

Grote delen van de primaire waterkeringen moeten nog beoordeeld of nader onderzocht worden. De dijken hebben daarom op meerdere sporen van de toetsing de score 'geen oordeel'. Het gaat hierbij in totaal om 20,5 van 26,3 km. Van het overige deel wat wel getoetst kon worden, kreeg 1.3 km de score 'goed' en kreeg 4,5 km de score 'onvoldoende'.

Waterkerende kunstwerken

Van de kunstwerken is de keersluis Middelharnis getoetst op basis van de LTV2002. Deze kreeg de score 'goed'. De beoordeling van de overige kunstwerken dient nog plaats te vinden.

Tabel 5.4 Resultaten van de tweede veiligheidstoetsing voor Goeree-Overflakkee. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

Resultaatstabel dijkringgebied			Veiligheidsbeoordeling						
Toetsingscriterium per type	Aantal of lengte [km / st]	Categorie a		Categorie a			Categorie c		
		Categorie a	Categorie c	VOLDOET AAN DE NORM		GEEN OORDEEL	VOLDOET AAN DE NORM		GEEN OORDEEL
				goed	voldoende		onvoldoende	goed	
Totaal	96,3	44,4	51,9	15,1	4,5	24,8			51,9
Dijken en Dammen	96,3	26,3	51,9	1,3	4,5	20,5			51,9
HT Hoogte	26,3	26,3		22,6	2,8	0,9			
ST Stabiliteit									
STPH Piping en heave	26,3	26,3		22,8	1,3	2,2			
STBU Macrostabiliiteit buitenwaarts	26,3	26,3		26,3					
STBI Macrostabiliiteit binnenwaarts	26,3	26,3		24,5	1,8				
STMI Microstabiliiteit	26,3	26,3		21,6		4,7			
STBK Bekleding:									
- steenzetting	0,5	0,5				0,5			
- asfalt	11,9	11,9		2,8	9,1				
- grasmat	22,0	22,0				22,0			
- overige bekledingen	0,0	0,0							
STVL Voorland:									
- afschuiving	26,3	26,3		13,9		12,4			
- zettingsvloeiing	26,3	26,3		16,4	0,9	9,0			
NWO Niet-waterkerende objecten:									
- bebouwing	x	x				x			
- kabels & leidingen	x	x				x			
- bomen & overige begroeiing	x	x		x					
- overige niet-waterkerende objecten									
Hoge gronden									
Duinen	18,1	18,1		13,8		4,3			
DA Duinafslag	18,1	18,1		13,8		4,3			
WE Winderosie	18,1	18,1		13,8		4,3			
NWO Niet-waterkerende objecten:	18,1	18,1		13,8		4,3			
Kunstwerken	14	7	7	1		6			7
HT Hoogte	7	7		1		6			
ST Stabiliteit en sterkte	7	7		1		6			
STCG Constructie en grondlichaam	7	7		1		6			
STCO Constructieonderdelen	7	7		1		6			
STPH Piping en heave	7	7		1		6			
STVL Voorland	7	7		1		6			
BS Betrouwbaarheid sluiting	7	7		1		6			



Figuur 5.9 Waterkering Goeree-Overflakkee, met de toetsresultaten uit de tweede toetsronde, 2001 – 2006. (Uit: Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1. Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006).

5.3.3.3 Toetsronde 3: 2006 – 2011

De resultaten uit de derde toetsronde staan samengevat in Figuur 5.10 voor de primaire waterkering en in Figuur 5.11 voor de waterkerende kunstwerken.

Zandige kust

Het waterschap heeft de duinen van Goeree getoetst aan het grensprofiel en heeft aan alle duinvakken (totale lengte 18 km) de score 'goed' toegekend.

Harde keringen

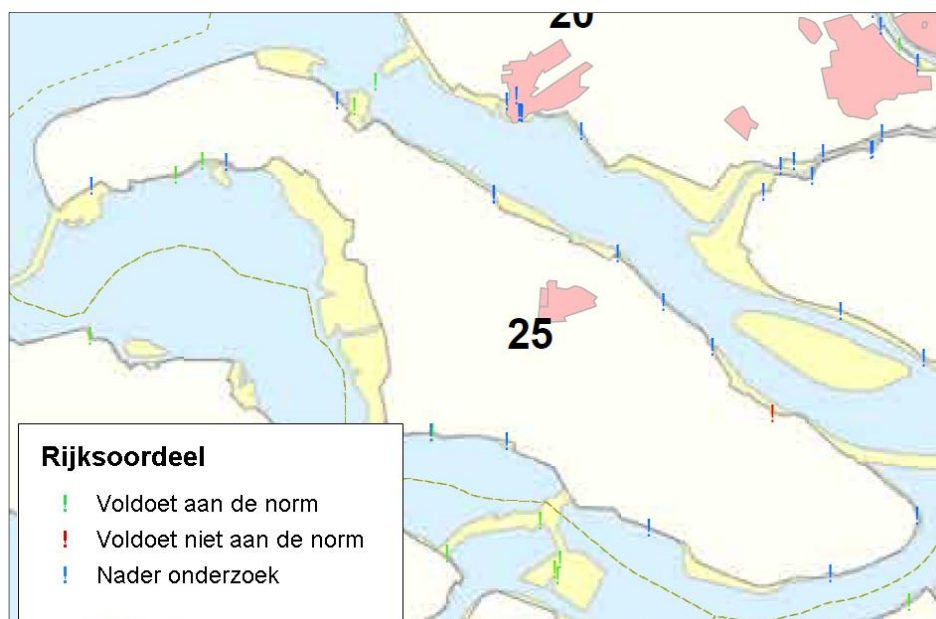
Van de 26,3 km aan dijken, voldoet 16,5 km aan de norm. Voor 8,0 km is nader onderzoek nodig. De resterende 1,8 km voldoet niet, maar hiervan is 1,3 km reeds opgenomen in het dijkversterkingsprogramma, op basis van een score in een eerdere toetsing. Deze strekking was ten tijde van de derde toetsronde in uitvoering, maar nog niet gereed, waardoor de score uit de eerdere toetsing is overgenomen. Als we deze buiten beschouwing zouden laten, zou slechts 0,5 km niet aan de norm voldoen. Dit betreffen de trajecten km 20,4 – 20,5 en km 21,8 – 22,2. Hier werd niet voldaan aan de toets Piping en Heave.

Waterkerende kunstwerken

Van de 7 kunstwerken scoort 1 het oordeel "voldoet aan de norm" (Coupure Den Bommel) en 1 het oordeel "voldoet niet aan de norm" (Gemaal De Bommelse Polders). Voor de overige 5 kunstwerken is nader onderzoek nodig.



Figuur 5.10 Waterkering Goeree-Overflakkee, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011. (Min I&M, 2011)

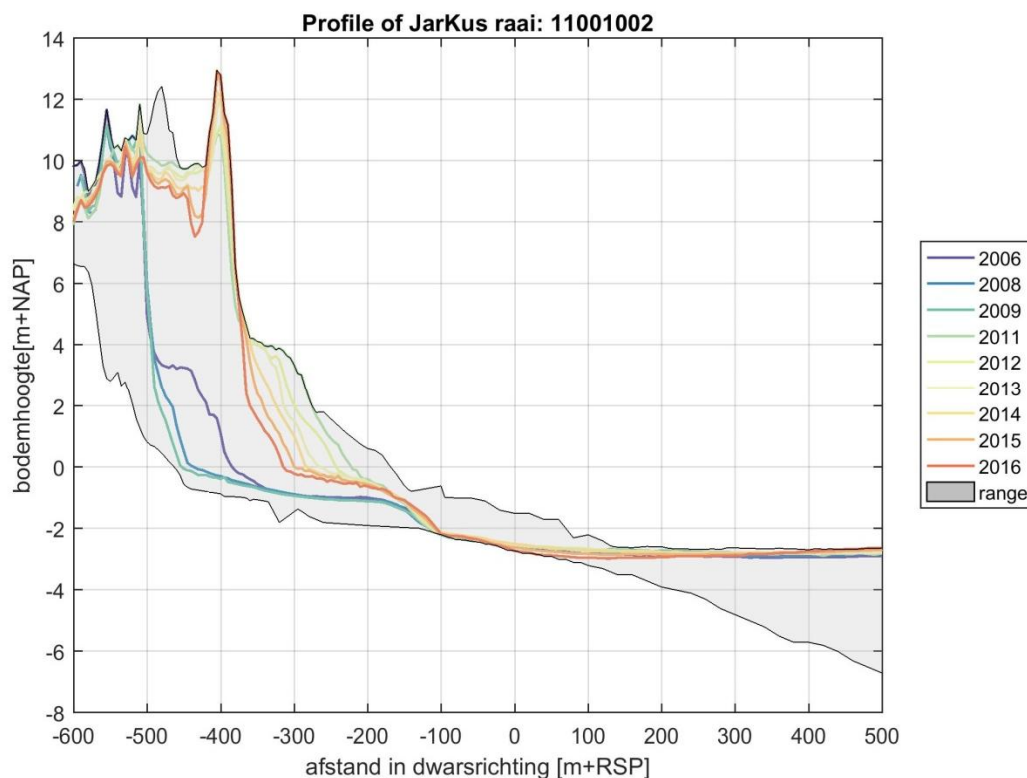


Figuur 5.11 Waterkerende kunstwerken op Goeree-Overflakkee, met de toetsresultaten uit de derde toetsronde, 2006 - 2011. (Min I&M, 2011)

5.3.4 Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne (Arcadis, 2018)

In Arcadis (2018) is een veiligheidsanalyse uitgevoerd om de duinwaterkering van de Kop van Voorne te beoordelen en de verwachte levensduur vast te stellen op basis van de nieuwe criteria in WBI 2017 (zie paragraaf 5.3.1).

De in 2009 uitgevoerde duinverzwaring Voorne (raai 920-1300) zou pas na 20 jaar weer onderhoud vergen. De nieuwe norm is mogelijk strenger, daarnaast kan nu ook het tot nog toe daadwerkelijk opgetreden erosiegedrag beschouwd worden. Er werd al rekening gehouden met een snelle landwaartse migratie van de MKL met 5-10 m/jaar.



Figuur 5.12 Profielontwikkeling Jarkus raai 102 1990-2015 (Arcadis, 2018)

Door het 'zaagtandeffect' zal bij iedere suppletie het veiligheidsniveau opgekrikt worden, terwijl de horizon of levensduur van de ingreep wordt bepaald door de optredende erosie. De berekeningen van de voorspelde duinafslag zijn uitgevoerd met Morphan / DUROS+ per JARKUS raai (maatgevende raai 1002).

De conclusies zijn dat er nu ruim voldoende veiligheidsmarge is en dat de veiligheidshorizon voor de kritieke raai 1002 nu ligt rond 2030. Er is weinig verschil tussen de tot nog toe gehanteerde en de nieuwe normering, dit komt vooral omdat de hoge erosietrend op deze locatie maatgevend is en daarvoor was al een veilig ruime inschatting gemaakt.

6 Gebruiksfuncties

In deze beheerbibliotheek staat de kennis over het morfologische systeem en kustindicatoren centraal (Hoofdstuk 3 en 4). Daarnaast bevat de beheerbibliotheek een beschrijving van het uitgevoerde kust- en duinbeheer (Hoofdstuk 2), met nadruk op de uitgevoerde suppleties, alsmede van de waargenomen effecten van dat beheer. De beheerbibliotheek kan, op termijn, verder aangevuld te worden met ecologische en socio-economische kennis die relevant is voor het vaststellen van de suppletiestrategie. In paragraaf 6.1 volgt een samenvatting van het voorkomen van type recreatiestranden op Voorne en Goeree, deze paragraaf is een samenvatting van de studie die door Decisio in 2011 is uitgevoerd (Decisio, 2011). In paragraaf 6.2 staat een overzicht van de Natura 2000 gebieden en habitatkaarten van het gebied.

6.1 Strandrecreatie Voorne en Goeree

6.1.1 Gemeentes met strandrecreatie op Voorne en Goeree

In gemeente Goedereede (Goeree), zie Figuur 6.1, liggen drie kernen met strandrecreatie, waarin het aantal strandrecreanten met 2,35 miljoen per jaar relatief hoog ligt. In gemeente Westvoorne, op Voorne, zie Figuur 6.2 is Rockanje de enige kern met economische activiteiten rondom strandrecreatie. De strandweg bij raai 6,40 (RSP 640) (Oostvoorne) is wel druk bezocht, maar heeft beperkte economische activiteit.



Figuur 6.1 Recreatieve stranden Voorne en Goeree (Decisio, 2011).

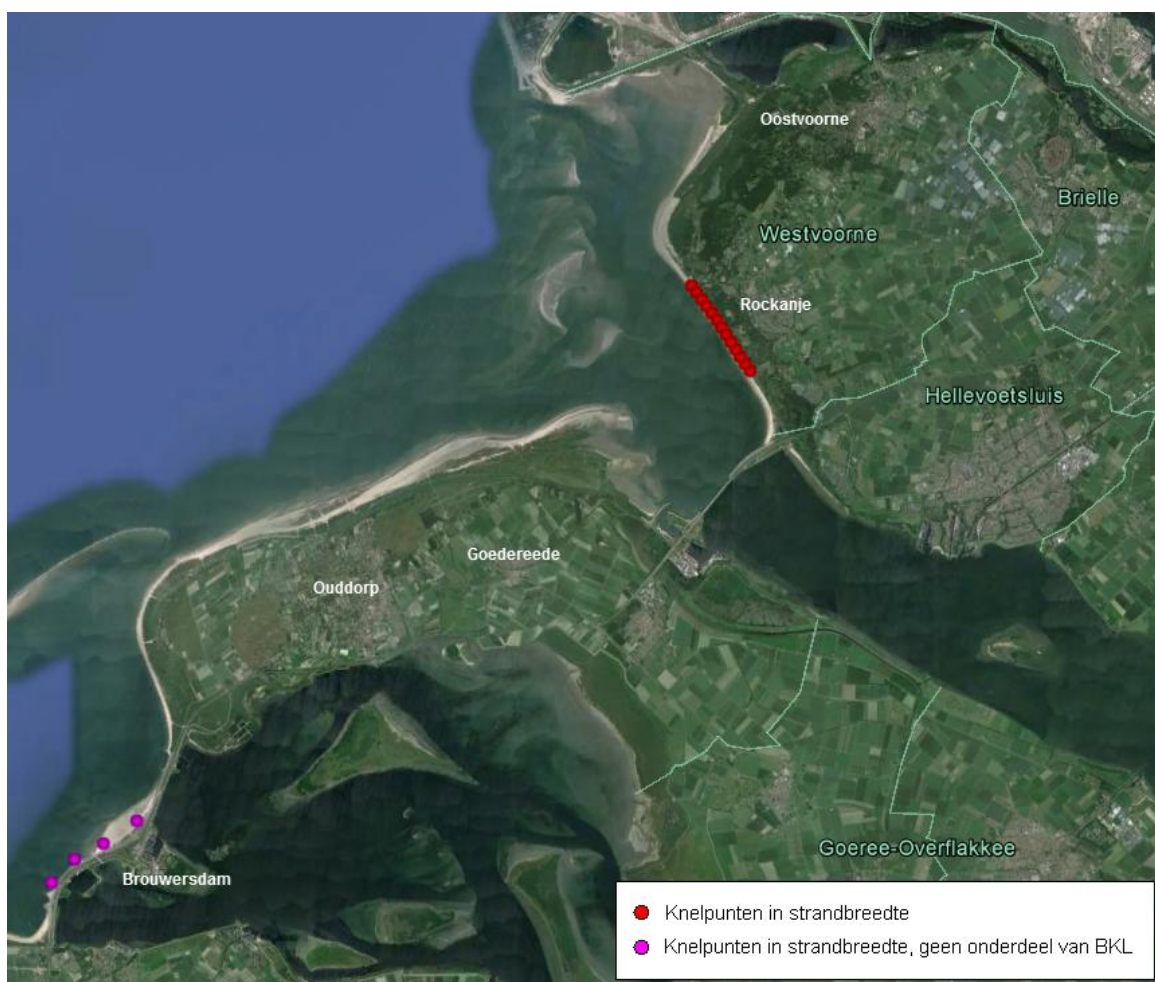
Overzicht van belangrijkste stranden op Voorne en Goeree:

- *Sport en evenementstranden:* Goeree, op de Brouwersdam.
- *Matig / redelijk intensieve stranden Goeree:* Ouddorp, 'los' strandpaviljoen Goedereede en paviljoens bij Brouwersdam.
- *Matig / redelijk intensieve stranden Voorne:* Rockanje, Oostvoorne (opgang richting Maasvlakte).

Overzicht van knelpunten op Voorne en Goeree

Het strand bij de Brouwersdam kalft af. Het strand hier wordt intensief gebruikt voor extreme sporten. Maar door de nabijheid van Port Zélande wordt het strand ook druk gebruikt door families. Er is nu te weinig strandoppervlak om zowel de badgasten als de extreme sporten te kunnen huisvesten, waardoor de veiligheid van de strandgebruikers in gevaar komt. Ook komt het water bijna tot aan één van de strandpaviljoens, om veiligheidsredenen is een paviljoen daarom al een keer verplaatst.

Een ander knelpunt in het strandgebruik is er bij Ouddorp, waar veel slib op het strand ligt. Dit maakt het strand minder aantrekkelijk vanwege het wegzakken, de viezigheid en de stank.



Figuur 6.2 Locaties waar regelmatig knelpunten in strandbreedte optreden langs de Noordzeekust van Voorne en Goeree (Decisio, 2011). Knelpunten zijn tijdens workshops door deelnemers aangegeven.

Via de Kustviewer kan zowel de ontwikkeling in strandbreedte als het type recreatiestrand en knelpunten bekeken worden.

<http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>.

De volgende informatie (per gemeente) is afkomstig uit het inventarisatierapport van Decisio (2011).

6.1.2 Gemeente Goedereede (Goeree)

Goedereede kent drie kernen met strandrecreatie. Ze lopen vanaf de Brouwersdam die Zuid-Holland met Zeeland verbindt tot Ouddorp. Het grootste gedeelte van de stranden van Goedereede is zeer rustig. De stranden ter hoogte van Ouddorp hebben de meeste economische activiteit met meerdere campings en strandpaviljoens. De locaties:

- Brouwersdam (Noordzijde): 18,75 – 18,25 (strandtent).
- Paal 17 (camping).
- 13,75 – 13,5 (strandpaviljoen).
- Ouddorp: 11,25 – 9,75 (kern met meerdere campings en strandtenten).

Recreatie is een belangrijke economische sector voor de gemeente Goedereede. Het aantal strandrecreanten ligt hier met 2,35 miljoen relatief hoog. In 2007 is Ouddorp door het AD verkozen tot beste badplaats van Nederland. Ouddorp heeft geen problemen met de strandbreedte, maar wel bestaat er een probleem met slib op het strand. Het slib wordt vies gevonden, heeft een onprettige geur en biedt geen stevige ondergrond. De kosten om het slib te verwijderen zijn hoog voor de gemeente. Bovendien kan het weghalen van het slib conflicteren met Natura2000.

kerngegevens strandrecreatie, gemeente Goedereede	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	2.350
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	9,75 – 13,75 en 17 – 18,75
Meest drukke strand (strandpalen)	10-12
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	1.170
Aantal strandpaviljoens	7
Totaal aantal horecabedrijven	52
Werkzame personen in de Horeca	770
Totaal aantal banen	3.980
Percentage werkzaam in horeca	19%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	40%

Strandbreedte en –ontwikkeling (in meters), gemeente Goedereede	m
Gemiddelde breedte recreatief strand	86,7
Trend breedte recreatief strand (meter per jaar)	6,0
Ouddorp	72,4
Ten noorden van Brouwersdam	39,8
Overige strandpaviljoens	274,9

6.1.3 Gemeente Westvoorne (Voorne)

Rockanje is de enige kern van Westvoorne met economische strandrecreatie-activiteiten. Daarnaast heeft Westvoorne nog een andere relatief druk bezochte strandopgang, maar daar is nog geen economische activiteit (er bestaan wel ontwikkelingsplannen):

- Rockanje
- Strandweg bij raai 6,40 is wel druk bezocht, maar beperkte economische activiteit

Voor Rockanje is recreatie een belangrijke economische motor waar het strand een aanzienlijke rol in speelt. Rockanje trekt veel dagtoeristen uit Rotterdam-Zuid maar kent ook veel verblijfstoeristen. Uit een door Decisio georganiseerde workshop kwam naar voren dat 35 procent van de werkgelegenheid in Rockanje afhankelijk is van het toerisme. Voor de gemeente Westvoorne als geheel is recreatie minder belangrijk dan voor veel andere kustgemeenten.

