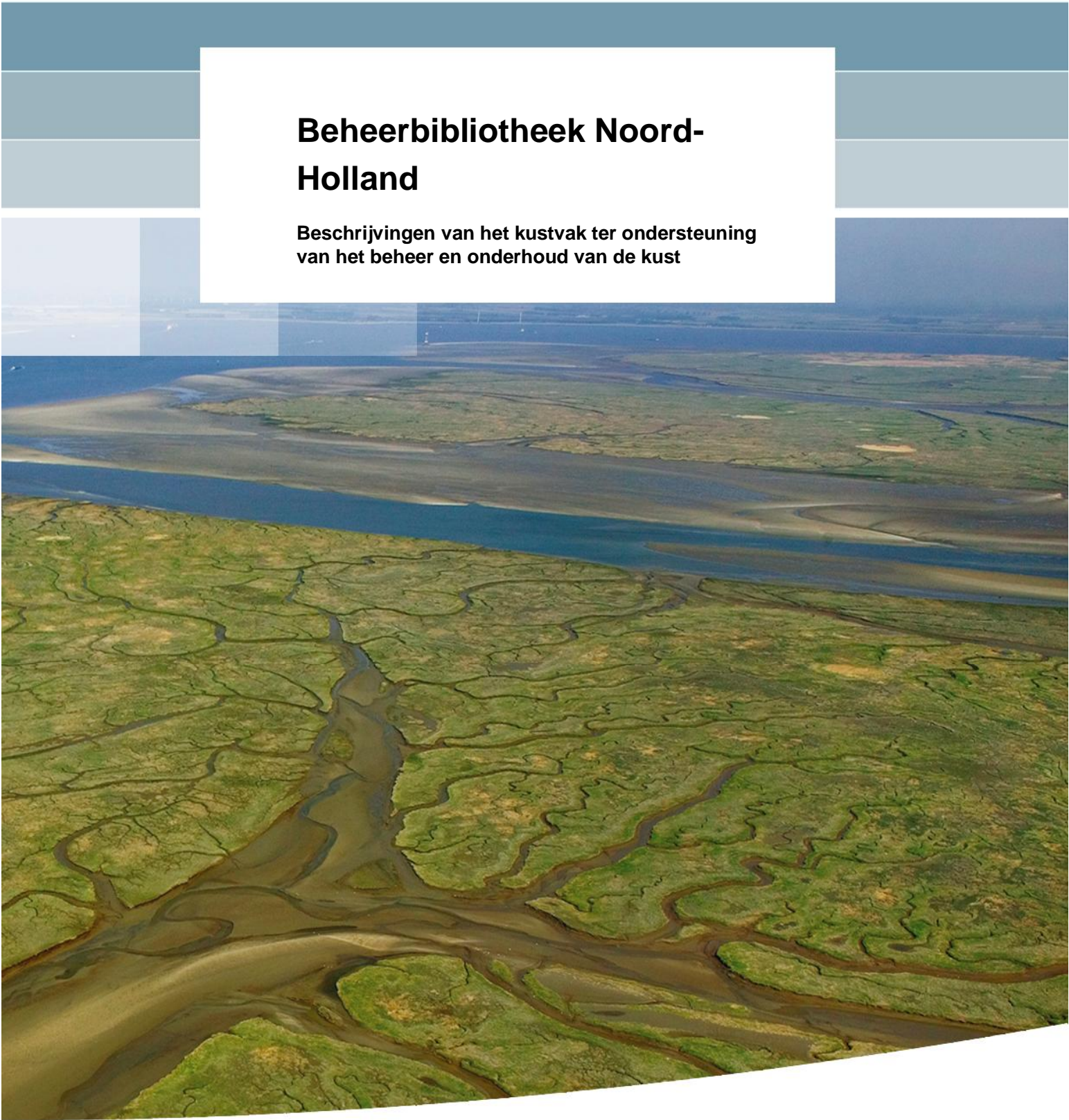


## **Beheerbibliotheek Noord- Holland**

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



## **Beheerbibliotheek Noord-Holland**

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

Dick Mastbergen  
Kees Nederhoff  
Bert van der Valk  
Maaïke Maarse

11202190-000

**Titel**  
 Beheerbibliotheek Noord-Holland



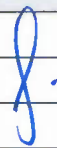

<b>Opdrachtgever</b> Rijkswaterstaat	<b>Project</b> 11202190-000	<b>Kenmerk</b> 11202190-000-ZKS-0008	<b>Pagina's</b> 195
---	--------------------------------	---	------------------------

**Trefwoorden**  
 Beheerbibliotheek, kustvak Noord-Holland, 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	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
2.0	aug 2018	Dick Mastbergen		Edwin Elias		Frank Hoozemans	
		Kees Nederhoff					
		Bert van der Valk					
		Maaïke Maarse					

**Status**  
 definitief

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
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
1.5	Kustlijnkaartenboek	2
1.6	Algemene informatie betreffende kustvak Noord-Holland	2
1.7	Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Noord-Holland	4
<b>2</b>	<b>Beleid: dynamische kustlijnhandhaving</b>	<b>5</b>
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 kustvak Noord-Holland	7
2.3	Herzieningen Basiskustlijn	8
2.3.1	Landelijke herzieningen	8
2.3.2	Regionale herzieningen voor kustvak Noord-Holland	8
<b>3</b>	<b>Beschrijving van het grootschalig morfologisch systeem</b>	<b>11</b>
3.1	Paleogeografische ontwikkeling	11
3.2	Algemene gebiedsbeschrijving	17
3.2.1	Inleiding	17
3.2.2	De Noord-Hollandse kust	17
3.2.3	De Kop van Noord-Holland en het Zeegat van Texel	19
3.2.4	Kennis van de processen	24
3.3	Grootschalige morfologie	27
3.3.1	Inleiding	27
3.3.2	Volume ontwikkeling ondiepe vooroever - JarKus zone (Pot, 2011)	28
3.3.3	Analyse van de diepe kustzone	30
3.3.4	Volumeveranderingen buitendelta Texel (Elias et al, 2017)	32
3.3.5	Verklaring opgetreden volumeveranderingen (Elias et al, 2017)	35
3.3.6	Conceptueel model aanpassing buitendelta (Elias et al, 2017)	36
3.3.7	Samenvatting van de morfologie	40
<b>4</b>	<b>Kustlijnhandhaving en ontwikkeling vooroever</b>	<b>44</b>
4.1	Inleiding	44
4.2	Suppletieoverzicht	44
4.2.1	Uitgevoerde suppleties	44
4.2.2	Evaluatie vooroeversuppleties	50
4.2.3	Vooroeversuppleties Egmond & Bergen	51
4.2.4	Evaluatie geulsuppletie Nieuwe Schulpengat (Elias et al. 2012)	53
4.2.5	Versterking van de Hondsbossche- en Pettemer Zeewering	59
4.3	Detailontwikkeling vooroever	60
4.3.1	Deelgebied 1; kust onder invloed Zeegat van Texel (km 0 – 8.1)	60
4.3.2	Deelgebied 2: Julianadorp – Zwanenwater (km 8.1 – 16.3)	64
4.3.3	Deelgebied 3: Hondsbossche en Pettemer Zeewering (km 16.3 – 28)	68
4.3.4	Deelgebied 4: Egmond en Bergen (km 28 – 39)	73



4.3.5	Deelgebied 5: Castricum (km 39-47)	83
4.3.6	Deelgebied 6 + 7: Wijk aan Zee tot IJmuiden (km 47 – 55)	86
4.4	Dynamiek van de zeereep	92
4.4.1	Inleiding	92
4.4.2	Algemene beschrijving situatie	92
<b>5</b>	<b>Kustverdediging en primaire waterkering</b>	<b>95</b>
5.1	Harde verdedigingswerken	95
5.1.1	Overzicht	95
5.1.2	Strandhoofden	95
5.1.3	Helderse Zeewering	96
5.1.4	Hondsbosche en Pettemer Zeewering	96
5.1.5	Havendammen bij IJmuiden	99
5.2	Beschrijving van de primaire waterkering Noord-Holland	101
5.3	Toetsing primaire waterkering	103
5.3.1	Eerste Toetsronde (1996 – 2001)	103
5.3.2	Tweede Toetsronde (2001 – 2006)	104
5.3.3	Derde Toetsronde (2006 – 2011)	104
5.4	Effect van suppleties op kustindicatoren en faalkansen	105
5.4.1	Kustlijnen	105
5.4.2	Ontwikkeling van de faalkansen	111
5.4.3	Invloed suppleties op de faalkansen	116
<b>6</b>	<b>Gebruiksfuncties</b>	<b>119</b>
6.1	Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)	119
6.1.1	Strandrecreatie Provincie Noord-Holland	119
6.2	Natuur Noord-Holland	125
6.2.1	Natuurwetgeving	125
6.2.2	Habitatkaracteristieken	126
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>130</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Achtergrondinformatie over het beleid van dynamische kustlijnhandhaving</b>	<b>A-1</b>
A.1	Definitie Momentane Kustlijn, Te Toetsen Kustlijn en Basiskustlijn	A-1
A.2	Landelijke vaststelling Basiskustlijn 1990	A-2
A.3	Landelijke herzieningen Basiskustlijn	A-4
A.3.1	Landelijke herziening van 2001	A-4
A.3.2	Landelijke herziening van 2012	A-5
<b>B</b>	<b>Begrippenlijst morfologie</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Effects op 20 years of nourishments: Quantitative description of the North Holland coast through a coastal indicator approach (Santinelli et. al, 2011)</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied</b>	<b>D-1</b>
D.1	RSP 0.20-1.10 (Huisduinen)	D-1
D.2	RSP 1.10 tot 2.89 (Grafelijkheidsduinen)	D-2
D.3	RSP 2.89 tot 6.89 (Noordduinen, Julianadorp)	D-3

D.4	RSP 6.89 tot 8.28 (Noordduinen, Julianadorp)	D-5
D.5	RSP 8.28 tot 10.47 (Groote Keeten, Botgat)	D-6
D.6	RSP 10.47 tot 15.44 (Callantsoog)	D-7
D.7	RSP 15.44 tot 18.96 (Zuidduinen, Zwanenwater – ECN)	D-9
D.8	RSP 18.96 tot 20.50 (ECN - Pettemerduinen)	D-11
D.9	RSP 20.50 tot 26.29 Hondsbossche en Pettemer zeewering.	D-12
D.10	RSP 26.29 tot 30.00 (Camperduin - Schoorl aan zee)	D-12
D.11	RSP 30.00 tot 32.00 (Kerf Schoorl)	D-14
D.12	RSP 32.00 tot 33.75 (Bergen aan zee)	D-15
D.13	RSP 33.75 tot 37.25 (Wimmenummerduinen)	D-16
D.14	RSP 37.25 tot 40.50 (Egmond aan zee)	D-17
D.15	RSP 40.50 tot 43.75 (Egmond aan zee - Castricum aan zee)	D-18
D.16	RSP 43.75 tot 50.00 (Castricum aan zee – Heemskerk)	D-19
D.17	RSP 50.00 tot 55.00 (Wijk aan zee)	D-21
<b>E</b>	<b>Recreatiegegevens per kustgemeente (Decisio, 2011)</b>	<b>E-1</b>
E.1	Gemeente Zandvoort	E-1
E.2	Gemeente Bloemendaal	E-2
E.3	Gemeente Velsen	E-2
E.4	Gemeente Beverwijk	E-3
E.5	Gemeente Heemskerk	E-4
E.6	Gemeente Castricum	E-4
E.7	Gemeente Bergen	E-5
E.8	Gemeente Zijpe	E-6
E.9	Gemeente Den Helder	E-7
<b>F</b>	<b>Overzicht locaties strandsuppleties</b>	<b>F-8</b>

# 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 waar nodig aangevuld door middel van zandsuppleties en daardoor 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 er aan bij dat acute veiligheidsproblemen langs de kust zoveel mogelijk 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 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.

## 1.3 Wat staat er in een beheerbibliotheek?

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. Tenslotte 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 is 1) een overzicht geven van de huidige kennis over het gebied en het delen van deze kennis, 2) op basis van deze huidige kennis mogelijk aanbevelingen geven met betrekking tot het kustonderhoud, en 3) aangeven tegen welke kennisleemten we nog aanlopen bij het opstellen van adviezen met betrekking tot 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 Noord-Holland betreft een update (v2.0) van de eerste versie, zie Eias en Bruens (2013). Belangrijke delen van de tekst zijn uit dit document overgenomen, daarnaast zijn 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 de volgende [URL](#).

#### 1.5 Kustlijnkaartenboek

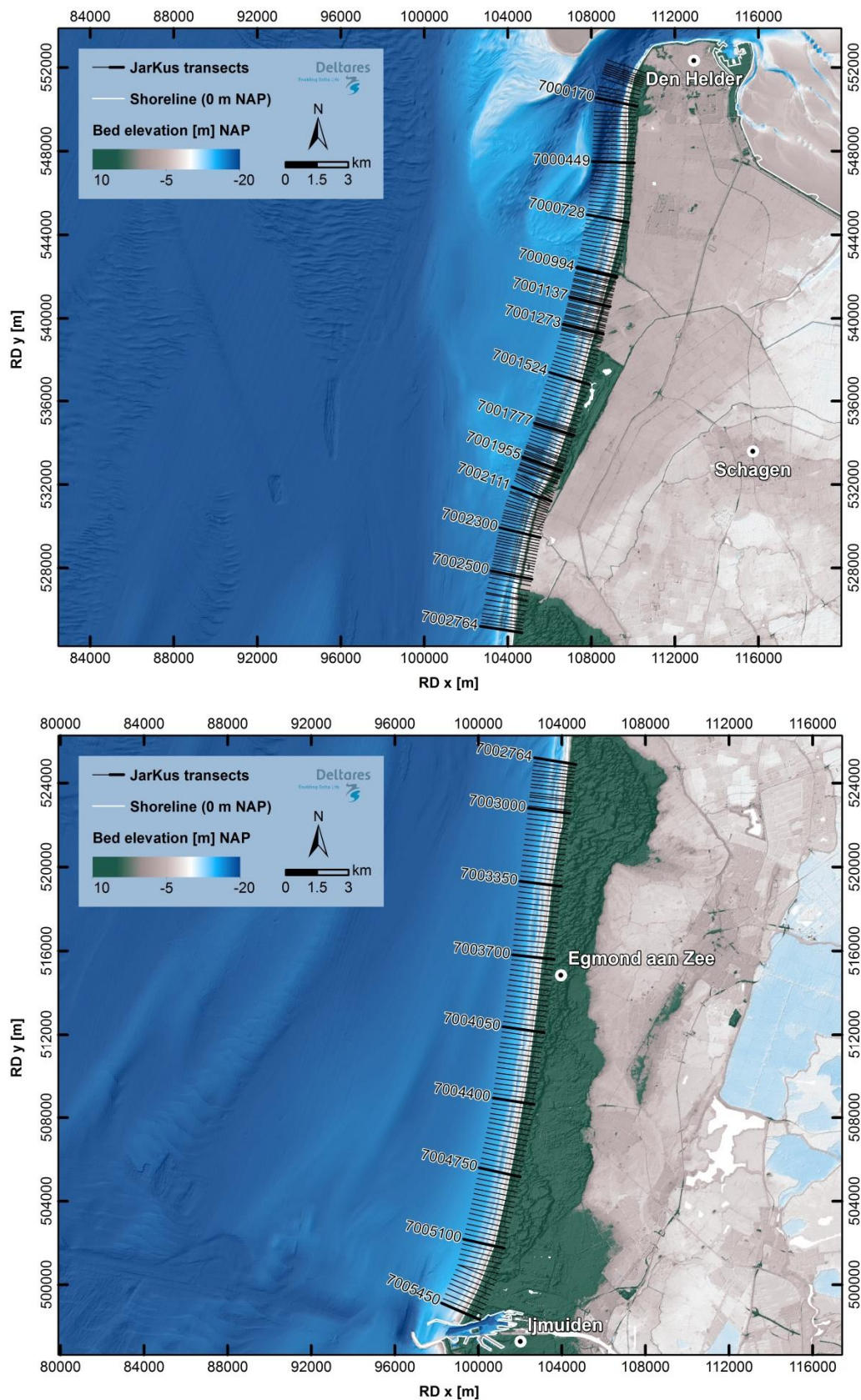
Rijkswaterstaat meet elk jaar waar de kustlijn op dat moment ligt. Aan de hand van de metingen van de laatste 10 jaar berekent Rijkswaterstaat de lineaire trend van de kustlijnligging. Op basis van die trend leidt Rijkswaterstaat af waar de kustlijn op 1 januari van het daaropvolgende jaar zal liggen. 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>.

#### 1.6 Algemene informatie betreffende kustvak Noord-Holland

De kustlijn van Noord-Holland strekt zich uit over een afstand van 55 km van de havendammen van IJmuiden in het zuiden tot de Helderse Zeewering in het noorden (zie Figuur 1.1, boven en onder). De Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZW), sinds de grote suppletie van 2014-2015 ook wel Hondsbossche Duinen genoemd, vormt een scheiding tussen de kust ten noorden en ten zuiden hiervan. Langs de gehele Noordzeekust vindt sedimenttransport in gemiddeld noordelijk richting. Ten noorden van de HPZW wordt het gedrag van de kust in toenemende mate bepaald door uitwisseling van sediment met het Zeegat van Texel met een netto sedimenttransport richting de Waddenzee. Mede daardoor vertoont de Noord-Hollandse kust een overwegend erosieve trend en zijn frequente suppleties van eigenlijk het gehele kustvak nodig om de kustlijn te handhaven.





Figuur 1.1 Ligging van de Jarkusraaien (of RSP km) voor kustvak 7 Noord-Holland (Boven: Noord, Onder: Zuid).

### **1.7 Leeswijzer voor de beheerbibliotheek Noord-Holland**

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 is gegeven in Hoofdstuk 5.

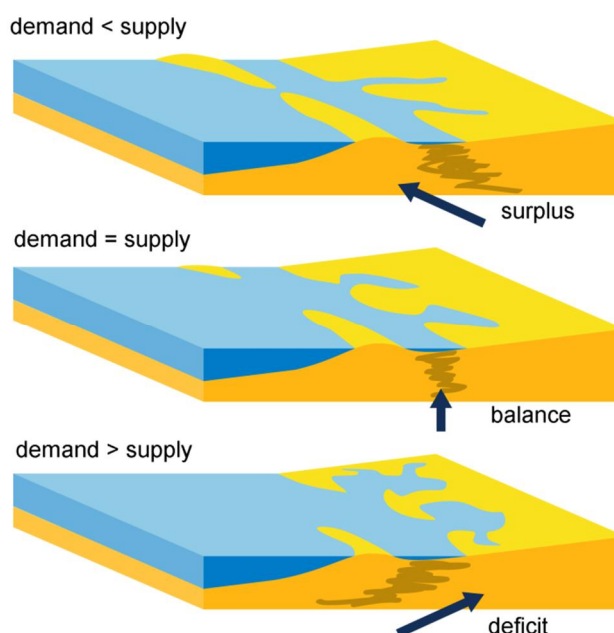
In Hoofdstuk 6 wordt een bescheiden start gemaakt met een overzicht van gebruiksfuncties van de kust. Vooral nog betreft dit een uitwerking van de strandrecreatie en een uitwerking van de natuur en bijbehorende wetgeving en natuurbeleving. In de toekomst zou dit verder kunnen worden uitgebreid, bijvoorbeeld met informatie over grondstoffenwinning (drinkwater).

## 2 Beleid: dynamische kustlijnhandhaving

Sinds 1990 is er sprake van het *dynamisch handhaven van de Nederlandse kust* 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 de volgende sub-paragrafen wordt een toelichting gegeven over de achtergrond van dit kustbeleid (paragraaf 2.1 en 2.2) en welke keuzes gemaakt zijn bij het vaststellen van de Basiskustlijn in kustvak 7, Noord-Holland (paragraaf 2.2.2). Informatie over de herziening van de kustlijn in 2001 en 2012 is te vinden in paragraaf 2.3. Meer informatie over de achtergronden is te vinden 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. (Naar: 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 kuststelsel verspreid.

*Basiskustlijn* - Om te bepalen waar het zand gesuppleerd moet worden, is in 1990 de 'Basiskustlijn' (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. Het handhaven van de Basiskustlijn staat nog steeds voorop bij de verdeling van het suppletiezand.

*Herziening Basiskustlijn* - Om ervoor te zorgen dat de Basiskustlijn overeen blijft komen met de gewenste kustlijn, is de Basiskustlijn sinds 1990 herzien in 2001 en 2012 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003, 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 Basiskustlijn 1990 beschreven. Eerst wordt de (landelijke) hoofdlijn met betrekking tot het vaststellen van de Basiskustlijn en lokale afspraken toegelicht. Vervolgens worden de herzieningen in de Basiskustlijn toegelicht.

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 (2003),
- 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 KUSTmeting). 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 kustvak Noord-Holland

Bij het vaststellen van de BKL in 1990 (Hillen et al; 1991) zijn regionale afspraken gemaakt over het kustvak Noord-Holland. Voor Noord-Holland werd voor een aantal raaien overwogen de Basiskustlijn te verleggen, zie Tabel 2.1 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993):

Tabel 2.1 Regionale voorstellen verlegging Basiskustlijn (kustvak Noord-Holland)

Regio	Beginraai	Eindraai	BKL
Noord-Holland	5650	5825	Landwaarts
Noord-Holland	5425	5500	Landwaarts
Noord-Holland	689	5400	Landwaarts
Noord-Holland	269	328	Landwaarts

Voor de ligging van de raaien zie Figuur 1.1. Het advies van het POK en de reactie van Rijkswaterstaat luidde (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993):

#### 1 Veiligheid:

Tussen Den Helder en IJmuiden wordt ingestemd met het voorstel om de Basiskustlijn landwaarts te verplaatsen (motivatie I, zandbanken). Hierbij wordt wel de afspraak gemaakt dat op locaties waar a.g.v. van een terugschrijding het veiligheidsniveau niet bereikt wordt er beraad tussen de partijen zal plaats vinden. Uitzondering op het instemmen met de landwaartse verplaatsing vormen Bergen, Egmond en Callantssoog. In verband met veiligheid wordt hier voorgesteld de voorgestelde landwaartse verplaatsing niet uit te voeren (met andere woorden de voorlopige landwaartse verplaatsing voor de jaren 1992 / 1993 / 1994 te 'herstellen'). Voor Callantssoog wordt de Basiskustlijn zelfs zeewaarts gelegd ten opzichte van de oorspronkelijke trendbepaling. Rijkswaterstaat stemt hiermee in.

#### 2 Natuur en Natuurlijke dynamiek:

Voor het Zuidelijke havenhoofd van IJmuiden wordt niet ingestemd met het voorstel van Rijkswaterstaat om de Basiskustlijn landwaarts te verplaatsen (in het kader van plan Kennemerstrand). Rijkswaterstaat neemt dit advies over. Ook voor het Noordelijke havenhoofd adviseert het POK om de Basiskustlijn niet landwaarts te verleggen (motivatie: verwachting dat het strand toch zal blijven groeien), Rijkswaterstaat neemt dit advies niet over met het oog op toestaan natuurlijke dynamiek.

#### 3 Aaneengesloten bebouwing:

Voor Bergen aan Zee en Egmond aan Zee adviseert het POK om het criterium voor bebouwing van 1/500 (per jaar) te hanteren. Als dit criterium overschreden wordt zou gesuppleerd moeten worden door het rijk. De voorgestelde Basiskustlijn voldoet niet aan dit criterium. Rijkswaterstaat stemt niet in met een dergelijk criterium (een afslagcriterium komt het onderscheid tussen het Rijk en waterkeringsbeheerder niet ten goede). Voorgesteld wordt om de Basiskustlijn 10 meter zeewaarts te verplaatsen. In dat geval wordt de situatie bereikt dat wel aan het criterium van het POK wordt voldaan.

Daarnaast, bij het opstellen van het suppletieschema en/of het uitvoeren van de suppleties, houdt Rijkswaterstaat voor specifieke gebieden rekening met gemaakte afspraken

(persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving en Rijkswaterstaat Zee en Delta, 2012). Voor Noord-Holland<sup>1</sup> zijn er alleen voor het gebied rondom de Kerf afspraken gemaakt over het handhaven van de Basiskustlijn:

- *De Kerf is aangelegd in 1997 als een pilot voor een aantal jaren, welke in 2003 is geëvalueerd. Voor de natuur wordt het van belang geacht dat De Kerf open blijft. De ingang tot de Kerf verzandt van nature. Een suppletie zal dit proces waarschijnlijk versnellen en dit is niet gewenst. Voor de mond van de Kerf is daarom afgesproken om géén strandsuppletie 100 meter ten noorden of zuiden daarvan te plaatsen. Over vooroeversuppleties zijn geen afspraken gemaakt, behalve dat ze op gepaste afstand moeten blijven. Staatsbosbeheer beheert het gebied. De bestuurlijke afspraak geldt sinds de pilotperiode, in principe blijft de afspraak in stand ondanks afronding pilot totdat Staatsbosbeheer aangeeft dat het niet meer nodig is.*

## 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 kustvak Noord-Holland

#### 2.3.2.1 Inleiding

- Voor Noord-Holland is bekeken of de BKL bij De Kerf, Bergen, Egmond, en Katwijk (Figuur 1.1) herzien moest worden vanwege een te ver zeewaarts vastgestelde BKL. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft besloten om de BKL in Noord-Holland enkel bij De Kerf aan te passen. Benodigde aanpassing vanwege de versterking van de kust in Noord-Holland komt pas in een latere tranche van aanpassing van de Basiskustlijn ter sprake omdat de versterkingen pas recent uitgevoerd zijn of nog uitgevoerd moeten worden. In Figuur 2.2 staat de ligging van de BKL voor die locaties in Noord-Holland waar de meest relevante aanpassingen aan de Basiskustlijn hebben plaatsgevonden in 2012.

#### 2.3.2.2 De Kerf

In enkele raaien rond de Kerf (bij Schoorl, Figuur 2.2C) is de BKL regelmatig overschreden. Om te voorkomen dat extra verzanding plaatsvindt in de Kerf en om de gewenste dynamiek een kans te geven wordt op deze plek echter niet gesuppleerd. Door de BKL terug te leggen naar een positie die de functies beter vertegenwoordigt, krijgt de BKL een sterkere signaalfunctie voor structurele erosie dan voorheen het geval is. Gezien de breedte van het duingebied, het huidige onderhoudsregime en de geringe voorgestelde teruglegging van de BKL zal het effect op de veiligheid nihil zijn. Het effect op het onderhoud zal ook nihil zijn, aangezien in de huidige situatie (BKL ligging 2001) evenmin ingegrepen wordt bij overschrijding. De teruglegging is gebaseerd op de

<sup>1</sup> Voor Texel zijn er ook afspraken gemaakt, daarvoor wordt verwezen naar de beheerbibliotheek Texel.

meest landwaartse ligging van de kustlijn vanaf 1970 tot heden. Alleen bij de raaien direct rond de Kerf wordt de BKL gemiddeld twaalf meter teruggelegd (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Nieuwe BKL per raai bij De Kerf in meters (negatief = landwaarts). Eenheid is meters+RSP.

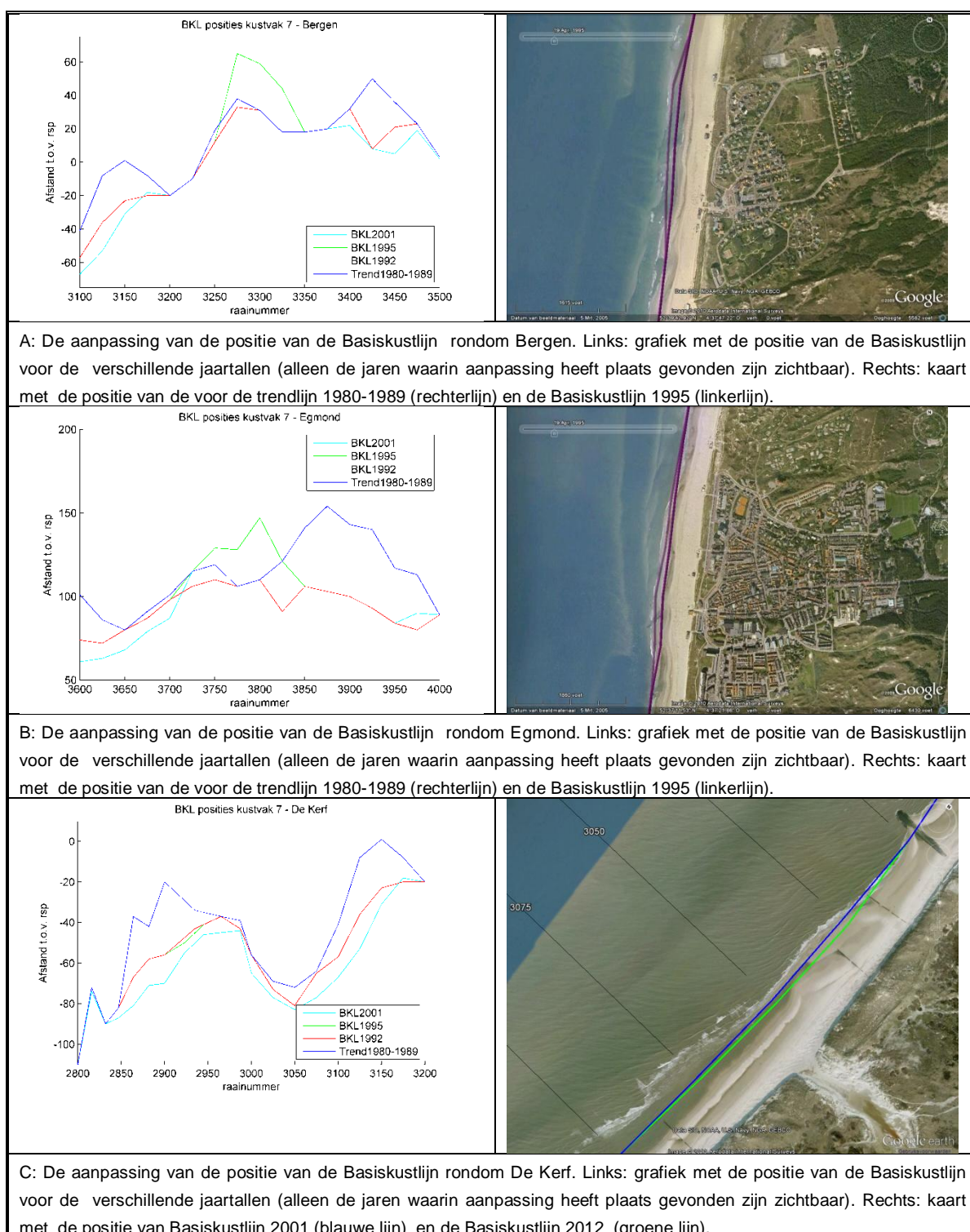
Km raai	BKL 2001	BKL 2012	BKL verschuiving
30.00	-65	-65	0
30.25	-77	-95	-18
30.50	-83	-95	-12
30.75	-77	-85	-8
31.00	-67	-67	0

### 2.3.2.3 Bergen

Beschouwd over de periode vanaf 1846 heeft Bergen te maken met grootschalige structurele erosie. De kust heeft hier een andere oriëntatie dan de kust meer zuidelijk bij Egmond (Figuur 2.2A en B). De structurele terugtrekking wordt veroorzaakt door gradiënten in het langtransport. De Basiskustlijn steekt voor Bergen uit ten opzichte van de omringende kust en bevindt zich zeewaarts van de historische kustlijnpositie. Mede hierdoor is een hoge frequentie van suppleties nodig om de Basiskustlijn te handhaven. Een morfologisch 'evenwicht', waarbij minder suppleties nodig zijn treedt pas op na een vergaande terugtrekking. Een dergelijke landwaartse verplaatsing van de BKL kan het overstromingsrisico voor de buitendijkse bebouwing ongunstig beïnvloeden. Hiervoor wordt verwezen naar de uitgevoerde studies in het kader van het project '13 kustplaatsen' (Boers, 2010). Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft besloten om de Basiskustlijn niet aan te passen, omdat het handhaven van de huidige Basiskustlijn nodig is voor het behoud van de afslagkansen van de buitendijkse bebouwing en de veiligheid van het achterland.