Momenteel staan er vijf strandpaviljoens (jaarrond) langs de kust in de gemeente Westvoorne. Twee strandpaviljoens zijn in aanbouw. Er is een initiatief om strandhuisjes te plaatsen waardoor de activiteiten op het strand worden uitgebreid. Strandsporten nemen toe in populariteit en ondanks dat er geen zonerings is, is er nog voldoende plaats voor strandporters en badgasten. Vanwege een nabijgelegen Zwakke Schakel hebben er relatief veel suppleties bij Rockanje plaatsgevonden. Toch zijn er jaren waarop het water tot onder de paviljoens doorgaat.

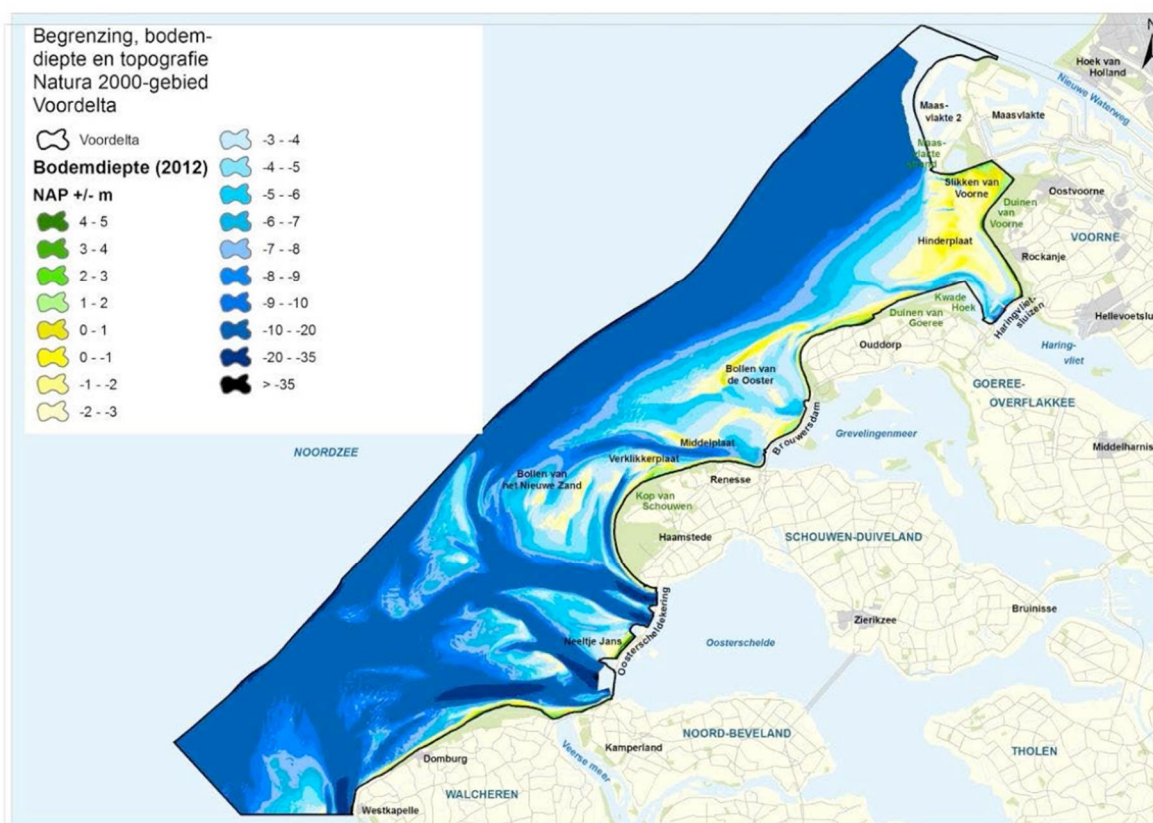
Kerngegevens strandrecreatie, gemeente Westvoorne	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	807
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	6,2 – 6,6 en 12 – 15
Meest drukke strand (strandpalen)	10-14
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	500
Aantal strandpaviljoens	5
Totaal aantal horecabedrijven	51
Werkzame personen in de Horeca	290
Totaal aantal banen	3.140
Percentage werkzaam in horeca	9,2%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	10%

Strandbreedte en -ontwikkeling (in meters), gemeente Westvoorne	
Gemiddelde breedte recreatief strand	114,2
Trend breedte recreatief strand (meter per jaar)	7,4
Kern Rockanje	41,5

6.2 Natuur Voorne en Goeree

6.2.1 Natuurwetgeving

De duinen, het strand en de voorover van Voorne en Goeree zijn belangrijke gebieden voor de natuur, zoals duidelijk wordt uit de ligging van de verschillende Natura 2000-gebieden (Figuur 6.3). De kust van Voorne en Goeree grenst aan de zeezijde overal aan het Natura 2000 gebied Voordelta, dat aan de landzijde is begrensd op de duinvoet van Voorne en Goeree. Het duingebied langs de kust van Voorne is aangewezen als Natura 2000 gebied Voornes Duin. De verschillende duingebieden langs de kust van Goeree zijn aangewezen als Natura 2000 gebied Goeree & Kwade Hoek, zie paragraaf 6.2.2. In de nabije omgeving liggen ook de Natura 2000 gebieden Haringvliet en Grevelingen, deze gebieden worden voor de beschrijving van de kustvakken buiten beschouwing gelaten.



Figuur 6.3 Begrenzing Natura 2000-gebied Voordelta, bodemdiepte, platen en topografie. (bron: Beheerplan Voordelta (2016)).

In de volgende paragraaf zijn de gebiedsbeschrijvingen weergegeven zoals deze zijn opgenomen in het aanwijzingsbesluit Natura 2000 gebied Voornes Duin en in de Beheerplannen bijzondere natuurwaarden Duinen Goeree en Kwade Hoek en Natura 2000 Voordelta (februari 2016). Voor gedetailleerde informatie over de specifieke habitats en soorten wordt geadviseerd de online informatie te raadplegen via de website van Natura2000.

Link:

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k100>

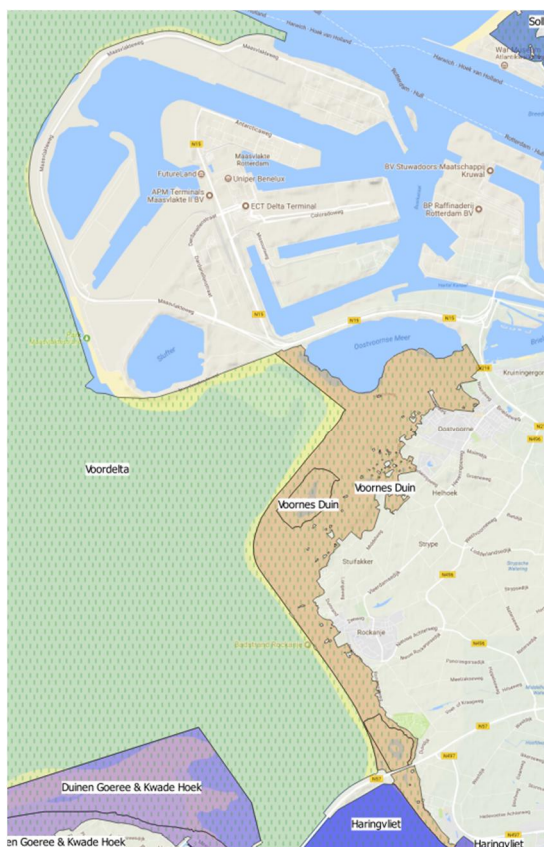
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k101>

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k113>

6.2.2 Habitatkarakteristieken

Voornes Duin (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

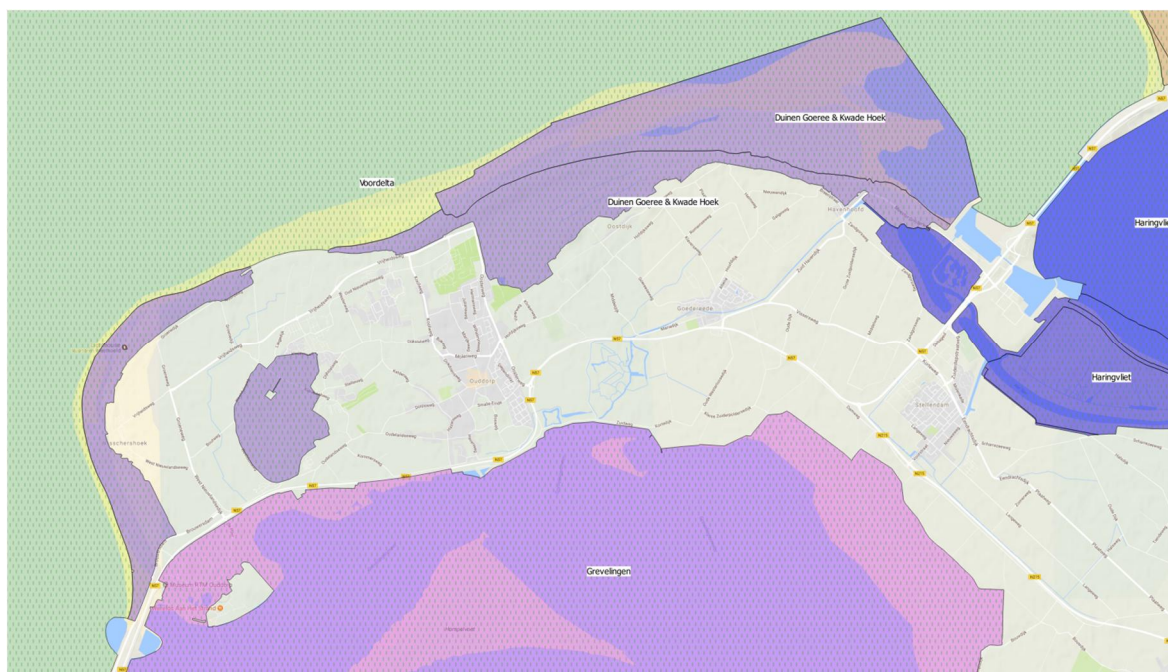
Het Voornes Duin (Figuur 6.4) bestaat uit jonge duin- en strandafzettingen met een hoog kalkgehalte. Het duingebied met duinvalleien is grotendeels in de 19e en begin 20e eeuw ontstaan door afsnoering van strandvlakte als gevolg van het ontstaan van nieuwe zeerepen. Het zuidoostelijke deel van het gebied stamt uit de late Middeleeuwen. Het duingebied van Voorne heeft een grote variatie in landschapstypen en heeft daardoor een grote soortenrijkdom, zowel wat betreft flora als fauna. Het bestaat uit een afwisselend duingebied met twee grote duinmeren (Breede water en Quackjeswater) en meerdere kleine poelen, moerassen, grote oppervlaktes bos en struweel, duingraslanden en natte duinvalleien. Aan de binnenduinrand liggen een aantal landgoedbossen met stinzefflora.



Figuur 6.4 Ligging van het Natura 2000 gebied Voornes Duin. Bron: GIS-kaart Natura2000 gebieden 17feb2017.

Duinen Goeree & Kwade Hoek (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Het gebied Duinen Goeree & Kwade Hoek (Figuur 6.5) omvat een aantal duingebieden aan de noordwestkant van Goeree plus de aan de zeezijde gelegen Kwade Hoek. De Kwade Hoek dankt zijn naam aan het feit dat, vooral bij storm, schepen vast kwamen te zitten op de daar aanwezige zandbanken. De Kwade Hoek is het meest noordelijke deel van het intergetijdengebied van de Voordelta en vormt hier de overgang van kwelder naar strandvlakte. Door de aanleg van een stuifdijk in de jaren '60 en de Haringvlietdam in de jaren 70 werden zeestromen en geulen als het ware zeewaarts afgebogen, waardoor er een concentratie van zandbanken voor de kust ontstond. De zandbanken, waaronder een grote haak in het noordoosten, vallen bij eb grotendeels droog en groeien elk jaar nog aan. Geologische processen die bij de opbouw van de Nederlandse kust een rol hebben gespeeld zijn in het gebied nog dagelijks waarneembaar. Het gebied bestaat aan de zeezijde uit strand, waar spontaan duintjes zijn ontstaan, en slikken. Doordat deze modderige platen dagelijks worden overspoeld met zeewater zijn ze nauwelijks begroeid. Meer landinwaarts liggen schorren die doorsneden worden door kronkelige krekens. Achter de duintjes hebben zich vochtige primaire duinvalleien ontwikkeld. Het is dus een afwisselend en dynamisch landschap met primaire duinvorming, slikken, schorren, valleien en duinstruweel. De duinen van Goeree zijn ontstaan in de vroege Middeleeuwen. Uit die tijd stammen de West-, Middel- en Oostduinen. Door herhaaldelijke verstuing zijn deze duingebieden afgevlakt. De duingebieden langs de kust zijn jonger. Het kalkrijke duingebied van de kop van Goeree bestaat uit vier deelgebieden die onder andere de botanisch meest soortenrijke vroongronden in ons land, een vorm van het habitatype grijze duinen, herbergen. De Westduinen en de Middelduinen hebben een reliëfarm, golvend duinlandschap met kleine laagtes en duintjes, waarin een kleinschalig mozaïek van duingrasland en duinvalleien aanwezig is, deels met bos beplant. De Oostduinen is een vergraven kopjesduingebied met infiltratiegeulen, duinvalleien, droog duingrasland en duinstruweel. De duinen aan de westkant van Goeree (Westhoofd en Springertduinen) bestaan uit kalkarme duinen, veel duinstruweel en een duinvallei (Westhoofdvallei).



Figuur 6.5 Ligging van de Natura 2000 gebieden Duinen Goeree & Kwade Hoek, Voordelta, Grevelingen en Haringvliet. Bron: GIS-kaart Natura2000 gebieden 17feb2017.

Voordelta (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

De Voordelta is de ondiepe zee met aangrenzende stranden voor de kust van Zeeland en het zuidelijkste deel van Zuid-Holland. Sinds de (al of niet gedeeltelijke) afsluiting van de voormalige zeearmen Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde is de Voordelta sterk van karakter veranderd. De getijdenstroming in en uit de zeearmen is geheel verdwenen of sterk afgenomen. Voor de mondingen van de zeearmen zijn evenwijdig aan de kust hoge zandbanken ontstaan die bij laagwater gedeeltelijk droogvallen. Het meest in het oog springend zijn de Hinderplaat, de Bollen van de Ooster en de Bollen van het Nieuwe Zand. De oost-west georiënteerde getijdengoeulen in het gebied zijn veel ondieper geworden.

De Voordelta herbergt natuurlijke habitats en leefgebieden die voor het Europese netwerk Natura 2000 van belang zijn (Ministerie LNV, 2008). De Voordelta is een leefgebied voor de gewone en de grijze zeehond vanwege het stelsel van droogvallende zandbanken. Het open water van de Voordelta is vooral van belang voor visetende trekvogels, in het bijzonder voor de roodkeelduiker, en voor schelpdiereters, als zwarte zee-eend en eider. De intergetijden-gebieden zijn van belang voor steltlopers en eenden, zoals scholeksters, drieteen-strandlopers en bergeenden. Langs de randen van het gebied bij Voorne en Goeree liggen schorren en slikkige platen. Het belangrijkste intergetijdengebied in de Voordelta is de Slikken van Voorne. Dit intergetijdengebied is van bijzondere betekenis voor trekvogels die hier een belangrijke tussenstop hebben om te foerageren tijdens hun trektocht.

7 Referenties

- Alonso, Ana Colina (2018) "Unravelling the mechanisms behind the morphological evolution of the Haringvliet ebb-tidal delta", TU Delft
- Arcadis (2016) Veiligheidsanalyse Duinwaterkering Voorne, Invloed van nieuwe normering, R. van Santen
- Arcadis (2015) Passende Beoordeling Baggerwerkzaamheden Slijkgat
- Arens, B., 1990. Eindrapportage luchtfotoanalyse windactiviteit in de Nederlandse zeereep.
- Arens, S.M., S.P. van Puijvelde & C. Brière, 2010. Effecten van suppleties op duinontwikkeling; geomorfologie. Rapportage fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Deltares RAP2010.03 in opdracht van Directie Kennis, LNV, 141 pp + bijlagen.
- Arens, Bas & Tessa Neijmeijer, Oktober 2015. Beheerbibliotheek Nederlandse Kust
- Bruens, A., McCall, R., Steetzel, H., van Santen, R. (2012). Achtergrondrapport Basiskustlijn 2012 – feiten & cijfers ter onderbouwing van de herziening van de Basiskustlijn. Deltares rapport 1206171-000-ZKS-0031.
- Bruins, Rolf (2016) Morphological behaviour of shoreface nourishments along the Dutch coast, MSc Thesis TUD
- Bruins, R. (2017) Vooroeversuppletie- en bankgedrag langs de Nederlandse kust
- Centraal Bureau voor de Statistiek (2012). Toerisme en recreatie in cijfers 2012
- Cleveringa, J., 2008. Morphodynamics of the Delta coast (south-west Netherlands): Quantitative analysis and phenomenology of the morphological evolution 1964-2004. Alkyon rapport A1881R1r2.
- Davis, Richard A. Jr., Miles O.Hayes (1984) What is a wave-dominated coast? Marine Geology, Volume 60, Issues 1-4, August 1984, Pages 313-329. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90155-5](https://doi.org/10.1016/0025-3227(84)90155-5)
- Decisio, 2011, Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatie Basiskustlijn
- Dekker, L., 2012. Monitoring vooroeversuppleties Oostgat, Zeeuws-Vlaanderen t/m november 2011 en Zwakke Schakels t/m maart 2012 (eindrapport). Rijkswaterstaat, Meetadviesdienst Zeeland.
- Deltares, "Ecologisch gericht suppleren: Bevindingen van het onderzoek naar effecten van suppleren op het kustecosysteem 2009-2016"
- De Ronde, John en Claire van Oeveren-Theeuwes (2014) Beheerbibliotheek Voorne en Goeree. Feiten en cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn. Deltares rapport 1209381-007
- DHV, 2005. Startnotitie MER: Planstudie versterking zeedijk Flauwe Werk Goeree, juli 2005

- De Winter, W., 2014. Morphological development of the Haringvliet ebb tidal delta since 1970; A study based on the morphological development of individual morphological units. MSc traineeship report University of Utrecht, 31 Jan 2014.
- Eelkema, M., Wang, Z.B. and Stive, M.J.F. (2012) Impact of Back-Barrier Dams on the Development of the Ebb-Tidal Delta of the Eastern Scheldt, *Jo. of Coastal Research*
- Elias, E.P.L. en A.J.F. van der Spek (2014). Grootschalige morfologische veranderingen in de Voordelta. 1964-2013. Deltares werkdocument, 30 juni 2014.
- Elias, E.P.L. (2015) Verkenning morfologische effecten (geulwand)suppletie Bollen van de Ooster. Deltares rapport 1220040-000-ZKS-0005, 21 oktober 2015
- Elias, E.P.L., Spek, A.J.F. van der, Lazar, M. (2016) The 'Voordelta', the contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands: large-scale morphological changes and sediment budget 1965–2013; impacts of large-scale engineering, *Netherlands Journal of Geosciences, Geologie en Mijnbouw* <https://doi.org/10.1017/njg.2016.37>
- Gerritsen, F. en de Jong, H., 1983. Stabiliteit van doorstroomprofielen in de Westerschelde. Report WWKZ-83. V008, Rijkswaterstaat (Vlissingen): 36 pp.
- Giardino, A. and Santinelli, G., 2012, The state of the coast (toestand van de kust). Case study: North Holland. Deltares rapport 1206171-003-ZKS-0001
- Giardino, A., den Heijer, K. and Santinelli, G., 2014, The state of the coast / Toestand van de Kust; case study: The South-Westerly Delta, Deltares, 1209381-006
- Haring, J., 1978. De geschiedenis van de ontwikkeling van de waterbeweging en van het profiel van de getijwateren en zeegaten van het zuidelijk deltabekken en van het hierbij aansluitende gebied voor de kust gedurende de perioden 1872–1933–1952–1968–1974. Report K77M031E, Rijkswaterstaat, Deltadienst (The Hague): 41 pp.
- Herman, P., Meijer-Holzhauser, H., Vergouwen, S., Wijsman, J., Baptist, M. (2016), Ecologische effecten van kustsuppleties, Deltares
- Hillen, R., Ruig, J.H.M. de, Roelse, P., Hallie, F.P., 1991. De Basiskustlijn, een technisch / morfologische uitwerking. Rijkswaterstaat rapport GWWS-91.006.
- Hijma, M. (2015) 1220040-007-ZKS-0003-r-Geology of the Dutch coast, Deltares
- Hijma, M. en H. Kooi (2018) Geologie: Bodemdaling in het kustfundament en de getijdenbekkens door geologische processen en menselijke activiteiten, 12005838, Deltares
- HKV (2017) Faalkansendatabase duinen, Update voor de periode 1965-2017
- Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2006. Landelijke rapportage toetsing 2006, Achtergrondrapport deel 1.
- Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2011. Derde toets primaire waterkeringen, peildatum 15 januari 2011.
- Kohsiek, L.H.M., 1988. Reworking of former ebb-tidal deltas into large longshore bars following the artificial closure of tidal inlets in the southwest of the Netherlands. In: de Boer, P.L., van Gelder, A. & Nio, S.D. (eds): Tide influenced sedimentary environments and facies. D. Reidel Publishing Cie (Dordrecht): 113–122.

- Lazar, M., Elias, E., Van der Spek, A., (2017), Coastal Maintenance and Management of the "Voordelta", The contiguous ebb-tidal deltas in the SW Netherlands, Coastal Dynamics, Paper No. 206
- Louters, T. & Van den Berg, J.H., 1998. Geomorphological changes of the Oosterschelde tidal system during and after implementation of the Delta Project. *Journal of Coastal Research* 14: 1134–1151.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011. Derde toets primaire waterkeringen, Landelijke toets 2006-2011
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012) Herziening Basiskustlijn 2012, Rapport Ministerie Infrastructuur en Milieu: WD0812LV021
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018). Rijkswaterstaat, Kustlijnkaartenboeken 1992 t/m 2017.
- Ministerie van Economische zaken, Beschermde natuur in Nederland, Natura 2000-gebieden, (website)
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1990) Kustverdediging na 1990, beleidskeuze voor de kustlijnverzorging. Tweede Kamer 1989-1990, 21 136, nrs 5-6.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993) De Basiskustlijn, Norm voor Dynamisch Handhaven. Rijkswaterstaat rapport DGW-93.035.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1995) Nota Kustbalans 1995 – De Tweede Kustnota.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002a). Basiskustlijn 2001, Evaluatie ligging Basiskustlijn. Rijkswaterstaat rapport RIKZ-2002.018.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2002b) De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland. Achtergrondrapport. Resultaten van de eerste toetsronde van 1996 – 2001.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007) Voorschrift Toetsen op Veiligheid.
- Mulder, J.P.M., 2000. Zandverlies in het Nederlandse kuststelsel, advies voor dynamisch handhaven in de 21e eeuw. Rapport RIKZ/2000.36, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- NBTC, 2010. Landelijke kustdag 2010: terug naar de kust in cijfers
- Nederbragt, G. en Koomans, R.L., 2006. Nourishment of the slope of a tidal channel – from experiment to practice. In: Sanchez-Arcilla, A. (ed.): Coastal dynamics 2005: state of the practice. Coastal Dynamics 5th International Conference, 4–8 April 2005, Barcelona, Spain. Reston, VA: American Society of Civil Engineers: 1–10.
- NRIT, 2004. Waarde (kust)recreatie intensiteit, bestedingen en werkgelegenheid in relatie tot toerisme en recreatie aan de Nederlandse kust.
- Piekhaar, R.S., Kort, M.W., 1983. Haringvliet monding - Sedimentatieonderzoek 1970-1981. Report WWKZ-83. S001, Rijkswaterstaat Deltadienst, The Hague.
- Postma, R., J.P.M. Mulder, T. Louters, F.P. Hallie, F.J. de Vos, 1990a, Een kwalitatieve prognose van de morfologie van de Oosterschelde-buitendelta, Rijksuniversiteit Utrecht Rapport Geopro 1991.10, Rijkswaterstaat DGW Notitie GWA0 900.13040

- Puijvelde, S. van, 2010. Classification of the Dutch foredunes. Deltares.
- Reintjes, C.M., 2002. Morfologische ontwikkeling van de Kwade Hoek en het omringend kustgebied in de Haringvlietmond. Report NITG 02-069-C, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO – National Geological Survey, Utrecht, 62 pp.
- Rijkswaterstaat, 1973. Veranderingen in de mond van het Haringvliet sedert de afsluiting. Driemaandelijks Bericht Deltawerken, 63, 146-163. Rijkswaterstaat Deltadienst, The Hague.
- Rijkswaterstaat, 2002. De veiligheid van de primaire waterkeringen in Nederland. Resultaten van de eerste toetsronde 1996 – 2001. (Achtergrondrapport en Hoofdrapport). Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- RIKZ, 2006. Risicobeheersing kustplaatsen
- RIKZ, 2007. Strandlopers - inventarisatie van strandgebruik aan de Noordzeekust en de relatie met natuurwetgeving. Rapport RIKZ 2007.001
- Roskam, A.P., 1988, Golfklimaten voor de Nederlandse Kust. Report GWAO- 88.046, Rijkswaterstaat, Tidal Waters Division (The Hague): 69 pp.
- Schrijvershof, R.A. (2015) Morphological modelling of a nourishment at the Brouwersdam beach. MSc thesis University of Utrecht. 10 April 2016
- Simonse, J. (2017) On the maintenance of the adjacent coast by sediment transported from recurring beach nourishments A case study for the Holland coast, M.Sc thesis TUD
- Terwindt, J.H.J., 1973. Sand movement in the in- and offshore tidal area of the SW part of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 52(2): 69–77.
- Van Balen, W., Vuik, V., Vuren, S. van (2011) Indicatoren voor kustlijnzorg-Analyse van indicatoren voor veiligheid en recreatie. HKV rapport PR2063.20.
- Van den Berg, J.H., 1984. Morphological changes of the ebb-tidal delta of the Eastern Scheldt during recent decades. *Geologie en Mijnbouw* 63(4): 363–375.
- Van den Berg, J.H., 1986. Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (The Netherlands). Proefschrift Utrecht, 122 pp.
- Van den Berg, J.H., 1987. Toelichting bij de Isallobatenkaart Voordelta 1975-1984. Nota ZL 87.0020, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Middelburg, 49 pp.
- Van der Slikke, 1998. Grootschalige en interne zandbalans Westerscheldemonding (1969–1993). Report R98-05, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek (Utrecht): 60 pp.
- Van der Spek, A.J.F. (1987). Beschrijving van de ontwikkeling van de buitendelta's van Haringvliet en Grevelingen Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren Nota GWAO-87.105. - Projekt Voordelta.
- Van der Spek, A.J.F. (1997). De geologische opbouw van de ondergrond van het mondingsgebied van de Westerschelde en de rol hiervan in de morfologische ontwikkeling. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, rapport NITG 97-284-B.

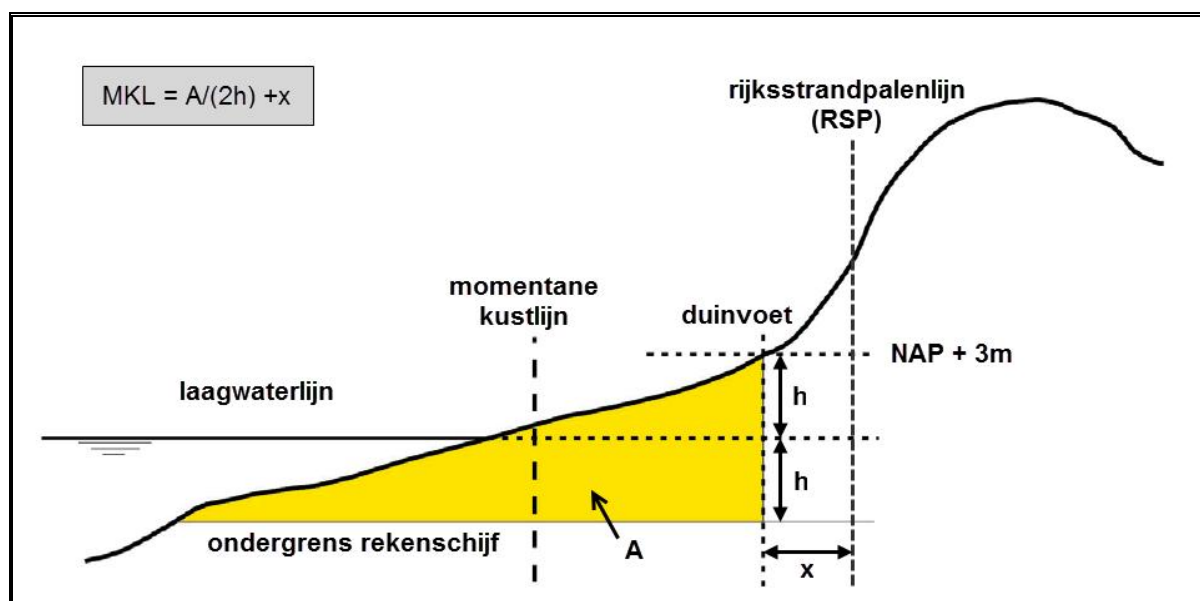
- Van der Spek, A.J.F. and Lodder, Q. (2015). A new sediment budget for the Netherlands; the effects of 15 years of nourishing (1991-2005). Proceedings of Coastal Sediments 2015, San Diego, USA.
- Van der Spek, Ad, Edwin Elias, Quirijn Lodder, Rena Hoogland (2015) Toekomstige Suppletievolumes –Eindrapport, Deltares, 1208140
- Van der Spek, Ad en Edwin Elias (2017) Half a century of morphological change in the Haringvliet and Grevelingen ebb-tidal deltas (SW Netherlands) - Impacts of large-scale engineering 1964-2012'
- Van Enckevort, I., 1996. Morfologische ontwikkeling van de Westerschelde monding sinds 1800. Report R96-21, Instituut voor marien en atmosferisch onderzoek Utrecht (Utrecht): 56 pp.
- Van Heteren, S., 2002. Analyse van slibdikte in de monding van het Haringvliet. Report NITG 02-200-B, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO - National Geological Survey, 15 pp.
- Verhagen, H.J. en Van Rossum, H. (1989) Technisch Rapport 12, Strandhoofden en Paalrijen, Evaluatie van hun werking, Rijkswaterstaat
- Vermaas, T. (2014) Analyse ontwikkeling diepe vooroever Grevelingen. Deltares memo 20 november 2014.
- Villierus, Hans, (2018) Niet het baggerwerk maar de natuur heeft het voor het zeggen in het Slijkgat. Eilanden Nieuws, 5 maart 2018.
- Vroon, J., 1994. Hydrodynamic characteristics of the Oosterschelde/Eastern Scheldt in recent decades. *Hydrobiologia* 282/283, 17-27.
- Vuik, V., Van Balen, W., Paarlberg, P. (2012) Indicatoren voor kustlijn- en kustveiligheidsanalyse van stormen, suppleties en kustveiligheid. HKV rapport PR2063.30.
- Walton, T.L. & Adams, W.D., 1976. Capacity of inlet outer bars to store sand. 15th Conference on Coastal Engineering, 11–18 July 1976, Honolulu, Hawaii: 1919–1937. Conference proceedings.
- Wijnberg, K.M., 1995. Morphologic behaviour of a barred coast over a period of decades. PhD Thesis. Utrecht University (Utrecht): 245 pp.

A Achtergrondinformatie over het beleid van dynamische kustlijnhandhaving

A.1 Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn

De ligging van de laagwaterlijn kent een grote fluctuatie in ruimte en tijd. De laagwaterlijn is dan ook niet geschikt als referentielijn voor het bestrijden van structurele erosie. Bij het laatste wordt, per definitie, niet gekeken naar een momentopname, maar naar een trend over een langere periode. Uitgaande van een tijdshorizon van zo'n 10 jaren is hieraan, bij de definitie van een referentiekustlijn, op twee manieren een uitwerking gegeven.

Allereerst is een ruimteschaal gekozen, passend bij de tijdschaal. Vandaar dat in 1990 is besloten de kustlijnligging af te leiden uit het zandvolume in een rekenschijf rondom de laagwaterlijn. Op deze wijze worden de fluctuaties in de *tijd* beperkt, terwijl vorm-fluctuaties in het profiel mogelijk blijven; gesproken wordt dan ook van dynamisch handhaven van de kustlijn. De methode om in afzonderlijke jaren, deze 'Momentane Kustlijn' te bepalen staat in Figuur 7.1 en wordt uitgebreid toegelicht in de nota *De Basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking* (Hillen et al, 1991).

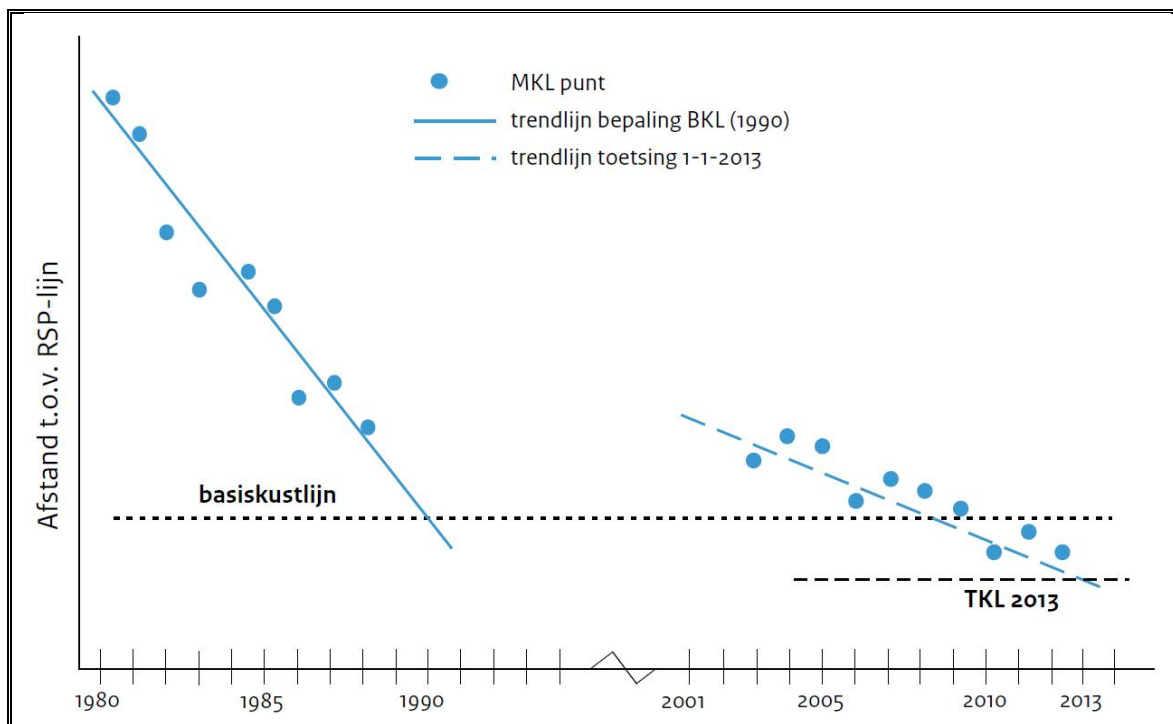


Figuur 7.1 Methode om de Momentane Kustlijn (MKL) af te leiden uit het gemeten kustprofiel. Eerst wordt het zandvolume (oppervlak A) bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen duinvoet (doorgaans NAP + 3m NAP) en een ondergrens (even ver beneden gemiddeld laagwater als de duinvoet boven gemiddeld laagwater (h)). Vervolgens wordt de Momentane Kustlijn bepaald door het oppervlak te delen door de hoogte van de rekenschijf ($2h$). Om de Momentane Kustlijn uit te drukken in meters ten opzichte van Rijksstrandpalenlijn (RSP), moet hier de horizontale afstand van de duinvoet tot RSP (x) nog bij worden opgeteld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012).

Vervolgens is geconstateerd dat ook de Momentane Kustlijnligging (MKL) in een bepaald jaar slechts een momentopname weergeeft; als gevolg van een (lokaal) recent opgetreden conditie

kan deze niet in overeenstemming zijn met de trend in de voorgaande periode⁴. Om die reden is als norm niet gekozen voor het handhaven van de Momentane Kustlijn in 1990, maar voor het handhaven van een 'Basiskustlijn' (BKL) die is afgeleid uit de trend van de voorgaande 10 jaren (1980-1989).

Ieder jaar wordt beoordeeld of deze Basiskustlijn wordt overschreden. Daartoe wordt gekeken naar de ligging van de jaarlijkse 'te Toetsen Kustlijn' (TKL), ten opzichte van de Basiskustlijn. Ook de jaarlijkse Te Toetsen Kustlijn wordt afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn uit voorgaande jaren (meestal 10 jaar). De methode om de Basiskustlijn en de Te Toetsen Kustlijn uit de trend te bepalen staat weergegeven in Figuur 7.2.



Figuur 7.2 De Basiskustlijn (BKL) en de jaarlijkse Te Toetsen Kustlijn (TKL) worden afgeleid uit de trend in de Momentane Kustlijn (MKL) uit de voorgaande jaren (Rijkswaterstaat, 2012).

A.2 Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990

Voor de meeste delen van de Nederlandse kust leidt toepassing van de beschreven methodiek tot een goede norm. Voor een aantal locaties langs de Nederlandse kust is in 1990, bij het vaststellen van de Basiskustlijn, geconstateerd dat het wenselijk is om af te wijken van de standaardmethode uit Figuur 7.1 en Figuur 7.2. De belangrijkste afwijkingen zijn (Hillen et al, 1991):

- Afwijkingen in de rekenschijf (als de ondergrens het profiel niet snijdt, wordt de rekenschijf eerder 'afgekapt'). Schematische voorbeelden staan gegeven in Hillen et al (1991).
- Indien de boven- en ondergrens meerdere snijpunten met het profiel hebben, wordt het meest zeewaartse snijpunt als grens gekozen.
- In geval van een getijgeul wordt echter het landwaartse snijpunt als grens gekozen.
- Indien er sprake is van een trendbreuk in de kustontwikkeling wordt de trendperiode daarop aangepast. Dit wordt onder andere toegepast na het uitvoeren van een suppletie.