### 2.3.2.4 Egmond

Beschouwd over de periode 1846 tot heden en in vergelijking met het meer noordelijk gelegen Bergen heeft Egmond te maken met geen tot beperkte structurele erosie. De historische kustlijnpositie vinden zich landwaarts van de BKL. Hierdoor is een hoge frequentie van suppleties nodig om de Basiskustlijn te handhaven. Een morfologisch 'evenwicht', waarbij minder suppleties nodig zijn lijkt haalbaar indien de Basiskustlijn minimaal 40 m landwaarts verplaatst wordt. Door een verplaatsing van deze omvang vormt de Basiskustlijn niet langer een uitstulping. Een dergelijke verplaatsing kan het overstromingsrisico voor de buitendijkse bebouwing ongunstig beïnvloeden. Hiervoor wordt verwezen naar de uitgevoerde studies in het kader van het project '13 kustplaatsen'. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft besloten om de Basiskustlijn niet aan te passen, omdat het handhaven van de huidige Basiskustlijn nodig is voor het behoud van de afslagkansen van de buitendijkse bebouwing en de veiligheid van het achterland.



Figuur 2.2 Aanpassing van de Basiskustlijn 1990 voor die locaties in Noord-Holland waar de meest relevante aanpassing heeft plaatsgevonden. A Bergen, B Egmond en C De Kerf. Voor overige locaties kan de ligging en aanpassing van de Basiskustlijn bekeken worden via:

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

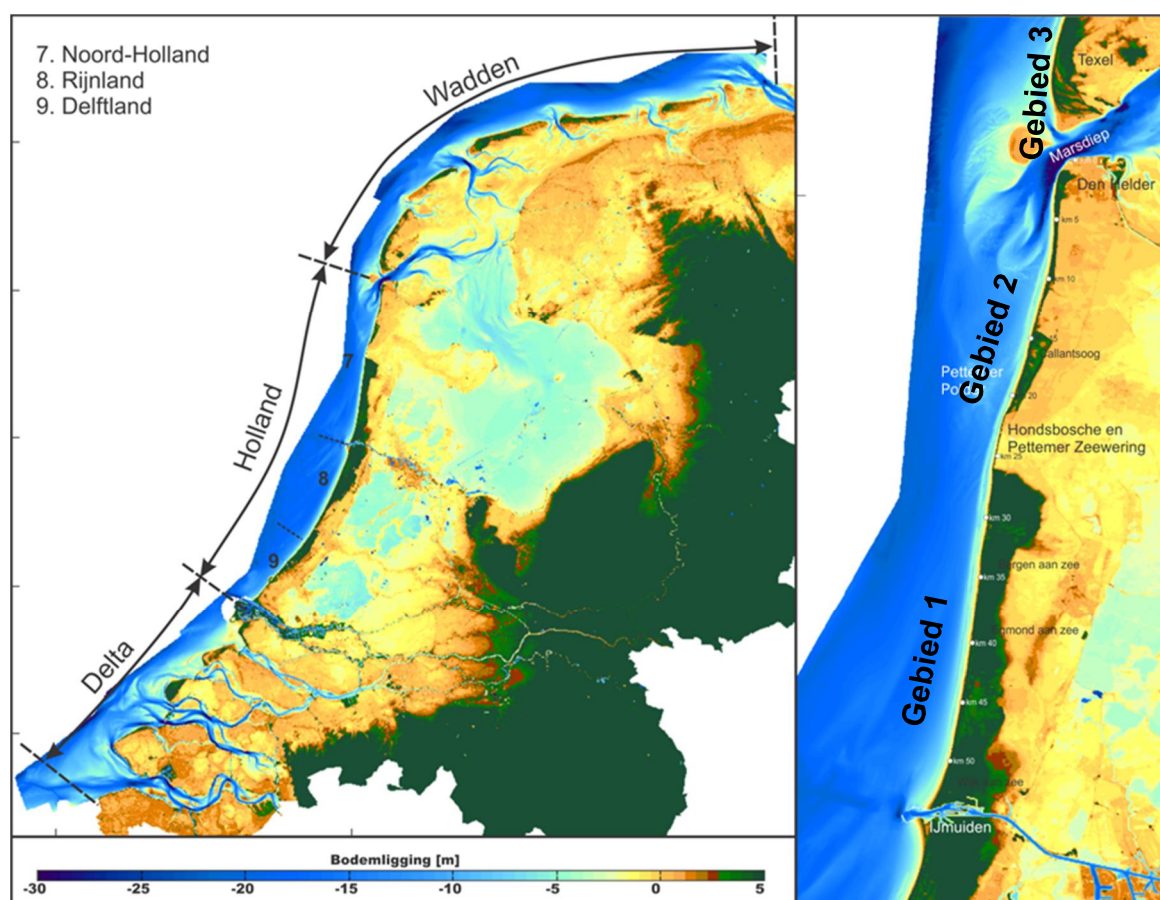


### 3 Beschrijving van het grootschalig morfologisch systeem

Dit hoofdstuk bevat als eerste een beknopte beschrijving van de paleogeografische ontwikkeling van de kop van Noord-Holland, noodzakelijk om de (sub-)recente kustontwikkeling beter te kunnen begrijpen. Daarvoor wordt naar een wat groter gebied gekeken dat ook het Marsdiep en het eiland Texel omvat en wordt er ook een paar duizend jaar terug gegaan in de tijd. Het tweede deel van dit hoofdstuk geeft een uitgebreide beschrijving van de huidige kust van Noord-Holland, eveneens in een wat grotere setting. Daarnaast bevat het tweede deel van dit hoofdstuk een eveneens uitgebreide beschrijving van de in het gebied heersende mariene processen en de invloed daarvan op de ontwikkeling van de kustmorfologie van het gebied.

#### 3.1 Paleogeografische ontwikkeling

De paleogeografische ontwikkeling van het gebied waarin de Noord-Hollandse kust (kustvak 7) en het eiland Texel (kustvak 6) nu liggen (Figuur 3.1 links), kent een gevarieerd, maar toch nauw verbonden patroon. De drie gebieden die nu onderscheiden worden (Figuur 3.1 rechts), te weten 1) de rechte Noord-Hollandse kust van IJmuiden tot aan Bergen, 2) de kust van Bergen tot aan het Marsdiep en 3) het eiland Texel, konden eerder in de geologische geschiedenis veel beter onderscheiden worden dan nu.

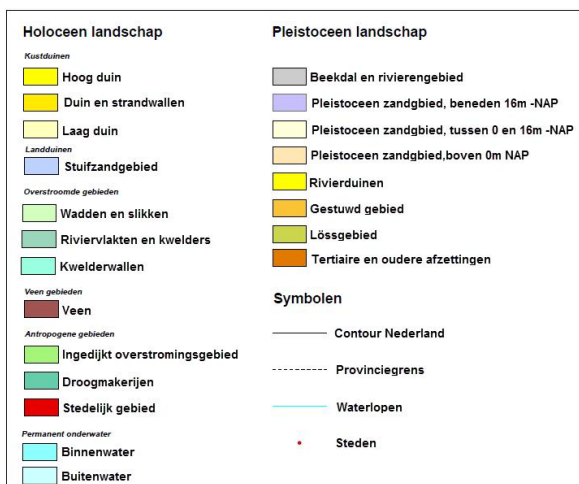
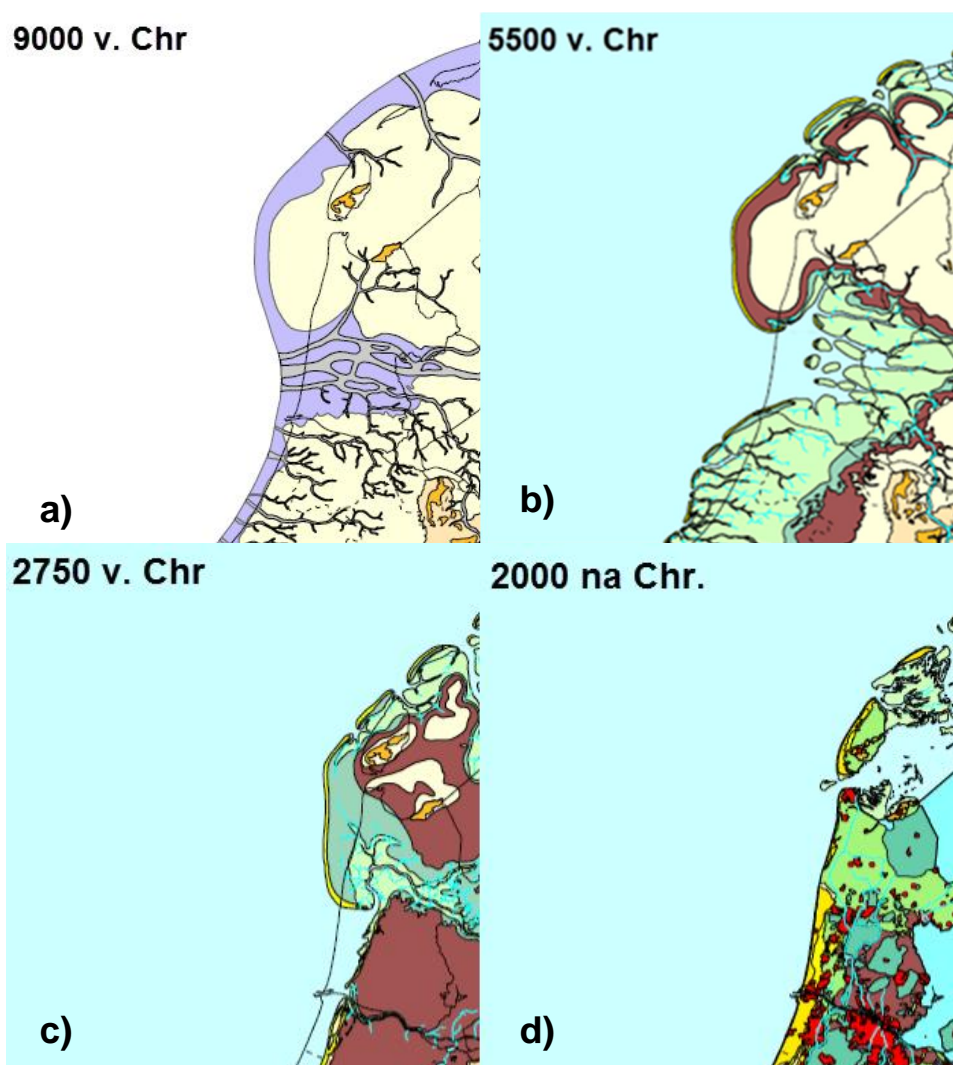


Figuur 3.1 Links: Nederlandse kust, regio's en kustvakken. Rechts: kustvak Noord-Holland met onderscheiden gebieden. Bodem gebaseerd op de 2012 Vaklodingen in combinatie met AHN1.

Toch is er sprake van een lange overerving van gebieds-specifieke kenmerken. Die kenmerken worden o.a. bepaald door (zie Figuur 3.2, de algemene ontwikkeling van Nederland gedurende het Holoceen, waarbij het land verdrinkt in stappen van ca. 4000 jaar):

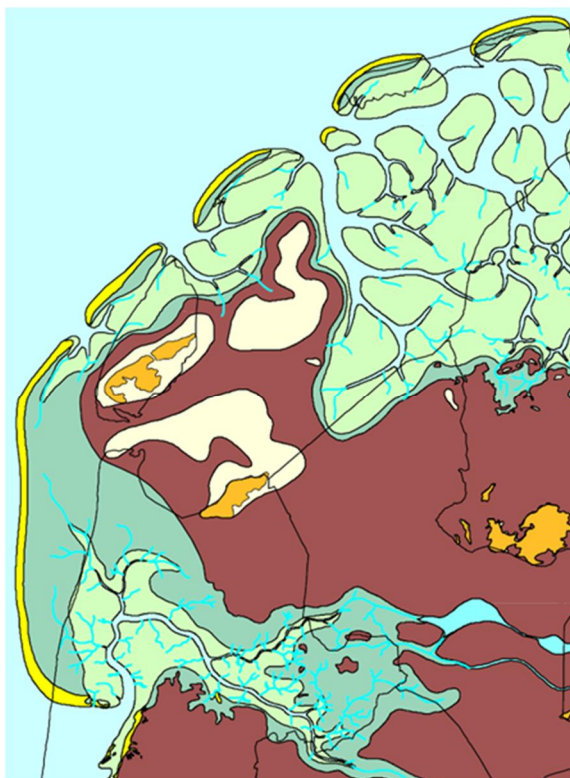
- de configuratie van het landoppervlak aan het einde van het Pleistoceen, ongeveer 11.000 jaar geleden (Figuur 3.2a);
- de voormalige getijdensystemen in het gebied zijn op verschillende tijdstippen en op verschillende manieren opgevuld: het relatief jonge Oer-IJ als tijdelijke Rijn-arm, het oude Zeegat van Bergen als groot estuarium, de kleinere 'overwash' type zeegaten in noordelijk Noord-Holland, vooral na de Romeinse tijd en de vorming van het Marsdiep vanaf de Middeleeuwen (Figuur 3.2b,c,d)
- de vorming van het veen achter de kust op plaatsen waar geen sediment terecht kwam gedurende het midden-Holoceen (Figuur 3.2c)
- en de acties van de mens, die door de tijd sterk toenamen in diversiteit, intensiteit, locatie, reikwijdte en schaal (Figuur 3.2d).

Opvallend is dat het Pleistocene oppervlak onder de noordelijke twee gebiedsdelen Bergen-Marsdiep en Texel hoog ligt, zelfs deels tot meer dan 10m + NAP (de Hooge Berg op Texel) en onder het zuidelijke deelgebied (IJmuiden-Bergen) zeer laag ligt. De verschillende ligging van het Pleistocene oppervlak heeft grote invloed gehad op de kustvorming en dus ook op de landschapsontwikkeling (Vos, 2015, hoofdstukken 3 en 5). Eveneens is de samenstelling van de Pleistocene ondergrond van enige invloed geweest op de kustvorming en dan vooral in het gebied ten noorden van Wieringen, waar erosie-resistente afzettingen hoger dan -20 tot -16 m NAP liggen. Verder naar het zuiden komen in de lager gelegen delen van de kusthelling ook erosiebestendige, vroeg-holocene kleilagen voor (bijvoorbeeld de vroeg-holocene Laag van Velsen en kleiafzettingen in het Zeegat van Bergen (Hijma, 2017).



Figuur 3.2 Paleogeografische kaarten van Nederland, een selectie (Vos en de Vries, 2013). Voor meer kaarten zie: <https://archeologieinnederland.nl/bronnen-en-kaarten/paleogeografische-kaarten>. Vanaf links boven met de klok mee: a, b, c, d.

In Figuur 3.3 is het westelijke Waddengebied in meer detail weergegeven. Rond 2750 v. Chr. bestaat nog een min of meer doorlopende strandwal vanaf Noordelijk Noord-Holland tot Texel en verder oostwaarts, in een boog westelijk van de huidige kustlijn. De fragmentatie van die strandwal en de verdrinking van het achterland gaat vanaf die periode door tot aan de 19<sup>e</sup> eeuw, wat tot groot verlies aan landoppervlak heeft geleid. Sindsdien is de situatie min of meer stabiel en werd veel land weer aangewonnen, mede door de toename van de know-how met betrekking tot landaanwinning en de grote technologische ontwikkeling over de eeuwen.



*Figuur 3.3 Paleogeografische kaart van de Hollandse kust en een deel van de Waddenkust, ca. 2750 v. Chr. Het grote getijdensysteem aan de zuidkant van de kaart is het tegen die tijd al grotendeels opgevulde Zeegat van Bergen. De kustlijn ligt nog ver uit, in de tegenwoordige Noordzee. Het Marsdiep bestaat nog niet en het achterland van de Noord-Hollandse kust is bijna geheel bedekt met veengroei. Gebaseerd op Vos en de Vries, 2013. Voor de legenda zie Figuur 3.2.*

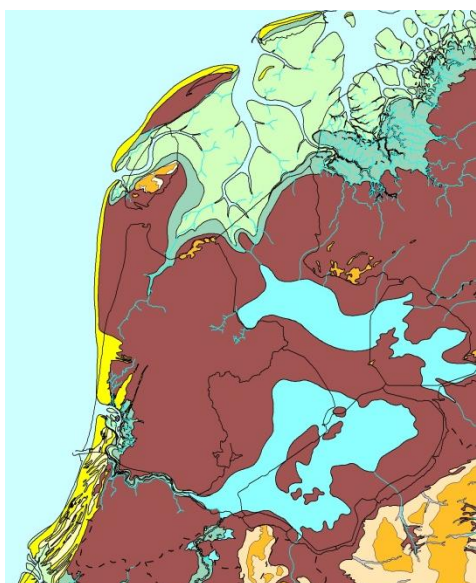
Achtereenvolgens worden de onderscheiden gebieden (Figuur 3.1 rechts) kort behandeld in de volgende twee paragrafen.

#### *Gebied 1: de Noord-Hollandse kust van IJmuiden tot aan Bergen*

De rechte kust tussen IJmuiden en Bergen is pas relatief korte tijd recht: sinds ongeveer 15 eeuwen. Daarvoor is de ontwikkeling van dit kustdeel lang gedomineerd geweest door een tweetal getijdenopeningen in de kust. De oudste en grootste van die twee was het Zeegat van Bergen (Figuur 3.3); het jongste was het Oer-IJ. Het Oer-IJ was de laatste vorm van een zeegat wat aan het eind van het Atlanticum, ongeveer 4400 v. Chr. geleden aanwezig was ter hoogte van de westelijke Haarlemmermeer (Zeegat van Hoofddorp). Via een tussenstadium (Zeegat van Haarlem) ontstond ca. 2850 v. Chr. het Oer-IJ (Van der Valk, 1996).



De ligging van het Zeegat van Bergen werd bepaald door de regionaal zeer lage ligging van het oppervlak van de pleistocene afzettingen: hier lag de diep ingesneden bedding van de westelijke voortzetting van de Overijsselse Vecht, onderlangs de zuidelijke rand van het stuwwallencomplex van Texel-Wieringen-Gaasterland. Deze topografische depressie heeft tijdens het Holoceen lang als een depocenter voor zand en klei gefungeerd. Het patroon van de strandwallen aan weerszijden van dit zeegat reflecteren duidelijk de ligging van dat zeegat en de veranderingen (progradatie van de kust) over de duizenden jaren dat dit zeegat functioneerde (Westerhoff et al., 1987; Vos, 2015). Tegen het begin van de Bronstijd, ca. 1800 v.Chr. raakte het bekken opgevuld en werd bewoning mogelijk.



*Figuur 3.4 Paleogeografische kaart van de Nederlandse kust en een deel van de Waddenkust, ca. 500 v. Chr. De kustlijn ligt alleen voor noordelijk Noord-Holland en Texel nog ver uit, in de tegenwoordige Noordzee. Het Marsdiep bestaat nog steeds niet en het achterland van de Noord-Hollandse kust is geheel bedekt met veengroei; het Almere neemt sterk in uitbreiding toe. Het zeegat van het Oer-IJ verbindt de Utrechtse Vecht met de Noord-Hollandse kust. Voor de legenda zie Figuur 3.2. Bron:*

<https://archeologieinnederland.nl/bronnen-en-kaarten/paleogeografische-kaarten>

Ondertussen was de verbinding tussen het hart van Holland met de zee gemigreerd tot de positie van het Oer-IJ tussen Uitgeest/Castricum en Limmen. Ondanks de afnemende functie van het zeegat bleef het nog tot ongeveer 100 AD een open verbinding met zee houden (Vos, 2015). De strandwallen bezuiden en benoorden het Oer-IJ bouwden uit. Ook het zeewaarts gelegen deel van de Zeegat van Bergen liepen vol met zand, deels afkomstig van de delta van de Oude Rijn ten noorden van Katwijk, die inmiddels in afbraak was en deels vanuit het noorden van het Noordelijk Noord-Hollands en Texels hoog (zie volgende paragraaf Gebied 2 en 3).

In de vroege middeleeuwen zal dit deel van de Nederlandse kust al een redelijk recht verloop hebben gehad (Vos, 2015). Verder rechtrokken trad op tijdens de periode van de vorming van de Jonge Duinen, waarvan wordt aangenomen dat die ongeveer 800 AD begon en op de meeste plaatsen ca. 1300 afliep. In de eeuwen daarna is nog regelmatig en voortdurende kusterosie opgetreden, waarvan de verwoesting van eerdere versies van het kustdorp Egmond misschien het meest tot de verbeelding spreken. Verder rechtrokken van de kust vond plaats tijdens het strikte en eenvormige beheer van de zeereep in de 19<sup>e</sup> en 20<sup>e</sup> eeuw. Nog tot 1990 moest een strook van gemiddeld 1 m kust per jaar als verloren worden afgeschreven.

*Gebieden 2 en 3: de kust van Bergen tot aan het Marsdiep en het eiland Texel*

Het gebied waar de kop van Noord-Holland en het eiland Texel nu liggen, is tijdens en na de laatste glaciële periode (het Weichselien) onderhevig geweest aan lokale sedimentatie van spoelzandwaaiers en dekzanden vanaf het in het Saalien door gletsjers opgestuwde hooggelegen gebied van wat nu Texel/Wieringen is (Kruiver, 2013).

De relatief hoge ligging van het Pleistocene oppervlak en de uitgestrektheid van die hooggelegen pleistocene afzettingen tot ver in de Noordzee, heeft lang betekend dat de effecten van de zeespiegelrijzing die zich gedurende het Holoceen voltrok, hier maar beperkt voelbaar waren. Er wordt aangenomen, dat het gebied tot enkele duizenden jaren geleden een aaneengesloten dynamische strandwal heeft gekend, die tientallen km zeewaarts van de huidige positie van de Noord-Hollandse kust en Texel lag. De erosieve werking van de relatief ondiepe stroming langs de oude kusten heeft veel materiaal kustlangs verplaatst naar het zuiden, het Zeegat van Bergen in en naar het oosten, waarna het door een voorganger van o.a. het Eierlandse Zeegat de Waddenzee in werd gevoerd. Hierbij schoof de kustlijn van de strandwal steeds verder naar het oosten op.

Als resultaat van duizenden jaren wegvoeren van zand zijn nu nog de Pettemer Polder en de Texelse Stenen op de vooroevers van Noord-Holland en van Texel aanwezig, die bestaan uit grove restzanden, met voor Texel glaciële zwerfstenen. Deze gebieden worden door de vissers gemeden, wegens gevaar voor verdrinking bij het vast komen te zitten met hun netten.

Het eiland Texel maakt deel uit van de reeks Waddeneilanden die de Waddenzee scheidt van de Noordzee. Texel bestaat eigenlijk uit twee delen: een deel "vasteland" vanwege de hoge ligging van de Pleistocene afzettingen en een deel Waddeneiland (Eierland) die pas kort geleden, in de 19<sup>e</sup> eeuw, door de mens met elkaar verbonden zijn. De centrale Waddenzee ontstond al vroeg in het Holoceen, als gevolg van het onder water lopen van het laaggelegen en glooiende Noord-Nederlandse (huidige) kustgebied. De Noordzee is altijd verbonden geweest met de Waddenzee door een aantal geulen. Het zijn vroeg-holocene geulen geweest die de Weichselien spoelzanden deels hebben opgeruimd. Van die geulen is een nu nog recente geul overgebleven ten noorden van Texel: het Eierlandse gat. Het Marsdiep, hoe belangrijk en diep dit zeegat nu is, is een jonge inbraakgeul die zich in eerste instantie in de vroege Middeleeuwen heeft gevormd, maar pas na 1200 tot grote ontwikkeling kwam door verbinding met het Vlie (Schoorl, 1999; Aten, 2007). De geulontwikkeling werd deels beïnvloed door pakketten pleistocene kleien in de ondergrond op dieptes van 10-16 m – NAP (Hijma, 2017).

Achter de strandwal begon in de tweede helft van het Holoceen zoetwater te stagneren, waardoor onder meer veenvorming wijd verbreid op ging treden (Figuur 3.3 en Figuur 3.4). De voortdurend stijgende zeespiegel, samen met het geleidelijk aan afnemen van de sedimentbron van de Texelse stenen, zorgde voor doorbraken van de strandwal vanaf de vroege Middeleeuwen. Deze zeegaten hadden een relatief kort leven en zijn beter te beschouwen als grote, maar tijdelijke 'overwash' geulen (de al lang verdwenen/opgevolde getijdengeulen van het Zijpergat en het Heersdiep). Door die geulen werd over het veen een enkele meters dik pakket zand afgezet wat naar het oosten toe steeds dunner en kleiiger werd. De kustvorm was die van eilanden, die "ogen" werden genoemd: min of meer ronde of ellipsvormige, zich landwaarts verplaatsende eilanden, die aan de zeezijde beschermd werden door een goed onderhouden duinenrij en aan de landzijde door een dijkje (de voorlopers van Petten, Callantsoog en Huisduinen). Deze "ogen" zijn pas in de 18<sup>e</sup> en 19<sup>e</sup>

eeuw permanent met elkaar verbonden, waarna de landwaarts gelegen kwelders en slikken konden worden ingepolderd (De Groot et al., 1994).

Verder opbreken van de kust ten zuiden van Texel vond plaats gedurende de periode 1000-1200 A.D. Vanaf 800 A.D. nam de invloed van het Marsdiep gestaag toe en ging het een steeds groter gebied in de westelijke Waddenzee innemen, waardoor de zeegaten Eierlandse gat en Zeegat van het Vlie in belangrijkheid afnamen. Dat veranderingsproces gaat nog steeds door, maar nu als morfologische aanpassing als gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee. De effecten van stormvloeden doen ten slotte het gehele veengebied van de Westelijke Wadden onder wadplaten verdwijnen (Schoorl, 1999). De complete verdrinking van het gebied tussen Wieringen en Medemblik heeft plaatsgevonden in de periode 1170 (Allerheiligenvloed) tot en met 1328 (St. Clemensvloed) (Leek, 2016).

Vanaf circa 1000 jaar na Chr. werden de eerste dijken gebouwd door de bewoners van Noordelijk Noord-Holland en van de eilanden. De eerste waterschappen verschenen in de 13<sup>e</sup> eeuw, omdat de noodzaak tot coördinatie van waterbeheer en kustverdediging steeds sterker werd gevoeld. De West-Friese omringdijk (1250) is een goed voorbeeld van een dergelijke gecoördineerde actie. De ontwikkeling van het Almere tot Zuiderzee (Figuur 3.2) is hier debet aan. In de laatste decennia zijn de dijken op diverse locaties langs het IJsselmeer versterkt of zijn plannen gemaakt om een versterking uit te voeren (van Reen, 2014).

Het noordelijk deel van de Noord-Hollandse kust vertoont zo een voortdurende achteruitgang van de kustlijn, die gepaard ging met doorbaken het achterland in, totdat de mens in staat was de kustlijn te sluiten (met de Hondsbossche Zeedijk als de eerste, medio 16<sup>e</sup> eeuw). Hierna konden de achterliggende intergetijdengebieden in de laatste twee eeuwen ingepolderd worden. Het Marsdiep is een geheel nieuw hoofdstuk in de kustontwikkeling gebleken. Hoewel reconstructie van de vermoedelijke debietontwikkeling het ontstaan van het Marsdiep niet verder terug brengt dan 1200 (Oost et al., 2012), kan desondanks vermoed worden dat er een oudere versie van het Marsdiep is geweest, namelijk van vóór de verbinding met wat nu de westelijke Waddenzee is. Het algemene rechte trekken van de Noord-Hollandse kust is ook een jong fenomeen: in de 19<sup>e</sup> eeuw werd hier nog volop aan gewerkt door waterschappen en Rijkswaterstaat.

## 3.2 Algemene gebiedsbeschrijving

### 3.2.1 Inleiding

Deze paragraaf beschrijft de algemene kenmerken van de kust van het vasteland van Noord-Holland, zie ook paragraaf 1.6. Paragraaf 3.2.2 geeft een overzicht van het totale gebied en de belangrijkste bevindingen uit eerdere studies. Paragraaf 3.2.3 beschrijft het Zeegat van Texel dat lokaal de ontwikkeling van de kop van Noord-Holland domineert. Paragraaf 3.2.4 geeft beknopt een overzicht van de maatgevende processen langs de kust gebaseerd op een literatuurstudie. De belangrijke morfologische begrippen worden uitgelegd in Appendix B.

### 3.2.2 De Noord-Hollandse kust

De Noord-Hollandse kust bestaat voor een groot gedeelte uit een relatief natuurlijk kustprofiel, zie Figuur 1.1 en Figuur 3.1. Echter aan de kop van Noord-Holland, in de buurt van Petten en bij IJmuiden zien we invloeden door de aanwezigheid van harde verdedigingswerken. Havens en havendammen (Hoek van Holland, Scheveningen en IJmuiden) onderbreken de natuurlijke kustlijn. Strekdammen zijn aangelegd tussen Hoek van Holland - Scheveningen en Petten - Den Helder. De lange havendammen bij Hoek van

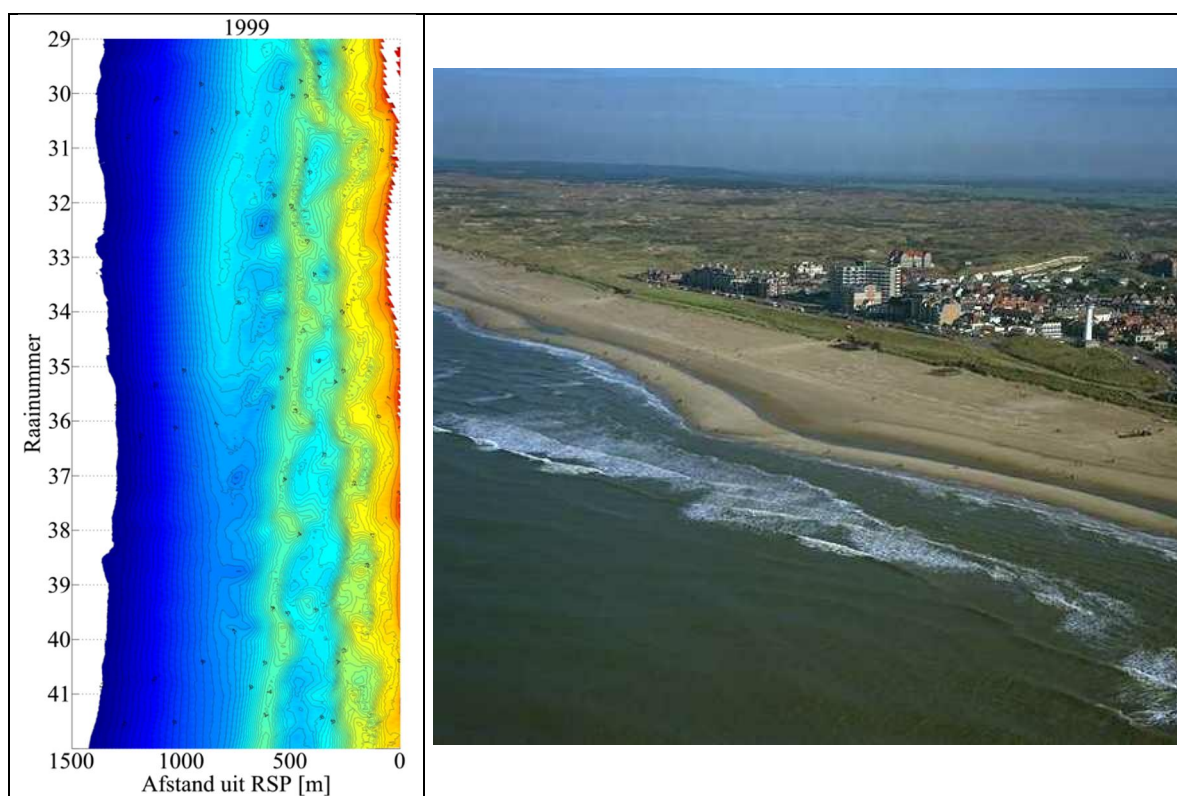
Holland vormen een scheiding tussen de estuaria van de Delta en de vrijwel aaneengesloten Hollandse kust. Grote zeeweringen beschermen de achterliggende kust bij Petten en de kop van Noord-Holland bij Den Helder. Deze ingrepen hebben het natuurlijke kustgedrag over de laatste eeuw significant beïnvloed.

Langs de gehele Hollandse kust wordt sinds 1990 intensief gesuppleerd om de kustlijn en het kustfundament op peil te houden (ook voor 1990 vonden er al suppleties plaats maar deze waren relatief beperkt). Dit vergt een significante inspanning, tot 2016 was er bijna 100 miljoen m<sup>3</sup> aan zand gesuppleerd, waarvan 35 miljoen m<sup>3</sup> in de Hondsbossche en Pettemer Zeewering in 2014-2015 (zie ook paragraaf 4.2.5 en 5.1.4).

Ten noorden van de HPZW wordt het gedrag van de kust in toenemende mate bepaald door uitwisseling van sediment met het Zeegat van Texel. Mede daardoor vertoont dit stuk kust een overwegend erosieve trend en zijn frequente suppleties van eigenlijk het gehele kustvak nodig om de kustlijn te handhaven. Door de afsluiting van de Zuiderzee en de vele strekdammen die al sinds 1838 zijn aangelegd, zijn het gedrag van de voorliggende buitendelta, de ondiepte Pettemer Polder en het kustgedrag hier verre van natuurlijk. Ten zuiden van de HPZW is de kustlijn relatief ongestoord; er zijn in ieder geval geen harde kustbeschermingsmaatregelen aanwezig.

Wijnberg (2002) concludeert dat verschillende gebieden binnen dit kustvak zich morfologisch anders gedragen. In het gebied tussen Den Helder en Julianadorp (km 3 – 8), zien we een trend van kustlijnterugtrekking en versteilen van het profiel. Tussen Julianadorp en de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (km 8 – 23) is er ook een trend van kustlijnterugtrekking, maar het profiel vertoont een trend van verflauwing. Meer recent lijkt de trend echter te verschuiven naar versteiling. Hier is een enkele, stabiele bank aanwezig. Tussen de Hondsbossche en Pettemer Zeewering en de havendammen van IJmuiden (km 23 – 55) wordt de kustlijntonwikkeling gedomineerd door langzame, in de tijd en ruimte coherente fluctuaties van kustlijnposities en -vorm. Een stukje kust net ten noorden van de havendammen van IJmuiden wordt duidelijk door deze dammen beïnvloed die immers het in noordelijk richting optredende netto zandtransport onderbreken.

Langs de ongestoorde Hollandse kust bevinden zich over het algemeen enkele lange, min of meer rechte en kust-parallele brekerbanken. Deze banken migreren langzaam zeewaarts om op een zekere afstand uit de kust uit te dempen (Wijnberg, 1995). Tijdens het uitdempen ontstaan bij de waterlijn nieuwe banken die de plaats van de vorige innemen, zodat het aantal banken in het profiel ongeveer constant blijft (2 tot 3). Het aantal banken en hun levensduur of cyclustijd is gebiedsafhankelijk, maar in het stuk tussen IJmuiden en de Hondsbossche en Pettemer zeewering is de typische tijdschaal van het bankgedrag ongeveer 15 jaar. Spanhoff et al. (2004) concluderen dat een opvallend kenmerk van het kustvak bij Petten en Egmond is, dat de banken de neiging hebben zich op te delen in segmenten met een lengte van ongeveer 2 km. Op de verbindingen van deze segmenten ligt de bank het dichtst bij de kust en het hoogst (t.o.v. NAP) terwijl de bank ertussen veel dieper ligt. De kustlangse patronen van het strand corresponderen vaak met de structuren in de buitenste bank (zie Figuur 3.5): het strand bouwt zeewaarts uit ter hoogte van de “bergtoppen of druppels” terwijl het ertussen terugschrijdt. De uitstulpingen op het strand (en bijv. het plaatselijke MKL-volume) volgen deze verplaatsingen. In ieder geval voor Egmond en Bergen (resp. km 38 en 33), lijken de kustlijnligging en het bankensysteem sterk gekoppeld. Dit is een belangrijke waarneming, omdat de grote vooroeversuppleties het bankensysteem sterk beïnvloeden en dus naar verwachting ook een duidelijk effect hebben op de kust.

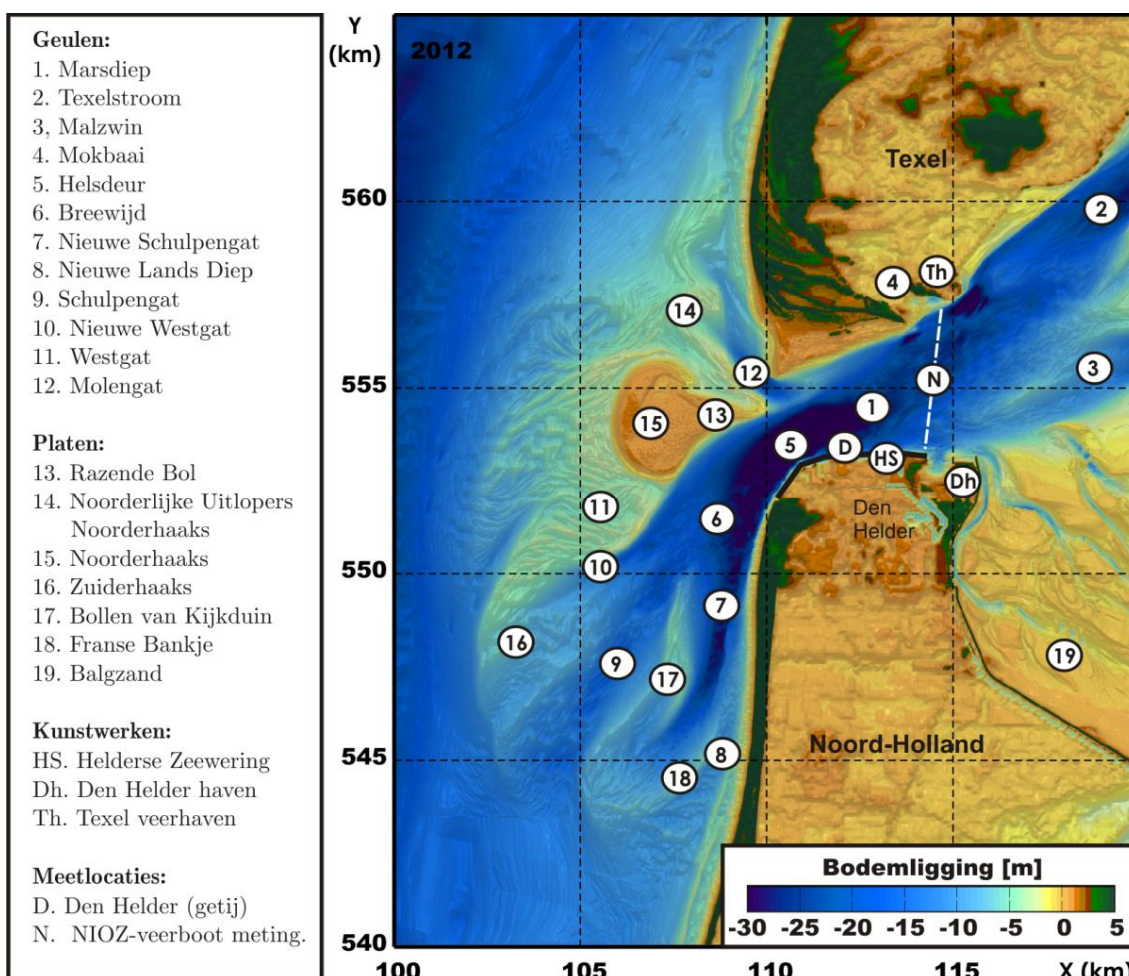


Figuur 3.5 Links: 'druppel' vormen in de buitenste bank corresponderen met de kustlangse patronen van het strand van de Noord-Hollandse kust (ter hoogte van Egmond en Bergen). Rechts: zichtbare kustlangse patronen van het strand bij Egmond km 38 (22 oktober 1999). Beide figuren uit Spanhoff et al (2004).

### 3.2.3 De Kop van Noord-Holland en het Zeegat van Texel

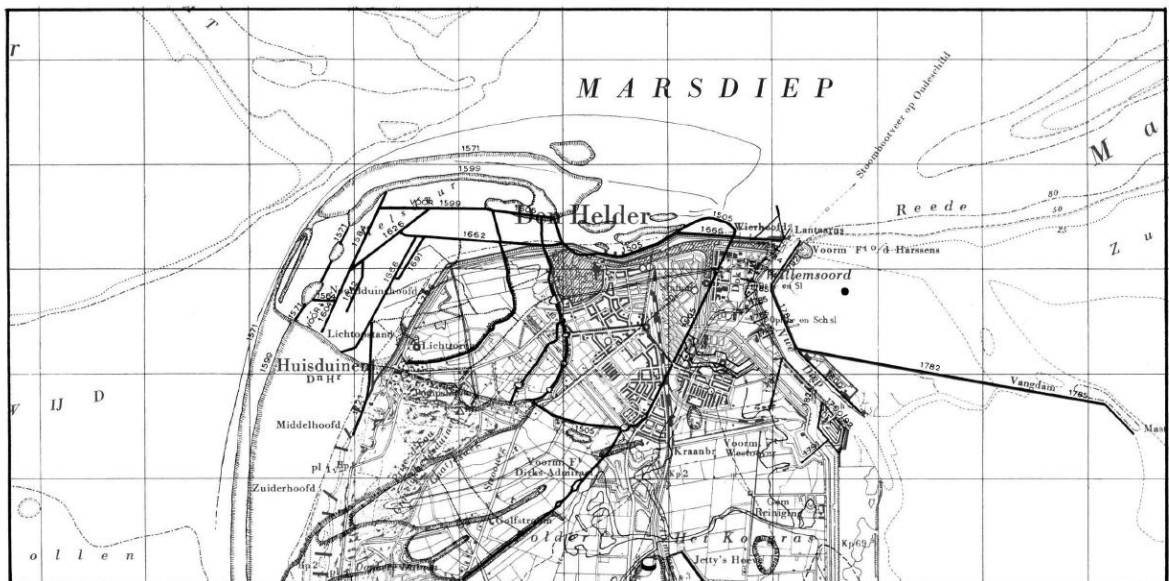
Gezien de grote invloed van het Zeegat van Texel (Figuur 3.6) op de aanliggende kust van Noord-Holland vormt een analyse van dit zeegat een belangrijk onderdeel van deze beheerbibliotheek. Stive en Eysink (1989) concludeerden al dat dit zeegat een cruciale link is in de zandhuishouding van de Hollandse kust. Het zeegat vormt de overgang van de ondoorbroken Hollandse kust naar de Waddenzee. De ontwikkelingen van de geulen en platen zijn mede bepalend voor het gedrag van de kustlijn daarachter. Deze waarneming geldt eigenlijk al sinds de vorming van de Waddenzee ruwweg 7000 jaar geleden en het ontstaan van het Zeegat van Texel rond de 12<sup>e</sup> eeuw B.C. (Schoorl, 1973; Hallewas, 1984, zie het overzicht in Oost et al., 2004, p. VII-6] en paragraaf 3.1. Voor het begrijpen van de huidige kustsysteem lijken vooral de aanleg van de Helderse Zeewering (vanaf 1750) en de afsluiting van de Zuiderzee van belang te zijn (Elias et al., 2012; Elias en van der Spek, 2006).





Figuur 3.6 : Overzicht van de belangrijkste platen en geulen in het Zeegat van Texel (bodem gebaseerd op de 2012 vaklodingen). De oorspronkelijke hoofdgeul Westgat is in deze figuur niet meer te onderscheiden, [11] geeft de oorspronkelijke locatie weer.

Figuur 3.6 geeft een beeld van de buitendelta en de keel van het Zeegat van Texel. De keel van het zeegat, ingesloten door het eiland Texel en de kop van Noord-Holland, heeft een minimale breedte van 2,5 km. In de keel ligt de geul Marsdiep (Figuur 3.6 [1]). Het gemiddelde getijprisma is circa  $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  met maximale eb- en vloednelheden tussen de 1 en 2 m/s (Ridderinkhof et al. 2002). Debietmetingen in het Zeegat van Texel geven aan dat er een zeewaarts gericht resulterend debiet optreedt (restdebiet). Dit wordt veroorzaakt door uitwisseling tussen het bekken van het Vlie en het bekken van het Marsdiep. De omvang van het restdebiet is ongeveer 10% van het getijprisma (Ridderinkhof et al., 2002). Een belangrijk element in de keel is de Helderse Zeewering [HS]. Deze zeewering stabiliseert de zuidelijke oever van het zeegat, de Kop van Noord-Holland. Tot de voltooiing van de Helderse Zeewering zoals deze nu nog bestaat, rond 1750, was hier sprake van een aanzienlijk landverlies door kusterosie en dijkvallen (Figuur 3.7). Versnelling van de stroming om de noordwestelijke punt van deze Zeewering heeft de geul lokaal uitgeschuurd tot dieptes van meer dan 50 m ter plaatse van de Helsdeur, Figuur 3.6 [5]. Het Marsdiep [1] verbindt de hoofdgeulen in het bekken (de Texelstroom [2] en het Malzwin [3]) via het Breewijd [6] met de hoofdgeulen op de buitendelta: Molengat [12], Schulpengat [9] en Nieuwe Schulpengat [7].



Figuur 3.7 Landverlies Kop van Noord-Holland vóór voltooiing Helderse Zeewering (Westenberg, 1961)

De buitendelta strekt zich ongeveer 10 km zeewaarts uit en 25 km kustlangs. De ongeveer 4 km<sup>2</sup> grote ondiepte Noorderhaaks, Figuur 3.6 [15], vormt het middelpunt van de buitendelta. De oostzijde van de Noorderhaaks bevindt zich tijdens normale omstandigheden boven water en wordt de Razende Bol [13] genoemd. Aan de noordkant bevindt zich een langgerekte spit: de Noorderlijke Uitlopers van de Noorderhaaks [14]. Door het landwaarts verplaatsen van deze spit (Figuur 3.6 en Figuur 3.8) is de geul het Molengat [12] na afsluiting van de Zuiderzee dieper geworden en ook richting de kust verplaatst. Het opdringen van het Molengat is een belangrijke reden waarom er grote zandverliezen in dit kustvak plaatsvinden (Cleveringa, 2001).

Op de zuidelijke helft van de buitendelta bevinden zich de twee grote geulen, Schulpengat [9] en Nieuwe Schulpengat [7], die worden gescheiden door de kleine, langgerekte ondiepte Bollen van Kijkduin [17]. Deze geulen strekken zich zuidwaarts uit bijna evenwijdig langs de Noord-Hollandse kust. Het Franse Bankje [18] vormt onderdeel van het eb-schild van het Nieuwe Schulpengat. Tussen het Franse bankje en de kust ligt de ondiepe geul Nieuwe Lands Diep [8]. De vorming en aanwezigheid van het Nieuwe Schulpengat dicht langs de kust, veroorzaakt lokaal veel zandverliezen in dit kustvak (Elias and Cleveringa, 2003). Het zeegat is niet alleen lokaal van belang voor de zandhuishouding, maar lijkt ook een grote invloed uit te oefenen op de grotere zandbalans van de Nederlandse Kust (Stive en Eysink, 1989, Elias et al., 2012).

De afsluiting van de Zuiderzee (1925 - 1932) is van grote invloed geweest op de ligging van geulen en platen op de buitendelta. Voor de afsluiting bestond het bekken uit de westelijke Waddenzee en de Zuiderzee. Het bekken had een totaal oppervlak van rond de 4000 km<sup>2</sup> en een lengte van 130 km. Na afsluiting reduceerde dit oppervlak tot ongeveer 712 km<sup>2</sup> en een lengte van slechts 30 km. Deze significante inkrimping in bekkenomvang had tot gevolg dat de getijkarakteristieken sterk veranderden. De getijgolf transformeerde van een lopende getijgolf naar een golf met een meer staand karakter. Door resonantie en reflectie tegen de Afsluitdijk nam de getijslag in Den Helder toe van 1,2 tot 1,4 m en de getijprisma's in het Marsdiep vergrootten met ongeveer 26% (Rietveld, 1962; Thijsse, 1972). De veranderde getijkarakteristieken en getijvoortplanting, de aangepaste bekkengeometrie en het afsluiten

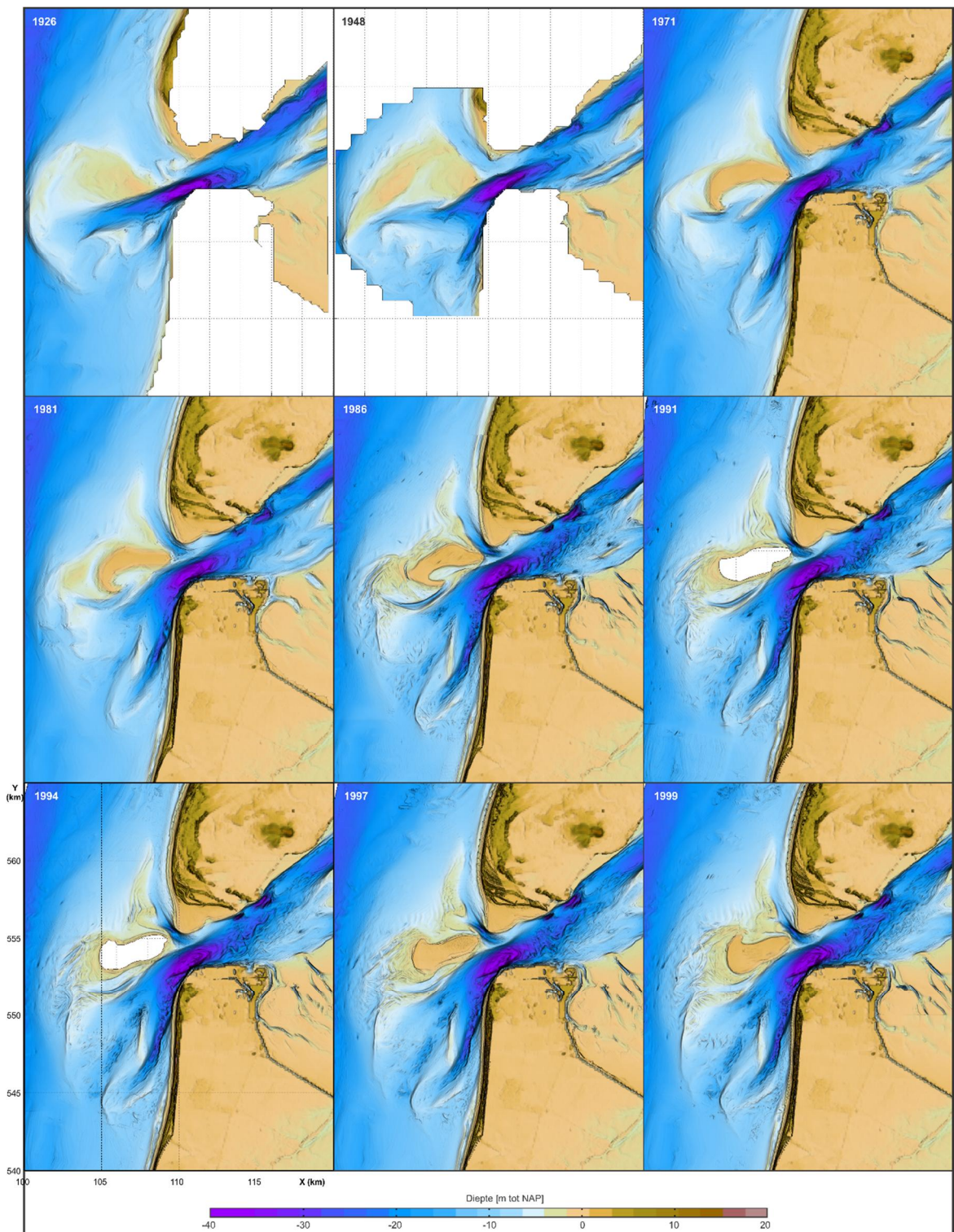


van de hoofdgeulen hadden grote sedimentatie in het bekken tot het gevolg (Elias et al., 2012).

De dominante veranderingen vonden plaats langs de Afsluitdijk, waar in de afgesloten geulen de stroomsnelheid tot bijna nul reduceerde en sterke aanzanding optrad (Berger et al., 1987). De positie van de Texelstroom (Figuur 3.6 [2]) bij Texel is relatief stabiel gebleven. Na afsluiting van de Zuiderzee bleef de noordoost-zuidwest oriëntatie van de geul behouden. De aanwezigheid van erosie-resistente lagen aan de Waddenkant en de kustverdediging aan de zuidoostzijde van Texel heeft de positie van de geul waarschijnlijk vastgelegd. Analyse van literatuur en boorkernen (Hijma, 2017) geeft aan dat de westelijke zijde van de Texelstroom geflankeerd wordt door een glaciële afzetting wat de stabiliteit en positie bepaalt. Daarnaast hebben ook de vele oeverbeschermingsconstructies langs de zuidoostkust van Texel aan de stabiliteit bijgedragen (Schoorl, 1973, Van Meurs et al, 2015).

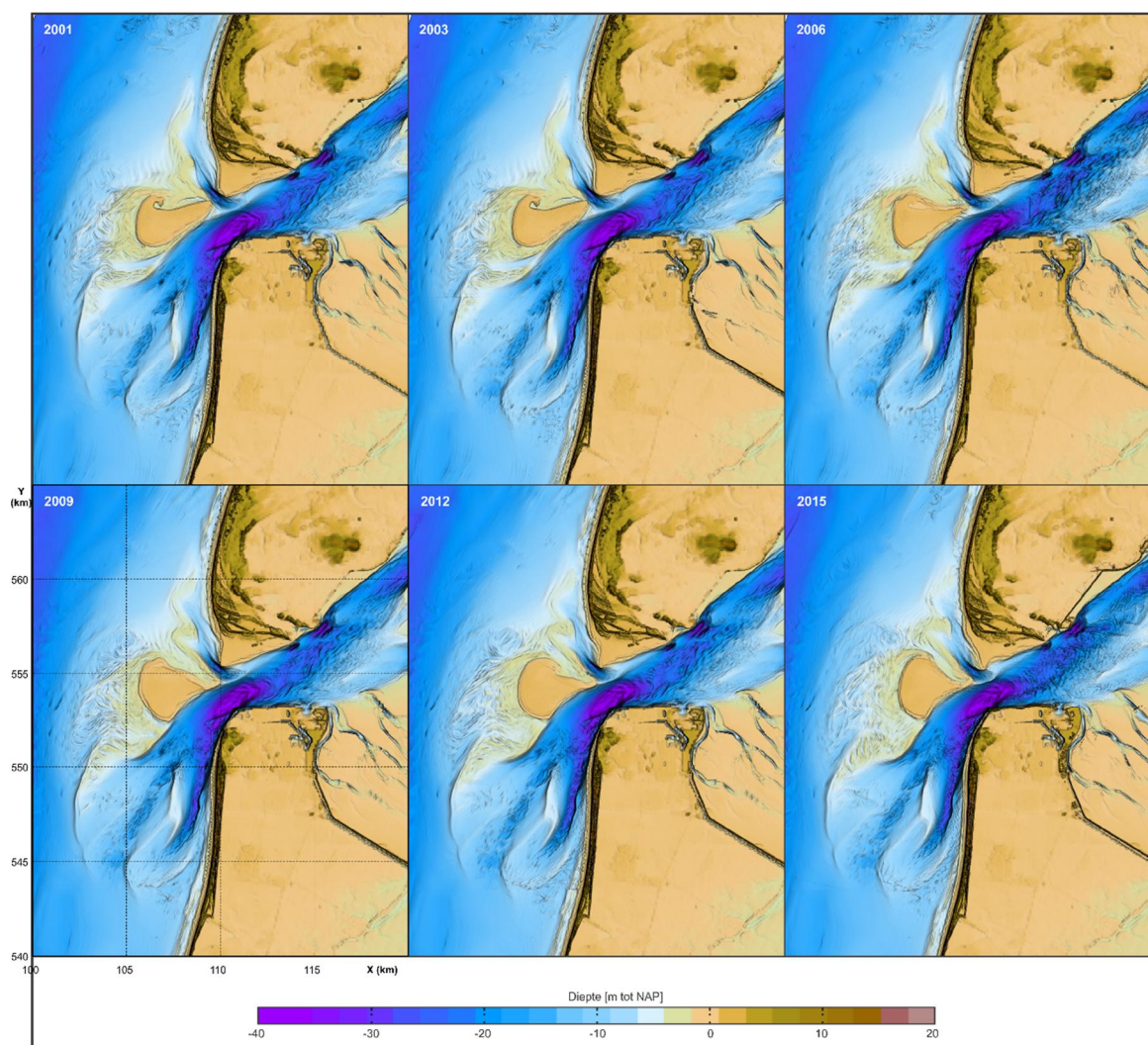
Na afsluiting van de Zuiderzee, tot ongeveer 1975, was de ontwikkeling van Nieuwe Schulpengat en Schulpengat langs de kust maatgevend voor de ontwikkeling van de buitendelta. De heroriëntatie van de geulen werd waarschijnlijk geïnitieerd door de grotere, meer zuidelijke uitstroom vanuit het bekken (Elias en van der Spek, 2006). Het Schulpengat ontwikkelde zich hierdoor als de hoofdgeul op de buitendelta (zie Figuur 3.8 en Figuur 3.9), terwijl de voormalige hoofdgeul Westgat (Figuur 3.6 [11]) verzandde.

Rond 1956 splitste het Schulpengat zich in het huidige twee-geulen systeem Schulpengat - Nieuwe Schulpengat. Sinds 1975 is deze configuratie vrijwel stabiel gebleven. De geulen, met name het Nieuwe Schulpengat, blijven zich wel verlengen in zuidelijke richting en het meest zuidelijke gedeelte roteert zeewaarts (Figuur 3.8). Dit geeft lokaal gebieden van (sterke) erosie en sedimentatie. Recente opnames (Figuur 3.9, 2009 en 2012, zie ook 3.3.4) geven aan dat de rotatie, de uitbochting van het Nieuwe Schulpengat ter plaatse van de Bollen van Kijkduin, een nog steeds doorgaand proces is. Gelijktijdig met het zuidwaarts ontwikkelen van de geulen, zien we dat het platengebied van de Noorderhaaks zich langzaam naar de kust toe beweegt en noordwaarts verlengt. Voor de afsluiting van de Zuiderzee was Noorderhaaks een gebied waarin de zeewaartse zandtoevoer door het Westgat in evenwicht was met het landwaarts sedimenttransport door golven. Met het verzanden van het Westgat reduceerde ook de zandtoevoer naar de Noorderhaaks. Het landwaarts transport (door golven) werd dominant en de ondiepte migreerde landwaarts en vervormde. Aan de noordzijde van de Noorderhaaks ontstond een spitvormige zandbank (de Noorderlijke Uitloper van de Noorderhaaks). De uitwisseling tussen deze spit en de geul het Molengat bepaalt in grote mate de ontwikkeling van de achterliggende kustlijn van Texel. Door landwaartse verplaatsing van de spit verkleint de geul, waardoor deze lokaal dieper wordt en gelijktijdig naar de kust verplaatst. Deze verdieping en verplaatsing is één van de belangrijkste oorzaken van de structurele erosie van de achterliggende kust (Cleveringa, 2001).



Figuur 3.8 Ontwikkeling van het zeegat van Texel over de periode 1926 – 1999





Figuur 3.9 Ontwikkeling van het zeegat van Texel over de periode 1997 – 2015

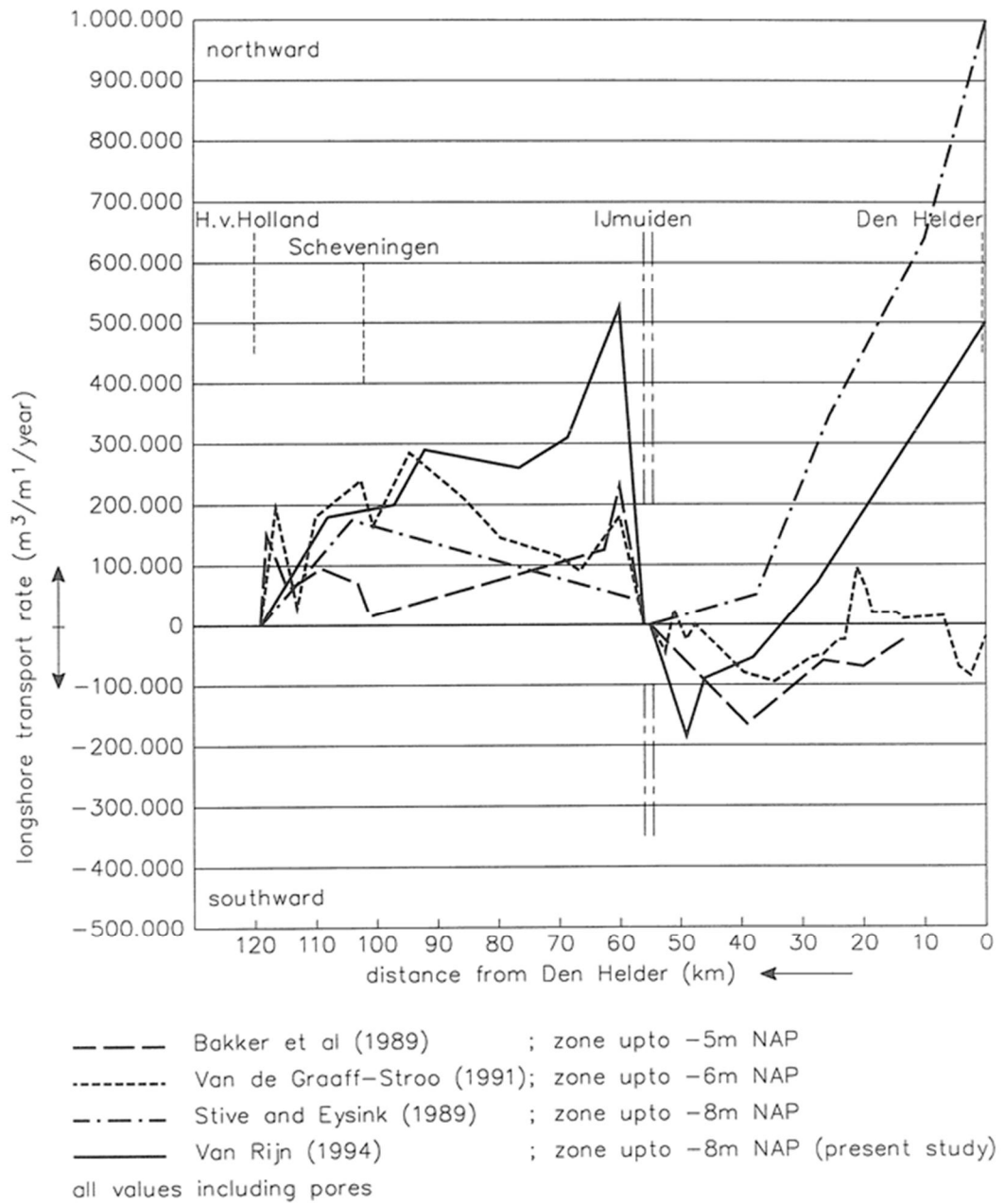
### 3.2.4 Kennis van de processen

Grootschalig onderzoek van de ontwikkelingen langs de Nederlandse kust en de onderliggende maatgevende processen vond vooral plaats tussen 1985 en 1990 in het project Kustgenese (zie o.a. Hoozemans en Van Vessem, 1990; Van Rijn, 1995, 1997; Wijnberg 1995). Deze studies waren mogelijk omdat al sinds 1850 de kust intensief bemeten wordt. Initieel bestonden deze metingen vooral uit de kustlijnen: gemiddeld laag water (GLW), gemiddeld hoogwater (GHW) en de duinvoet (DV). Sinds 1964 zijn de metingen geïntensiveerd met het jaarlijks opnemen van dwarsprofielen (Jaarlijkse kustmeting, JarKus). Deze JarKus database vormt de basis van vele studies (o.a. Wijnberg, 1995; Van Rijn, 1995). Analyse van de data laat zien dat een groot gedeelte van de kust (tussen Egmond en Scheveningen) een zeewaartse verplaatsing vertoont van 0,15 – 0,45 m/jaar (van Rijn, 1995). Ten noorden hiervan (Den Helder - Egmond) is er sprake van structurele kust achteruitgang in de orde van 1,5 m/jaar, ondanks de vele strekdammen die hier sinds 1840 de kust op zijn plaats proberen te houden.

In principe is de werking van het (ongestoorde, dus zonder suppleties) morfologische systeem relatief eenvoudig te beschrijven. Het 'actieve' kustprofiel wordt hierin gedefinieerd als de zone tussen de -20m waterdiepte (ondergrens van het kustfundament, [Mulder, 2000])

en de binnenduinrand. In dit profiel wordt onderscheid gemaakt in: de onderwateroever, het strand en de zeereep van de duinen. Het ondiepe gedeelte van de onderwateroever wordt gedomineerd door golfwerking. Hier bepalen zeewaarts bewegende zandbanken de dynamiek (Wijnberg, 2002). In het diepere gedeelte van de vooroever zijn er weinig veranderingen op korte tijdschalen, wel op lange termijn. Hoewel hierbij wel opgemerkt moet worden dat schattingen van sedimenttransport en morfologische verandering moeilijk zijn te maken. Hoger in het kustprofiel vinden we het strand dat bestaat uit een nat gedeelte tussen de gemiddeld laagwater- (GLW) en gemiddeld hoogwaterlijn (GHW), en het droge strand, tussen GHW en de duinvoet (DV). Het profiel varieert tussen de zomer en de winter. Tijdens stormen wordt het strand afgevlakt. Tijdens rustig weer worden strandbanken gevormd die landwaarts migreren en uiteindelijk verhelen met het droge strand. Vanaf het strand vindt er een windgedreven landwaarts transport plaats, dit zand wordt ingevangen door de zeereep of resulteert in de vorming van embryonale duintjes. De bepaling van de grootte (en richting) van deze transporten is moeilijk.