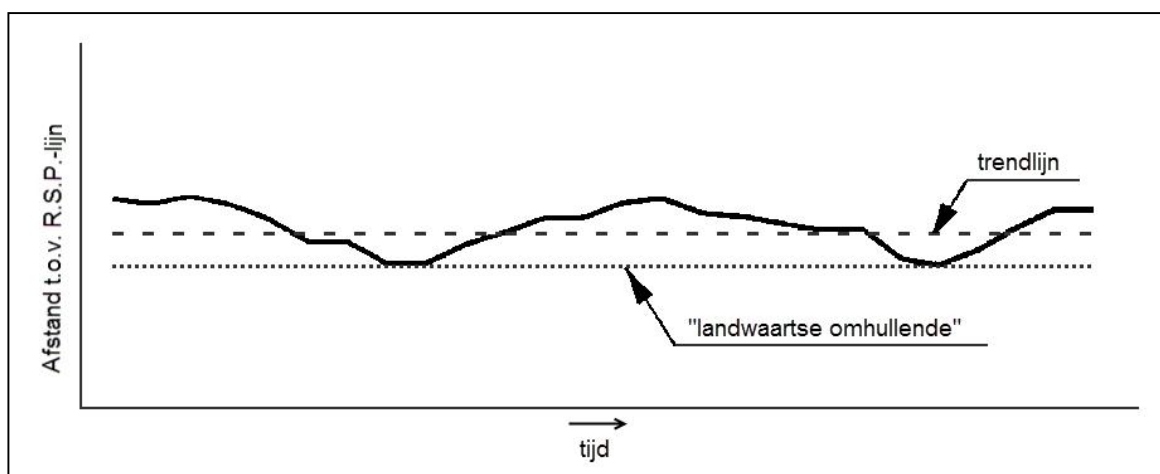
4. Een voorbeeld is de Momentane Kustlijn in 1990. Door het optreden van de zogenaamde 'crocusstormen,' die mede aanleiding waren voor het invoeren van het dynamisch handhaven, lag de kustlijn in dit jaar niet op een 'representatieve' locatie.

Daarnaast bleek dat het voor een aantal locaties wenselijk is om de volgens de standaard methode berekende Basiskustlijn niet als norm te hanteren, maar om ofwel geen Basiskustlijn vast te leggen, of de volgens de standaard berekende Basiskustlijn te verleggen op basis van morfologische argumenten. In 1990 is door Rijkswaterstaat een voorstel opgesteld met betrekking tot de vakken waarin de berekende Basiskustlijn moet worden vastgehouden, verlegd, of geen Basiskustlijn moet worden vastgelegd (Hillen et al, 1991). Voorgesteld werd om in geval van fluctuaties als gevolg van zandbanken, de 'omhullende' als Basiskustlijn te kiezen (Figuur 7.3). Het niet vastleggen van een Basiskustlijn werd voorgesteld voor de uiteinden van de Waddeneilanden: zo kan meer ruimte aan de natuurlijke processen worden gegeven.

Samengevat luidt het voorstel voor verlegging van de Basiskustlijn (Hillen et al, 1991):

De Basiskustlijn, zoals berekend volgens de standaardmethode, is niet overal morfologisch de meest logische kustlijn om te handhaven. Er wordt voorgesteld om op basis van de volgende morfologische argumenten de berekende Basiskustlijn te verleggen:

- I. Zandbanken die zorgen voor een (korte (<10 jaar)) fluctuatie in kustlijnligging.
- II. Zandgolven die zorgen voor een (lange (>10 jaar)) fluctuatie in kustlijnligging.
- III. Aanwezigheid kans dat een positieve trend omslaat naar een negatieve trend en aanwezigheid van extreem breed strand.



Figuur 7.3 Eén van de argumenten om de Basiskustlijn zeewaarts vast te stellen ten opzichte van de afgeleide trend 1980-1989 was het voorkomen van 'korte' fluctuaties zoals door verschuivende zandbanken: "Indien de belangen op het strand en in de duinen het toelaten kan worden overwogen de Basiskustlijn in landwaartse richting te verleggen. De landwaartse omhullende lijkt daarvoor een zinvolle maatstaf" (Hillen et al, 1991).

De voorstellen van Rijkswaterstaat betroffen voorstellen op louter morfologische gronden. In 1992 brachten de Provinciale Overleggen Kust (POK) hun advies uit over het voorstel. Bij het beoordelen van het voorstel hebben zij rekening gehouden met het waterkering belang en andere belangen zoals natuur, recreatie, bebouwing en drinkwaterwinning. Voor 90% van de gevallen is het voorstel van Rijkswaterstaat overgenomen. Vervolgens gaf Rijkswaterstaat in 1993 aan hoe zij met het advies van de POK om zullen gaan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993). Op basis van deze rapportage van Rijkswaterstaat is uiteindelijk de Basiskustlijn door de staatssecretaris vastgesteld⁵.

5. Inmiddels is het dan 1994, in de periode 1990-1994 wordt de initieel door Rijkswaterstaat voorgestelde Basiskustlijn gehanteerd.

A.3 Landelijke herzieningen

A.3.1 Landelijke herziening van 2001

In de nota Kustbalans 1995, de tweede Kustnota, werd geconstateerd dat de ligging van de Basiskustlijn niet overal optimaal is. De evaluatie van de Basiskustlijn geeft vaak weliswaar eenduidige en uniforme informatie ten behoeve van de planning van maatregelen (doorgaans suppleties), maar de POK's vragen zich af of de doelstelling van veerkracht en dynamiek daarbij voldoende ruimte krijgt. Dit vormt de aanleiding om de POK's advies uit te laten brengen met betrekking tot verdere optimalisatie van de Basiskustlijn. Rijkswaterstaat heeft deze adviezen vervolgens samengevat, geanalyseerd en beoordeeld tegen de achtergrond van het kusthandhavingsbeleid. De resultaten hiervan zijn hieronder samengevat (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003).

Ervaringen met suppleties hebben aangetoond dat met strand- en duinsuppleties het waterkerend vermogen van de duinen kan worden verbeterd en efficiënt kan worden gehandhaafd. Dit is vooral van belang op locaties waar het duin zich niet in landwaartse richting kan verplaatsen (als gevolg van duinvoetverdediging, achterliggende bebouwing en/of dijken). Ook de natuur heeft baat bij zandsuppleties: duinareaal neemt sneller toe en er ontstaan meer mogelijkheden om de natuur zijn gang te laten gaan. Beheerders staan meer en meer open voor natuurlijker beheer van de duinenkust (minder onderhoud, toestaan van verstuivingen en zelfs doorbreken van de zeereep, zolang de veiligheid niet in het geding is).

Er wordt geconstateerd dat er verschillen bestaan in de relatie 'ligging van de Basiskustlijn' en 'veiligheid'. Bij een zeer smalle waterkering en bij bebouwing in de afslagzone⁶ zal snel sprake zijn van een knelpunt met veiligheid: de Basiskustlijn heeft hier een *interventiefunctie*. In andere situaties zijn fluctuaties juist nodig voor het behoud van waarden en functies en zijn ze ook toelaatbaar: de Basiskustlijn heeft hier een *signaleringsfunctie*.

Afweging Rijkswaterstaat

De adviezen van de POK's van de verschillende provincies leveren een divers beeld. Enerzijds door morfologische verschillen, anderzijds door verschillende visies op de functie van de Basiskustlijn (interventie versus signalering). Daarnaast speelt mee dat het advies het resultaat is van het samenspel van verschillende actoren met uiteenlopende belangen. De POK's hechten grote waarden aan het regionale maatwerk. Om de volgende redenen is er momenteel nog geen aanleiding om te streven naar een landelijke uniformiteit:

- Positief beeld uit de evaluatie van 10 jaar dynamisch handhaven,
- Eenduidigheid van de rekentechnische bepaling van de Basiskustlijn,
- Geen significante verandering van suppletiebehoefte bij doorvoering van alle voorgestelde aanpassingen van de Basiskustlijn.

Rijkswaterstaat stemt in met het voorstel van de POK's om niet te streven naar landelijke uniformiteit en weegt de voorstellen van de POK's af. In het licht van toekomstige ontwikkelingen (zwakke schakels, kustplaatsen) zal tevens worden gezien of ten behoeve van de transparantie van beleid en uitvoering moet worden gestreefd naar een harmonisatie van het kusthandhavingsbeleid of dat de huidige regionale verschillen het logisch gevolg zijn van de geografische en morfologische verschillen.

A.3.2 Landelijke herziening van 2012

In 2012 is de Basiskustlijn opnieuw herzien (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2012). Voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu waren er in 2009 twee concrete aanleidingen voor het herzien van de Basiskustlijn:

⁶ Afslagzone is de zone van het duin die tijdens stormvloed kan afslaan.

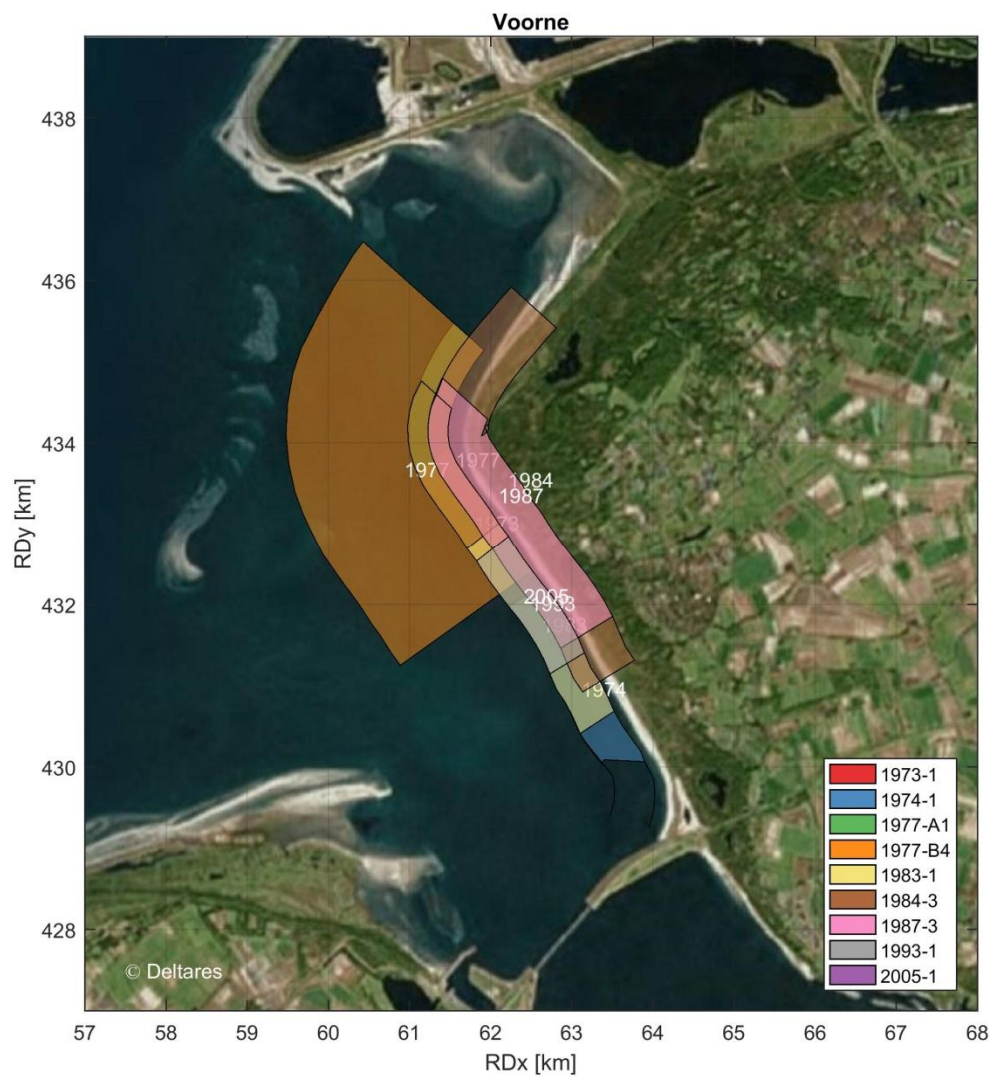
1. Benodigde aanpassing vanwege het onderhoud van de zandige zeewaartse versterkingen: Op een aantal plaatsen is de kust zeewaarts versterkt. Zonder aanpassing van de Basiskustlijn zouden deze versterkingen niet worden onderhouden en eroderen.
2. Benodigde aanpassing vanwege een te ver zeewaarts vastgestelde Basiskustlijn: Op een aantal plaatsen is de Basiskustlijn vastgelegd op een zeewaartse positie die moeilijk is te handhaven. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu hanteert voor deze locaties de volgende beschrijving: *“Op een aantal locaties langs de kust sluit de ligging van de Basiskustlijn niet aan bij de natuurlijke, reële ligging van de kust”*.

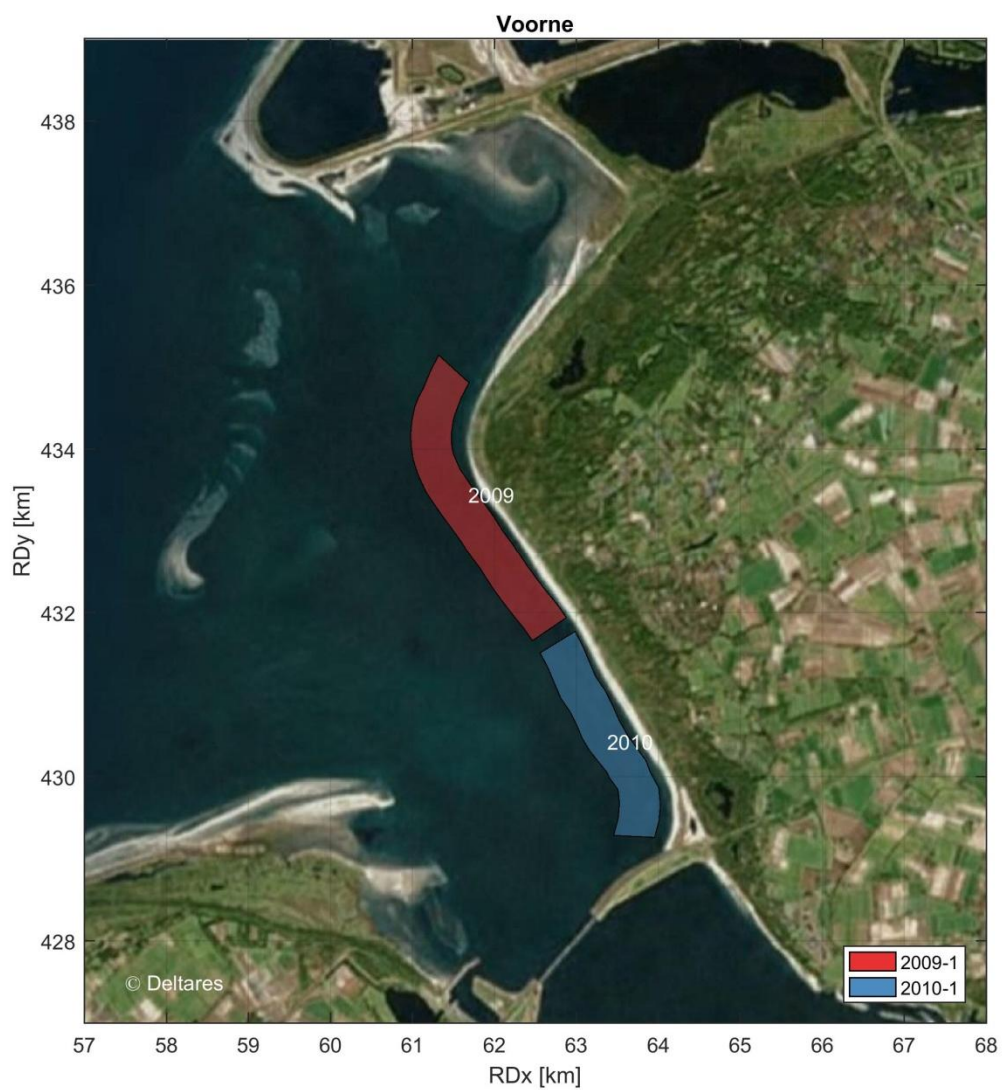
B Begrippenlijst morfologie

Begrippenlijst morfologie	
Brekerbanken	Zandruggen (of –banken), dichtbij en parallel aan de kust, waarop breking van golven plaatsvindt. Deze banken vertonen een cyclisch gedrag, waarbij ze ontstaan aan landzijde en gedurende enkele jaren zeewaarts migreren, waar ze uiteindelijk uitdempen. Op de meeste plaatsen langs de kust zijn 2 tot 4 rijen van zulke banken waar te nemen: de binnenbank aan de landzijde, de middenbank(en) en tenslotte de buitenbank.
Vooroever	Deel van een dwarsprofiel van een onderwateroever, gelegen beneden de laagwaterlijn en doorlopend tot voorbij de actieve bankenzone.
Kombergingsgebied	Compartiment (getijbekken of kom) aan landzijde van een zeegat, waarin het getijdenwater dat via het zeegat naar binnenstroomt geborgen wordt. Deze gebieden worden veelal gekenmerkt door platen en (vertakkende) getijgeulen, die in het zeegat samenkomen.
Buitendelta / ebdelta	Een systeem van geulen en zandplaten aan de zeezijde van een zeegat. Het zijn zeer complexe en dynamische gebieden, waar veel interactie is tussen de werking van golven en getij. De buitendelta's worden vooral gevormd door het bezinken van zand op de ebstroom komende uit het zeegat. De zandplaten die hierdoor ontstaan, worden door de golven vanuit zee vervormd en weer richting kust geduwd. Hierdoor ontstaat het kenmerkende waaierpatroon (delta-patroon).
Zandgolf	De term zandgolven wordt meestal op twee manieren gebruikt: met horizontale zandgolven wordt het cyclische verschijnsel bedoeld van toe- en afname van de sedimentvoorraad langs de kust. Dit verschijnsel is te zien langs de eilanden in de Zuid-Westelijke Delta en langs de Waddeneilanden. De migratieperiode hiervan kan variëren van 50 tot 135 jaar, met een migratiesnelheid van 30 tot 300 meter per jaar (Hoozemans, 1991). Naast de horizontale zandgolven wordt de term zandgolf ook gebruikt voor harmonische bedvormen die in ondiepe zandige kusten voorkomen en in de hele Noordzee aanwezig zijn (Van Dijk en Kleinhans, 2005). Ze vormen kammen en troggen loodrecht op de getijdestroming en hebben migratiesnelheden in de orde grootte van meters tot tientallen meters per jaar.