Figuur 3.10 vat de resultaten m.b.t. de grootte van het kustlangse zandtransport van de door Van Rijn (1995) genoemde studies samen. Deze laten een significante spreiding in resultaat zien. Van Rijn (1995) geeft aan dat de studies wel consensus vertonen in de benoeming van de maatgevende processen. In de zone van 8 tot 20 m waterdiepte worden de transporten gedomineerd door getij en door wind gedreven golven. In de ondiepe kustzone (tot 8 m waterdiepte) overheersen de golfgedreven transporten in zowel de langs- als dwarstransporten. Op diep water (-20m) wordt het netto landwaarts transport geschat op 5 - 10 m<sup>3</sup>/m per jaar (ofwel 3-4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar voor de gehele kust). Het windgedreven transport van zand naar de duinen wordt geschat op 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. De netto noordwaartse langstransporten worden geschat op 0,3 – 0,6 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. In Figuur 3.10 is het verlies van sediment naar de Waddenzee voorbij Den Helder niet af te lezen. Dit verlies wordt geschat op tussen de 3 en 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Het merendeel van dit sediment lijkt afkomstig te zijn van de voorliggende buitendelta van Texel (Elias et al., 2012).



Figuur 3.10 Overzicht van berekende langstransporten langs de Hollandse kust volgens verschillende auteurs ( Van Rijn, 1995).

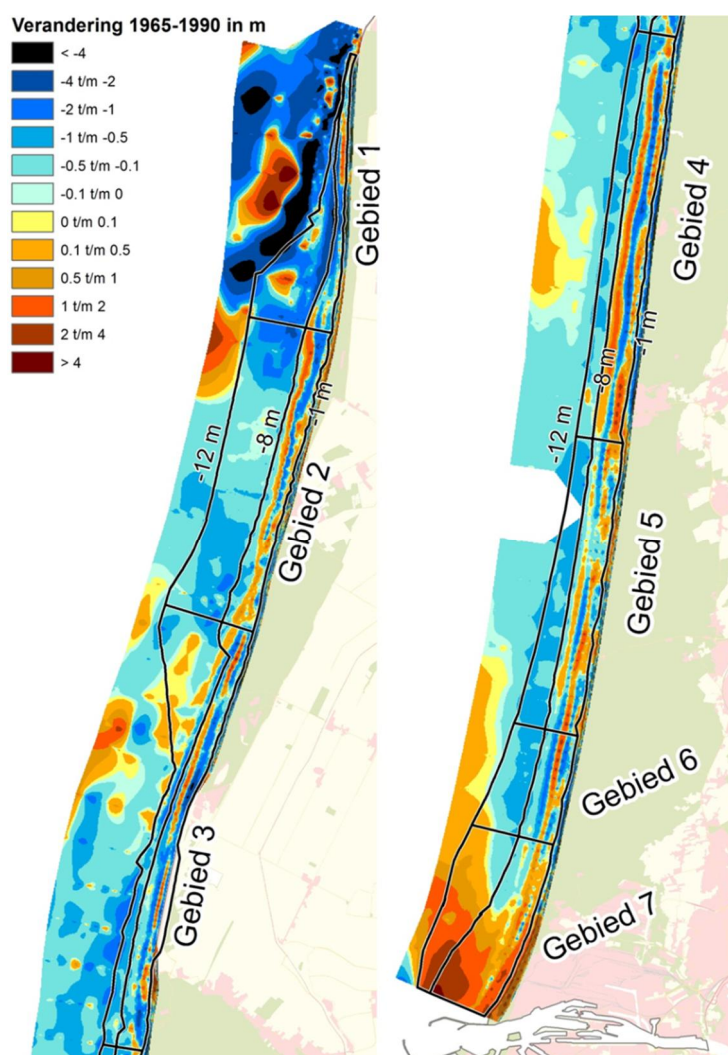
### 3.3 Grootschalige morfologie

#### 3.3.1 Inleiding

Om en nabij het Zeegat van Texel zijn de morfologische veranderingen complex en gerelateerd aan de dynamiek van de buitendelta. De grootschalige veranderingen op de buitendelta en grootschalige effecten op de zandbalans zijn uitvoerig beschreven in Elias et al. (2012) en Elias (2006). Een belangrijke conclusie uit deze studies is dat de dynamiek van de buitendelta zich in de tijd heeft aangepast. Na afsluiting van de Zuiderzee was er een periode van ongeveer 40 jaar waarin het zeegat en de buitendelta zich aanpasten aan de veranderingen in hydrodynamica (en zandvraag) ten gevolge van de ingreep. Meer recent lijkt het systeem, in ieder geval in configuratie van geulen en platen, stabiel.

De studies van Stive (1990) en van Rijn (1997) geven een gedetailleerd beeld van de sediment transporten en morfologische veranderingen voorafgaand aan het beleid van dynamisch kustbeheer. Studies van van Pot (2011) en Vermaas (2010), de Sonnevile en van der Spek (2012) en Van der Spek en Elias (2013), geven aan dat er indicaties zijn voor kentering in morfologisch gedrag na implementatie van dit dynamische kustbeheer. Voor 1990 was de kustlijnontwikkeling voornamelijk negatief (erosie), sinds 1990 is er juist een trend van sedimentatie. Deze kentering wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het op peil houden van de Basiskustlijn (BKL) door frequent suppleren. Daarnaast lijken vooral de grootschalige vooroeversuppleties het autonome proces van cyclisch zeewaarts migrerende banken te beïnvloeden.

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste resultaten van deze studies weer gegeven. Paragraaf 3.3.2 behandelt de volumeontwikkeling van de ondiepe kustzone, gebruik makend van de JarKus data (Pot, 2011), terwijl paragraaf 3.3.3 aanvult met de volumeontwikkeling van de diepere kustzone, volgens Vermaas (2010 en 2012). Paragraaf 3.3.4 en 3.3.5 behandelen de volumeveranderingen van het Zeegat van Texel in detail.



Figuur 3.11 Overzicht ligging deelgebieden zoals gebruikt in volumetrend analyses. In kleur zijn de veranderingen in de periode 1965-1990 te zien. (bron: Elias et al. 2013).

### 3.3.2 Volume ontwikkeling ondiepe vooroever - JarKus zone (Pot, 2011)

Ter bepaling van de volumeveranderingen wordt de kust tussen IJmuiden en Den Helder onderverdeeld in de 7 kustvakken zoals eerder gedefinieerd door van Rijn (1997). Deze kustvakken staan weergegeven in Figuur 3.11.

Voor ieder kustvak wordt het volume zand bepaald met behulp van de JarKus datasets over de periode 1965-2010. Trends in de volumeontwikkeling worden bepaald over 2 tijdsperiodes (1) 1965-1990 (Tabel 3.1) en (2) 1990 – 2010 (Tabel 3.2). De gedetailleerde figuren van zandvolumeontwikkeling worden in paragraaf 4.3 per deelgebied gepresenteerd. In deze figuren en in de tabellen wordt er onderscheid gemaakt in totale erosie, zoals rechtstreeks berekend vanuit de JarKus profielen en erosie gecorrigeerd voor suppleties (het 'autonome' gedrag, geschat door correctie met behulp van de aangebrachte suppletievolumes). Zoals te zien in bijvoorbeeld Figuur 4.8 verspringt de gecorrigeerd-volume lijn na correctie voor suppleties. Deze sprong wil niet zeggen dat de autonome trend hier drastisch veranderd is. Door de suppletie is het systeem (tijdelijk) uit evenwicht gebracht. Het is te verwachten dat er initieel verhoogde verliezen zijn om een (dynamisch) evenwicht te herstellen. Zand wordt hierbij herverdeeld en zal gedeeltelijk uit het balansgebied verdwijnen. Dit veroorzaakt een



trendbreuk in de metingen. Het is eigenlijk niet juist de trendlijnen door te trekken over de periode voor en na suppletie. Het totale kustvak vertoont een bijna sluitende balans en geeft aan dat de autonome trend voor en na 1990 vrijwel gelijk is (Tabel 3.1 en Tabel 3.2).

Pot (2011) suggereert dat de fouten in de volumes relatief klein zijn. Bij een volume verandering in de orde van 1 miljoen m<sup>3</sup> ligt de fout tussen de 10.000 en 100.000 m<sup>3</sup>. Deze kleine fout is het gevolg van de grote datadekking waardoor systematische fouten relatief klein uitvallen. Deze foutenmarges lijken aan de kleine kant.

In de periode 1965-1990 vindt er een structurele erosie van de kust plaats (Tabel 3.1). Gecorrigeerd voor uitgevoerde suppleties ligt de netto erosie rond de 22,5 miljoen. De erosie neemt noordwaarts sterk toe. In gebied 1 vindt bijna de helft van de totale erosie plaats, deze erosie hangt samen met het landwaarts migreren en insnijden van het Nieuwe Schulpengat (Paragrafen 3.2.3, 3.3.4 en 3.3.6). Ook buiten de directe invloedssfeer van het zeegat zien we een grote erosie (kustvak 2) en zijn er al voor 1990 significante suppleties uitgevoerd. Alleen in kustvak 5 en nabij de havenhoofden van IJmuiden vinden we aanzanding (6 miljoen m<sup>3</sup>). Het totale kustvak tussen IJmuiden en Den Helder verliest 21 miljoen m<sup>3</sup> aan sediment. Dit verlies loopt op tot 24 miljoen m<sup>3</sup> als we het grotere gebied van de JarKus Iodigen bekijken (Tabel 3.1, rechterkolom). Gemiddeld over deze periode verliest de kustnabije zone dus in de orde van 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

Tabel 3.2 geeft een overzicht van het kustgedrag sinds de implementatie van Dynamisch Handhaven. Sinds 1990 blijft het totale kustvolume niet alleen behouden, maar groeit met 1,1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Gecorrigeerd voor suppleties blijft de 'autonome erosie' van 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar eigenlijk vrijwel identiek aan de voorgaande periode. Met een doorgaande autonome erosiesnelheid van 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar en een aangebracht suppletie volume van 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar is de toename van de sedimentvoorraad op zich niet verrassend. Een belangrijke conclusie is wel dat door overmatig suppleren langs de kust niet per definitie de verliezen toenemen. Het overgesuppleerde volume wordt herverdeeld over de kust en deze bouwt uit. Door oversuppletie van de Hollandse kust wordt dus niet de Waddenzee extra gevoed. Transporten richting de Waddenzee nemen niet toe. Een hypothese die hiervoor opgesteld kan worden is dat de transporten gelimiteerd zijn door de transportcapaciteit en niet het zand aanbod. Als de transportcapaciteit niet wezenlijk verandert zal de import van de Waddenzee niet toenemen.

Tabel 3.1 Zandvolumes in het kustvak Noord-Holland (1965-1990) in miljoen m<sup>3</sup>

kustvak	JarKus (-100 – 750 tot RSP)		Doorlodingen (-100 – 1200)		Suppleties [miljoen m <sup>3</sup> ]
	Totaal <sup>(1)</sup>	Gecorrigeerd <sup>(2)</sup>	totaal	gecorrigeerd	
1	-10.23	-10.23	-14.33	-14.33	0
2	-3.81	-7.01	-5.73	-8.93	3.20
3	-3.05	-3.83	-6.12	-6.90	.78
4	-4.95	-4.95	-3.48	-3.48	0
5	5.96	5.96	11.73	11.73	0
6	-1.62	-1.62	-1.59	-1.59	0
7	0.12	0.12	-	0	0
Totaal	-17.59	-21.56	-19.52	-23.50	3.98
Totaal/jaar	-0.70	-0.86	-0.78	-0.96	0.16

(1) Totaal: waargenomen volume verandering vanuit de JarKus data.

(2) Gecorrigeerd = Totaal volume – suppletievolume.

Tabel 3.2 Zandvolumes in het kustvak Noord-Holland (1990-2010) in miljoen m<sup>3</sup>

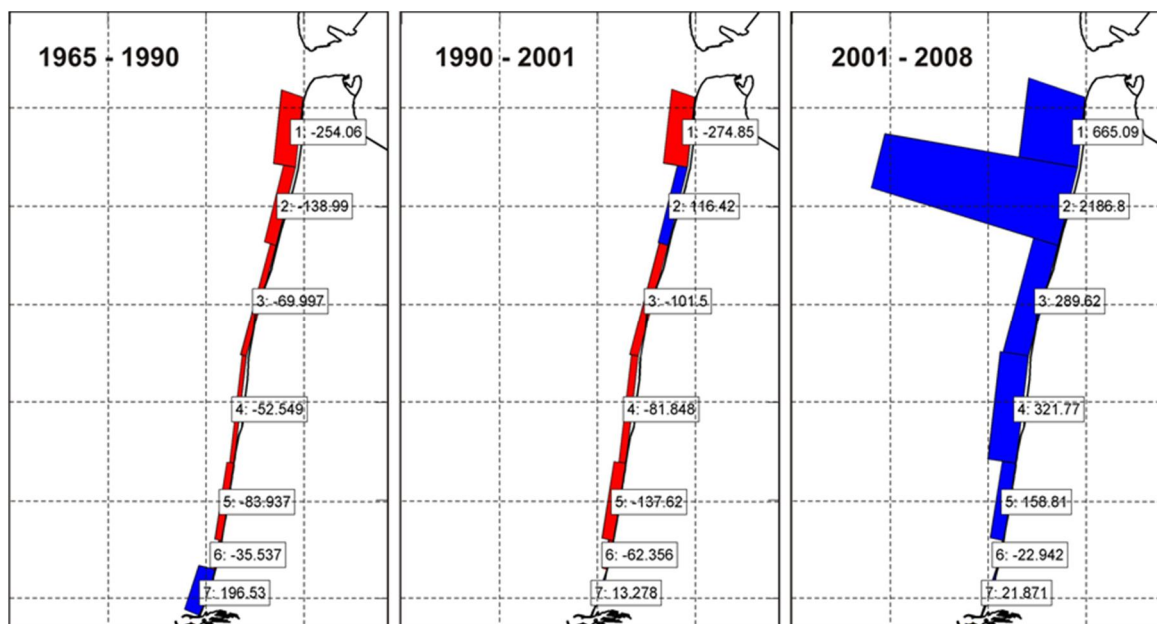
kustvak	JarKus (-100 – 750 tot RSP)		Doorlodingen (-100 – 1200)		Suppleties [miljoen m <sup>3</sup> ]
	totaal	gecorrigeerd	totaal	gecorrigeerd	
1	0.15	-10.88	4.38	-6.65	11.03
2	6.44	-2.33	5.02	-3.75	8.77
3	6.87	-3.34	5.19	-5.01	10.21
4	7.48	-4.08	2.28	-9.28	11.55
5	1.78	0.41	0.87	-0.51	1.37
6	0.63	0.10	3.14	2.62	0.53
7	-0.41	-1.06	0.69	0.04	0.65
Totaal	23.35	-20.70	21.57	-22.54	44.11
Totaal/jaar	1.17	-1.06	1.08	-1.13	2.2

### 3.3.3 Analyse van de diepe kustzone

Verschillende studies hebben gekeken naar het sediment transport in de diepere zone van de Hollandse kust. Stam (1999) concludeert dat het zandverlies uit de zone tussen de NAP -8 en -12m in de orde van 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar ligt; zowel de analyse van de korte termijn (-1,1 miljoen m<sup>3</sup>, 1965-1997) als de lange termijn (-1,3 miljoen m<sup>3</sup>, 1898-1997) geven een identieke trend. Een recent overzicht van de volumeveranderingen van de diepe kustzone tussen NAP -8 en -12m wordt gegeven door Vermaas (2010). Vermaas concludeert dat de trend tussen 1965 en 2001 over het algemeen eroderend is (Figuur 3.12). Alleen ten noorden van de havendammen van IJmuiden is er aanzanding. De totale erosie tussen 1965 en 1990 is gemiddeld 0,43 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. In de periode 1990 – 2001 neemt de erosie iets toe tot 0,53 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Opvallend is hier de sterke afname van de sedimentatie in kustvak 7 van 0,2 miljoen/m<sup>3</sup> naar 0,01 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, en de aanzanding in kustvak 2. Ook in de periode 2001-2008 vindt er naast de havendammen, in de diepe zone, slechts lichte aanzanding plaats (0,02 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). De kleine verschillen wijzen erop dat het kustvak waarschijnlijk weer dicht bij evenwicht is. De sterke aanzanding te zien in 1965-1990 is ontstaan door de aanleg van de havendammen, waardoor ten noorden daarvan een luwte ontstond die aanzanding mogelijk maakte. De maximale erosie treedt ook hier op in kustvak 1 ten gevolge van de geulmigratie. Zie paragraaf 4.3.6 voor een meer gedetailleerde beschouwing.

Sinds 2001 vindt in bijna het gehele kustvak sedimentatie plaats. De grote positieve trend in kustvak 1 en 2 komt door de recente grote suppleties in 2007 en 2008, waardoor de lineaire

trend door één uitschieter sterk is beïnvloed. Gecorrigeerd voor deze uitschieters geven de vakken realistischere waarden (zie waarden met \* in Tabel 3.3).



Figuur 3.12 Overzicht van de trends in volumeontwikkeling (NAP -8/-12 m zone) in 1000 m<sup>3</sup>/jaar (rood= erosie, blauw aanzanding) uit Vermaas (2010)

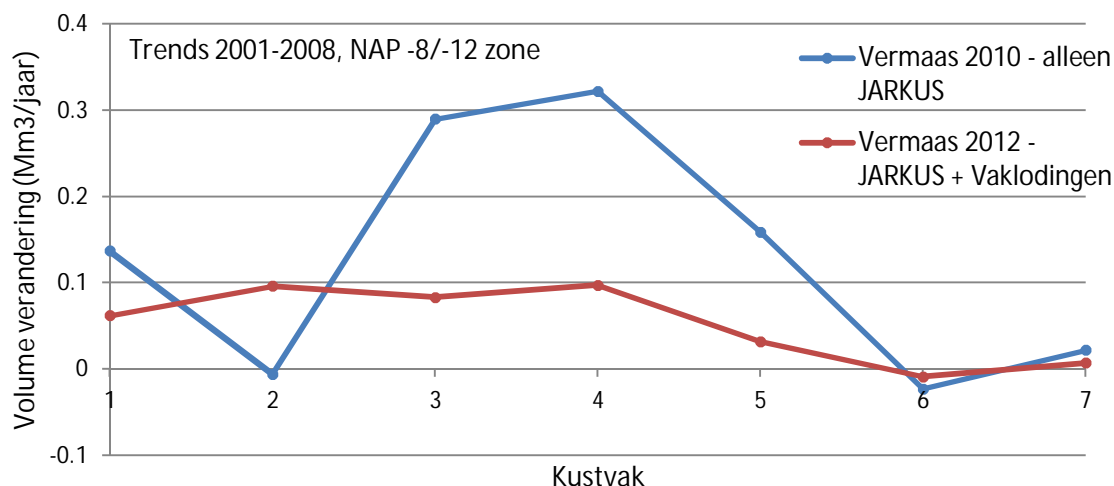
Tabel 3.3 Trend in volumeontwikkeling (NAP -8/-12 m zone) in 1000 m<sup>3</sup>/jaar, dikgedrukte waarden zijn significante trends (p-value < 0.05).

kustvak	Trend (1965-1990)	p-value	Trend (1990-2001)	p-value	Trend (2001-2008)	p-value
1	<b>-245</b>	<b>0.0001</b>	<b>-275</b>	<b>0.0020</b>	665 / <b>137 (*)</b>	0.0726 / <b>0.0116 (*)</b>
2	<b>-139</b>	<b>0.0345</b>	116	0.4133	<b>2187 / -6 (*)</b>	<b>0.0334 / 0.9624 (*)</b>
3	-70	0.1349	-102	0.1188	<b>290</b>	<b>0.0486</b>
4	-53	0.1421	-82	0.0762	<b>322</b>	<b>0.0205</b>
5	<b>-84</b>	<b>0.0102</b>	-138	0.1191	<b>159</b>	<b>0.0041</b>
6	<b>-36</b>	<b>0.0467</b>	-62	0.2233	-23	0.3323
7	<b>197</b>	<b>0.0016</b>	13	0.6441	22	0.4512
Totaal	<b>-439</b>	X	<b>-528</b>	X	<b>3.621 / 901 (*)</b>	X

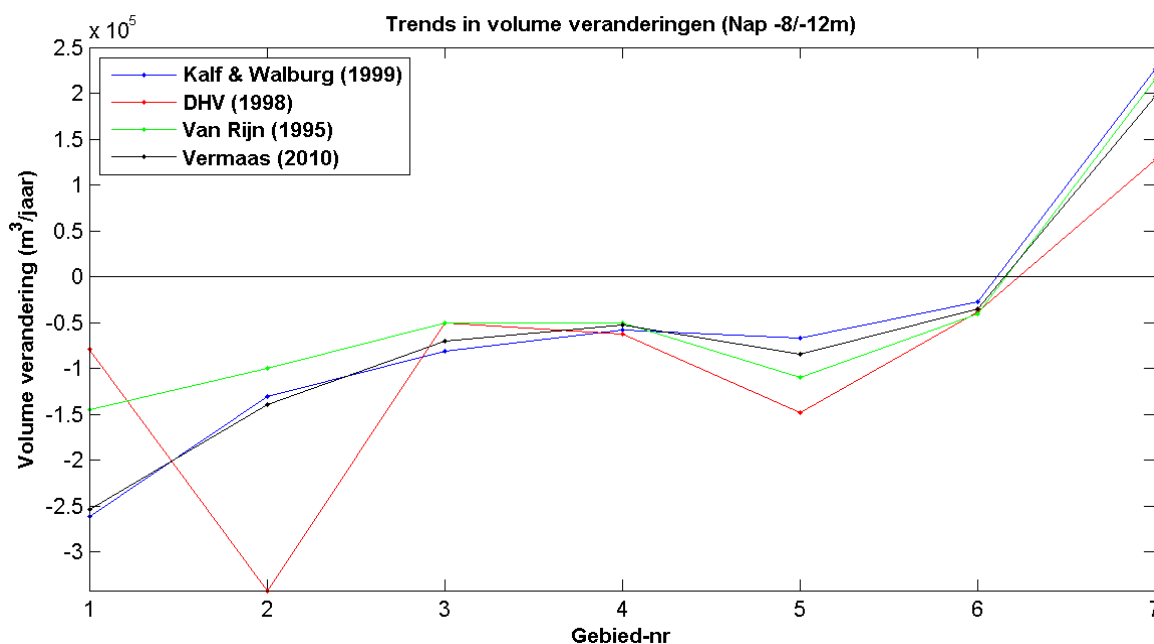
(\*) gecorrigeerde trend op data zonder outliers

Vermaas (2012) geeft een aanvulling op de voorgaande studie. Hierin zijn volgens dezelfde aanpak voor dezelfde gebieden ook trends berekend, echter gebaseerd op zowel JarKus metingen als vaklodingen. Voor de periodes zonder vaklodingen komen de resultaten overeen met Vermaas (2010). In de periode 2001-2008 laat de nieuwe studie vooral in kustvakken 3 t/m 5 lagere sedimentatiesnelheden zien (Figuur 3.13). Dit verschil komt doordat met de vaklodingen juist de missende data van het diepere (erosieve) deel van de kustvakken aangevuld wordt. De totale volumeverandering tussen -8 en -12 m NAP langs Noord-Holland op basis van deze nieuwe trends is 0,37 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, in plaats van de 0,9

miljoen m<sup>3</sup>/jaar. De waarden zoals bepaald in Vermaas (2010) komen goed overeen met deze eerdere studies (Figuur 3.14), zie ook paragraaf 3.3.2.



Figuur 3.13 : Trends in volumeverandering (NAP -8/-12m zone) 2001-2008 op basis van JarKus en op basis van zowel JarKus als vaklodingen (uit Vermaas 2012).



Figuur 3.14 : Trends uit verschillende studies voor de periode 1965-1990 gebaseerd op JARKUS raaien.

### 3.3.4 Volumeveranderingen buitendelta Texel (Elias et al, 2017)

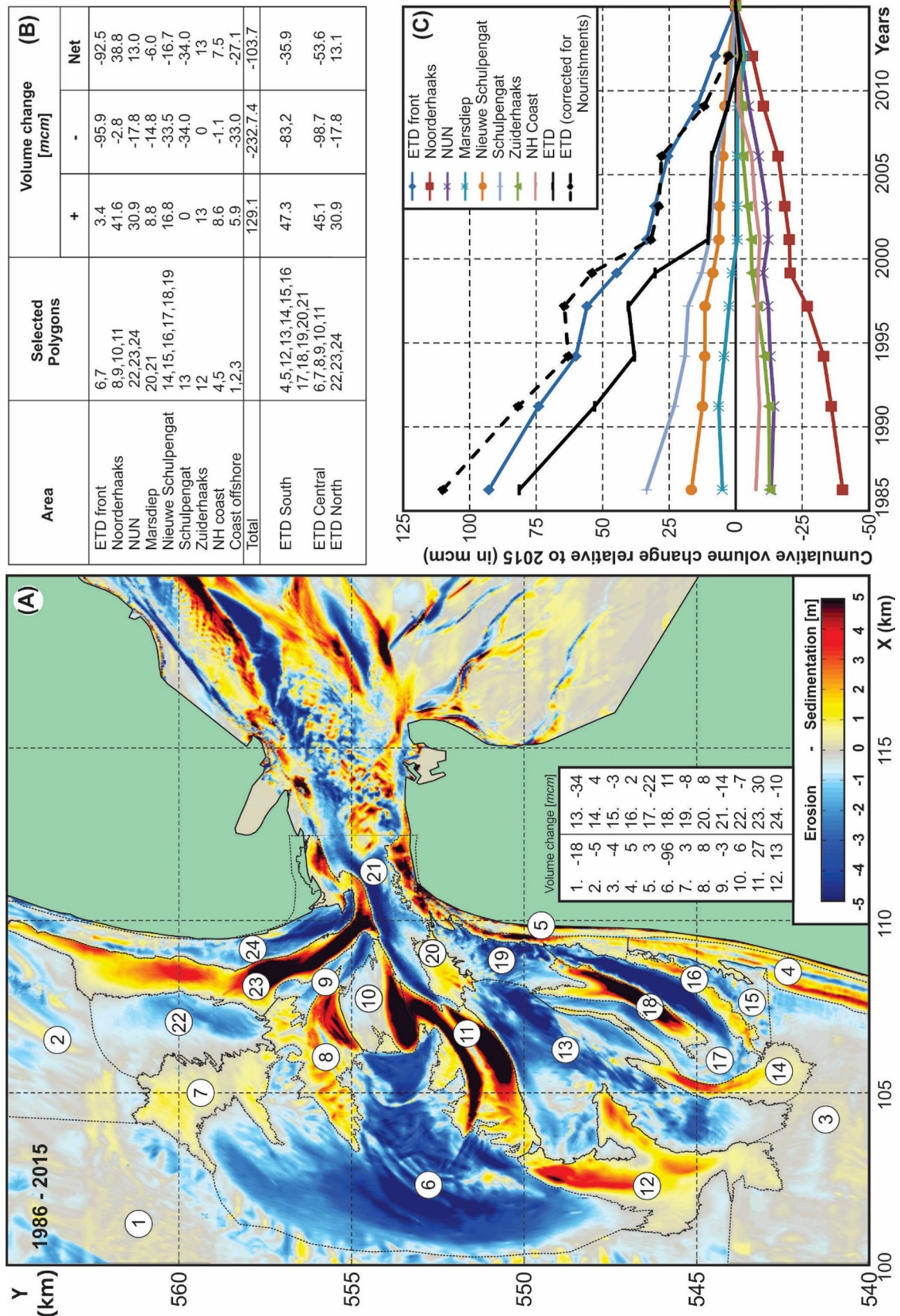
Een schatting van de (netto) sedimenttransporten in het Zeegat van Texel kan worden verkregen door analyse van de sedimentatie- en erosiepatronen. In Figuur 3.15 worden deze patronen weergegeven op basis van de verschilbodemligging tussen de Vaklodingen van 1986 en 2015. In deze paragraaf worden de namen van de geulen en platen gebruikt zoals weergegeven in Figuur 3.6. De interactie van getij-, wind- en golfgedreven stroming met de onderliggende buitendelta laat een ingewikkeld patroon van sedimentatie- en erosiegebieden zien (Figuur 3.15A). Wat hierbij vooral opvalt is de stabiliteit van het geulen- en platensysteem. De vaklodingen van 1986 en 2015 laten eigenlijk gelijke platen- en geulen

patronen zien, maar toch is er een bruto volumeverandering van 350 Mm<sup>3</sup> (miljoen m<sup>3</sup>) opgetreden. Het merendeel van deze verandering is een herverdeling van zand op de buitendelta. Netto is het volume met 77 Mm<sup>3</sup> afgenomen.

De grootste erosie vindt plaats op het centrale deel van de buitendelta. Vooral de zeewaartse zijde van Noorderhaaks vertoont een grote, doorgaande erosie (-96 Mm<sup>3</sup>, zie [6] in Figuur 3.15A, zie Figuur 3.15B voor nummering). De processen die hieraan ten grondslag liggen zijn o.a. versnelling van de getijstrooming door contractie om de buitendelta en golf-gerelateerde processen door breking op het ondiepe platform. Landwaartse, golf-gedreven verplaatsing van het zand geeft een aangroei van de Noorderhaaks (39 Mm<sup>3</sup>) en de Zuiderhaaks (13 Mm<sup>3</sup>). Ook een grote spit, de Noordelijke Uitlopers van de Noorderhaaks (NUN), die zich vormt aan de noord-westelijke rand van de Noorderhaaks, resulteert in volumetoename (30 Mm<sup>3</sup>, [23]). Landwaartse migratie van de NUN-spit en de daarmee in verband staande landwaartse verplaatsing van het Molengat, veroorzaken aanzienlijke erosie langs de nabij gelegen Texelse kustlijn [24]. Sinds 1986 is er hier meer dan 10 Mm<sup>3</sup> geërodeerd van de ondiepe vooroever. Gedurende deze periode is er voor 12 Mm<sup>3</sup> zand aangebracht door zandsuppleties. De werkelijke verliezen zijn dus veel hoger dan de waargenomen erosie.

Ten zuiden van de Noorderhaaks worden de morfodynamische ontwikkelingen bepaald door de getijstrooming in de grote geulen Schulpengat en Nieuwe Schulpengat en de kleinere geul Nieuwe Landsdiep. De belangrijkste ontwikkelingen zijn hier een toenemende diepte van de geulen Nieuwe Schulpengat (-20 Mm<sup>3</sup> [17-19]) en Schulpengat (-34 Mm<sup>3</sup> [13]). Daarnaast bouwen de platen Zuiderhaaks (13 Mm<sup>3</sup> [12]) en Franse Bankje, (6 Mm<sup>3</sup> [14, 16]) zeewaarts uit. Op een kleinere schaal valt ook de afwisseling van sedimentatie en erosie in het zeewaarts gelegen deel van Nieuwe Schulpengat op. Deze afwisseling wordt veroorzaakt door een draaiing en verplaatsing van de uitstroom van het Nieuwe Schulpengat en de daaraan gekoppelde banken Bollen van Kijkduin en het Franse Bankje. De volumetoename in de banken (30 Mm<sup>3</sup>) is klein ten opzichte van het volumeverlies door verdieping van de geulen [-67,5 Mm<sup>3</sup>].

Tijdreeksen van de volume-ontwikkeling (zie Figuur 3.15C) kunnen worden afgeleid door per polygoon de volumeverandering te bepalen voor alle data over de periode 1986-2015 (zie Figuur 3.7). De tijdreeksen laten een netto erosie zien voor het Nieuwe Schulpengat, Marsdiep, Schulpengat en de gehele buitenrand van de buitendelta, terwijl de Noorderhaaks, Noord-Hollandse kust, Zuiderhaaks en NUN een volumetoename laten zien. Ongecorrigeerd voor suppleties is een duidelijke verschuiving in de trends zichtbaar rond 2001. De totale volume-afname door erosie nam af van -5,6 Mm<sup>3</sup>/jaar tussen 1986-2001 tot -0,4 Mm<sup>3</sup>/jaar sindsdien. Het buitendeltavolume laat een soortgelijke afname zien van -4,2 Mm<sup>3</sup>/jaar tot -0,9 Mm<sup>3</sup>/jaar. Gecorrigeerd voor de suppletievolumes is de afname van de erosie wat kleiner, deze reduceert van -4,6 Mm<sup>3</sup>/jaar naar -2,7 Mm<sup>3</sup>/jaar. Het grootste verschil treedt op in het zuidelijke deel van de buitendelta. De geulen Schulpengat en Nieuwe Schulpengat zijn sinds 2001 opvallend stabiel in volume. Een duidelijke trend van verdieping kan niet langer worden waargenomen. Alleen lokale erosie vindt plaats door de landwaartse geulverplaatsing, onder invloed van de verplaatsing en groei van de Bollen van Kijkduin. Een deel van deze stabilisatie kan misschien worden verklaard door de recente grootschalige zandsuppleties, die resulteren in een volumetoename van de Noord-Hollandse kust.



Figuur 3.15 Gemeten bodemveranderingen (in mcm of  $Mm^3$ ) over de periode 1986-2015. Deze figuur is inclusief suppleties. Bron: Elías et al. (2017).



### 3.3.5 Verklaring opgetreden volumeveranderingen (Elias et al, 2017)

In paragraaf 3.3.4 zijn de volumeveranderingen van de buitendelta over de periode 1986-2015 beschreven, een periode waarin de herorientatie van de belangrijkste geulen in het buitendeltagebied al grotendeels had plaatsgevonden en de ligging van de banken en geulen min of meer gelijk bleef. Wel traden er nog grote volumeveranderingen op. Op basis van de volumeveranderingen kan de buitendelta onderverdeeld worden in vier gebieden met verschillend morfodynamisch gedrag (Figuur 3.16B).

De sedimentbalans van de buitendelta laat zien, dat er meer dan 200 Mm<sup>3</sup> zand is geërodeerd. Ruwweg de helft van het zand is weer landwaarts op de buitendelta herverdeeld en de andere helft is waarschijnlijk het Waddenzee bekken in getransporteerd (Elias et al, 2012). De sediment import wordt geschat op 4,9 Mm<sup>3</sup> per jaar (zie Figuur 3.16B voor de onderliggende aannamen). Een belangrijke aanname is dat er 1 Mm<sup>3</sup> aan zand wordt toegevoerd langs de aanliggende kusten. Zonder deze aanvoer zou de sedimentimport 3,9 Mm<sup>3</sup>/jaar zijn.

De gemeten stromingen kunnen al een verklaring geven voor deze hoge import volumes. Zowel de dominante stroomrichting als de asymmetrie van de overheersende bodemvormen wijst op een duidelijke scheiding van een eb-dominante stroming en transport langs de Noorderhaaks en een vloed-dominantie langs de Noord-Hollandse en Texelse kust. Deze vloeddominante transporten kunnen het zand zeer efficiënt vanaf de kustzone het Marsdiep en het bekken in transporteren. Tijdens vloed wordt sediment het Waddenzeebekken in getransporteerd, dat hier vervolgens bezinkt. Tijdens eb wordt een deel van de afzettingen weer teruggevoerd naar de buitendelta, waar zij bijdragen aan de uitbouw van de Zuiderhaaks (gebied 3 in Figuur 3.16B) en uiteindelijk weer naar het Noorderhaaks buitendeltafront (gebied 2). Omdat dit buitendeltafront erodeert, is een breed ondiep plateau ontstaan, dat de supralittorale zone (boven de hoogwaterlijn-GHW) van de Noorderhaaks bank beschermt tegen stormen. Sedimentcirculatie en golfbeschutting zijn twee redenen waarom de Noorderhaaks, 85 jaar na voltooiing van de Afsluitdijk, nog steeds aanwezig is. De aanwezigheid van een grote getijdegeul (Breewijd, Nieuwe Schulpengat), steile oevers en dominant eb-transport langs de randen van de Noorderhaaks, maken het waarschijnlijk dat bijna geen sediment wordt teruggevoerd naar de kust.

Noordwaartse transporten dragen bij aan de vorming van de NUN spit (gebied 1). Hoewel deze spit het meest duidelijke kenmerk is van deze ontwikkeling, laat de sedimentbalans zien dat de netto veranderingen gering zijn. De vorming van deze spit heeft grote gevolgen gehad voor de aanliggende kust. Omdat het zand zich afzet in de spit en terug circuleert naar het zeegat, is de sedimenttoevoer van de buitendelta naar de kust waarschijnlijk beperkt, een proces dat weer bijdraagt aan het structurele zandtekort van de gehele Texelse kust. De verliezen worden verder vergroot door de landwaartse migratie van zowel de spit als de aanpalende geul het Molengat. Recente afwijkingen in het morfodynamisch gedrag geven wel aan dat spitaansluiting en de doorbraak in de nabije toekomst zullen optreden, een eerste aanwijzing van het herstel van het "sediment bypassing" proces.

In gebied 4 overheerst de interactie van het Nieuwe Schulpengat met de Bollen van Kijkduin bank en zijn ebwaarts gelegen tegenhanger, het Franse Bankje de ontwikkelingen. Sinds 2001 wordt een verdieping van de geulen in dit gedeelte van de buitendelta niet meer waargenomen en is het totale volume gelijk gebleven. Deze recente stabilisatie kan wellicht gedeeltelijk toegeschreven worden aan de grootschalige zandsuppleties langs de Noord-Hollandse kust. Het lijkt er op dat deze suppleties niet alleen succesvol waren om de kustlijn te handhaven, maar dat de overvloedige toevoer van zand ook de sedimentverliezen op

grotere schaal door de ontwikkeling van Schulpengat en Nieuwe Schulpengat heeft gecompenseerd.

### 3.3.6 Conceptueel model aanpassing buitendelta (Elias et al, 2017)

In deze paragraaf wordt beoogd de processen beter te begrijpen, die het sedimentverlies van de buitendelta en de kust beheersen, als gevolg van de bouw van de Afsluitdijk en de afsluiting van de Zuiderzee, in 1932. Gebaseerd op de literatuur (samengevat in Elias en Van der Spek, 2006) en op de in de paragrafen 3.3.4 en 3.3.5 gepresenteerde analyse van gedetailleerde metingen van hydro- en morfodynamiek, uitgevoerd tussen 1986 en 2015, kunnen vier fasen van buiten-delta ontwikkeling onderscheiden worden (Figuur 3.16A1-4). Elke fase heeft verschillende gevolgen voor de erosie van de aanliggende kustlijn.

#### *Fase 1: vóór sluiting van de Zuiderzee; een dynamisch evenwicht (Figuur 3.16A1)*

Elias en Van der Spek (2006) hebben aangetoond dat vóór de afsluiting van de Zuiderzee zich een stabiele buitendelta had gevormd, met een in westelijke richting uitgestrekte eb-geul en kleinere vloedgeulen langs de kusten van Noord-Holland en Texel. Met uitzondering van de zuidwestelijke punt van Texel ondervonden de beide kusten ernstige erosie. Deze erosie kan verklaard worden vanuit de algemene kennis van zeegaten. De basis wordt hierbij gevormd door de weergave van het zeegat systeem van Hayes (1975). In deze beschrijving vormt er zich op een buitendelta van een zeegat een eb-dominante centrale hoofdgeul met kleinere vloedgeulen aan weerszijde. Deze vorming wordt verder door Oertel (1988) onderbouwd. Oertel laat zien dat in een ideale situatie, tijdens eb, een vrije straalstroming de zeewaartse zijde van het zeegat vormt en geërodeerd materiaal van de geul zeewaarts wordt afgezet waar de stroming uitwaaiert en de stroomsnelheden afnemen tot onder kritische snelheid van beweging. Tijdens vloed is de terugstroming naar het zeegat verdeeld over een grotere omtrek en zijn de stroomsnelheden op vergelijkbare locaties kleiner dan tijdens eb. Het residuele snelheidsveld is, volgens Oertel (1988) daarom eb-dominant in het centrale deel van het zeegat en vloed-dominant in de uiteinden. In het Zeegat van Texel wordt de scheiding tussen eb- en vloedgeulen verder versterkt door het faseverschil tussen het horizontale en het verticale getij.

Kustlangse gradienten in het sedimenttransport ontstaan door de getijstroomversnelling richting het zeegat bij vloed, maar ook golven spelen een belangrijke rol, namelijk:

- 1) golfbreking op de banken van de buitendelta vermindert de golfenergie in de kustzone, maar veroorzaakt ook grote variatie in golfhoogte. Dit kan resulteren in gebieden met stromingsdivergentie en gebieden van lokaal hoge erosie (Elias & Hansen, 2013).
- 2) afscherming van golven door de buitendelta verandert het golfklimaat in de kustzone van bimodaal tot duidelijk in één richting langs de kustlijnen ter weerszijden van het zeegat, dus in de richting van respectievelijk tegengesteld aan het heersende langstransport, waardoor er een netto transport in de richting van het zeegat optreedt.
- 3) het golfgedreven dwarstransport speelt waarschijnlijk ook een belangrijke rol. Tijdens stormen kunnen grote volumes sediment verplaatst worden van het strand naar de ondiepe kustzone. Langs een ononderbroken strand bewegen in rustige perioden deze sedimenten weer landwaarts en herstelt het strand zich. Als er kustlangse gradienten bestaan, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van grote getijdegeulen, zullen deze sedimenten afgevoerd worden voordat het strand herstelt van het strand heeft plaatsgevonden. Dit proces speelt waarschijnlijk een belangrijke rol bij kustlijnerosie in de buurt van zeegaten.

Ook vóór de afsluiting van de Zuiderzee waren de kustlijnen van Noord-Holland en Texel erosief. De overwegend sub-littorale banken (onder de laagwaterlijn-GLW gelegen) van de

westelijke Waddenzee accumuleerden sediment en de toevoer van sediment door het kustlangstransport (langstransport) was onvoldoende om deze verliezen te compenseren. Bij het Zeegat van Texel vond sediment 'bypassing' (omleiding) plaats via banken die zich over het grootschalige buitendeltaplatform verplaatsten (bijv. Onrust). Periodieke aanlanding van banken langs de Texelse kust overschreed de structurele erosie en droeg bij aan de zuidelijke uitbouw van de zuidwestelijke punt van het eiland (van Heteren et al, 2006). Deze toevoer gevoed door sediment bypassing, was echter niet voldoende om de structurele teruggang van het centrale deel van het eiland te compenseren, die voor het merendeel is gerelateerd aan de convexe vorm van de kustlijn. Door de constructie van strandhoofden kon de erosie worden beperkt, maar niet geheel teniet gedaan (Rakhorst, 1984).

#### *Fase 2: 1932-1975, Aanpassing aan de sluiting van de Zuiderzee (Figuur 3.16A2)*

Morfologische veranderingen in ruwweg de eerste 40 jaren na de afsluiting werden overheerst door de draaiing en uitschuring van de grote getijdegeulen (Schulpengat en Nieuwe Schulpengat) en de landwaartse terugtrekking van de Noorderhaaks (Elias et al, 2003; Elias & van der Spek, 2006). De duidelijk herorientatie van de hoofdgeulen wordt hierbij toegeschreven aan het proces "back-barrier steering". Back-barrier steering kan het best omschreven worden als het samengestelde effect van alle mogelijke randvoorwaarden die de uitstroming van het bekken naar de buitendelta kunnen beïnvloeden, zoals getijvolume, oriëntatie van de uitstroom door de ligging van de geulen, samenstelling van de ondergrond en het faseverschil tussen het getij op zee en in het bekken. De veranderde hydrodynamica in het bekken, de Waddenzee dwong de geulen op de buitendelta om zich in zuidelijke richting te draaien. De grote getijvolumes en stroomsnelheden waren hierbij in staat door de onderliggende half-geconsolideerde Pleistocene lagen te eroderen. Deze lagen dragen wel bij aan de (toekomstige) stabiliteit van deze geulen. De uitschuring van deze geulen heeft de kust direct beïnvloed en de vorming van steile oevers en kustachteruitgang is waargenomen.

#### *Fase 3: 1975-2001 Evenwicht-erosieve staat (Figuur 3.16A3)*

Tussen 1975 en 2001 vertoont het systeem een gedrag dat het beste beschreven kan worden als 'erosief semi-evenwicht'. In dit semi-evenwicht is de herorientatie van de buitendelta al voltooid en het patroon van banken en geulen bleef onveranderd. Morfologische aanpassing van lokale geulen en banken overheerst nu de ontwikkelingen.

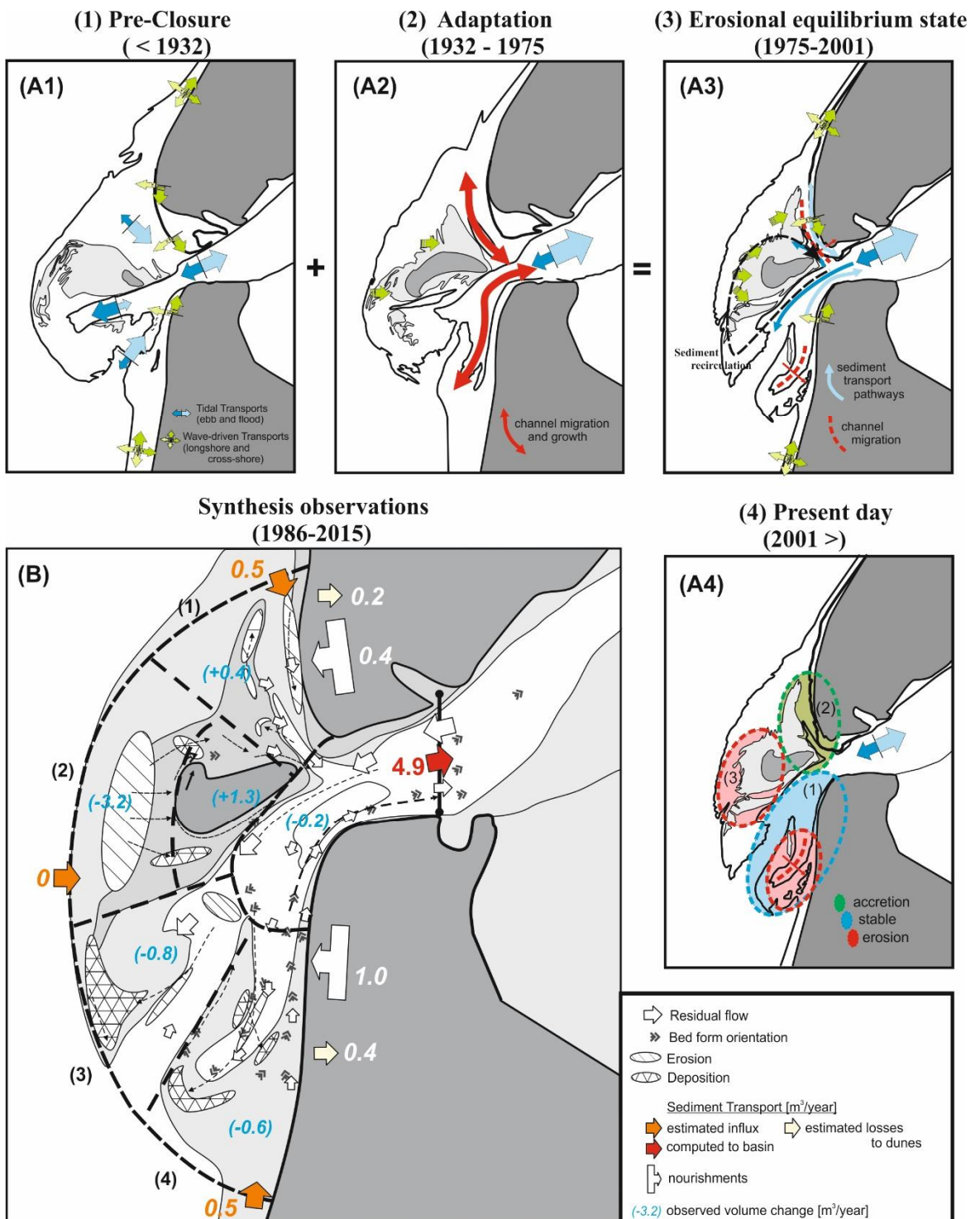
Meest opvallende veranderingen zijn de grote sedimentverliezen van de Noorderhaaks. In deze fase kan de Noorderhaaks beschouwd worden als een bron van sediment. dat afkomstig is van de situatie voor de afsluiting. Nadat de hoofdgeul was verzand verdween de aanvoer van zand door het getij en overheerst de afvoer door golven; de bank wordt opgeruimd. Zoals Hayes, (1975, 1979), Oertel (1975) en Hubbard et al. (1979) al aangaven: de geometrie van de buitendelta weerspiegelt de verhouding van golf- versus getijde-energie: golf-gedomineerde buitendelta's worden dicht naar de keel van het zeegat gedrukt, terwijl getij-gedomineerde delta's zich ver buitengaats uitstrekken. Dit principe geldt dus zowel op de grote schaal van de buitendelta als op de kleinere schaal van de individuele banken.

De erosieve mechanismen, zoals beschreven in Fase 1 blijven ook gewoon aanwezig in Fase 2. Naar verwachting zal nog maar heel weinig sediment bypassing en strandherstel zijn opgetreden (zie bijv. Elias en Van der Spek, 2006), waardoor het onderhoud van de aanliggende kustdelen nu het meest intensief is van de hele Nederlandse kust (Roelse, 2002; Cleveringa et al., 2004; Hoogervorst, 2005).

#### *Fase 4: Huidige stabilisatie (Figuur 3.16A4)*

Een belangrijke verschuiving in de morfologische ontwikkeling van de buitendelta is waargenomen rond 2001, wanneer de zandimport in het bekken afneemt, van bijna 6 Mm<sup>3</sup> per jaar vóór 2001 tot 2 Mm<sup>3</sup> per jaar sindsdien. Deze afname is voor een groot deel gekoppeld aan de stabilisatie van de morfologie in het zuidelijk deel van de buitendelta (Figuur 3.16A4 gebied 1). Alleen lokaal, waar geul-bank interacties dominant zijn, gaat de erosie van het Nieuwe Schulpengat en de aanliggende kustlijnen door. De zuid- en landwaartse migratie van de Bollen van Kijkduin vernauwt de stroming door het Nieuwe Schulpengat, met als gevolg landwaartse migratie van het daarnaast gelegen Franse Bankje en lokale kustlijnerosie.

Terwijl het zuidelijke deel van de buitendelta stabiliseerde, raakt in het noordelijke deel de balans tussen Molengat en NUN verstoord, waardoor de punt van de NUN kan verhelten met de kust van Texel. De spit zelf is dan nog niet geheel doorgebroken, maar twee eb-scharen hebben zich al wel gevormd. Het is de verwachting dat 1 van deze eb-scharen op termijn de NUN doorbreekt en er een totale verhelting van het 'verweesde' restant kan plaatsvinden. Dit zal het mechanisme van sediment bypassing herstellen en een aanvullende bron van sediment voor de kust van Texel vormen (Figuur 3.16A4, gebied 2). Ondanks deze belangrijke veranderingen in het gedrag van zowel het noordelijke als het zuidelijke deel van de buitendelta, gaat de erosie van het zeewaarts gelegen middendeel van de Noorderhaaks onverminderd door (Figuur 3.16A4, gebied 3)



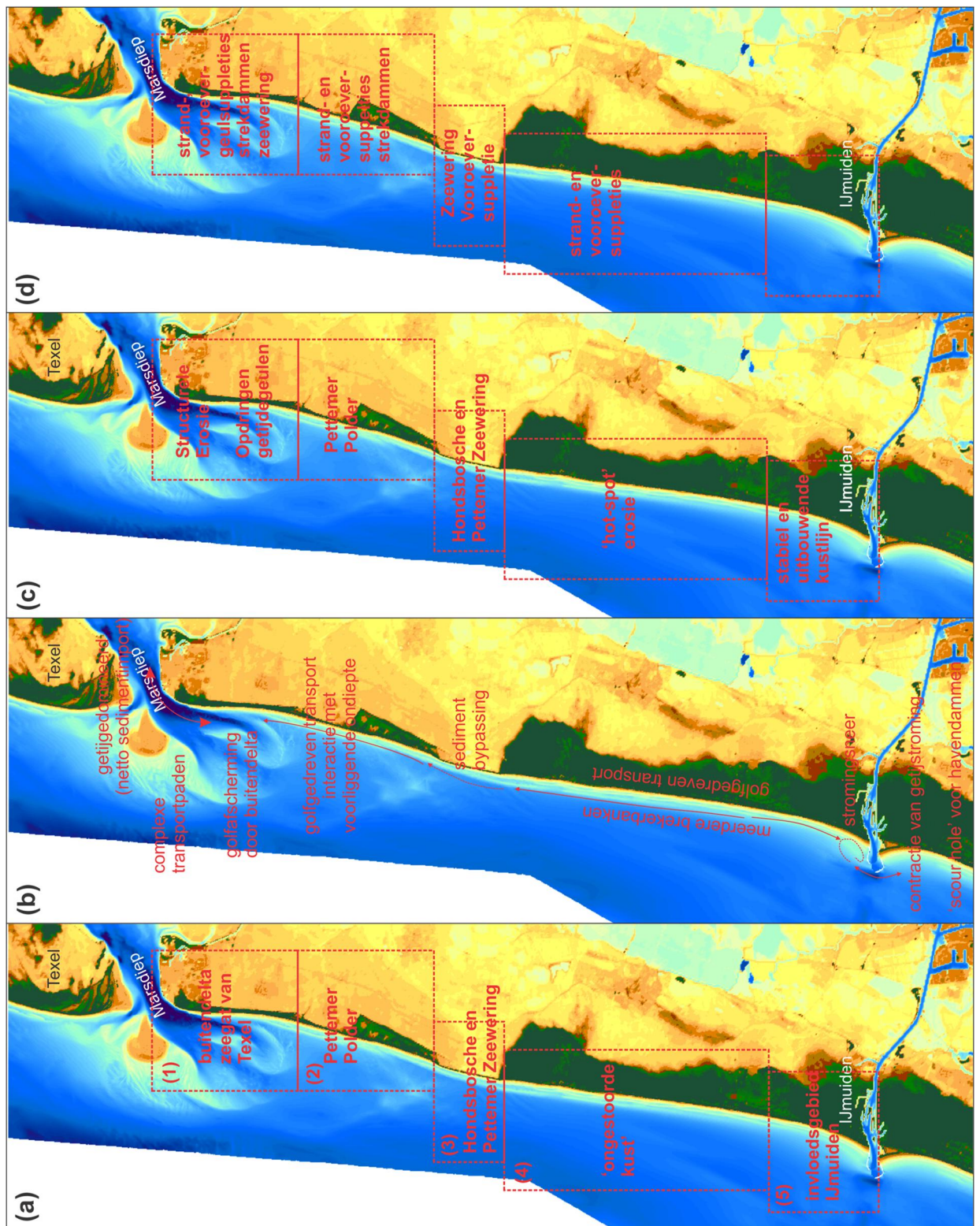
Figuur 3.16 (A) Schematische aanduiding van sediment transport-mechanismen voor 4 verschillende stadia van ontwikkeling van het Marsdiep bekken (A1) vóór sluiting Zuiderzee (A2) Aanpassing (A3) Erosief evenwicht (A4) Heden (B) Samenvatting van de waargenomen stromingen, richting duinmigratie en morfodynamische veranderingen over de periode 1986-2015 (in  $Mm^3$ ). Bron: Elias et al. (2017).

### 3.3.7 Samenvatting van de morfologie

Het kuststelsel Noord-Holland strekt zich uit tussen Den Helder in het noorden en de havendammen van IJmuiden in het zuiden. In de periode 1965-1990 vertoonde dit kustvak een erosie in de orde van grootte van 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Sinds 1990, met een aangebracht suppletievolumen van 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, blijft het totale kustvolumen niet alleen behouden, maar groeit met 1,1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Deze toename van de sedimentvoorraad is dus op zich niet verassend. Een belangrijke conclusie is wel dat door overmatig suppleren langs de kust niet per definitie de verliezen toenemen. Het overgesuppleerde volume wordt herverdeeld over de kust en deze bouwt uit. Door oversuppletie van de Hollandse kust wordt niet direct de Waddenzee extra gevoed. Een hypothese die hiervoor opgesteld kan worden is dat de transporten gelimiteerd zijn door de transportcapaciteit en niet het zandaanbod. Als de transportcapaciteit niet wezenlijk verandert zal de import van de Waddenzee door het Texelse Zeegat niet toenemen.

Op basis van de morfologische kenmerken kunnen we het kustvak indelen in 5 deelgebieden (zie Figuur 3.17). De Hondsbossche en Pettemer Zeewering vormt hierbij een duidelijke scheiding tussen een noordelijk en zuidelijk gedeelte met eigen karakteristieke kenmerken. In het noordelijke gedeelte bepaalt de voorliggende vooroever in grote mate de morfologische veranderingen langs de kust. In het zuidelijke gedeelte worden de morfologische veranderingen vooral gedreven door golfgedreven transporten en is bankgedrag van belang voor de kustlijnontwikkeling. Voor ieder deelgebied wordt hieronder het huidige kustgedrag samengevat. Deze indeling wijkt af van de vakken gebruikt in 3.3.2 en 4.3.





Figuur 3.17 Overzicht deelgebieden met kustontwikkeling en ingrepen Noord-Hollandse kust. a) deelgebieden b) processen c) belangrijkste kenmerk en d) maatregelen.

### 3.3.7.1 *Deelgebied 1; Buitendelta zeegat van Texel (km 0 – 11).*

Langs de kust grenzend aan de buitendelta van het Zeegat van Texel vindt sterke erosie plaats tussen km 0 en 8.1. Deze erosie is gerelateerd aan het landwaarts verplaatsen van Nieuwe Schulpengat en de grote getijdestroming in deze geul. Aan de kop van Noord-Holland is de kust versterkt door een harde zeewering, de Helderse Zeewering en ten zuiden zijn frequent terugkerende suppleties nodig. De in 2007 en 2009 uitgevoerde gecombineerde geul-, vooroever- en strandsuppletie bij Julianadorp laat zien dat middels suppleties dit kustvak in stand gehouden kan worden, zie verder paragraaf 4.2.4. De geulwandsuppletie vormde een extra zandbuffer voor de Helderse Zeewering. Binnen ruwweg 3 jaar was deze buffer afgevoerd. De strandsuppletie heeft een identiek effect. Ook hier vindt een normale afslag van de suppletie plaats. De vooroeversuppletie blijft goed intact en vormt een extra bijdrage aan het zandvolume binnen het systeem. Het aanbrengen van deze vooroeversuppletie is echter alleen mogelijk doordat er in zuidelijke richting (tussen raai 201 en 608) een klein platform tussen het diepe geulgedeelte en de kust ligt. Door dit platform is het mogelijk de kustlijn te handhaven door frequent uitgevoerde vooroever- en strandsuppleties. De doorgaande erosie van dit platform kan verstrekkende gevolgen hebben voor de kustlijnonwikkeling. Zonder dit platform ligt de diepe geul rechtstreeks langs de kust. Naast de toenemende stroming en dus transporten, zal er dan ook geen ruimte zijn om strand- en vooroeversuppleties effectief aan te brengen. De exacte samenstelling van het platform en de geulwand is niet bekend. Van der Spek en van Heteren, (2004) geven aan dat er resistente lagen in het profiel aanwezig zijn. In (Hijma, 2017) is de geologische opbouw van de kust met resistente kleilagen in beeld gebracht, dit is van cruciaal belang voor de toekomstige geulmigratie of stabilisatie.

Tussen km 8 en km 11 vinden we juist een positief effect van de buitendelta op de kustlijnonwikkeling. De voorliggende platen en banken van de buitendelta reduceren hier het golfklimaat waardoor de kustlijn vrijwel stabiel blijft.

### 3.3.7.2 *Deelgebied 2; Pettemer Polder (km. 11 – 26)*

De kustlijnonwikkeling in dit tweede deelgebied is verre van representatief voor de 'ongestoorde' Hollandse kust. Aan de noordzijde vindt nog een (indirecte) beïnvloeding plaats van het zeegat. Aan de zuidzijde zijn de langtransporten verstoord door de Hondsbossche en Pettemer zeewering. De vooroever is relatief ondiep door de voorliggende Pettemer Polder. De Pettemer Polder is een opduiking van de Pleistocene ondergrond (De Mulder, 1983). Daarnaast wordt dit kustvak beschermd door strandhoofden die om de 250m op het strand liggen en ongeveer 200m in de zee steken.

Het kustprofiel, gemiddeld over het gehele kustvak, bestaat uit een enkele bank, evenwijdig langs de kust en stabiel in positie. Een bankencyclus met zeewaarts migrerende, uitdempende banken en de vorming van nieuwe banken landwaarts, zoals waargenomen langs het merendeel van de Hollandse kust is hier niet aanwezig. In het gehele deelgebied is de benodigde onderhoudsinspanning groot, met een piek rond Callantsoog.

De negatieve zandbalans kan verklaard worden door (1) een netto relatief groot noordwaards transport. De ondiepten van de buitendelta van Texel strekken zich ver zeewaarts uit. Deze ondiepten blokkeren golven uit een noordelijke richting. Hierdoor worden de zuidelijke golven relatief belangrijker en neemt het noordwaards transport toe. De buitendelta (en zeegat) fungeren als een put ('sink') voor het aangevoerde sediment, (2) verstoorde toevoer door de blokkerende werking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering en (3) lokale concentratie van golfenergie t.g.v. de vooroever.

### 3.3.7.3 *Deelgebied 3; Hondsbossche en Pettemer Zeewering (km. 20-26)*

De Hondsbossche en Pettemer Zeewering ligt zeewaarts van de aangrenzende kust. Hierdoor vormt het een discontinuïteit in het langstransport. Suppleties hebben een vrijwel ondoorbroken brekerbank gevormd. Deze bank geeft wel aan dat langstransporten wel beïnvloed zijn, maar niet volledig worden onderbroken ter plaatse van de zeewering. In 2014-2015 is de zeewering versterkt met grootschalige zandsuppleties en spreken we ook wel van de Hondsbossche Duinen, zie verder paragraaf 4.3.3.

### 3.3.7.4 *Deelgebied 4; 'Ongestoorde kust' (km. 26-47)*

De kust ten zuiden van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering is eigenlijk het meest representatief voor de 'ongestoorde Noord-Hollandse' kust. Hier bevinden zich geen harde verdedigingswerken (met uitzondering van de strekdammen direct grenzend aan de zeewering). Het kustvak wordt gedomineerd door 'hot-spot' erosie bij Bergen en Egmond (km. 28-39). Hier worden frequent strand- en vooroeversuppleties aangebracht. Sinds 1992 wordt hier vrijwel jaarlijks gesuppleerd. Deze suppleties hebben er voor gezorgd dat de bankdynamiek is verdwenen. Tot 1990 vond er cyclische migratie van de banken plaats. Sindsdien liggen de banken vrijwel stabiel. De aangebrachte vooroeversuppleties worden snel geabsorbeerd in het natuurlijk systeem. Binnen twee jaar na suppletie zijn deze visueel niet meer als verstoring zichtbaar. Studies door o.a. Spanhoff (2004) geven aan, dat de bank(en) in dit kustvak de neiging hebben zich op te delen in segmenten van ongeveer 2 km lengte. De kustlangse patronen van de waterlijn corresponderen met de structuren in de buitenste bank. Dit leidt tot de conclusie, dat de kustlijnligging en het bankensysteem bij Egmond en Bergen sterk gekoppeld zijn. Het effect van verstoringen van de banken door suppleties en de effecten op de kustlijnontwikkeling dienen nader onderzocht te worden.

Ten zuiden van Egmond (km 39 – 47) is de kust vrijwel stabiel en zijn er slechts beperkte onderhoudsinspanningen uitgevoerd. Het bankensysteem lijkt in dit kustvak nog een natuurlijke (cyclische) dynamiek te vertonen.

### 3.3.7.5 *Deelgebied 5; Invloedsgebied IJmuiden (km 47-55).*

Ten noorden van de havendammen van IJmuiden bouwt de kust sterk zeewaarts uit. Ten zuiden van km. 50 gaat deze uitbouw ook nu nog steeds door. Sinds 1990 ligt de trend tussen de 0,2-0,3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar en verplaatst de MKL zeewaarts. Tussen km. 47 en 50 blijven volume en MKL ligging vrijwel stabiel sinds 1990. De sedimentatie-erosie patronen worden hier gedomineerd door de natuurlijke (cyclische) dynamiek van het bankensysteem.