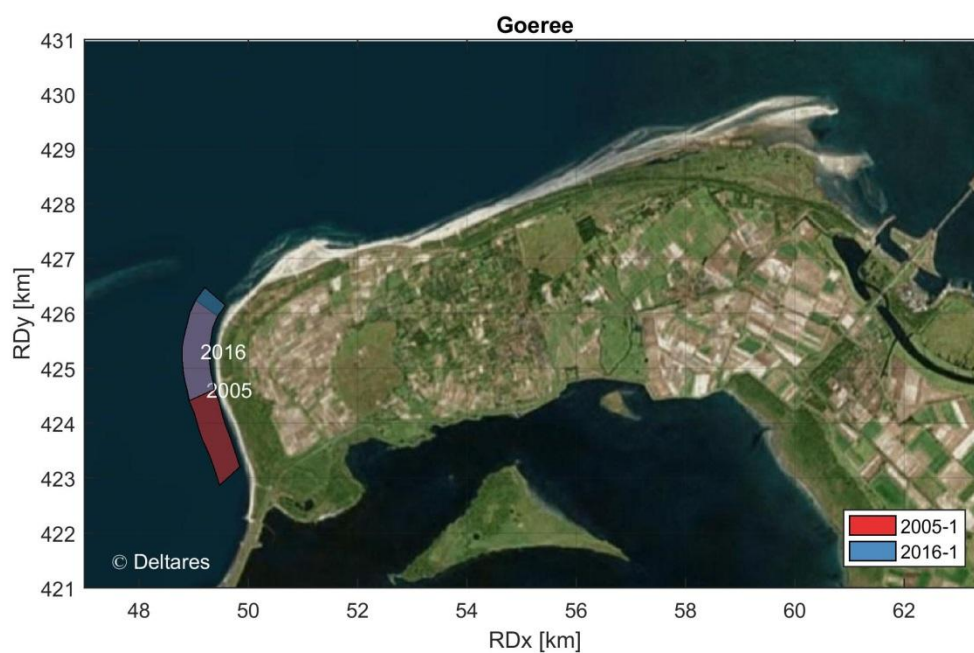
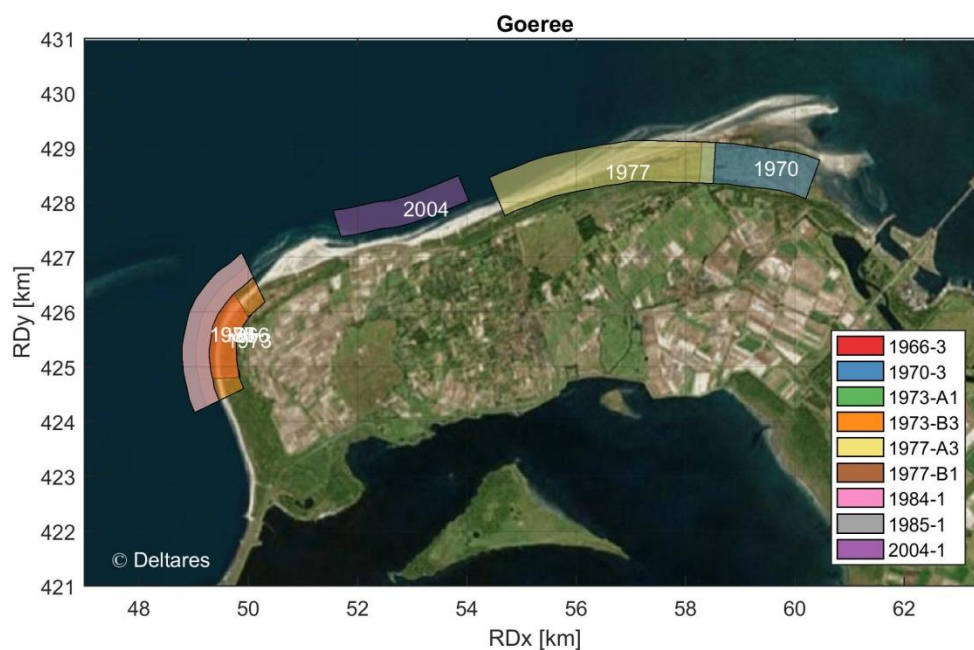
C Uitgevoerde suppleties Voorne en Goeree

C.1 Uitgevoerde suppleties Voorne





C.2 Uitgevoerde suppleties Goeree



D Beschrijving duinsituatie Voorne en Goeree

D.1 Methode

De informatie die is gebruikt voor het overzicht van de verschillende kustvakken is opgebouwd uit vier onderdelen. Ieder onderdeel is gebaseerd op een andere periode. Door alle periodes samen te voegen ontstaat er een beeld van het gedrag van de zeereep in het verleden tot de huidige situatie. Hieronder staat beschreven hoe de informatie voor de verschillende onderdelen is verzameld. De Inleiding en de overzichtsfiguren staan in paragraaf 4.4.

De omschrijving van 1988 is gebaseerd op een rapport uit 1990 (Arens, 1990) over de windactiviteit in de Nederlandse zeereep. Voor de analyse is voornamelijk gebruik gemaakt van stereo luchtfoto's van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Van het beschikbare fotomateriaal zijn full-colour foto's schaal 1:4000 in detail bestudeerd. Voor de meeste kustvakken waren dit foto's van 1988, voor enkele (Terschelling, Vlieland, Voorne) waren dit foto's van 1987. De omschrijvingen zijn per kustvak en per deelgebied overgenomen uit het rapport.

Sinds 1963 worden er jaarlijkse hoogteprofielen (JARKUS) gemeten langs de Nederlandse kust. De profielen liggen haaks op de kust en liggen ongeveer 200-250m uit elkaar. Voor de volume-berekeningen is alleen gebruik gemaakt van het droge deel van profielen (+3m NAP). Met behulp van MATLAB is een script opgesteld waarmee de volumes binnen een profiel over de opeenvolgende jaren worden berekend. Op deze manier kan het volumeverschil worden berekend. Een uitgebreide beschrijving van de methode is te vinden in Van Puijvelde (2010). Deze informatie is beschikbaar per Jarkusraai.

Daarnaast is, gebaseerd op het suppletieonderzoek (Arens et al, 2010) een volume-berekening gemaakt per kilometer, gebruik makend van de laseraltimetrie, voor een langere periode. Afhankelijk van de beschikbare data betreft dit de periode 1997-2006, 1997-2007, 1997-2008 of 1999-2008. Vooral in de beginjaren van de laseraltimetrie werd niet standaard de gehele kust gevlogen. Daarom kunnen deze perioden per kustvak verschillen. Een uitgebreide beschrijving van deze methode is gegeven in Arens et al (2010).

D.1.1 Hoogteverschilkaart 2007-2013

Voor de verschilkaart 2007-2013 is gebruik gemaakt van de jaarlijkse laserealtimetrie-gegevens van Rijkswaterstaat. Met behulp van ArcGIS is een verschilkaart gecreëerd, waarbij de waarde gelijk staat aan het aantal cm dat een gebied in de periode van 2007 tot 2013 in hoogte is toe- of afgenomen. Zo wordt het duidelijk waar er afslag en aangroei heeft plaatsgevonden, en of de overstuiving beperkt blijft tot de voorzijde van de zeereep of dat deze ook verder landinwaarts komt. Ook erosie en depositiepatronen op het strand en in de zeereep komen duidelijk naar voren.

D.2 Responstypen

Met de responstypen wordt de mate van dynamiek in de zeereep aangegeven. Het gaat dan vooral om de eolische dynamiek. Beoordeeld is de mate van erosie en depositie door de wind en de plaats binnen de zeereep waar dit optreedt. Hieruit is ook de mate van doorstuiving over de zeereep heen te bepalen, een maat die belangrijk is voor de ecologische ontwikkeling van duinhabitats achter de zeereep. Responstypen zijn opgesteld met behulp van luchtfoto's, hoogtedata en verschilkaarten van de betreffende jaren (zie voor een uitgebreide beschrijving Arens et al, 2010). Aan de hand van deze analyse is de zeereep ingedeeld in 6 categorieën die hieronder zijn toegelicht:

RT1: Geen dynamiek. Het gaat hierbij om gebieden waar wel een zeereep aanwezig is, maar waar geen zichtbare dynamiek plaatsvindt. Vaak gaat het om gebieden waar de zeereep dichtbegroeid en volledig gestabiliseerd is of waar bebouwing op het strand, of soms de aanwezigheid van een volledig begroeid strand, de dynamiek in de zeereep belemmert.

RT2: Dynamiek in embryonale duinen vóór de zeereep. Dit komt voornamelijk voor in gebieden met veel depositie op het strand. Er kunnen kleine duinen ontstaan die vrijwel al het zand invangen. Met verloop van tijd kunnen de embryonale duinen uitgroeien tot een nieuwe zeereep, vastgroeien aan de bestaande zeereep of weer verdwijnen.

RT3: Beperkte dynamiek, voorzijde zeereep. Dit type komt voor langs grote delen van de Nederlandse kust. Er vindt aan- en overstuiving plaats, maar het zand stuift niet door naar de achterzijde van de zeereep of verder landinwaarts. De dynamiek blijft beperkt tot de voorzijde van de zeereep.

RT4: Dynamische zeereep, beperkte doorstuiving. Meer dynamiek en kleine openingen in de zeereep zorgen ervoor dat het zand vanaf het strand verder landinwaarts kan verplaatsen.

RT5: Zeer dynamische of gekerfde zeereep, forse doorstuiving. Kerven, stuifkuilen en openingen in de zeereep dragen bij aan een forse doorstuiving naar het binnenland.

X: Bebouwing, Dijk, Geen zeereep. Hier vindt geen dynamiek plaats. Er is in de meeste gevallen geen zand aanwezig doordat een dijk de functie van zeereep over heeft genomen. Responstype X wordt ook gebruikt bij strandvlaktes waar geen zeereep aanwezig is.

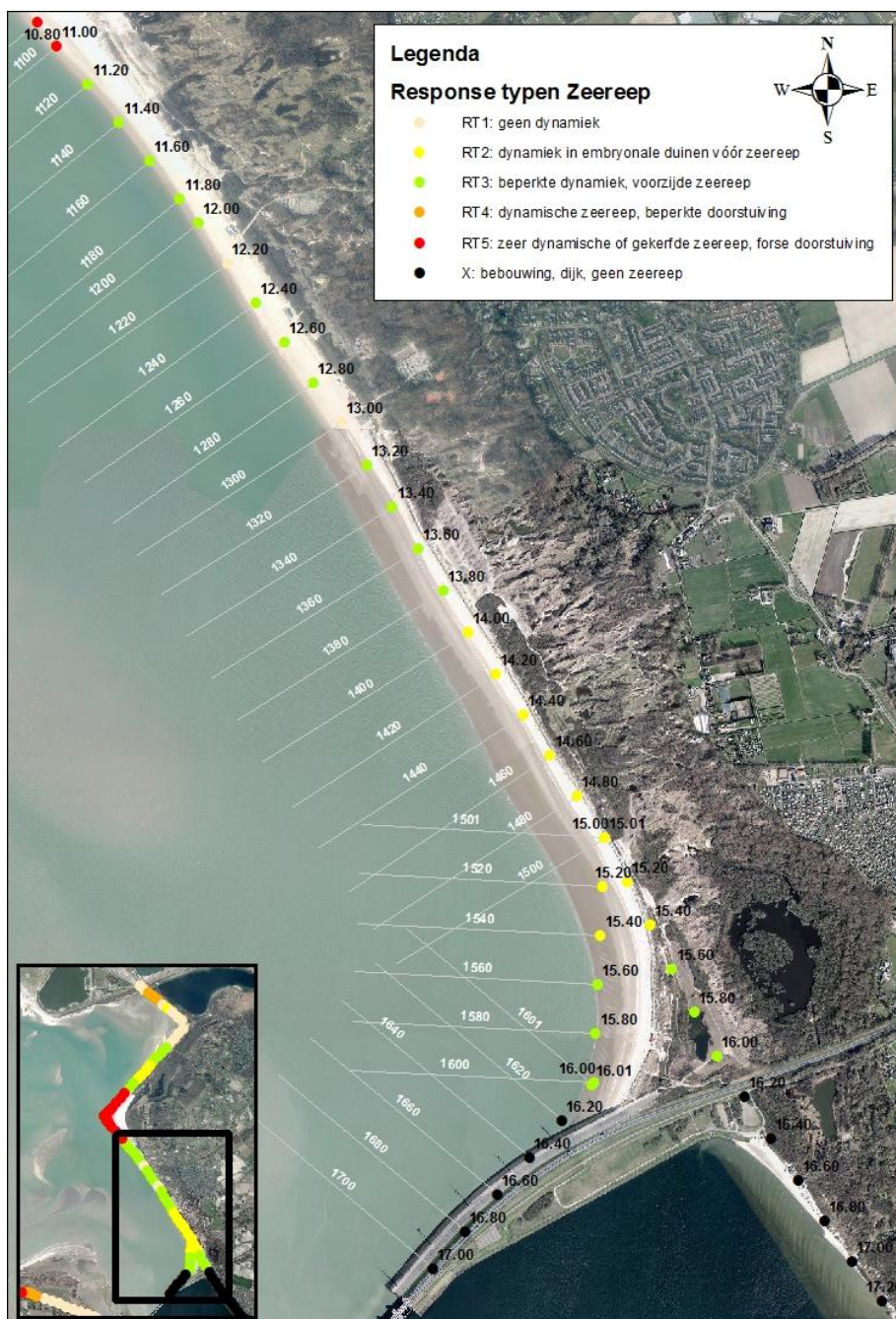
D.3 Kustvak 11 Voorne beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied

Classificatie per deelgebied zie Figuur D.1 en Figuur D.2 Classificatie van de zeereep voor Voorne. Het betreft de huidige classificatie van responstypen zoals ze in 2014 gelden, gebaseerd op laseraltimetrie 1997/1998-2014 en luchtfoto's 2014.

Voor het overzichtsfiguur zie Figuur 4.45. Voor de volumeontwikkeling van het gehele kustvak per raai zie Figuur 4.46.

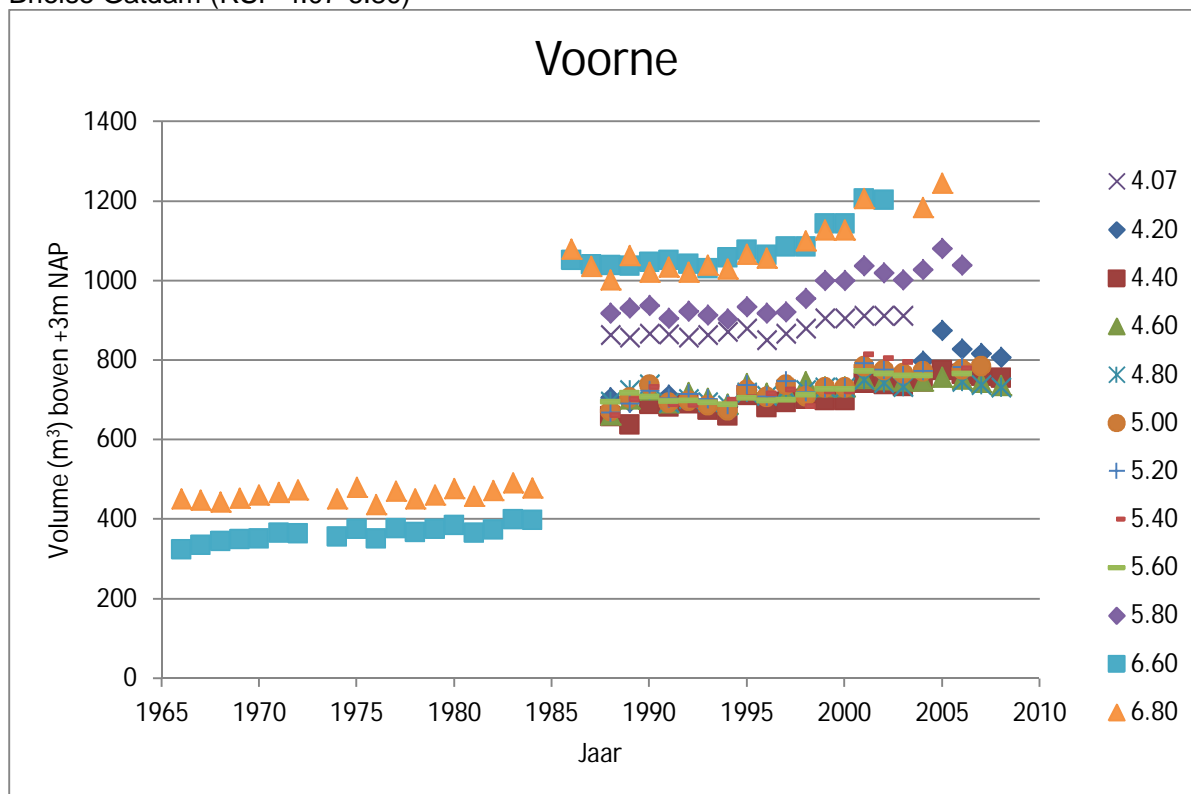


Figuur D.1 Classificatie van de zeereep voor Voorne. RSP 4.07-11.20.



Figuur D.2 Classificatie van de zeereep voor Voorne. RSP 11.20-17.00

D.3.1 Brielse Gatdam (RSP 4.07-6.80)



Figuur D.3 Volume (m^3) boven +3m NAP per jaar voor RSP 4.07-6.80 (legenda).

1988

Geen beschrijving beschikbaar.

Volumeontwikkeling tot 2008

Uit de volumegrafiek blijkt dat er in 1985 een duinverzwaring heeft plaatsgevonden (Figuur D.3). De Brielse Gatdam is pas vanaf 1986 meegenomen bij de JARKUS metingen. Het volume in dit deel gebied heeft een redelijk stabiele tot licht positieve trend.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Het deelgebied ligt in een luwte voor de Brielse Gatdam. Voor de zeereep ligt een door getijden beïnvloedde ondiepe zone. In de zeereep (tegen de dam) is vrijwel geen activiteit zichtbaar. Op het strand tussen RSP 4.40 en 5.00 vindt afslag plaats. Direct hierachter bevindt zich een kleine depositiezone.

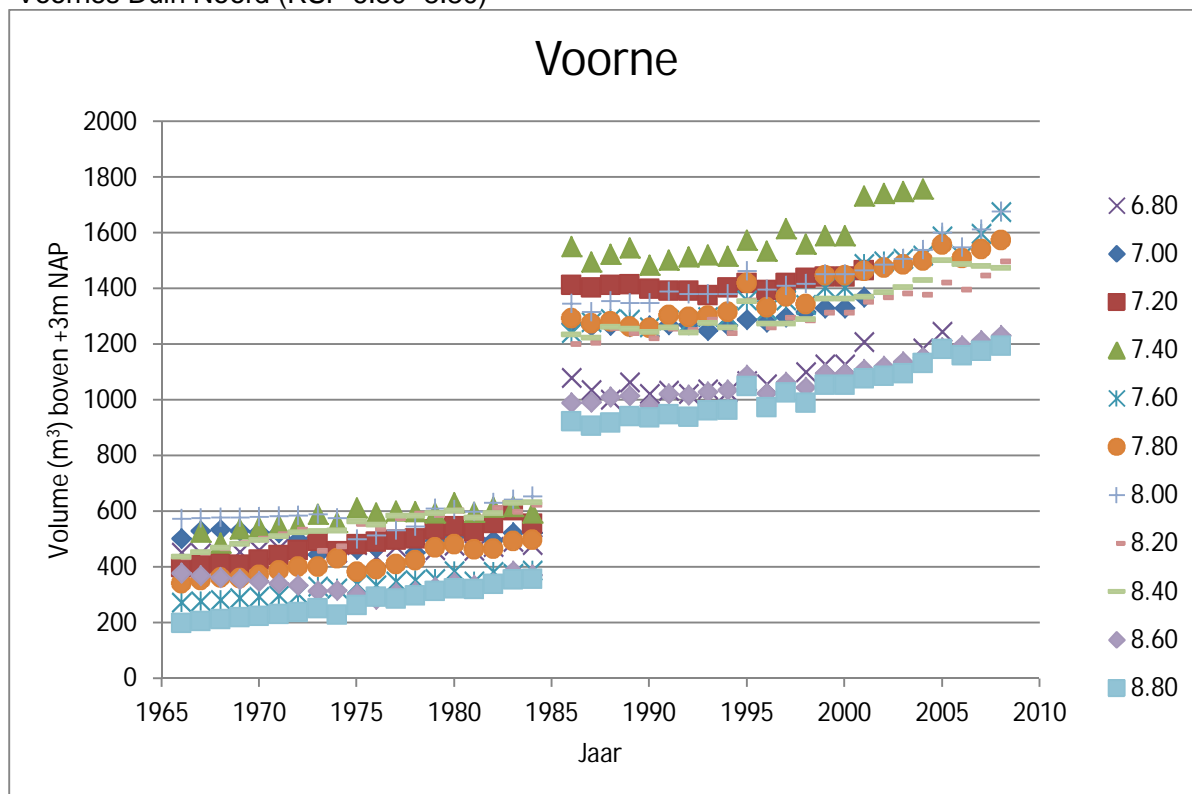
Responstype 2010-2014

Zeer stabiele zeereep (Figuur D.1). Tussen RSP 4.40 en 4.80 heeft erosie geleid tot een aantal gaten in de zeereep. Hier heeft de kust nu een iets dynamischer karakter en kan het zand zich landinwaarts verplaatsen (RT 3→4).

Responstype

1 (RSP 4.07-4.20), 4 (RSP 4.40-4.80), 1 (RSP 5.00), 2 (RSP 5.20), 1 (RSP 5.40-6.80)

D.3.2 Voornes Duin Noord (RSP 6.80- 8.80)



Figuur D.4 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 6.80-8.80 (legenda).

1988

Geen beschrijving beschikbaar.

Volumeontwikkeling tot 2008

Langzaam aangroeiende zeereep (Figuur D.4). In 1985 heeft hier een duinverzwaring plaatsgevonden.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Flinke aan- en overstuiving aan de voorzijde van de zeereep. Voor de zeereep ligt een soort zandarm waarop depositie plaatsvindt. Langs de zeewaartse zijde van deze arm vindt depositie plaats. Het centrale deel van het strand is redelijk stabiel.

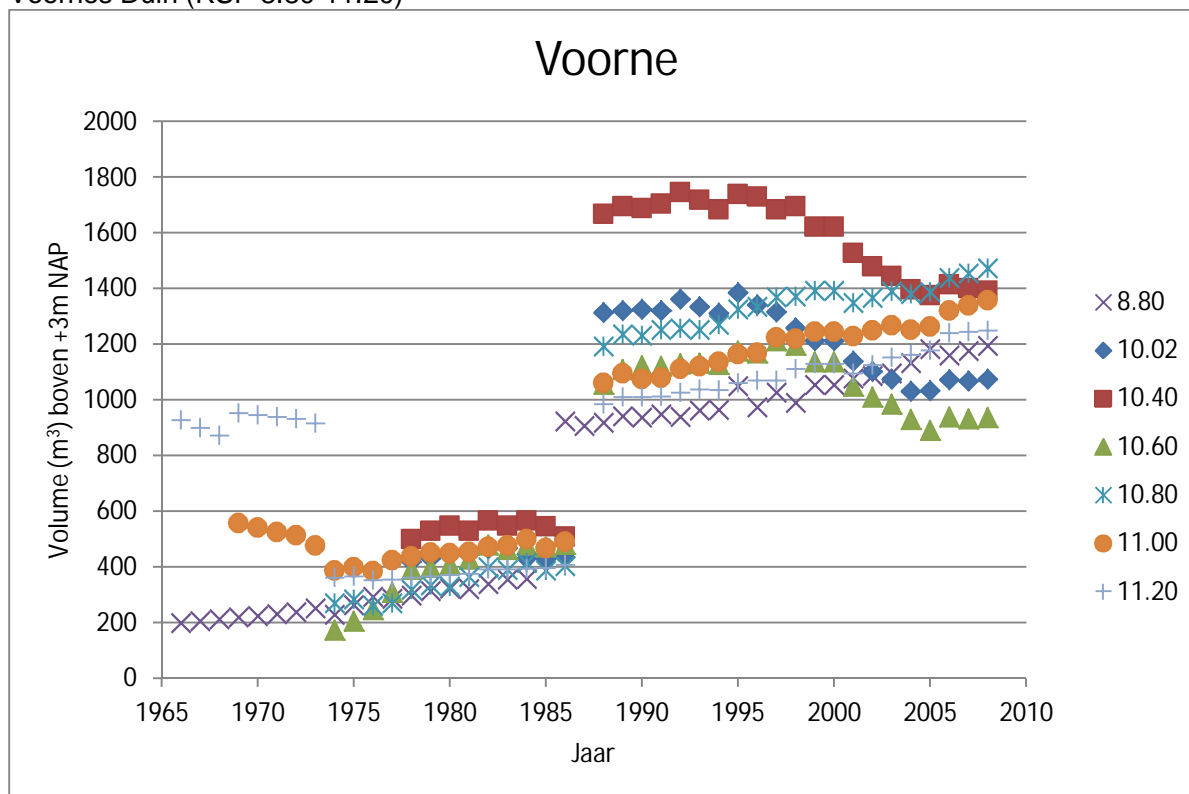
Responstype 2010-2014

Weinig dynamische zeereep, waar activiteit voornamelijk beperkt blijft tot de voorzijde en het strand (Figuur D.1). Op enkele plaatsen ontstaan embryonale duinen op het strand.

Responstype

1 (RSP 6.80), 3 (RSP 7.00-7.60), 2 (RSP 7.80-8.40), 3 (RSP 8.60-8.80)

D.3.3 Voornes Duin (RSP 8.80-11.20)



Figuur D.5 Volume (m^3) boven +3m NAP per jaar voor RSP 8.80-11.20 (legenda).

1988

Geen beschrijving beschikbaar.

Volumeontwikkeling tot 2008

Dit deelgebied ligt op de kop van Voornes Duin (Figuur D.5). In 1987 heeft hier een duinverzwaring plaatsgevonden. Vanaf 1995 wordt de uiterste punt tussen RSP 10.02 en 10.60 geteisterd door een sterke achteruitgang in volume. Na een nieuwe suppletie op de kop in 2005 lijkt het volume gestabiliseerd. Het overige deel van de zeereep komt qua gedrag meer overeen met de rest van Voorne waar een langzaam positieve trend in volume wordt waargenomen.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

In de zeereep bij de kop van Voornes Duin is in 2009 een nieuwe duinverzwaring uitgevoerd. De oude niet dynamische verzwaring is richting het strand met een halve meter afgeschoven en van vegetatie ontdaan. Daarna is het hele gebied bedekt met een nieuwe suppletie. Deze is niet ingeplant, zodat de dynamiek in dit gebied extreem is toegenomen. Doorstuiving vindt plaats tot ver in de achterliggende vallei. Er is hier zelfs een storthelling ontstaan die als een loopduin de achterliggende vallei binnenloopt.

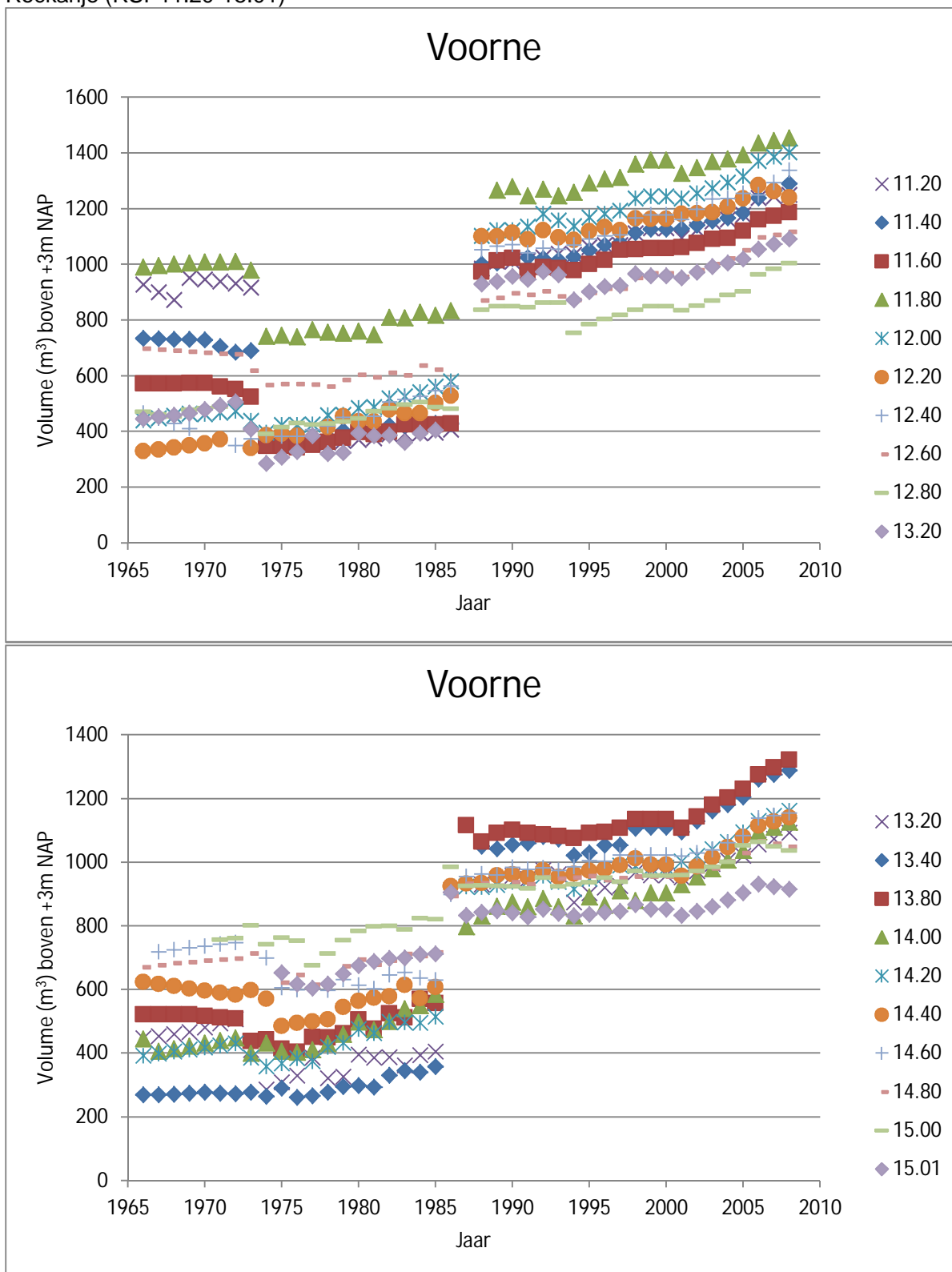
Responstype 2010-2014

Deze hele zone is sterk beïnvloed door de verzwaring van 2009 (Figuur D.1Figuur D.5). De dynamiek is extreem. Zand verplaatst zich over de zeereep tot ver landinwaarts. Een deel van de zeereep is erosief. De voorzijde is inmiddels deels met Helm begroeid, en hier wordt zand ingevangen. Tussen de voorzijde en de storthelling aan de landwaartse zijde vindt vooral winderosie plaats.

Responstype

3 (RSP 8.80), 5 (RSP 9.00-11.00), 3 (RSP11.20)

D.3.4 Rockanje (RSP11.20-15.01)



Figuur D.6 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 11.20-15.01 (legenda).

1988

Geen beschrijving beschikbaar.

Volumeontwikkeling tot 2008

Na een duinverzwaring in 1987 ondergaat de zeereep bij Rockanje een jaarlijkse lichte toename in volume boven +3m NAP (Figuur D.6). Vanaf 2001 zit er met name bij de zuidelijke profielen een sterk stijgende lijn in het volume. Dit heeft voornamelijk te maken met een breder wordend strand en aan-en overstuiving in de zeereep.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

De verschilkaart toont een sterke ophoging op het strand. Dit heeft te maken met een suppletie uit 2009. In de zeereep vindt flinke overstuiving plaats. Deze blijft echter wel beperkt tot de voorzijde.

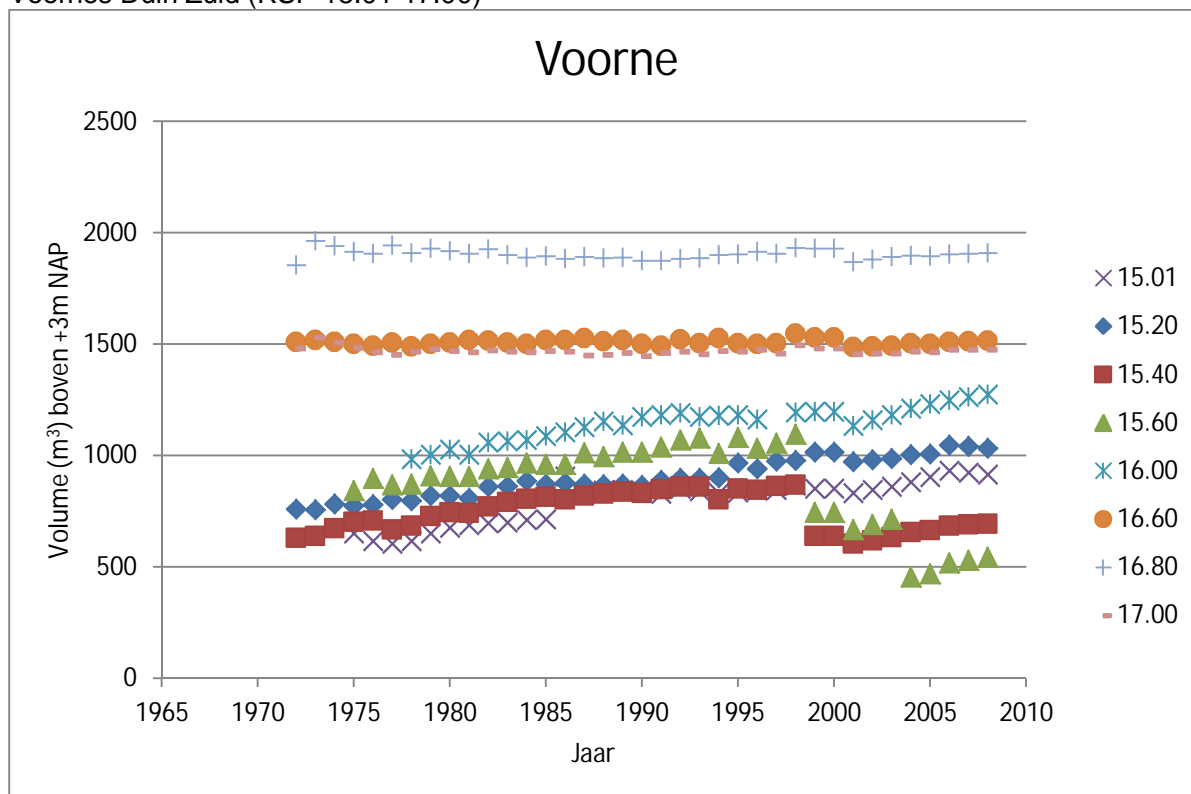
Responstype 2010-2014

Toename in dynamiek die zich ontwikkelt aan de voorzijde van de zeereep (Figuur D.2). Dit is waarschijnlijk het gevolg van een strandsuppletie in 2009. Embryonale duinen die voorheen ten noorden van RSP 14.00 lagen zijn verdwenen. Richting het zuiden, waar het strand zich steeds verder verbreedt, ontstaan embryonale duinen. Ter hoogte van RSP 12.20 en 13.00 belemmeren strandtenten de doorstuiving. In deze zone vindt vrijwel geen dynamiek plaats.

Responstype

3 (RSP 11.20-13.80), 1 (RSP 12.20 & 13.00), 2 (RSP 14.00-15.01)

D.3.5 Voornes Duin Zuid (RSP 15.01-17.00)



Figuur D.7 Volume (m^3) boven +3m NAP per jaar voor RSP 15.01-17.00 (legenda).

1988

Geen beschrijving beschikbaar.

Volumeontwikkeling tot 2008

Vanaf RSP 16.60 richting het zuiden overgang naar een vaste dijk (Figuur D.7). Net ten noordoosten daarvan is de verbindingzone tussen de dijk en Voornes Duin. Het volume in deze zone is over de meetperiode redelijk stabiel. Verplaatsing van zand bij ingrepen hebben aan de noordzijde van de verbindingzone twee keer geleid tot een sterke afname in volume boven +3m NAP.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Forse depositie en verbreding op het strand, gelinkt aan een suppletie in 2009. Doorstuiving blijft beperkt tot de voorzijde van de zeereep. Bij het bestuderen van verschilkaarten na de suppletie in 2009 blijkt dat het strand een meer erosief karakter heeft.

Responstype 2010-2014

Aangroeiend strand onder invloed van suppleties (Figuur D.2). In het noorden enige embryonale duinontwikkeling op het strand. Dynamiek blijft beperkt tot de voorzijde van de zeereep.

Responstype

2 (RSP 15.01-15.40), 3 (RSP 15.60-16.01), x (RSP 16.20-17.00)

D.4 Kustvak 12 Goeree beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied

Classificatie per deelgebied. Het betreft de huidige classificatie van responstypen zoals ze in 2014 gelden, gebaseerd op laseraltimetrie 1997/1998-2014 en luchtfoto's 2014.

Voor het overzichtsfiguur zie Figuur 4.47. Voor de volumeontwikkeling van het gehele kustvak per raai zie Figuur 4.48.



Figuur D.8 Classificatie van de zeereep voor Goeree. RSP 2.80-8.00.



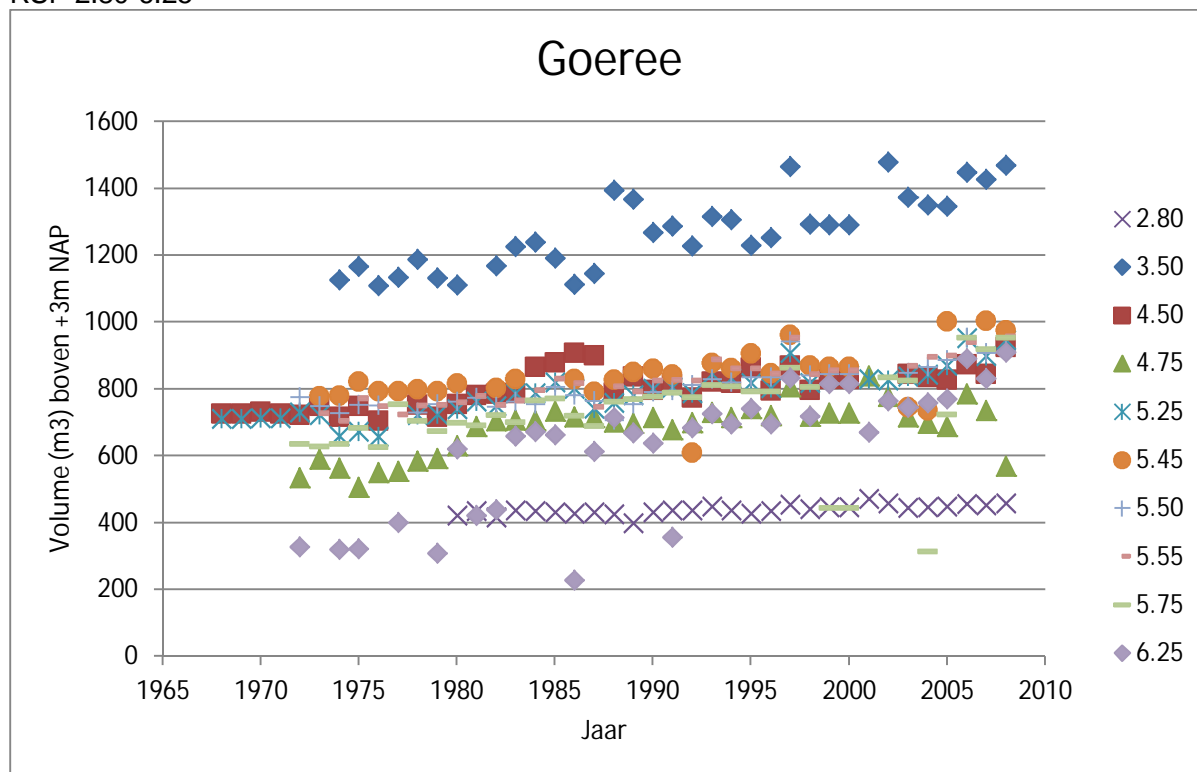
Figuur D.9 Classificatie van de zeeereep voor Goeree. RSP 8.00-13.25.

1988

De Kwade Hoek is een uitgebreid gebied waar aangroei plaats vindt. Tussen de voormalige zeeereep en de zee bevindt zich nu een systeem met brede zandbanken waarop soms strandduintjes worden gevormd, niet gesloten duinenrijen en tussenliggende kwelders of groene stranden. Dynamische processen beperken zich voornamelijk tot de meest zeewaarts gelegen duinruggen. Hier vindt met name overstuiving en aanstuiving plaats, nauwelijks winderosie. De duinruggen hebben een vrij rechte structuur. Hier en daar zijn stuifschermen geplaatst maar verder lijken er geen beheersingrepen plaats te vinden.

Door een ingreep in het westelijke deel van de Kwade Hoek is dit deelgebied opgesplitst in twee deelgebieden.

RSP 2.80-6.25



Figuur D.10 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 2.80-6.25 (legenda).

Volumeontwikkeling tot 2008

Het volume van de zeereep bij de Kwade Hoek is stabiel tot licht positief (Figuur D.10). Er bestaan soms flinke fluctuaties in het volume. Dit heeft mogelijk te maken met erosie en depositie langs de zandbanken bij de Kwade Hoek.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Tussen 2007 en 2013 zet de trend van kustangroei bij de Kwade Hoek door. Aan de voorzijde op de zeereep vindt ophoging plaats. Het strand groeit ook aan in zeewaartse richting, met uitzondering van een deel tussen RSP 5.55 en RSP 6.50. Hier bevindt zich een getijdenkreek die de erosie op het strand lijkt te veroorzaken. Ondanks dat het grootste deel van het binnenland hier is gestabiliseerd, ligt er aan de oostkant ter hoogte van RSP4.25 een zandrug. Tussen 2007 en 2013 was hier enige erosie op het strand, maar overstuiving aan de voorzijde van de duinen.