## 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 Noord-Holland, met name de zandsuppleties. Paragraaf 4.2 geeft een gedetailleerder overzicht van de ingrepen (suppleties) die langs de kust van Noord-Holland hebben plaatsgevonden. De detailontwikkeling van de vooroever 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 zandsuppleties. Figuur 3.11 geeft een overzicht van de deelgebieden van kustvak Noord-Holland, evenals Figuur 3.17. De ligging van de Jarkusraaien (of RSP km's) is te zien in Figuur 1.1

### 4.2 Suppletieoverzicht

#### 4.2.1 Uitgevoerde suppleties

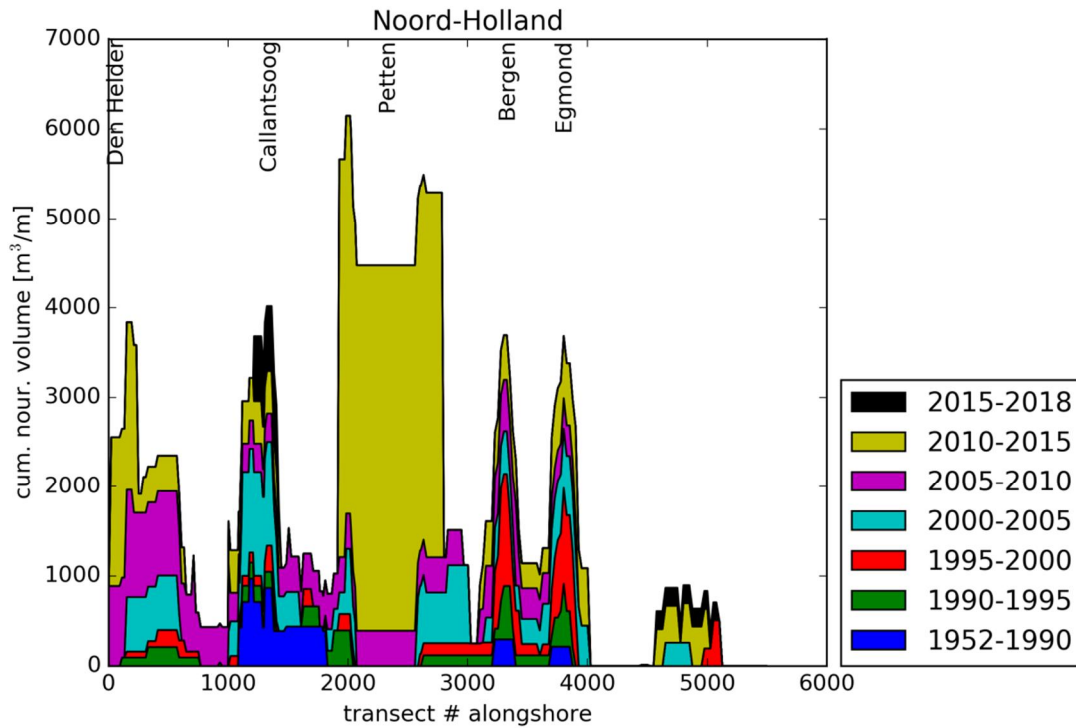
Figuur 4.1 en Tabel 4.1 geven een overzicht van de zandsuppleties op de Noord-Hollandse kust. In de periode 1962 – 2017 is er in 86 verschillende suppleties bijna 100 miljoen m<sup>3</sup> zand gesuppleerd (Tabel 4.1). Tot 1999 vonden deze suppleties plaats als strand- of duinsuppleties. Sinds 1999 wordt een groot gedeelte van het suppletievolume op de vooroever neergelegd. Het aantal vooroever- en strandsuppleties is ongeveer gelijk, alleen het gemiddelde volume per vooroeversuppletie (gemiddeld 1 miljoen m<sup>3</sup>/suppletie) is significant groter dan het gemiddelde volume van 470.000 m<sup>3</sup> per strandsuppletie. In Appendix F, Figuur F.1 t/m Figuur F.8 is te zien waar en wanneer de suppleties zijn uitgevoerd.

Figuur 4.1 laat zien dat vrijwel het gehele kustvak tussen km. 0 en 50 regelmatig gesuppleerd wordt. De meeste suppleties en de grootste hoeveelheden concentreren zich bij de notoire 'hotspots': Julianadorp (km 6), Callantsoog (km 14), Bergen (km 33) en Egmond (km 38). Recente studies (Pot, 2011, Van der Spek en Elias, 2013) geven aan dat er aan de Noord-Hollandse kust meer zand is gesuppleerd dan eigenlijk noodzakelijk is om de structurele erosie tegen te gaan (paragraaf 3.3.2).

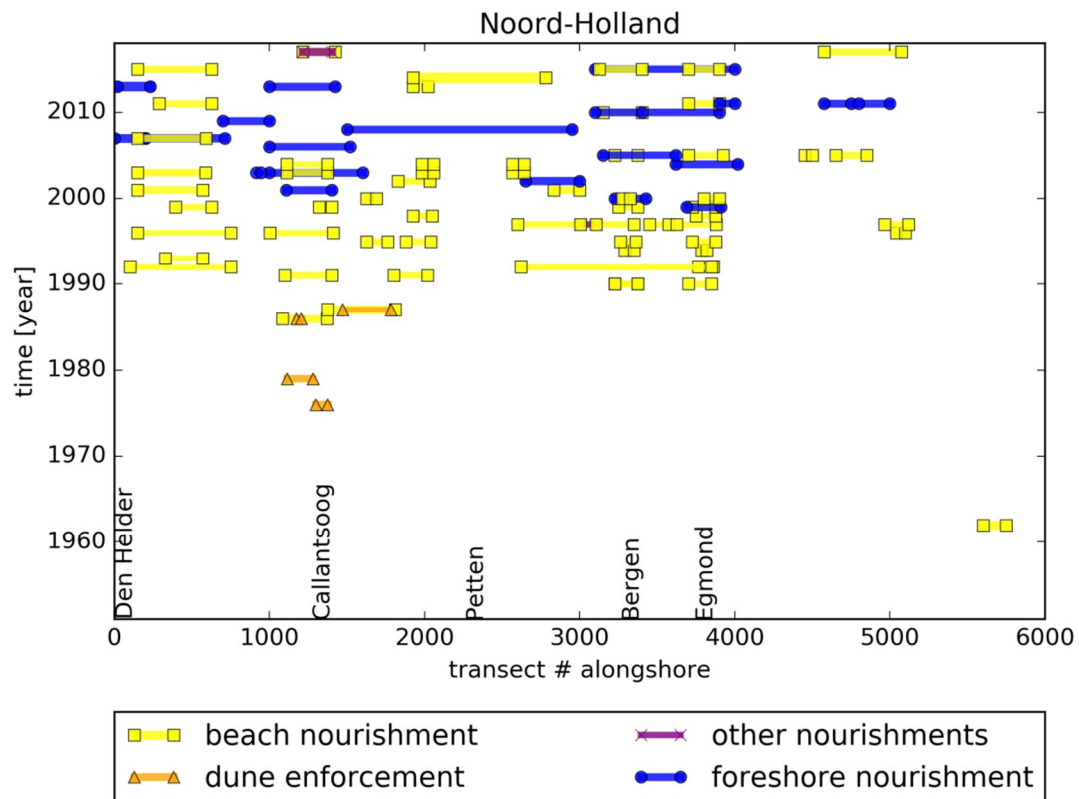
In 2013 is er voor het eerst een geulwandsuppletie in het Nieuwe Schulpengat nabij Den Helder uitgevoerd, zie paragraaf 4.2.4.

Een zeer grote suppletie is uitgevoerd in 2014-2015. Hierbij is 35 miljoen m<sup>3</sup> zand aangebracht op de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, zie paragraaf 4.2.5.





Figuur 4.1 : Overzicht cumulatieve suppletiehoeveelheden Noord-Holland in m<sup>3</sup>/m uitgevoerd tussen IJmuiden en Den Helder t/m 2017 (transect # alongshore 1000 = raai 1000 = RSP 10 of km 10)



Figuur 4.2 Overzicht suppleties kustvak Noord-Holland t/m 2017. Kleuren geven de soort suppletie aan: Geel = strandsuppletie, Blauw = vooroeversuppletie, Oranje = duinversterking.

Tabel 4.1 Overzicht uitgevoerde suppleties tussen de Helderse en Hondsbossche Zeewering t/m 2016 (op basis van de suppletiedatabase voorjaar 2017).

Locatie	Jaar	Begin Raai	Eind Raai	Type	Volume (situ) m <sup>3</sup>	Volume [m <sup>3</sup> /m]
Ijmuiden	1962	57.00	57.00	strandsuppletie	1500000	
Callantsoog	1976	12.975	13.75	duinverzwaring	342000	4413
Callantsoog	1979	11.15	12.8	duinverzwaring	470000	2848
Callantsoog	1986	11.75	12.05	duinverzwaring	77913	2597
Callantsoog	1986	10.825	13.725	strandsuppletie	1242434	4284
Zwanenwater	1987	14.7	17.84	duinverzwaring	155000	494
Zwanenwater	1987	13.755	18.1	strandsuppletie	1695000	3901
Bergen aan Zee	1990	32.25	33.75	strandsuppletie	60000	400
Bergen aan Zee	1990	32.25	33.75	strandsuppletie	385774	2572
Egmond	1990	37	38.5	strandsuppletie	323318	2155
Callantsoog	1991	11	14	strandsuppletie	538404	1795
Petten	1991	18	20.18	strandsuppletie	371418	1704
Egmond-Camperduin	1992	26.2	38.5	strandsuppletie	1472640	1197
Den Helder	1992	1	7.5	strandsuppletie	615527	947
Egmond	1992	37.65	38.6	strandsuppletie	69225	729
Den Helder	1993	3.28	5.68	strandsuppletie	280000	1167
Bergen aan Zee	1994	32.9	33.5	strandsuppletie	100683	1678
Egmond	1994	37.85	38.2	strandsuppletie	106343	3038
Bergen aan Zee	1995	32.625	33.625	strandsuppletie	306000	3060
Egmond	1995	37.25	38.75	strandsuppletie	306000	2040
Petten	1995	18.8	20.4	strandsuppletie	361740	2261
Zwanenwater	1995	16.24	17.6	strandsuppletie	306840	2256
Zijpe	1996	10.01	14.1	strandsuppletie	459000	1122
Den Helder	1996	1.5	7.5	strandsuppletie	400000	667



Heemskerk	1996	50.425	51	strandsuppletie	180050	3131
Heemskerk	1997	49.65	51.2	strandsuppletie	304450	1964
Bergen-Egmond	1997	34.5	35.75	strandsuppletie	158000	1264
Egmond	1997	36.25	38.80	strandsuppletie	314000	1231
Bergen aan Zee	1997	30.05	31.05	anders	132690	1327
Bergen aan Zee	1997	31.05	33.5	strandsuppletie	352000	1437
Schoorl	1997	26	30.05	strandsuppletie	547000	1351
Egmond	1998	37.5	38.75	strandsuppletie	244442	1956
Zijpe	1998	19.25	20.5	strandsuppletie	228901	1831
Julianadorp	1999	3.95	6.28	strandsuppletie	287480	1234
Bergen aan Zee	1999	32.5	33.75	strandsuppletie	205793	1646
Egmond	1999	37.25	38.75	strandsuppletie	214515	1430
Callantsoog	1999	13.2	14	strandsuppletie	144000	1800
Egmond	1999	36.9	39.1	vooroeversuppletie	880100	4000
Zwanenwater	2000	16.26	16.88	strandsuppletie	120000	1935
Bergen aan Zee	2000	32.25	34.25	vooroeversuppletie	994000	4970
Bergen aan Zee	2000	32.75	33.25	strandsuppletie	225000	4500
Egmond	2000	38	39	strandsuppletie	207445	2074
Bergen	2001	28.32	30	strandsuppletie	511127	3042
Den Helder	2001	1.5	5.68	strandsuppletie	1290240	3087
Zijpe	2001	11.08	14.01	vooroeversuppletie	1499940	5119
Petten	2002	18.27	20.35	strandsuppletie	500561	2407
Camperduin	2002	26.5	30	vooroeversuppletie	1972272	5635
Callantsoog-Zwanenwater	2003	10	16	vooroeversuppletie	2315360	3859
Den Helder-Julianadorp	2003	1.5	5.88	strandsuppletie	1305458	2980
Callantsoog	2003	11.1	13.75	strandsuppletie	438155	1653

Petten	2003	19.83	20.58	strandsuppletie	230577	3074
Groote Keeten	2003	9.13	9.43	vooroeversuppletie	12243	408
Camperduin	2003	25.65	26.41	strandsuppletie	357788	4708
Aansluitconstructie Petten	2004	19.83	20.58	strandsuppletie	133783	1784
Callantsoog	2004	11.1	13.74	strandsuppletie	263972	1000
Egmond aan Zee	2004	36.2	40.2	vooroeversuppletie	1800699	4502
Aansluitconstructie Camperduin	2004	25.65	26.41	strandsuppletie	219500	2888
Bergen	2005	32.25	33.75	strandsuppletie	300436	2003
Egmond	2005	37	39.25	strandsuppletie	486023	2160
Castricum-Heemskerk	2005	46.5	48.5	strandsuppletie	519850	2599
Castricum	2005	44.5	45	strandsuppletie	6000	120
Bergen	2005	31.5	36.2	vooroeversuppletie	1306114	2779
Callantsoog - Zwanenwater	2006	10	15.2	vooroeversuppletie	1651965	3177
Den Helder	2007	0.00	2.00	geulwandsuppletie	1782263	8911
Den Helder-Julianadorp	2007	2	7.1	vooroeversuppletie	3239103	6351
Den Helder-Julianadorp	2007	1.5	5.9	strandsuppletie	1350448	3069
Hondsbosche- en Pettemer Zeewering	2008	15.00	29.50	vooroeversuppletie	5700348	3931
Den Helder - Julianadorp	2009	7.00	10.00	vooroeversuppletie	1301565	4339
Bergen - Egmond	2010	34.00	39.00	vooroeversuppletie	1713913	3428
Bergen	2010	31.50	34.00	strandsuppletie	500000	2000
Bergen	2010	31.00	34.00	vooroeversuppletie	1124348	3748
Egmond	2011	37.00	39.00	strandsuppletie	400000	2000
Heemskerk	2011	45.75	47.50	vooroeversuppletie	719656	4112
Heemskerk	2011	48.00	50.00	vooroeversuppletie	880344	4402
Egmond	2011	39.00	40.00	vooroeversuppletie	360870	3609

11202190-000-ZKS-0008, 16 augustus 2018, definitief

Julianadorp	2011	2.89	6.28	strandsuppletie	652020	1923
Callantsoog	2013	10.0	14.21	vooroeversuppletie	2000000	4751
Den Helder	2013	0.20	2.30	geulwandsuppletie	3500000	16667
Petten	2013	19.40	20.41	strandsuppletie	360000	3564
HBPZ	2014	19.25	27.82	strand-duinsuppletie	35000000	40840
Bergen-Egmond noord	2015	31.25	34.00	strandsuppletie	605000	2200
Bergen-Egmond zuid	2015	37.00	39.00	strandsuppletie	432500	2163
Julianadorp	2015	1.50	6.28	strandsuppletie	1000000	2092
Bergen-Egmond	2015	31.00	40.00	vooroeversuppletie	2500000	2778
Callantsoog	2017	12.13	14.01	diepe vooroever		
Callantsoog	2017	12.13	14.21	strandsuppletie		
<b>Totaal</b>					<b>99929566</b>	

#### 4.2.2 Evaluatie vooroeversuppleties

In de afgelopen jaren is er al veel onderzoek gedaan naar het gedrag en de effectiviteit van strand- en vooroeversuppleties (o.a. Roelse 2002, Spanhoff et al., 2004; van Rijn en Walstra, 2004; Pwa, 2006, Van Duin et al., 2004; Grunnet et al., 2005; Spanhoff & Van der Graaff, 2007; Ojeda et al., 2008). Een uitgebreide samenvatting en richtlijnen voor uitvoering van vooroeversuppleties zijn gegeven door van der Spek et al. (2007). Deze studies concluderen dat de vooroeversuppleties zichzelf binnen enkele maanden hervormen in een bank-trog systeem. Dit nieuwe banksysteem verstoort het autonome bankgedrag. Het is een hypothese dat gedurende de periode van verstoring, het hervinden van evenwicht in het profiel, de suppletie voor voeding van het profiel zorgt. (o.a. Van Duin et al., 2004; Grunnet et al., 2005). De periode van verstoring wordt vaak gebruikt als indicator van de levensduur van de vooroeversuppletie. De mechanismen achter de voeding van de suppletielocatie naar de kust kunnen zijn:

- 1 Het vergroten van golfdissipatie op de suppletie, waardoor er in het achterliggende gebied een reductie van de golf-gedreven langsstroming plaatsvindt. Hierdoor vindt er een toename van depositie plaats (Grunnet et al., 2005).
- 2 De landwaartse verplaatsing van de suppletie door golf-asymmetrie.

Ook de recente analyse van het sedimentvolume en het bankgedrag (Van der Spek en Elias, 2013) laten zien dat het dynamisch handhaven van de kustlijn door suppleties succesvol is. De structurele erosie van de kustlijn is gestopt en de sedimentvolumes zijn toegenomen. Dit laatste resulteert in een zeewaartse verplaatsing van de kustlijn en een ondiepe vooroever. Het toepassen van relatief grote vooroeversuppleties (gemiddeld 1 miljoen m<sup>3</sup> zand per suppletie) heeft (wel) een effect op de aanwezige bankensystemen. De suppleties blokkeren de van nature zeewaartse migratie van de banken. Dit resulteert in de vorming van nieuwe binnenbanken en bifurcatiepunten ('splittingsen' van de zandbank in twee banken). De stabiliserende werking van de vooroeversuppleties kan meerdere jaren voortduren. Vooral de grote vooroeversuppleties aangelegd bij Egmond en Bergen laten deze respons zien; zie paragraaf 4.2.3 en 4.3.4 voor meer details.

Over de levensduur van vooroeversuppleties is nog veel onduidelijkheid. Zo had de Egmondse vooroeversuppletie van 1999 een levensduur van slechts 2 jaar (Van Duin et al., 2004).

In de literatuur wordt het effect van vooroeversuppleties vaak gesplitst in een kustlangs en een kustdwars effect (van Rijn en Walstra, 2004). Hoge golven breken op de vooroeversuppletie, waardoor het golfklimaat achter de suppletie milder is. Hierdoor treedt er een vermindering van de kustlangse stroming en dus langstransport capaciteit op, waardoor er sedimentatie kan optreden. Een nadeel is dat er mogelijk ook erosie in het gebied stroomafwaarts waar de langstransporten weer toenemen kan optreden. Het kustdwars effect wordt omschreven als: hoge golven breken aan de zeewaartse zijde van de vooroeversuppletie, niet-brekende golven propageren kustwaarts en genereren een landwaarts transport door golf-asymmetrie over het gesuppleerde gebied. De lagere golven aan de lijszijde van de suppletie genereren minder opwoeling van sediment en de golfgedreven retourstroom (kustdwarse stroming) vermindert. Dit resulteert in een verhoging van het landwaartse transport aan de zeewaartse zijde van de suppletie en een verlaging van het zeewaartse transport landwaarts van de suppletie.

#### 4.2.3 Vooroeversuppleties Egmond & Bergen

Veel kennis is opgedaan door analyse van de vooroeversuppleties van 1999 en 2000 nabij Egmond en Bergen (o.a. van Duin en Wiersma, 2002; van Duin et al., 2004; Spanhoff et al. 2004; Cohen en Briere, 2007). De rapportage van Duin et al. (2002) is onderdeel van een serie studies naar het effect van de vooroeversuppletie nabij Egmond van 1999 d.m.v. data- en modelanalyse. In deze studie wordt o.a. de detailontwikkeling van de profielen en volumina uitgebreid geanalyseerd. De studie van Spanhoff et al. (2004) geeft een goede basis voor het begrijpen van de werking van de grote vooroeversuppleties uitgevoerd in dit kustvak.

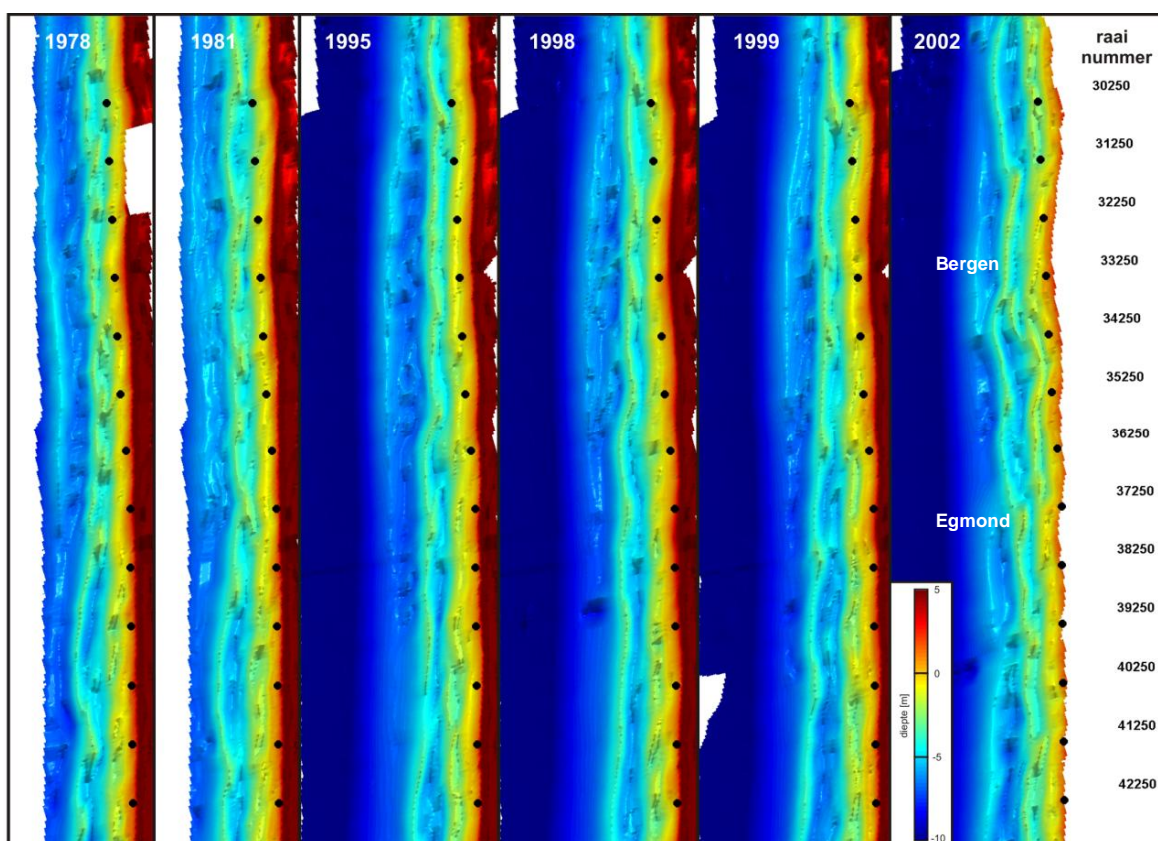
Spanhoff et al. (2004) beschrijven dat het natuurlijke gedrag van het kustvak van Bergen-Egmond in grote lijn overeenkomt met de rest van het Nederlandse kuststelsel. Een opvallend kenmerk van dit kuststelsel is de neiging van de brekerbanken zich op te delen in segmenten met een lengte van ongeveer 2 km. Op de verbindingen van deze segmenten (zie Figuur 4.3) ligt de bank het dichtst bij de kust en het hoogst. Deze lokale hoogten in de bank worden door Spanhoff et al. "druppels" genoemd vanwege hun vorm. De druppels zijn soms in opeenvolgende jaren volgbaar en kunnen zich tot 200 m/jaar kustlangs verplaatsen.

Na drie jaar (1981-1978 resp. 1998-1995 in Figuur 4.3) is de voormalige buitenste bank (ca. 750 m uit de kust) duidelijk verder afgestorven. Het bankenpatroon herhaalt zich periodiek (vgl. 1995 en 1978; tussentijds lagen de banken er anders bij). Ter hoogte van de druppels (op de verbindingen van de boogsegmenten) bouwen strand en waterlijn uit. De veranderingen in bankpositie gaan geleidelijk in het "ongestoorde" systeem (1978-1981 resp. 1995- 1998/1999), maar zijn relatief groot na de vooroeversuppleties (1999-2002)."

De suppleties bij Egmond en Bergen liggen relatief dicht bij elkaar. Toch verschilt de morfologische respons na aanbrengen van een vooroeversuppletie (zie ook De Sonnevillie en Van der Spek, 2012). Dit komt o.a. door lokale verschillen in:

1. De beginsituatie. Bij Bergen ligt bijvoorbeeld nog een relict van een vroegere buitenste bank en het banksysteem bij Egmond loopt in fase voor op dat bij Bergen,
2. De suppletievorm. Bij Egmond symmetrisch rond één druppel, bij Bergen van één druppel naar een volgende; bij Bergen 20% meer zand per strekkende meter; bij Egmond kustdwars ca. 260m breed, bij Bergen ca. 375m, dus smaller resp. breder dan de natuurlijke afstand van ca. 300m tussen de twee brekerbanken.
3. De golfomstandigheden in de eerste winter na aanleg. De winter van 1999/2000 had méér golven uit het noorden dan de winter van 2000/2001.

Spanhoff et al. (2004) komen tot de belangrijke conclusie dat zowel bij Egmond als Bergen het zandlichaam van de vooroeversuppletie zich direct vervormt tot een bank/trogsysteem. Bij Egmond komt deze bank midden op het suppletielichaam te liggen (en de trog landwaarts ervan, waarbij de oorspronkelijke buitenste bank landwaarts wordt gedrukt), bij Bergen vormt zich de bank daarentegen op de zeewaartse helft van het lichaam (met de trog in de landwaartse helft en wordt de oorspronkelijke bank minder beïnvloed).



Figuur 4.3 Illustratie van het bankgedrag bij Egmond en Bergen aan de hand van vergriddde JarKus data (1978, 1981, 1995, 1998, 1999 en 2002).

De studie van Cohen en Briere (2007) geeft een aanvulling op de studie van Spanhoff et al. door analyse van de ARGUS datasets over de periode 1999-2006. Bij Egmond worden al sinds 1998 ARGUS opnamen gemaakt door camera's geplaatst 3 kilometer ten zuiden van Egmond (RSP 41.25). Sinds 1999 zijn er aanvullende camera's bevestigd aan de vuurtoren Jan van Speijk (RSP 38). In totaal kan met beide stations een stuk strand van bijna 7 kilometer lengte continue worden gemonitord.

De belangrijkste waarnemings en conclusies uit de studie Cohen en Briere (2007) zijn:

- 1 Het intergetijdestrand streeft naar dezelfde oorspronkelijke vorm in kustlangse richting met een hotspot in het zuiden en een uitbouw centraal en in het noorden. Deze hotspot blijft gedurende de gehele studieperiode bestaan, ook al wordt er gesuppleerd. Strandsuppleties verminderen de hotspot tijdelijk, maar naarmate de tijd verstrijkt erodeert de hotspot weer tot de oorspronkelijke staat. Het strand lijkt een natuurlijke kustlangse vorm te hebben die voortdurend terugkeert.
- 2 De kustdwarse dynamiek is dominant boven de kustlangse effecten in de veranderingen in de intergetijdevolumina. Daarbij spelen golfcondities tijdens een seizoen een belangrijke rol in deze dynamiek. Een winterseizoen met veel zware stormen laat veel sterkere erosie zien dan een winterseizoen met minder zware stormen.
- 3 Er is een grote positieve correlatie aanwezig tussen het gedrag van het intergetijde volume en dat van de kustlijn positie.
- 4 Het effect van de vooroever-suppletie strekt kustlangs verder dan het gebied waar deze geplaatst is, in ieder geval 2 km ten zuiden van het zuidelijke einde van de vooroever-suppletie bij Egmond in 2004.



- 5 In 2004 is zeer sterk het effect van de in 2004 uitgevoerde vooroeversuppletie te zien in het kustdwarse gedrag van de middelste bank. De zeewaartse migratie keert om naar landwaarts en het seizoenspatroon wordt minder sterk dan voor de suppletie. De buitenste bank stopt na de suppletie met zeewaarts te verplaatsen en blijft stabiel liggen.
- 6 Het kustdwarse gedrag van de binnenste bank lijkt niet beïnvloed te worden door het aanbrengen van de vooroeversuppletie. De zeewaartse migratie blijft met hetzelfde tempo als voor de suppletie doorgaan.
- 7 De middelste bank vertoont vóór de vooroeversuppletie (2004) een hoge kustlangse variabiliteit in kustdwarse positie, maar na de suppletie is de kustdwarse positie stabiel.
- 8 Na het aanbrengen van de vooroeversuppletie (2004) wordt de zeewaartse migratie van het noordelijk deel zwakker en krijgt deze dezelfde grootte als de migratie in het zuidelijk deel. De kustdwarse variabiliteit wordt in het hele kustlangse gebied kleiner en de variaties worden stabiel (blijven op hun plaats liggen). In het algemeen is op te merken dat er vóór het aanbrengen van de vooroeversuppletie in 2004 een hoge correlatie te zien is tussen de dynamiek van de binnenste bank en die van de middelste bank.
- 9 Twee jaar na de eerste vooroeversuppletie (1999) en strandsuppletie (2000) is er geen positief effect meer te zien in het intergetijdestrandvolume en de strandbreedte. Twee jaar na de tweede vooroeversuppletie (2004) en strandsuppletie (2005) is er wel een duidelijk positief effect te zien. Het verschil in respons ligt waarschijnlijk in een combinatie van mildere golfcondities en een groter volume van de vooroeversuppletie in het tweede geval. Het zaagtand concept (een sterke plotselinge toename en vervolgens een geleidelijke afname) is niet duidelijk te herkennen in de ontwikkeling van intergetijdevolume en strandbreedte, want de seizoensvariaties zijn zo sterk dat deze het beeld verstoren.
- 10 Het effect van de eerste vooroeversuppletie (1999) beïnvloedt het bankgedrag 1,5 tot 2 jaar, daarna keren de banken weer terug naar hun oorspronkelijke gedrag van zeewaartse verplaatsing.

De Sonnevile en Van der Spek (2012) bekijken 5 grote vooroeversuppleties aangelegd tussen 1999 en 2005. Hun analyse laat zien dat de beschouwde vooroeversuppleties zich ontwikkelen tot nieuwe buitenbanken. Deze banken verstoren het autonome gedrag van cyclisch zeewaartse migratie van de brekerbanken zoals beschreven door Wijnberg (1995). De invloed van suppleren op bankgedrag werd ook eerder onderkend. Spanhoff en van de Graaf (2007) geven aan dat bij plaatsing van een suppletie de status van het bankensysteem in ogenschouw moet worden genomen om negatieve effecten te beperken. Goede timing binnen de bankcyclus kan een effectieve volumetoename van de MKL zone bewerkstelligen.