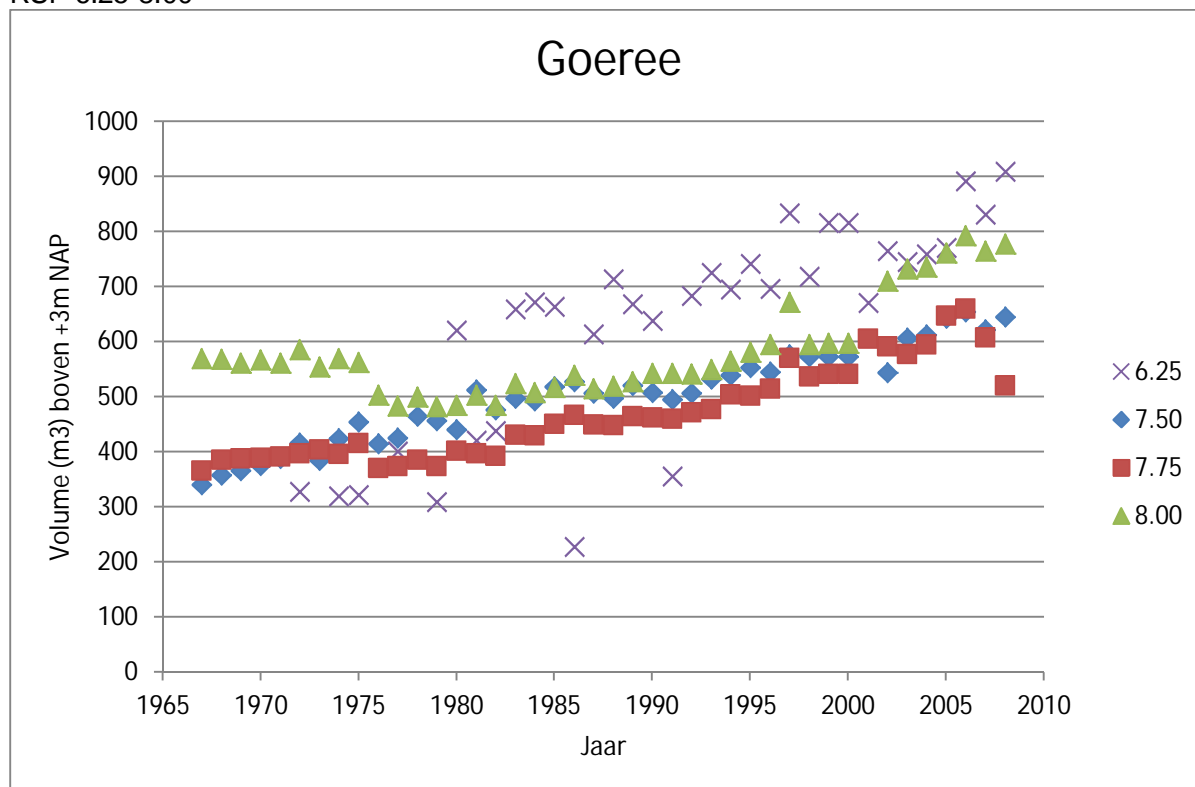
Responstype 2010-2014

Variabele zeereep (Figuur D.8). De mate van dynamiek is onveranderd tussen 2010 en 2014. Aan de noordwestzijde van de Kwade Hoek is de zeereep zeer actief. De lage duinen, kerven en krekken maken forse doorstuiving mogelijk. De oostelijke zijde van de Kwade Hoek is juist zeer stabiel.

Responstype

1 (RSP 2.80-5.00), 4 (RSP 5.25-5.55), 5 (RSP 5.75-6.25)

RSP 6.25-8.00



Figuur D.11 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 6.25-8.00 (legenda).

Volumeontwikkeling tot 2008

Aangroeiende zeereep voor kwelderachtig gebied van de Kwade Hoek (Figuur D.11). Aangroei vindt vooral plaats door aan- en overstuiving in de buitenste stuifdijk.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Aangroeiend strand. Tussen 2007 en 2008 heeft hier een ingreep plaatsgevonden in de zeereep. Daarbij is de landwaartse zijde van de stuifdijk tussen RSP 6.25 en 7.75 afgegraven. Daarnaast zijn er tussen RSP 6.75 en 7.25 twee openingen gecreëerd waarvan er één dit jaar ook is doorgebroken.

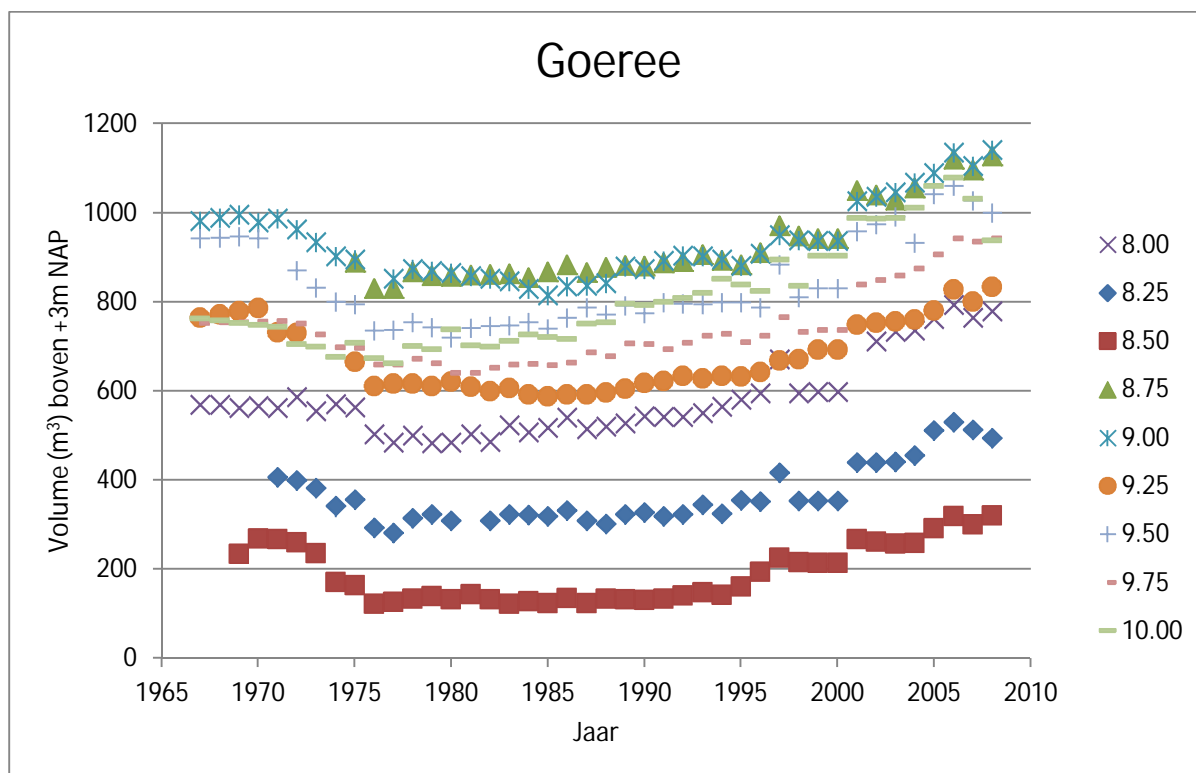
Reponstypen 2010-2014

Kwelderachtig gebied tussen oude en nieuwe zeereep. Op het strand voor de Kwade hoek bevindt zich een zone met aangroei van nieuwe duinen. Hier spelen zowel wind als water een belangrijke rol bij de dynamiek.

Responstypen

5 (RSP 6.25), 4 (RSP 6.50), 2 (RSP 6.75-8.00)

D.4.1 Middelduinen (RSP 8.00 tot 10.50)



Figuur D.12 Volume (m^3) boven +3m NAP per jaar voor RSP 8.00-10.00 (legenda).

1988

Stabiel of geringe achteruitgang. Sterke overstuiving over de gehele zeereep, plaatselijk ophoging. Met name op de zeewaartse helling treedt winderosie op. Het beheer bestaat voornamelijk uit het plaatsen van stuifschermen, aanplant en strandsuppleties.

Volumeontwikkeling tot 2008

Tot 1977 een snel afnemend volume (Figuur D.12). Na een suppletie tussen 1977 en 1979 blijft het volume vrijwel stabiel. Vanaf 1995 ontstaat er een stijgende trend.

Ontwikkeling op basis van verschilkaarten 2007-2013

Dit hele gebied wordt gekenmerkt door aanzanding aan de duinvoet en overstuiving aan de voorzijde van de zeereep. Een gebied met embryonale duinen ontwikkelt zich tot een nieuwe duinenrij. Tussen RSP 9.5 en RSP 9.75 is een groepje embryonale duinen verdwenen, mogelijk door herprofilering.

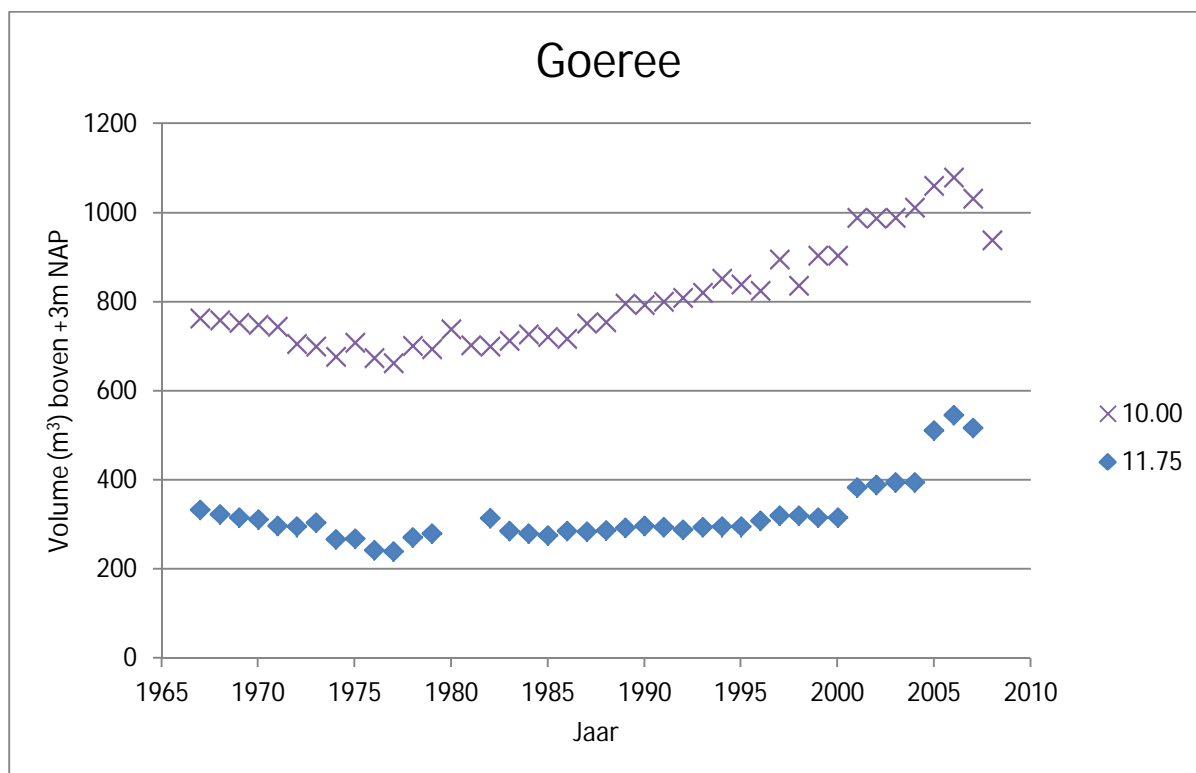
Responstype 2010-2014

Dynamische zeereep met embryonale duinen die zich steeds verder ontwikkelen. Tussen RSP 9 en RSP 9.5 hebben de embryonale duinen zich ontwikkeld tot een nieuwe duinenrij. Hier vindt nog redelijke doorstuiving tot aan de oude zeereep plaats.

Responstype

2 (RSP 8.00), 4 (RSP 8.25-9.50), 3 (RSP 9.75)

D.4.2 Het Oude Nieuwland (RSP 10.50 tot 11.75)



Figuur D.13 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 10.00-11.75 (legenda).

1988

Lichte aangroei. Over de gehele zeereep vindt overstuiving plaats, plaatselijk ook winderosie, met name op de zeewaartse helling. Tussen 11.00 en 11.75 is de zeereep geherprofileerd en ingeplant.

Volumeontwikkeling tot 2008

Het volume in dit gebied is jarenlang vrij stabiel geweest (Figuur D.13). Strandsuppleties in 1998 en 2004 lijken voor een toenemend volume te zorgen, maar de trend blijft daarna toch stabiel tot zelfs negatief.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Zowel aan de voet als aan de voorzijde van de zeereep vindt depositie plaats. Het volume op het strand is redelijk stabiel met uitzondering van de zeewaartse rand, waar erosie overheerst. In het water direct voor de kust is een ondiepe getijdzone ontstaan.

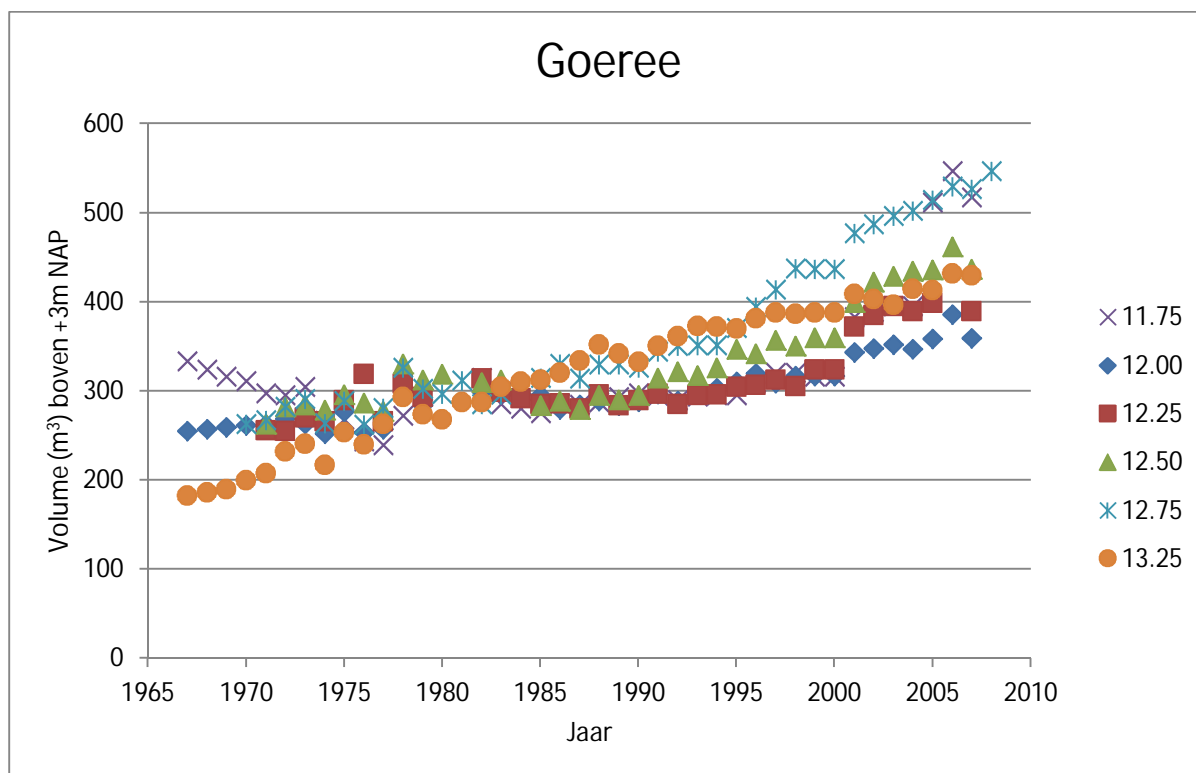
Responstype 2010-2014

De overstuiving blijft beperkt tot de voorzijde van de zeereep. Direct tegen de voet bevindt zich een aantal embryonale duinen (RT 2).

Responstype

2 (RSP 10.50-11.75)

D.4.3 Flauwe Werk (RSP 11.75 tot 13.00)



Figuur D.14 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 11.75-13.25 (legenda).

1988

Dijk

Volumeontwikkeling tot 2008

Dit gebied wordt gekenmerkt door een langzame toename in volume (Figuur D.14).

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Op het strand is een druk patroon van erosie en depositie zichtbaar. Tussen RSP 11.75-12.75 en ten westen van dit deelgebied zijn in 2004/2005 strandsuppleties uitgevoerd. De suppleties hebben zich in de loop der tijd in westelijke richting verplaatst en leiden tot aan- en overstuiving aan de voorzijde van de zeereep. Tussen RSP 11.75 en 12.75 is in 2008 een landwaartse duinverzwaring uitgevoerd. Op het hoge strand ten oosten van RSP 12.25 vindt erosie plaats.

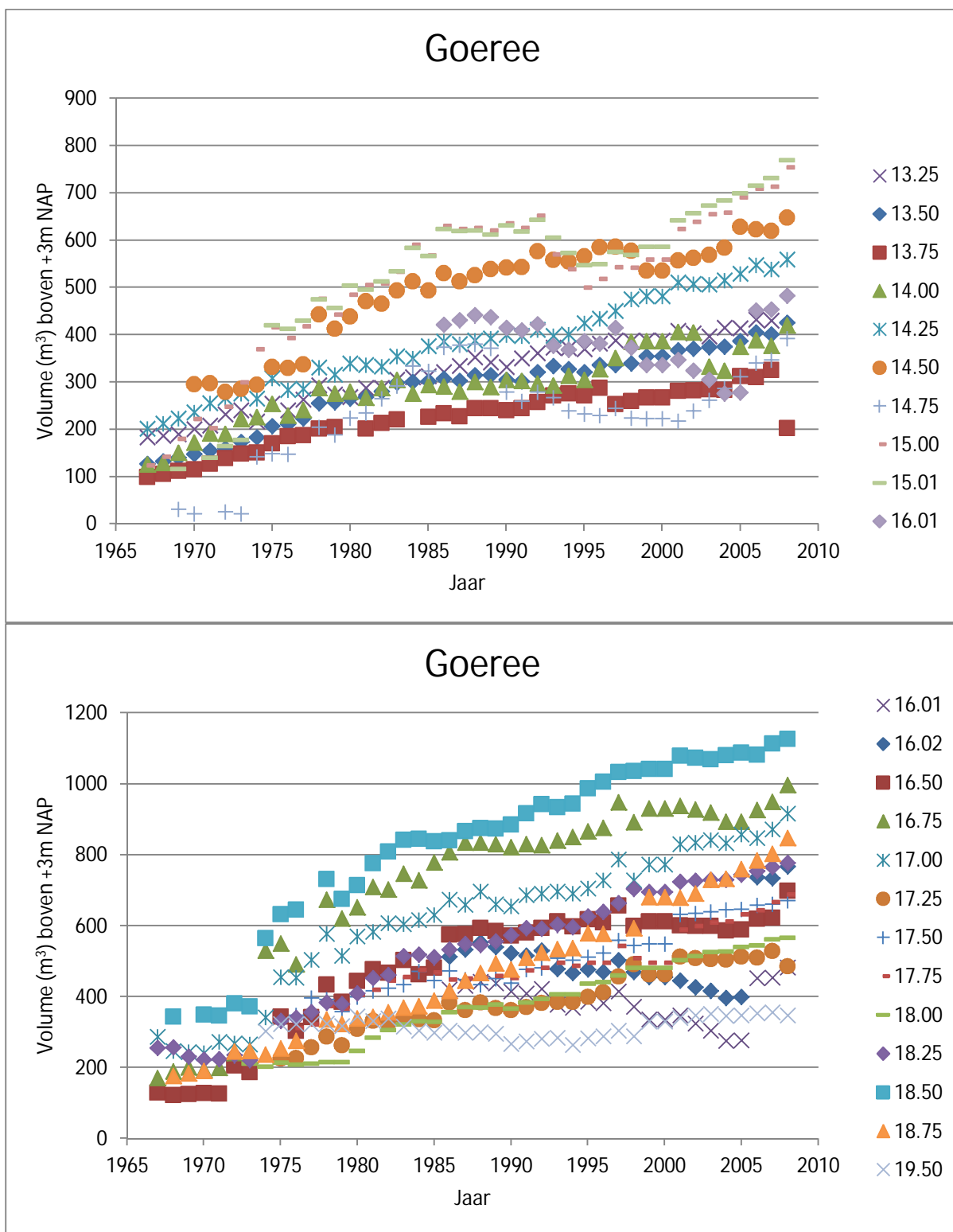
Responstype 2010-2014

Aangroeiende zeereep met embryonale duinontwikkeling op het strand. Tussen RSP 11.25 en RSP 12.75 ontwikkelen de embryonale duinen zich tot een nieuwe zeereep.

Responstype

2 (RSP 11.75-13.00)

D.4.4 Westhoofd (RSP 13.00 tot 19.25)



Figuur D.15 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 13.25-19.50 (legenda).

1988

Suppletiegebied tot 18.00. Suppleties hebben plaats gevonden op het strand, het gesuppleerde zand is ingeplant. Over de gehele zeereep vindt overstuiving plaats, gepaard gaand met ophoging van de zeereep. Op een aantal plaatsen bevinden zich extreme kerven in de zeereep door winderosie.

Volumeontwikkeling tot 2008

Aangroeiende kust waarschijnlijk gerelateerd aan een reeks strandsuppleties (Figuur D.15). Het volume neemt hier geleidelijk toe tot halverwege de jaren '90 waarna het op veel plekken stabiliseert of een negatieve trend toont. Een strandsuppletie in 2005 lijkt dit proces weer om te keren. Ten zuiden van RSP 17.50 blijft de trend over de gehele meetperiode positief.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

In 2005 is er op het strand van de meest westelijke punt van Goeree een zandsuppletie uitgevoerd. Dit zand verspreidt zich in noord en zuidelijke richting langs het strand. Bij de zeereep vindt flinke verhoging plaats, zowel tegen de duinvoet als over de voorzijde van de zeereep heen.

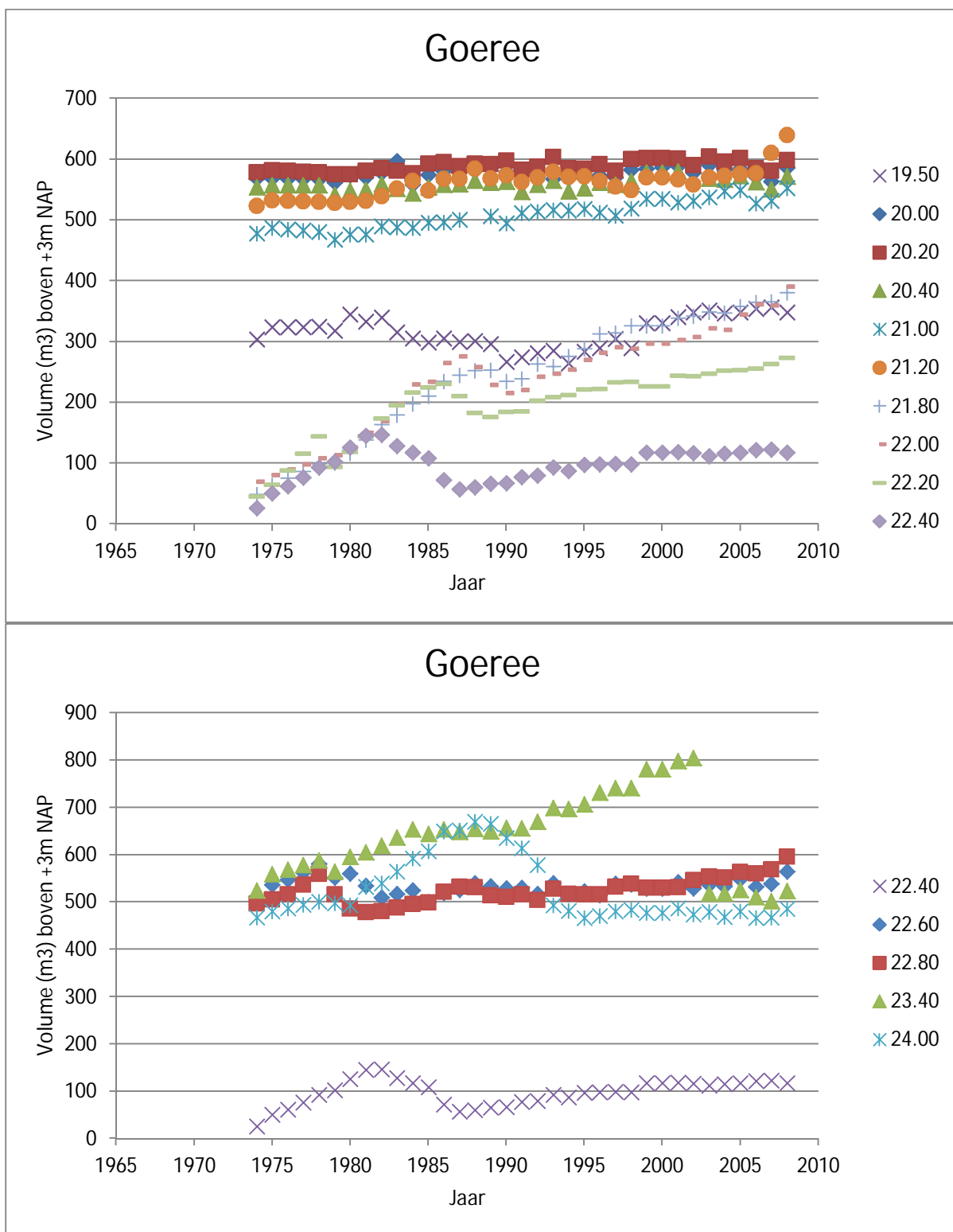
Responstype 2010-2014

Vrijwel dit hele gebied, dat langs de westelijke hoek van Goeree loopt, heeft een dynamische zeereep. Er vindt flinke aanstuiving plaats vanaf het strand en er vindt enige doorstuiving plaats landinwaarts. Tussen RSP 17.25 en RSP 17.50 is een gekerfde zeereep zichtbaar (RT 5). Verder naar het zuiden vanaf RSP 17.75 blijft de dynamiek beperkt tot de voorzijde van de zeereep.

Responstype

2 (RSP 13.00, 14.00-14.25), 3 (RSP 13.25-13.50), X (RSP 13.75), 4 (RSP 14.50-17.02), 5 (17.25-17.50), 3 (RSP 17.75-18.50), 2 (RSP 18.75-19.00).

D.4.5 Brouwersdam (RSP 19.25 t/m 24.00)



Figuur D.16 Volume (m³) boven +3m NAP per jaar voor RSP 19.50-24.00 (legenda).

1988

Voor de Brouwersdam zijn inmiddels door aanstuiving duinrijen gevormd. Door betreding vindt hier geringe erosie langs paden plaats.

Volumeontwikkeling tot 2008

De Brouwersdam is een stabiele dijk met in de luwte een brede zandbank/strand (Figuur D.16). Door verplaatsing van dit strand toont de grafiek op sommige punten een sterke toename of extreem verlies in volume.

Ontwikkeling op basis van verschilkaart 2007-2013

Tussen RSP 20.4-22.8 ligt een kort breed strand wat zich in noordoostelijke richting verplaatst. Op deze plek ligt een smalle zeereep met enige aanzanding.

Responstype 2010-2014

Zeedijk met daarvoor een zandbank. Geen dynamiek. Aan de voorzijde van de dijk vindt enige aanstuiving plaats.

Responstype

X (RSP 19.25-24.00)

E Recreatie Voorne en Goeree

Deze bijlage bevat de algemene onderdelen over de gebruiksfunctie recreatie is een samenvatting van de studie die door Decisio in 2011 is uitgevoerd (Decisio, 2011). In paragraaf E.1 zijn de specifieke gegevens over Voorne en Goeree opgenomen.

E.1 Economische waarde

De kust is een belangrijke trekpleister voor zowel binnen- als buitenlandse toeristen. Ongeveer 21 procent van de binnenlandse en 26 procent van de buitenlandse overnachtingen in hotels, campings, pensions, bungalowparken, etc. vindt plaats in de kustgebieden. In totaal komt dat neer op ruim 19 miljoen overnachtingen in 2009. Als de kust als één geheel wordt beschouwd is dit daarmee het belangrijkste toeristengebied van Nederland. Voor de vier kustprovincies is het kusttoerisme nog belangrijker: bijna de helft van alle toeristen overnacht aan de kust.

Jaarlijks maken Nederlanders circa 6,5 miljoen dagtochten naar het strand (Centraal Bureau voor Statistiek), zie Tabel E.1 en zijn er inclusief verblijfsrecreanten ruim 24 miljoen recreanten op het strand te vinden (NRIT, 2004). Dit is waarschijnlijk nog een forse onderschatting, aangezien er volgens de gemeente Den Haag jaarlijks al 12 miljoen mensen het strand van Scheveningen bezoeken (RIKZ, 2007). Het NBTC gaat uit van 95 miljoen eendaagse vrijetijdsactiviteiten aan de kust en 4,8 miljoen meerdaagse vakanties aan de kust, waarvan 1,5 miljoen buitenlandse vakanties (NBTC, 2010). Deze 95 miljoen is inclusief activiteiten als wandelingen en fietstochten door de duinen en uit eten gaan en zijn dus niet allemaal strandgerelateerd.

Op basis van 24 miljoen bezoekers per jaar concludeert het NRIT dat kustrecreatie jaarlijks bijdraagt aan bijna 300 miljoen euro toegevoegde waarden en circa 14.000 banen (arbeidsjaren) 5. Het RIKZ (2006) komt op een hogere toegevoegde waarde uit. Alleen al in het zogenaamde normafslaggebied (het gebied dat bij een zware storm af mag slaan zonder dat de waterkering het begeeft) is de directe toegevoegde waarde van bedrijven 1,3 miljard euro. Zandvoort en Scheveningen nemen hiervan 90 procent voor hun rekening. Dit is alleen de toegevoegde waarde van de bedrijven die op of direct aan het strand liggen en daarmee voor het overgrote deel gebonden zijn aan toerisme en recreatie. Andere bedrijven in de gemeente of de verdere omgeving die draaien op toerisme zijn daarbij nog niet inbegrepen.

Het NBTC (2010) berekende dat toeristen ongeveer 2,5 miljard euro per jaar uitgeven aan de Nederlandse kust. Doordat de toeristische industrie behoorlijk service gebonden is, lijkt een toegevoegde waarde van 1,3 miljard euro plausibel. Naast de bestedingen aan de kust, besteedt een deel van het toerisme dat is aangetrokken door de kust ook in het gebied daarachter. De nabijheid van de kust heeft ook invloed op woongenot en daarmee de huizenprijzen. Het totale economische belang van de kust ligt daarmee hoger dan alleen de bestedingen van toerisme aan de kust.

Gegevens over het daadwerkelijke gebruik van het strand zijn beperkt aanwezig. De enige bron die op nationale schaal onderzoek heeft gedaan naar strand-bezoek (NRIT, 2004), blijkt veel onbruikbare resultaten te geven (met name voor stranden met veel dagtoerisme). Op lokale schaal worden incidenteel tellingen verricht, maar de cijfers zijn niet (altijd) recent, compleet of vergelijkbaar. De gezamenlijke cijfers over werkgelegenheid in de horeca, aantal strandpaviljoens en de - indien beschikbare - cijfers over strandbezoek, geven wel een indicatie van het belang van het strand. Uiteraard heeft niet alleen de horeca of de strandpaviljoenhouder profijt van het strand. Ook de detailhandel, toeleveranciers etc. hebben direct of indirect economisch voordeel van de strandbezoeker.

Tabel E.1 Kerngegevens voor de Nederlandse kust (Decisio, 2011).

Onderwerp	Gegevens
Aantal strandpaviljoens	374
Aantal campings Noordzeepadplaatsen	347
- als percentage van camping in de vier kustprovincies	45%
- als percentage van campings in Nederland	15%
Aantal logiesaccomodaties Noordzeepadplaatsen	949
- als percentage van accomodaties in de vier kustprovincies	33%
- als percentage van accomodaties in Nederland	13%
Aantal slaapplekken Noordzeepadplaatsen	197.597
- als percentage van slaapplekken in de vier kustprovincies	41%
- als percentage van slaapplekken in Nederland	16%
Aantal overnachtingen aan de kust	19.093.500
- als percentage van slaapplekken in de vier kustprovincies	48%
- als percentage van slaapplekken in Nederland	23%
Dagtochten naar zee	6.499.00 ⁷

E.2 Uitleg over de Recreatiebasiskustlijn en de werkwijze vaststellen recreatiestranden

In opdracht van de vier kustprovincies Fryslân, Noord-Holland, Zeeland en Zuid-Holland heeft Decisio in 2011 een onderzoek gedaan naar de recreatiebasiskustlijn, oftewel naar de strandbreedte die nodig is voor het recreatieve gebruik van het strand.

De recreatiebasiskustlijn (rBKL) is gedefinieerd als “een zone die aangeeft hoe breed het strand moet zijn om voldoende ruimte te bieden aan de toeristisch-recreatieve functies van de Noordzee-kust op de betreffende locatie”. De rBKL is bepaald door verschillende recreatieve functies van het strand vast te stellen en hiervoor een minimaal noodzakelijke strandbreedte te definiëren. De strandbreedte is het droge strand: het strand vanaf de duinvoet tot de gemiddeld hoogwaterlijn.

Er zijn in het onderzoek vier ‘strandgebruikscategorieën’ gedefinieerd (Tabel E.1). Recreatieve stranden zijn in dit onderzoek gedefinieerd als stranden waar economische activiteit op of direct achter het strand plaats vindt. Er zijn hier strandpaviljoens, georganiseerde activiteiten op het strand, of campings en stads/dorpskernen direct achter het strand. Met behulp van luchtfoto’s en Kustlijnkaarten zijn de locaties bepaald waar economische activiteit op of achter het strand plaats vindt. Deze locaties zijn vervolgens doorgesproken in de discussiebijeenkomsten met vertegenwoordigers van provincies, gemeenten, ondernemers, waterschappen en (in Zeeland en Zuid-Holland) Rijkswaterstaat.

In het onderzoek van Decisio zijn er knelpunten aangewezen tussen strandbreedte en recreatie. De inventarisatie van de gemiddelde strandbreedte in de afgelopen 10 jaar, en de ontwikkeling daarin, geeft een indicatief beeld van de strandbreedtes. Echter moet hierbij aangetekend worden dat de situatie verschilt van jaar tot jaar en van jaargetijde tot jaargetijde door zandsuppleties, erosie en weersomstandigheden. Knelpunten in recreatief gebruik van de Noordzeestranden hebben niet alleen met de breedte te maken, maar ook kan het komen door:

- Beleid en wet- en regelgeving. Het beleid van de waterschappen is bijvoorbeeld gericht op natuur en veiligheid. Aangegroeide duinen worden in dit kader gehandhaafd. De duinvoet schuift dus op, met als gevolg dat stranden smaller worden en paviljoens moeten worden verplaatst. Dit speelt in alle kustprovincies. Ook ervaren gemeenten knelpunten die te maken hebben met (de externe werking) van Natura-2000 beleid en ander natuur- en milieu beleid die de gebruiksmogelijkheden van het strand beperken.

⁷ dit is waarschijnlijk een sterke onderschatting. Alleen al in Scheveningen is volgens de gemeente het aantal bezoekers hoger. In België, met een veel kortere kustlijn, ligt het aantal dagbezoekers jaarlijks al tussen de 16 en 19 miljoen.

- Beperkte bereikbaarheid van veel stranden en de parkeermogelijkheden.
- Meer (verschillende) activiteiten, meer jaarrond. Dit betekent dat op veel recreatiestranden op een 'maatgevende stranddag' (een dag met redelijk mooi weer in het voor-, na- of hoogseizoen) gezoneerd moet worden.
- De kwaliteit van het strand en de strandhelling. Het is van belang dat het strand schoon is, en dat er geen harde voorwerpen in het zand of onder water liggen die hinder of onveilige situaties opleveren.

E.3 Strandrecreatie Zuid-Holland

De stranden van Zuid-Holland trekken veel dagbezoek als gevolg van de ligging in een dichtbevolkt (groot)stedelijk gebied. De Zuid-Hollandse kust kent verder een relatief hoog percentage zakelijke hotelovernachtingen: ruim 55 procent, landelijk is dit 45 procent. Van alle kustprovincies heeft Zuid-Holland de minste campings en ook de minste verblijfsrecreanten. Wel heeft Zuid-Holland de meeste strandpaviljoens van alle provincies, wat onderstreept dat de stranden in de provincie tot de drukst bezochte van Nederland behoren.

Tabel E.2 geeft de kerngegevens van de stranden van de gehele provincie Zuid-Holland. Tabel E.3 geeft een overzicht van de verschillende categorieën van strandgebruik en de bijbehorende minimale strandbreedte.

Tabel E.2 Kerngegevens voor de gehele provincie Zuid-Holland (Decisio, 2011).

Onderwerp	Gegevens
Aantal strandpaviljoens	147
Totaal aantal horecabedrijven	8.036
Aantal campings	121
Aantal logiesaccomodaties	557
Aantal slaapplekken	88.266
Aantal overnachtingen logiesaccomodaties	8.332.200
Percentage buitenlandse overnachtingen	42%
Aantal overnachtingen verblijfsrecreatie	3.334.000
Percentage buitenlandse overnachtingen verblijfsrecreatie	41%
Aantal hotelovernachtingen	4.698.200
- waarvan zakelijk	55%
Werkzame personen in de Horeca	52.200
Dagtochten naar zee	3.244.000

Tabel E.3 De categorieën strandgebruik en de daarbij horende minimale strandbreedte (Decisio, 2011).

Categorie strandgebruik	Toelichting en voorbeelden	Benodigde breedte vanaf duinvoet
Sport / evenementen	Gebruik door ruimtevragende (duf)sporten en evenementen. Bijvoorbeeld (delen van): Cadzand-Bad, strand bij Veerse Gatdam, Brouwersdam, Scheveningen, IJmuiden tot aan zuidzijde Wijk aan Zee, Strandpaal 17 Texel, Velsen, Hoek van Holland, Nes Ameland	Minimaal 100 m
Zeer intensief, stedelijk	Zeer drukke, bruisende badplaatsen. Scheveningen, Noordwijk aan Zee, Zandvoort, Strandpaviljoens Bloemendaal aan Zee, Hoek van Holland	Minimaal 80 m
Matig / redelijk intensief	Middengroep wat betreft gebruikintensiteit. Grote en gevarieerde groep met economische activiteit op het strand: vrijwel alle badplaatsen hebben strand in deze categorie. Bijvoorbeeld De Koog, Bergen, Egmond, Wijk aan Zee, Hoek van Holland, Rockanje, Renesse en Cadzand-Bad.	Minimaal 60 m
Rustig recreatief	Rustige stranden, maar wel economische activiteit vlakbij het strand. In kilometers hoort het grootste deel van de Noordzeestranden hiertoe. Bijvoorbeeld een strand nabij campings, hotels, woningen e.d.	Minimaal 25 m
'overig', – niet recreatief	Strand zonder economische activiteiten op of nabij het strand. Zeer beperkt recreatief gebruik, alleen natuurliefhebbers en een enkele wandelaar.	(buiten beschouwing in dit onderzoek)