#### 4.2.4 Evaluatie geulsuppletie Nieuwe Schulpengat (Elias et al. 2012)

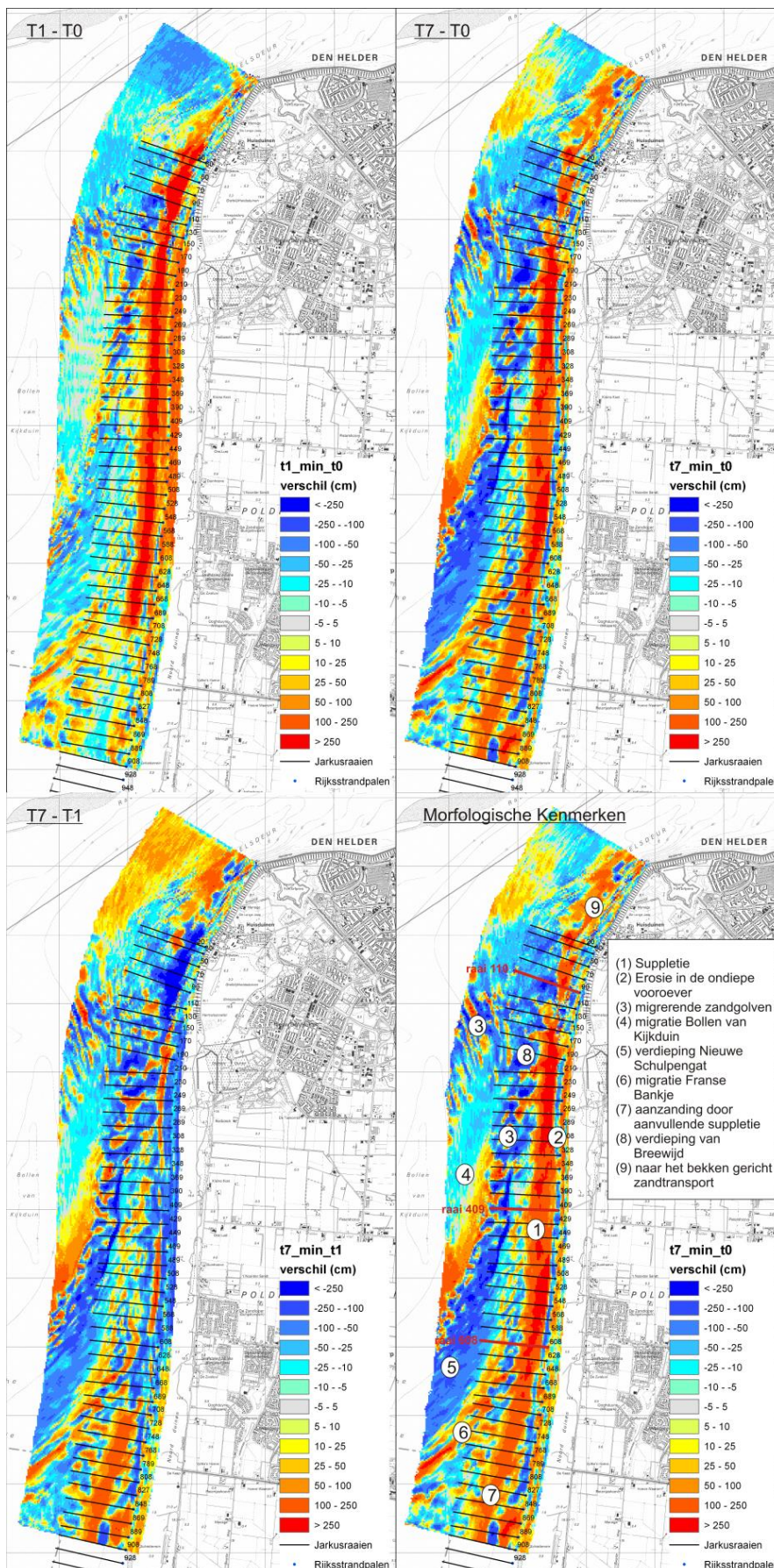
In 2007 is er een grootschalige suppletie uitgevoerd bij de kust van Den Helder, tussen Julianadorp en de Helderse Zeewering. In de evaluatie "Ontwikkeling suppletie tussen Den Helder en Julianadorp 2007" (Elias et al. 2012) is het gedrag van de suppletie en de ontwikkeling door de tijd uitvoerig beschreven. In deze paragraaf vatten we de belangrijkste bevindingen samen.

De uitgevoerde suppletie aan de kop van Noord-Holland in 2007 is een gecombineerde geulwand<sup>2</sup>-, vooroever- en strandsuppletie. In overleg is besloten om een deel van het zandvolume van de vooroeversuppletie te gebruiken voor een geulsuppletie ten noorden van het beoogde suppletiegebied. De vraag was hoe een suppletie zich in de dynamische omgeving ter plaatse van het Zeegat van Texel zou handhaven. Verwacht werd dat vooral de grote transportgradiënt naar de geul Marsdiep invloed zou hebben op de ontwikkelingen van de suppletie.

In de verschilkaarten getoond in Figuur 4.4 is de suppletie duidelijk zichtbaar (T1-T0). De bodemverandering door de aanleg wordt weergegeven door de T1-T0 meting, waarin de suppletie zich als een kustlangs blok (> 1 m hoogteverschil) tussen Julianadorp en het begin van de Helderse Zeewering uitstrekt. Het totale volume dat is aangebracht bedraagt 7.3 miljoen m<sup>3</sup> zand. De vooroeversuppletie vormt een langgerekt blok, met een ontwerphoogte van -5 m NAP en ontwerp volume van 3,4 miljoen m<sup>3</sup>, tussen de kop van de Helderse Zeewering (raai 2.00) en raai 7.1. De aanleg is gestart op 3 augustus 2007 en voltooid op 24 december 2007. Landwaarts van de vooroeversuppletie (tussen raai 1.50 en 5.88) is de strandsuppletie zichtbaar (ontwerpvolume 1,35 miljoen m<sup>3</sup>). De geulsuppletie is uitgevoerd van raai 0 t/m raai 2.0 met een ontwerp volume van 1,6 miljoen m<sup>3</sup>. De aanleg is gestart op 2 augustus 2007 en voltooid op 22 december 2007. Ook na 3,5 jaar kunnen we met name de vooroeversuppletie nog duidelijk terugzien in de bodemverandering (Figuur 4.4, T7-T0). De verschilkaarten geven het volgende beeld:

1. De suppletie is duidelijk zichtbaar in zowel de T1 als de T7 bodem (zie bovenste kaarten T1-T0 en T7-T0).
2. Direct langs de kust vindt erosie plaats (zie kaart T7-T1). Deze is waarschijnlijk gerelateerd aan golfgedreven transporten en herverdeling van sediment. Dit resulteert in een landwaartse verplaatsing van de Momentane Kustlijn.
3. Significante lokale verschillen: Afwisselende patronen van sedimentatie en erosie zijn aanwezig. Deze zijn waarschijnlijk gerelateerd aan migrerende zandgolven. Deze zandgolven zijn zowel voor als na suppletie aanwezig.
4. Erosie aan de noordzijde van de Bollen van Kijkduin en sedimentatie aan de zuidoostelijke zijde (en erosie van Nieuwe Schulpengat). Dit geeft aan dat de Bollen zich nog langzaam zuidwaarts en landwaarts verplaatsen.
5. Verdieping van het zuidelijke gedeelte van het Nieuwe Schulpengat.
6. Landwaarts opschuiven van het Franse Bankje. Waarschijnlijk is dit gerelateerd aan de verplaatsing van de Bollen van Kijkduin. Ter hoogte van de Bollen van Kijkduin verdiept het Nieuwe Schulpengat met gemiddeld 0,15 – 0,70 m/j.
7. Ten zuiden van de oorspronkelijke suppletie is in 2009 een aansluitende vooroeversuppletie uitgevoerd. Dit is in de verschilkaarten T7-T0 en T7-T1 duidelijk te zien als sedimentatiegebied.
8. Ter plaatse van het Breewijd is er een doorgaande trend van verdieping. Direct na aanleg is er een sterke verdieping aan de teen van de suppletie.
9. Sedimentatie in de Helsdeur lijkt erop te duiden dat een gedeelte van de suppletie het bekken in wordt getransporteerd, langs de teen van de Helderse Zeewering. Ook langs het zeewaartse talud vindt sedimentatie plaats. Het is niet geheel duidelijk of dit in werkelijkheid optreedt of dat het een meetonnauwkeurigheid is (gezien het grote geel / oranje vlak verder zeewaarts).

<sup>2</sup> De voorgaande geulwandsuppleties in het Oostgat hadden een duidelijk andere vorm; deze suppleties waren hoger in het profiel, tegen de wand van de geul aangelegd en hadden een grotere helling. De suppletie bij Julianadorp heeft meer de vorm van een (zandige) teenbestorting. Vandaar dat voor deze suppletie de term geulsuppletie wordt gebruikt i.p.v. geulwandsuppletie.



Figuur 4.4 Verschilkaart in bodemhoogte tussen T1 – T0 meting (linksboven), T0 en T7 meting (rechtsboven), T7 – T1 (linksonder) en samenvatting van de morfologische verschillen (rechtsonder, zie tekst voor nadere uitleg).

T0-T1 : voor en na aanleg (zomer 2007 – januari 2008)

T0-T7 : totale bodemhoogteverandering tussen zomer 2007 (voor aanleg) en februari 2011 (verandering inclusief aanleg van de suppletie)

T1-T7 : morfologische verandering van de suppletie in de eerste 3 jaar na aanleg (januari 2008 – februari 2011 verandering exclusief aanleg).

### Opname data

T0 = 18-6 / 13-9-2007

T1 = 2-1 / 9-1-2008

T2 = 21-4 / 3-5-2008

T3 = 6-10 / 16-12-2008

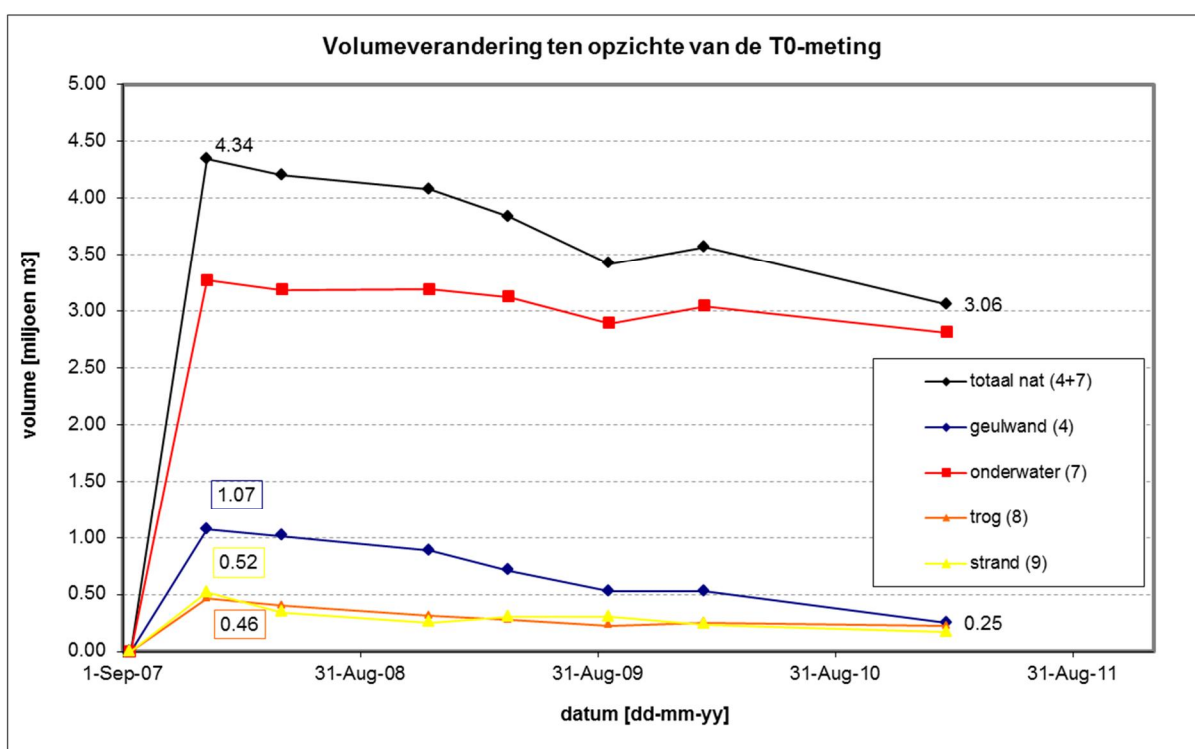
T4 = 30-3 / 16-4-2009

T6 = 5-2 / 11-2-2010

T7 = 16-2 / 18-2-2011

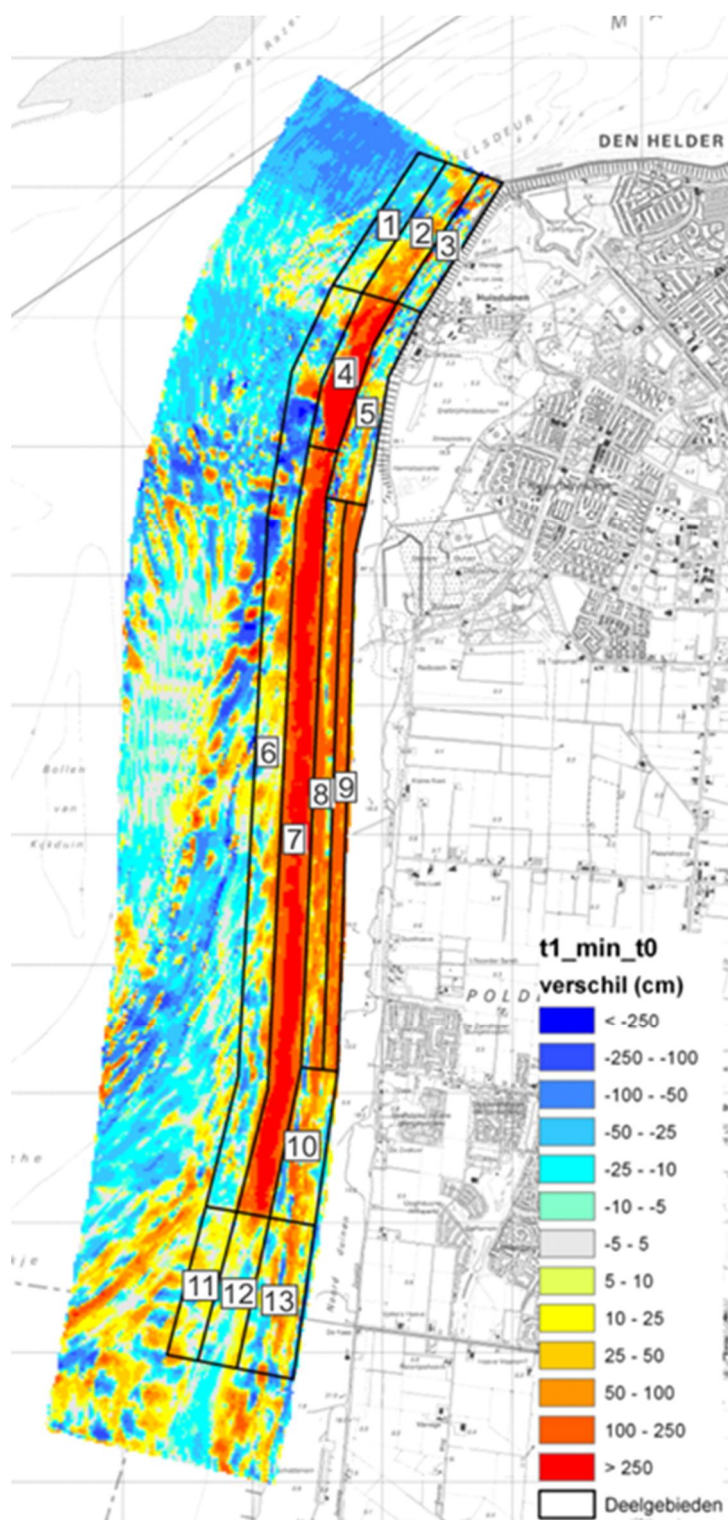
Figuur 4.5 geeft een overzicht van de volumeontwikkeling van de suppletie. De T0-T1 meting is een benadering van de toename van het zandvolume door de suppletie. In totaal is er in deze periode 5,7 miljoen m<sup>3</sup> sediment in het kustvak geaccumuleerd. Deze 5,7 miljoen m<sup>3</sup> aanzanding is significant lager (-24%) dan de 7,3 miljoen m<sup>3</sup> die er volgens het beunvolume zou zijn neergelegd. Er zitten vaak systematische verschillen in volume gemeten in-situ en in het beun. Ter plaatse van de gecombineerde strand-vooroeversuppletie kan 4,25 miljoen m<sup>3</sup> zand van de 5,5 miljoen m<sup>3</sup> in beunvolume worden getraceerd, een verlies van -22%. Ter plaatse van de geulsuppletie is er zelfs een verlies van 41% tussen beunvolume en de T1-T0 waarde (1,83 miljoen versus 1,1 miljoen m<sup>3</sup>). Het is ook waarschijnlijk dat een significant verlies is opgetreden bij de aanleg van de geulsuppletie door de hoge stroomsnelheden ter plaatse.

De verdere ontwikkeling van de suppletie kan beschreven worden door de erosie te bepalen tussen de T1 en T7 meting (Figuur 4.5 en Figuur 4.6). Gedurende deze periode is 1,87 miljoen m<sup>3</sup> (31%) geërodeerd uit dit kustvak. In dit getal zit echter wel een toename van 0,4 miljoen m<sup>3</sup> in vakken 11-13 ten gevolge van de aanvullende suppletie in 2009. De strand- en geulsuppletie zijn procentueel het sterkst in volume afgenomen met respectievelijk 352.000 en 824.000 m<sup>3</sup> (-68% en -77%). De afname van de vooroeversuppletie is beperkt tot 460.000 m<sup>3</sup> (14% van het aangebrachte volume).



Figuur 4.5 Samenvatting van de volumeontwikkelingen van geselecteerde polygonen; (boven) totale suppletie t.o.v. de T0 meting, (midden) vooroeversuppletie en (onder) strandsuppletie.





Figuur 4.6 Definitie zandbalans polygoenen en volumes per polygoon (links) direct na aanleg (T1-T0) en na 3.5 jaar (T7-T1).

Volumeontwikkeling T0 – T7		
Poly goon	T1-T0	T7-T1
	x1000m <sup>3</sup>	X1000M <sup>3</sup>
1	-43	152
2	97	36
3	3	27
4	1072	-824
5	51	-110
6	61	-306
7	3269	-460
8	463	-240
9	519	-352
10	112	-65
<b>Totaal 1-10</b>	<b>5603</b>	<b>-2142</b>
11	27	39
12	15	369
13	77	-62
<b>Totaal 1-13</b>	<b>+5723</b>	<b>-1796</b>

De suppletie uitgevoerd bij Julianadorp is eigenlijk niet te vergelijken met de geulwand-suppletie in het Oostgat (Vermaas en Bruens 2013). De suppletie bij Julianadorp bestond uit drie delen:

- 1 Een geulsuppletie in het noordelijke gedeelte waar de geul middels een steil talud overgaat in het strand.
- 2 Een vooroeversuppletie die zich uitstrekt tussen Breewijd en het Franse Bankje.
- 3 landwaarts hiervan een strandsuppletie.

Samenvattend kunnen we de ontwikkeling van de suppletie beschrijven als:

- I. Verstoring van het evenwicht door aanbrengen van suppletie.
- II. Vervorming van het zandpakket zodat (dynamisch) evenwicht ontstaat:  
In de surfzone erosie voornamelijk door golfgedreven transporten. In het diepere gedeelte, uitzakken van het zandpakket naar een evenwichtsprofiel.
- III. Kop- en staarterosie van de suppletie:  
Alleen aan de kop van de suppletie is er een mechanisme dat significante erosie veroorzaakt. De grote getijsnelheden langs de Helderse Zeewering zorgen hier voor een sedimentopnamecapaciteit en erosie.
- IV. Stabiel middengedeelte; op korte termijn stabiel immers:
  - (a) Er is geen opnamecapaciteit. De bulk van de stroming zit in het Nieuwe Schulpengat en dit ligt zeewaarts van de suppletie.
  - (b) Stroming langs kop en staart zal hier het sediment opnemen. In het middengedeelte is er dus geen (of hooguit een geringe) netto opnamecapaciteit.
  - (c) Versnelling van de stroming bij de kop en staart zorgt hier voor sedimentopname en erosie. De volgende vertraging en consolidatie achter kop en staart geven sedimentatie. In wezen voeden kop en staart het midden van de suppletie. Dit proces zet zich voort tot kop en staart een evenwichtsvorm bereiken en er geen versnelling meer optreedt.
- V. Erosie op lange termijn: als het Nieuwe Schulpengat landwaarts migreert en direct insnijdt in de suppletie zal zich ook in het midden een transportcapaciteit ontwikkelen. Dan kan de erosie versneld optreden.

Kijken we naar de werking van de suppletie dan zien we dat deze in feite niet anders is dan bij normale (grote) suppleties. De afzonderlijke elementen ontwikkelen zich zoals verwacht. De vooroeversuppletie blijft goed intact en vormt een extra bijdrage aan het zandvolume binnen het systeem. Het zandpakket erodeert relatief langzaam, waardoor op grotere schaal een natuurlijke voeding van het systeem plaatsvindt. De geulsuppletie vormde een extra zandbuffer voor de Helderse Zeewering. Binnen ruwweg 3 jaar was deze buffer afgevoerd. De strandsuppletie heeft een identiek effect. Ook hier vindt een normale afslag van de suppletie plaats. De MKL bevond zich 4 jaar na suppletie over het algemeen nog zeewaarts van de oorspronkelijke (2007) positie.



#### 4.2.5 Versterking van de Hondsbossche- en Pettemer Zeewering

De Hondsbossche- en Pettemer Zeewering (raai 2041 - 2606), een voormalige 'zwakke schakel', is in 2014 en 2015 ingrijpend versterkt met zandsuppleties. Er is hier een nieuwe primaire waterkering aangelegd van strand en duinen over de bestaande harde kering. Door het project 'Kust op Kracht' veranderde de 5,5 kilometer lange zeewering van een metershoge verharde dijk met strekdammen in duinen en strand, zie Figuur 4.7. De kustlijn schoof 300 m zeewaarts. In totaal is er 35 miljoen m<sup>3</sup> zand gesuppleerd. Het gebied wordt nu ook wel Hondsbossche Duinen genoemd. De komende jaren zal de ontwikkeling van de kustlijn en het zandvolume hier nauwlettend gemonitord moeten worden. Er is nog geen evaluatie uitgevoerd in het kader van KPP-B&O Kust. Zie ook paragraaf 4.3.3.



Figuur 4.7 Versterking Hondsbossche- en Pettemer Zeewering (foto Elsevier)

### 4.3 Detailontwikkeling vooroever

In deze paragraaf bekijken we het gedrag van de Noord-Hollandse kust in meer detail. Deze paragraaf geeft een beeld van de morfologische veranderingen binnen de verschillende deelgebieden. Voor de beschouwing van de detailontwikkeling wordt de kust tussen IJmuiden en Den Helder onderverdeeld in de 7 deelgebieden<sup>3</sup> zoals eerder gedefinieerd door Van Rijn (1997). Deze deelgebieden staan weergegeven in Figuur 3.11. Voor de Jarkusraaien zie Figuur 1.1.

#### 4.3.1 Deelgebied 1; kust onder invloed Zeegat van Texel (km 0 – 8.1)

Deelgebied 1 bevindt zich rechtstreeks onder invloed van de buitendelta van het Zeegat van Texel. Vooral het verdiepen en opdringen van het Nieuwe Schulpengat heeft hier in grote mate de kustlijn beïnvloed. Paragraaf 3.2.2, 3.3.4, Figuur 3.8 en Figuur 3.9 beschrijven deze ontwikkelingen al op de grote schaal. In dit hoofdstuk behandelen we de detailontwikkeling van de kustlijn, zoals weergegeven in Figuur 4.9. Deze kustlijn wordt zowel gesuppleerd als in stand gehouden door harde beschermingsconstructies (zie Hoofdstuk 5.1). Hoewel dit deelgebied slechts 8 km kust beslaat is de kustlijn verre van uniform. Het deelgebied kunnen we op basis van de waargenomene morfologische ontwikkelingen en de voorliggende dwarsprofielkenmerken in 3 sub-deelgebieden onderverdelen. De raaien 210, 409 en 708 zijn illustratief voor deze 3 sub-deelgebieden (Figuur 4.10).

In het noordelijke gedeelte, JarKus raai 0 – 210, bevindt zich de steile geulwand van het Breewijd in het kustprofiel. Raai 210 geeft hiervan een representatief beeld (Figuur 4.10, boven). De steile geulwand van het Breewijd grenst hier direct aan de kustlijn, waarbij het steile talud van de vooroever iets ten noorden van dit profiel aansluit op de Helderse Zeewering. De MKL posities geven aan dat door frequent suppleren na 1990 de kustlijn hier wel gehandhaafd kan worden. Na suppletie is er een initieel sterke zeewaartse verplaatsing van de MKL. Deze wordt gevolgd door een versnelde erosie. Door frequent terugkerende suppleties keert de MKL echter niet terug naar de oorspronkelijke positie maar verschuift langzaam zeewaarts. Vooral de grote suppleties in 2003-2004 en 2007-2008 hebben een sterke verplaatsing van de MKL veroorzaakt. Door het geringe strandoppervlak is echter het suppletievolume dat effectief aangebracht kan worden klein en zijn er dus met regelmaat terugkerende suppleties benodigd. De in paragraaf 4.2.4 beschreven gecombineerde geul/strand/vooroeversuppletie is een alternatieve suppletiemethode waarin zowel de kustlijn, als de teen van de zeewering in ieder geval tijdelijk worden beschermd.

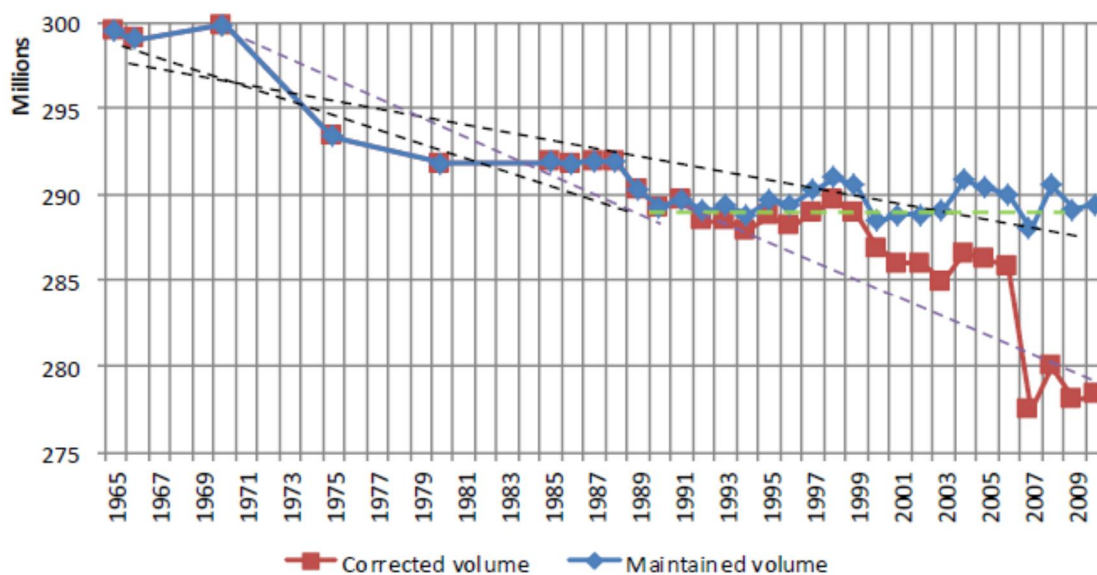
In zuidelijke richting zien we een klein ondiep platform op ongeveer 12m diepte. Dit platform fungeert als buffer tussen het diepste geulgedeelte van het Nieuwe Schulpengat en het strand. Raai 409 geeft een representatief beeld van de kustlijn tussen raai 201 en 608 waar dit platform aanwezig is. De profielontwikkeling van Raai 409 laat zien dat de trend van een landwaarts migrerend Nieuwe Schulpengat door lijkt te zetten (Figuur 4.10, midden). Het voormalige platform op de -12m dat een duidelijke scheiding tussen het Nieuwe Schulpengat en de kust vormde is op deze locatie vrijwel geheel opgeruimd. In zuidelijke richting is het platform nog wel aanwezig. De doorgaande erosie van het platform kan verstrekkende gevolgen hebben voor het toekomstige beheer. Vergelijken we de steilheid van het huidige talud met het talud van de iets noordelijk gelegen raai 210, dan zien we dat het laatste profiel veel steiler is. Dit impliceert dat in de nabije toekomst, met doorgaande migratie van Nieuwe Schulpengat, de geulwand zal vervormen tot een vergelijkbaar steil profiel. Dit zal grote

<sup>3</sup> NB: Deze indeling in deelgebieden wijken af van de indeling in kustdelen in paragraaf 3.3.7 Oorzaak is dat de deelgebieden in paragraaf 3.3.7 niet alleen ingedeeld zijn op basis van morfologische kenmerken zoals in Van Rijn (1997), maar ook op basis van suppletie strategie (type suppletie en intensiteit, zie voor verdere verklaring van de verschillen in indeling Giardino et al. (2011), Bijlage C).

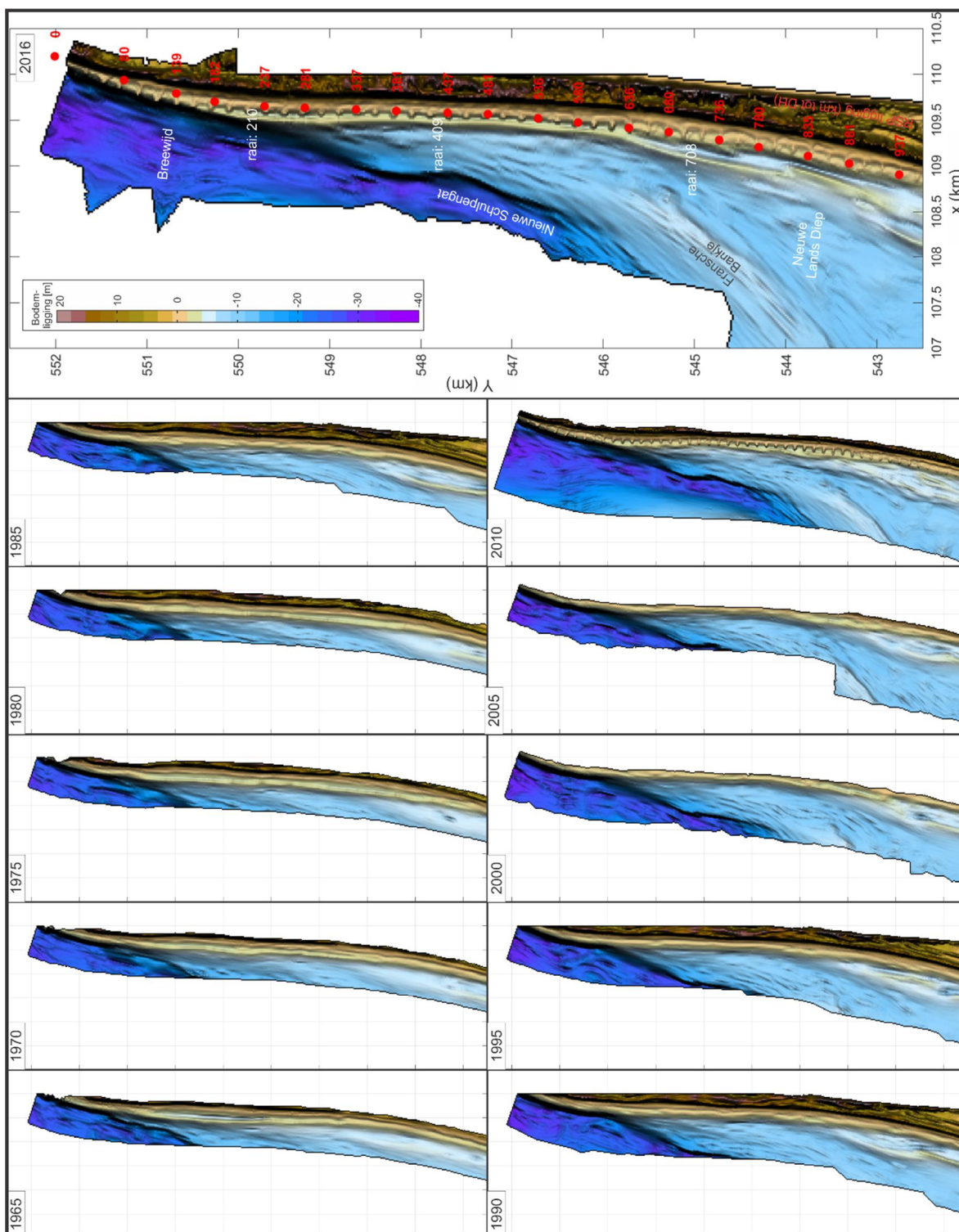
zandverliezen tot gevolg hebben. De erosie van het platform bevindt zich nog buiten het rekenbereik van de MKL en is daarom niet terug te zien binnen de MKL waarden. Binnen de MKL zone dragen de frequent terugkerende zandsuppleties juist bij tot een vergroting van het zandvolume. De exacte samenstelling van de geulwand is niet bekend. Van der Spek en van Heteren (2004) en Hijma (2017) geven aan dat er resistente lagen in het profiel aanwezig zijn. Het is onbekend hoe deze lateraal verspreid zijn, dit is echter wel van cruciaal belang voor de toekomstige geulmigratie of stabilisatie.

In de luwte van het Franse Bankje (raai 608 – 908) blijft de kust stabiel of breidt zich uit. Profiel 708 laat wel een landwaarts migrerend Franse Bankje zien (Figuur 4.10, onder). De effecten van deze migratie lijken beperkt te blijven; het Bankje blijft op vrijwel gelijke hoogte (maximaal tot NAP -5m) terwijl de geuldiepte van het Nieuwe Lands Diep slechts gering is toegenomen: 2.5m sinds 1970. Ook hier vertoont de MKL een trend van toenemend volume. Suppleties zijn op deze locatie slechts beperkt aangebracht. De sterke toename van het zandvolume sinds 1995 kan wel veroorzaakt zijn door het extra zandaanbod uit de vele suppleties in de nabije deelgebieden. Een mogelijke reden voor de stabiele of uitbouwende kust is de afscherpende werking van het Franse Bankje. De suppleties uitgevoerd in 2007 en 2009 zijn op deze locaties niet direct nodig maar onderdeel van een grotere suppletie.

Bovenstaand beeld komt ook in de waargenomen zandvolumeveranderingen tot uitdrukking (Figuur 4.8). Gecorrigeerd voor suppleties vindt er een bijna continue erosie plaats. De suppleties zorgen ervoor dat de zandvolumes in de kustzone stabiel blijven. De sprong in gecorrigeerd volume in 2009 is veroorzaakt door de 6 miljoen m<sup>3</sup> aan zand op de geulwand en vooroever. Zoals eerder verwoord: de sprong in zandvolume wil niet zeggen dat de autonome trend hier drastisch veranderd is. Door de suppletie is het systeem (tijdelijk) uit evenwicht gebracht. Het is te verwachten dat er initieel verhoogde verliezen zijn om een (dynamisch) evenwicht te herstellen. Dit veroorzaakt een trendbreuk in de metingen. Het is eigenlijk niet juist de trendlijnen door te trekken over de periode voor en na suppletie.

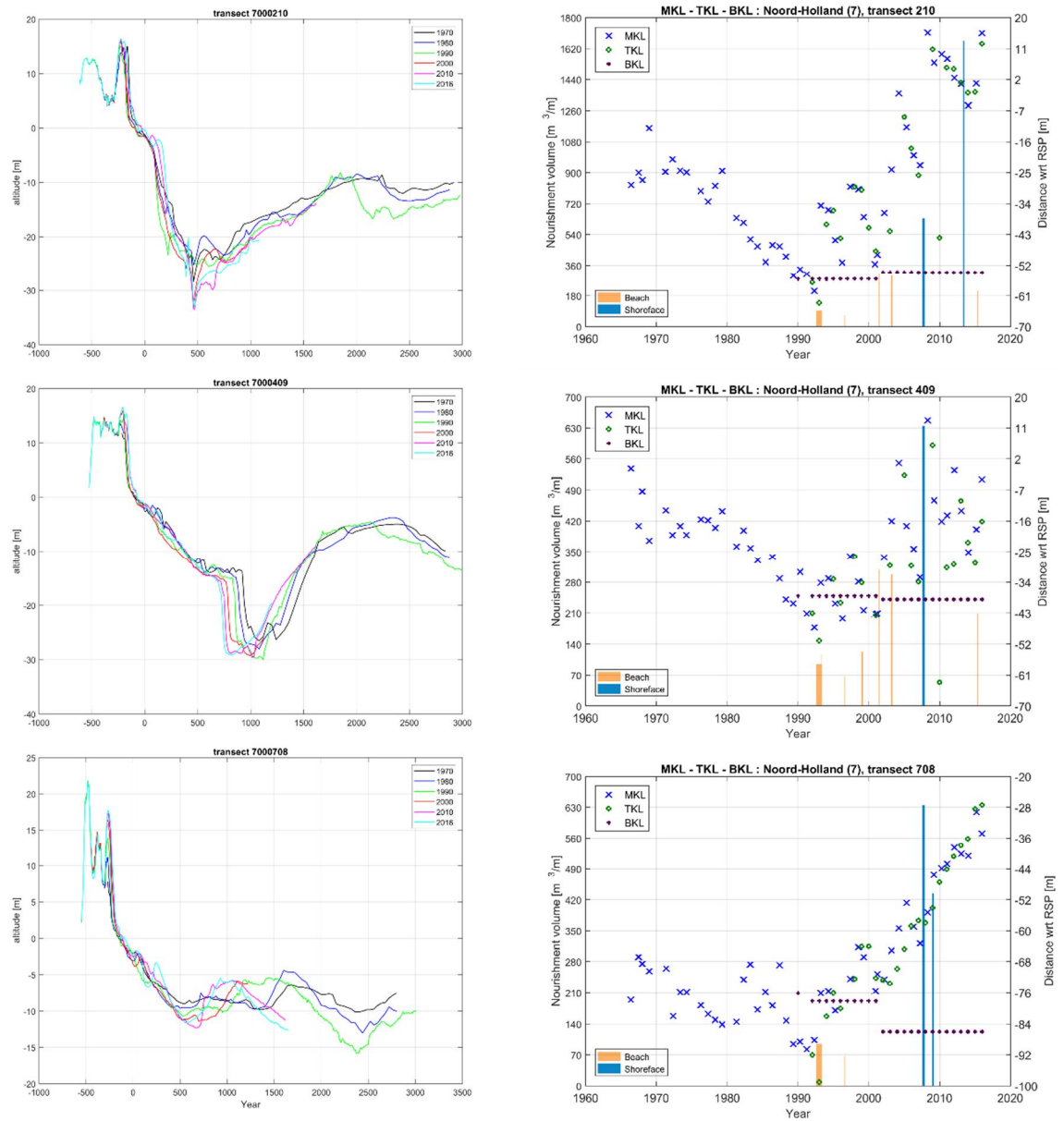


Figuur 4.8 Ontwikkeling zandvolumes kustzone van 100m landwaarts tot 750m zeewaarts ten opzichte van de RSP-lijn, vak 1 (uit Pot, 2011).



Figuur 4.9 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied 1 over de periode 1965-2016 op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.



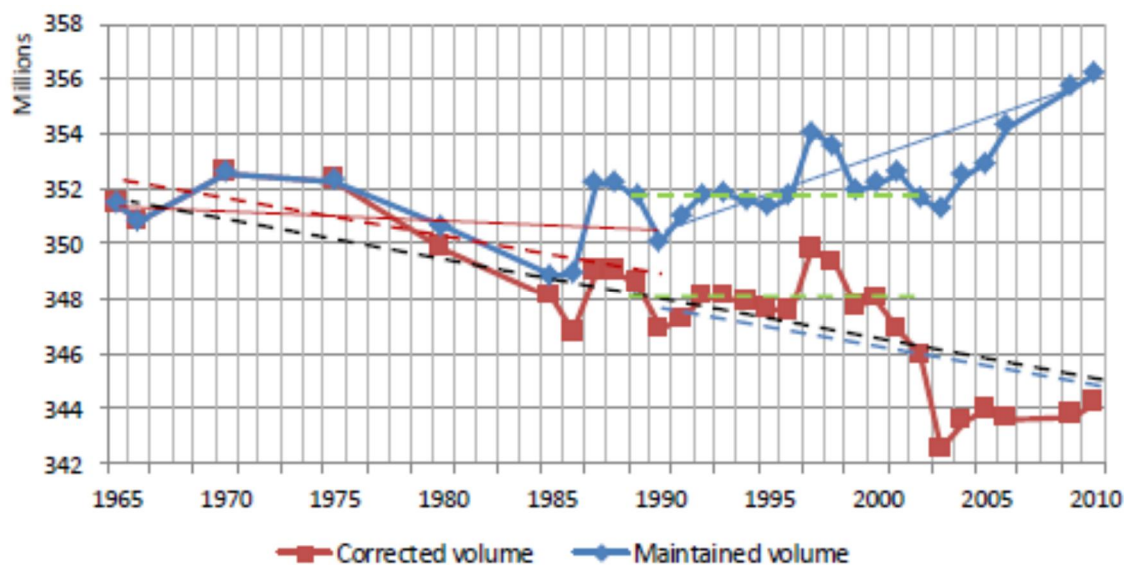


Figuur 4.10 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 1 raaien 210, 409 en 708.

#### 4.3.2 Deelgebied 2: Julianadorp – Zwanenwater (km 8.1 – 16.3)

Ten zuiden van de buitendelta, buiten de directe invloedssfeer van het zeegat, zijn de morfologische- en volumeveranderingen kleiner dan in Deelgebied 1 (Figuur 4.11). Dit deelgebied is echter nog geen 'ongestoorde' kust. De vooroever is relatief ondiep door de voorliggende Pettemer Polder. De Pettemer Polder is een opduiking van de Pleistocene ondergrond (De Mulder, 1983). Daarnaast wordt dit deelgebied beschermd door strandhoofden die om de 250 m op het strand liggen en ongeveer 200 m de zee insteken (paragraaf 5.1.2). De uitwisseling van de kustlijn met de Pettemer Polder verdient nadere analyse. Een eerste inventarisatie van de data laat zien dat er op dit moment slechts beperkte data voor de Pettemer polder aanwezig is en deze data vertoont inconsistenties in de bodemligging.

De onderhoudsinspanning benodigd voor dit deelgebied is groot. Significante suppleties worden hier al uitgevoerd sinds 1980. Bij Callantsoog is er bijna 3000 m<sup>3</sup>/m gesuppleerd (Tabel 4.1 en Figuur 4.1) en de zandbalans is hier gecorrigeerd voor suppleties negatief (Figuur 4.11). Vanaf 1986 zijn deze suppleties in staat geweest het zandvolume te behouden (tot 2005) en te laten groeien over de laatste jaren. Sinds 1990 komt de gemiddelde volumetoename uit op 0,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Gecorrigeerd voor zandsuppleties is de trend -0,20 miljoen/jaar (Figuur 4.11).



Figuur 4.11 Ontwikkeling zandvolumes kustzone van 100m landwaarts tot 750 m zeewaarts ten opzichte van de RSP-lijn, vak 2 (uit Pot, 2011).

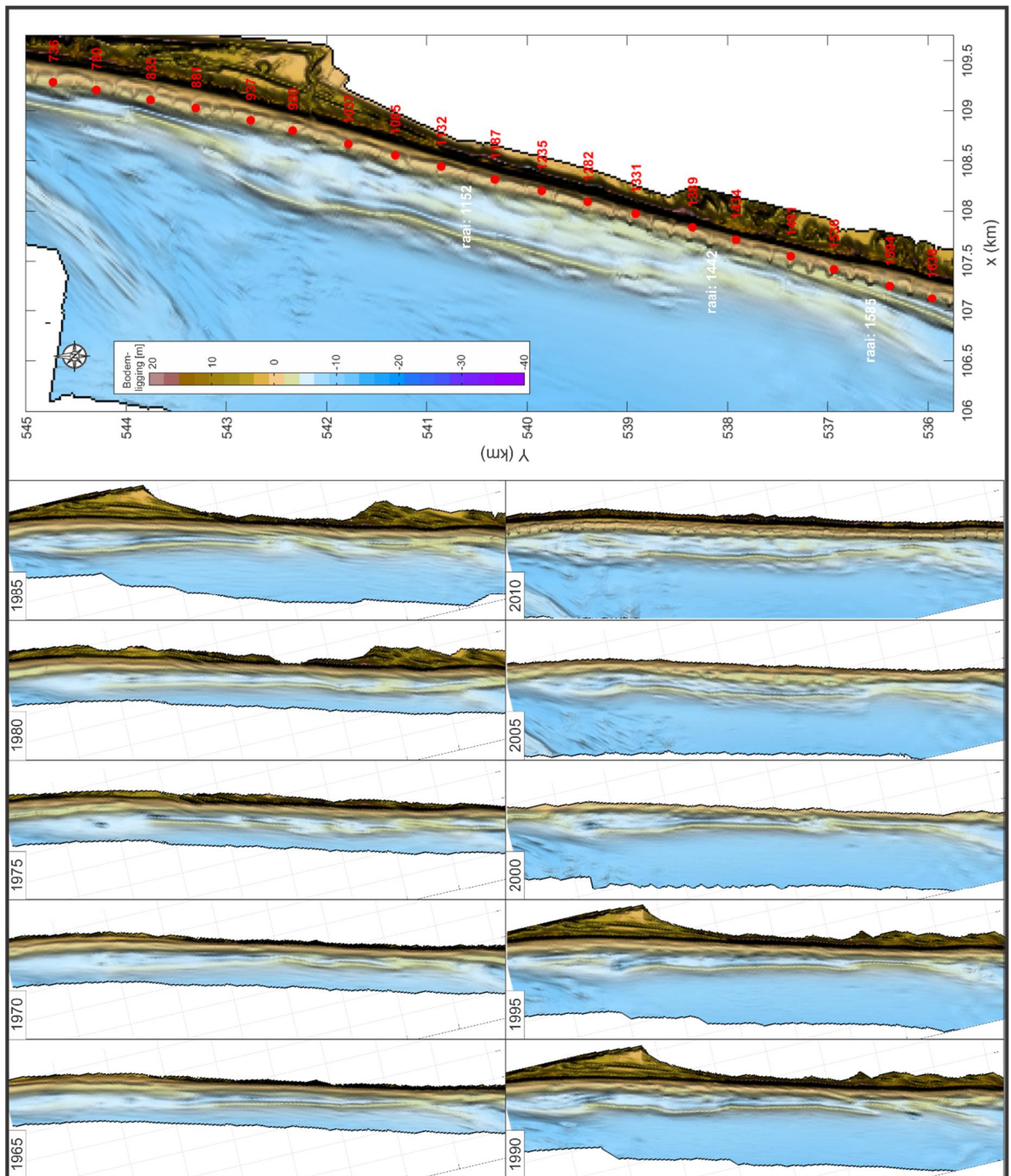
De grote sprong in zandvolumes sinds 2003 vinden we ook duidelijk terug in de MKL ontwikkeling (Figuur 4.13). Lag de MKL voor 2003 nog in de buurt of landwaarts van de BKL, sinds 2003 zien we een sterke zeewaartse verplaatsing. Het kustprofiel, gemiddeld over het gehele deelgebied, bestaat uit een enkele bank, evenwijdig langs de kust en stabiel in positie (Figuur 4.12). Een bankencyclus met zeewaarts migrerende, uitdempende banken en de vorming van nieuwe banken landwaarts zoals waargenomen langs het merendeel van de Hollandse kust is hier niet aanwezig. Ten noorden en zuiden van Zwanenwater (km 16.3) vinden we wel verschillen in gedrag. Het stuk kust tussen Groote Keeten en Callantsoog (raaien 1000 - 1250) wordt gekenmerkt door een enkele bank. Tot 1983 fluctueert deze bank in positie rond de 200 – 300m uit de RSP-lijn en in diepte tussen -3,5 en -4,5m. In de periode



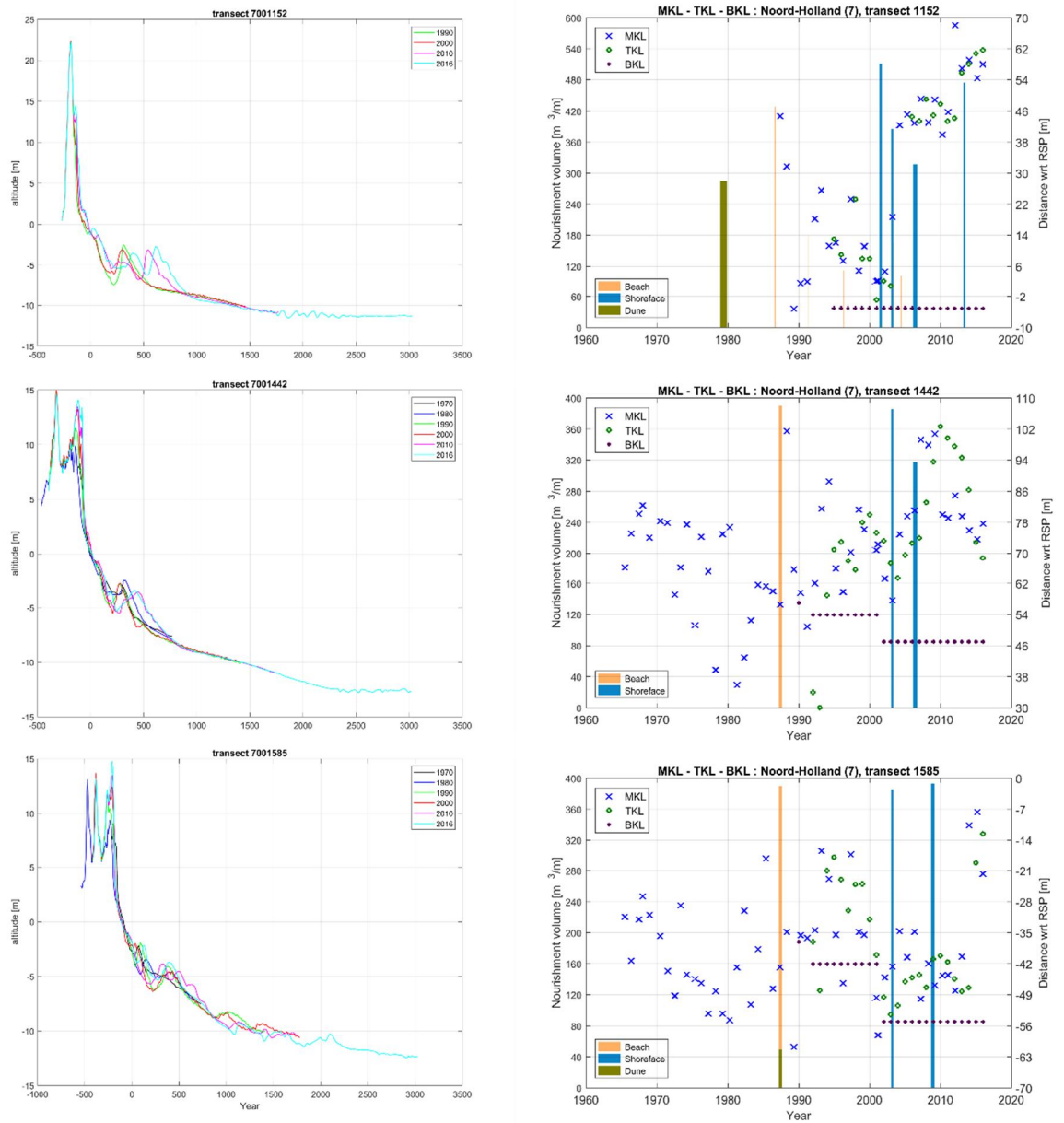
1989-1995 ligt de bank iets verder zeewaarts (300-400m uit de RSP-lijn) en fluctueert de diepte tussen -2,5m en -4m. Suppleties in 2001 en 2003 verstoren het bankgedrag. Gedurende deze periode zijn er meerdere banken aanwezig tussen de 100 en 600m zeewaarts van de RSP-lijn, deze vertonen een bijna random gedrag. In 2001 ligt er een enkele brekerbank op 200m zeewaarts van de RSP-lijn, in 2002 liggen er twee brekerbanken op 200m en 450m zeewaarts van de RSP-lijn, in 2003 en 2004 liggen er zelfs drie brekerbanken. Rond 2007 zien we de vorming van een nieuw, stabiel 2 bankensysteem, de buitenste bank ligt nu echter verder zeewaarts op 550-600 m zeewaarts van de RSP-lijn en een diepte van -3m.

Ten zuiden van profiel 1273, tussen Callantsoog en Zwanenwater, zijn de banken duidelijk kleiner. Tot 1996 is hier wel een vrij stabiele, kleine brekerbank aanwezig op 350 m uit de RSP-lijn. In de periode 1997 – 2007 is er een chaotisch gedrag zonder duidelijk patroon. In deze periode zijn er een groot aantal strand- en vooroeversuppleties aangelegd. Tussen 2007 en 2012 ontstaat weer een bank, deze migreert landwaarts in de zone 500 – 750m uit de RSP-lijn (Figuur 4.13, midden). In 2010 en 2011 wordt de bank weer sterk verstoord, maar in de laatste meting van 2012 is er weer een duidelijke bank te onderscheiden. Ten zuiden van Zwanenwater is er een gebied waar geen duidelijke (of zeer kleine) banken zijn te onderscheiden (Figuur 4.13, onder). Tot 1985 ligt er een enkele, kleine bank tussen de 50 - 250m RSP en een hoogte tussen -25m en -3m. Deze bank vertoont afwisselend perioden van zeewaartse (1970-1976) en landwaartse migratie (1982). Sinds 1983 zijn er 2 kleine banken aanwezig. De binnenbank tussen 0 en 200m RSP en de buitenbank rond de 400m RSP. De hoogte van de banken liggen zo rond de 2m. Vanaf 2005 wordt deze buitenbank periodiek verstoord.

Kijken we naar het aantal BKL overschrijdingen dan zien we dat deze vooral geconcentreerd zijn rond Callantsoog tussen km 13 en km 14. Tussen km 8 en km 11 is er een stabiele kust met toenemende MKL afstand en trend (zie Figuur 4.13 onder, profiel 708 is representatief voor dit gedrag). JarKus raai 1152 geeft een representatief beeld van het kustgedrag tussen km8 en 12 (Figuur 4.13, boven). Hier zijn geen BKL overschrijdingen. De MKL trend is zeewaarts door de vele suppleties. Vooral in 2004 is hier een duidelijke sprong zichtbaar. Een stabiele MKL positie vinden we tot JarKus raai 1228. Tussen JarKus raaien 1228 en 1320 zien we een soortgelijke sprong in MKL ligging in 2005, maar de trend tot 2010 is hier overheersend negatief. JarKus raaien 1340 – 1524 (zie Figuur 4.13 midden, raai 1442) illustreren het gedrag van dit stuk kust dat aandacht verdient. Hier zien we een MKL die vooral tussen 1995 en 2002 dicht bij de BKL ligt en deze regelmatig overschrijdt. Door suppleties gaat de MKL wel vooruit. Sinds de suppletie in 2006 is er een overwegend positieve trend. Ook ten zuiden van deze profielen (JarKus raaien 1585 – 1626, Figuur 4.13 onder) is er sprake van regelmatige BKL overschrijding. Ondanks de uitgevoerde suppleties blijft hier ook de MKL dicht bij de BKL liggen.



Figuur 4.12 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied 2 over de periode 1965-2016 in 5 jaarlijkse intervallen op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.



Figuur 4.13 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 2, raaien 1152, 1442 en 1585.

#### 4.3.3 Deelgebied 3: Hondsbossche en Pettemer Zeewering (km 16.3 – 28)

Het gedrag van dit deelgebied wordt bepaald door interactie met de Hondsbossche en Pettemer Zeewering. In 2014-2015 heeft hier een grootschalige zandsuppletie plaatsgevonden, zie paragraaf 4.2.5 en spreken we van de Hondsbossche Duinen. Figuur 4.16, vooral midden (raai 2427) geeft het effect op de kustindicatoren weer, zoals een grote zeewaartse verschuiving van de MKL met bijna 300 m en een sterke verhoging van het profiel.

In Figuur 4.14 en Figuur 4.15 zijn deze gegevens nog niet verwerkt. Voor de Hondsbossche en Pettemer Zeewering vinden we intieel een geordend bankgedrag (Figuur 4.16, raai 2427). Alleen in het meeste noordelijke stuk van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering is de bank stabiel (tussen profiel 2041 en 2251). Ten zuiden hiervan vinden we juist een bankgedrag, dat gekarakteriseerd wordt door perioden met zeewaartse verplaatsing en perioden met stabiele banken. Profiel 2427 geeft hiervan een representatief beeld. Het bankgedrag is niet identiek aan de cyclische bankmigraties welke bij de ongestoorde kust plaatsvinden. Over het algemeen is er slechts 1 dominante bank aanwezig. Deze bank migreert zeewaarts (van 250 naar 500m uit de RSP-lijn) gedurende de periode 1965-1974. Daarna blijft de bank enkele jaren (tot 1982) stabiel liggen op een diepte van -4 m en dempt dan vervolgens sterk uit. Er ontwikkelt zich dan een nieuwe bank aan de kust (100m uit de RSP-lijn). Ook deze bank migreert zeewaarts (1991-1995) en blijft vervolgens vrij stabiel liggen tot 2006. Sinds 2006 is er van geordend gedrag geen sprake. De brekerbank blijft wel aanwezig, maar er is geen duidelijke migratie of stabiele positie te onderscheiden. De verondieping van het gehele profiel tussen 0-700 m uit de RSP-lijn in 2010 is gerelateerd aan de uitgevoerde vooroeversuppletie.

De suppletie van 2014-2015 laat een verhoging van bijna 5 m zien in raai 2427, Figuur 4.16 midden links. Wat het effect is van de zandsuppleties van 2014-2015 op het bankgedrag en de kustlijn op langere termijn is nog niet onderzocht.

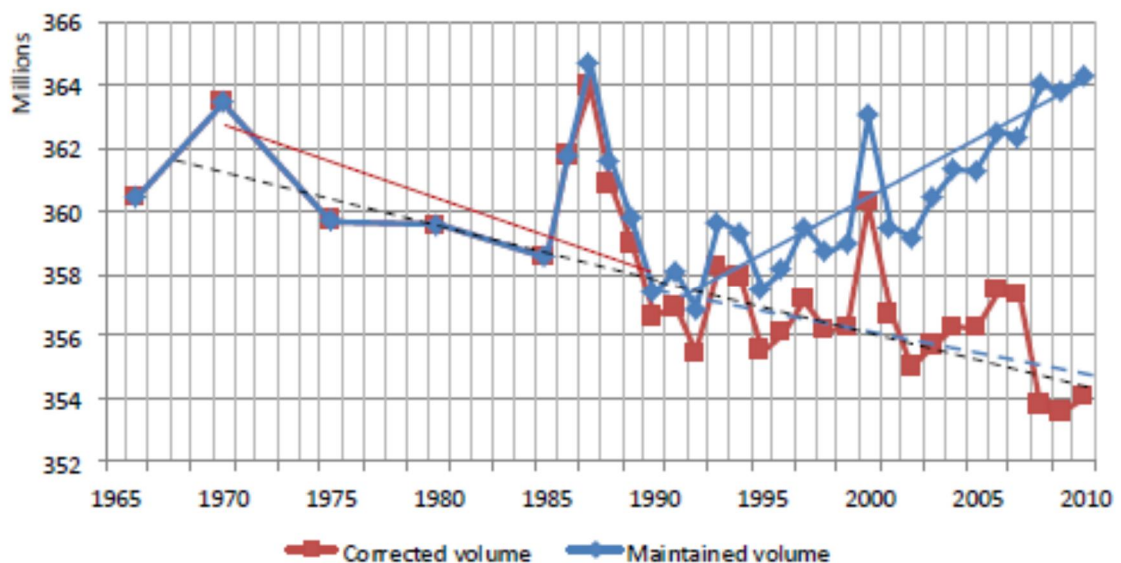
Ten zuiden van JarKus raai 2600 gaan we terug naar een 'ongestoorde' kust. Het kustprofiel toont een dynamisch bankgedrag in de zone 0-600m uit de RSP-lijn (Figuur 4.16, profiel 2700 en details in Figuur 4.17). In dit profiel is de ontwikkeling van een bank aan de kust (1965) te zien, deze bank migreert zeewaarts (1965-1980), stabiliseert en dempt uit (1980-1985). In de tussentijd (1980) is er landwaarts een nieuwe bank gevormd met een identiek gedrag. Grote veranderingen in het profiel worden veroorzaakt door de suppleties in 1992, 2002 en 2008. Sinds 1990 is er 2-bankensysteem ontstaan. De buitenste bank migreert wel iets zeewaarts maar lijkt niet uit te dempen. De uitgevoerde vooroeversuppleties in 2003 en 2009 kunnen hier aan hebben bijgedragen.

Aan de hand van profiel 2800 (Figuur 4.17) bekijken we het effect van de uitgevoerde vooroeversuppleties in meer detail. In 1966-1975 zien we een 2-bankensysteem. Een kleine buitenbank is aanwezig op 450 m uit de RSP-lijn. Deze dempt al langzaam uit. Landwaarts hiervan zien we een duidelijke binnenbank (225m uit de RSP-lijn). Deze bank blijft vrij stabiel liggen tot 1970 en neemt ongeveer 0.5m in hoogte af. Vanaf 1970 migreert de bank zeewaarts tot 450m uit de RSP-lijn in 1976 waarbij de hoogte sterk is afgenomen naar 1 m boven de onderliggende zeebodem (op een diepte -5 m). Deze bank neemt verder af en is vrijwel verdwenen in 1983. Landwaarts hiervan is geen duidelijke bank te onderscheiden tot 1978. Wel verplaatst het gehele kustprofiel zeewaarts en vergroot in volume. Vanaf 1978 ging zich hier een duidelijke bank vormen op 75m uit de RSP-lijn, deze binnenbank migreert zeewaarts tot 225m uit de RSP-lijn in 1986. In de periode 1986-1989 migreert de bank tijdelijk

landwaarts, de hoogte verlaagt (van -3 naar -4m), de landwaartse trog verdiept van -6 naar bijna -8 in 1988). In deze periode verdiept het gehele kustprofiel tussen trog en duin sterk.

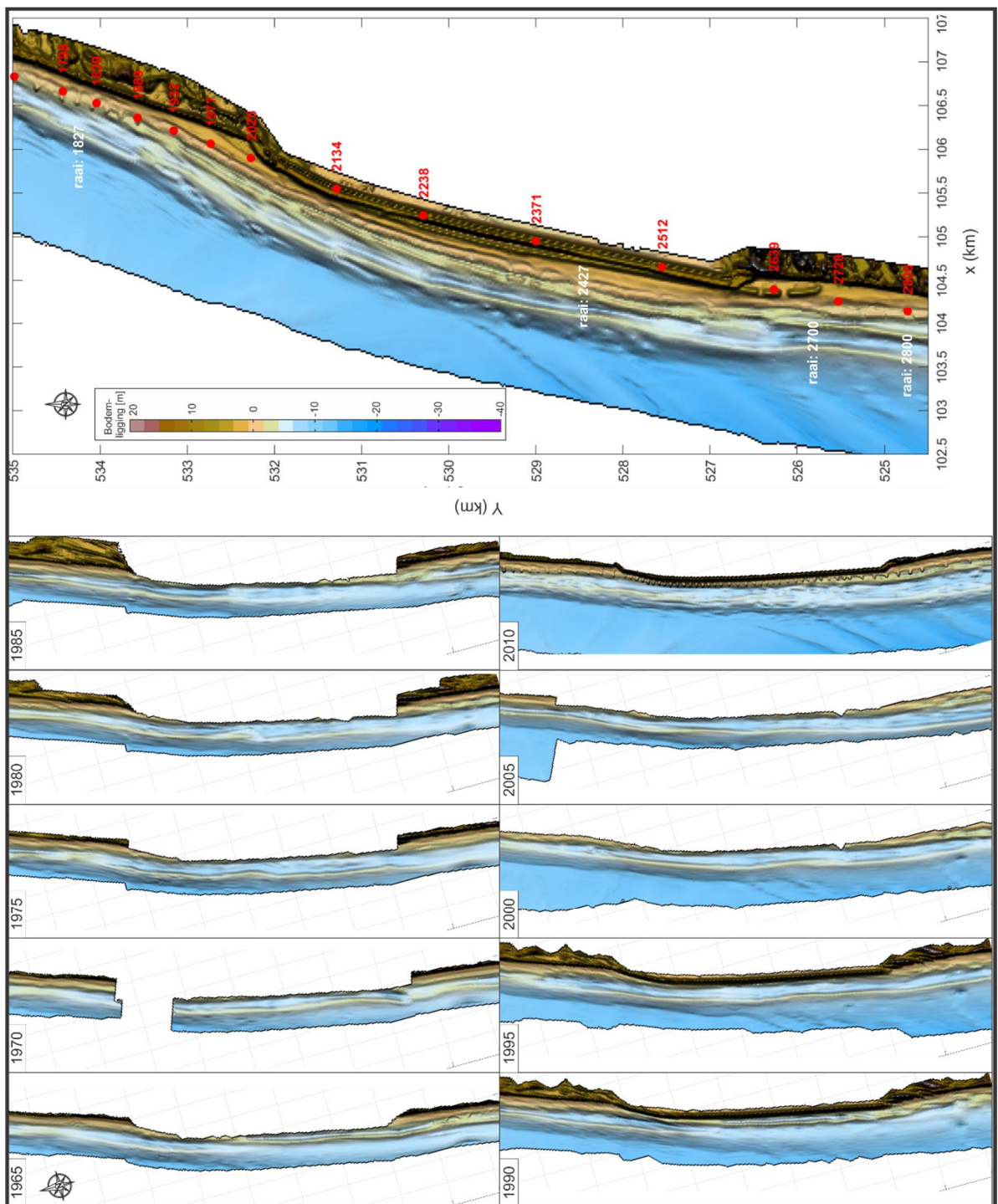
Rond 1990 vertoont het profiel een verandering in gedrag van landwaarts naar zeewaarts migrerend. In dit jaar is geen suppletie uitgevoerd, waardoor het voorsnog onduidelijk is wat deze kentering heeft veroorzaakt. Een zeewaarts migrerende bank is te zien in de periode 1991-1995. Zand is verplaatst naar de bank, maar ook in de ondiepe zone en strand (landwaarts van de -100m uit de RSP-lijn) zien we duidelijk tot 1995 hogere ligging t.o.v. het 1989 profiel. De bank blijft liggen op de locatie maar dempt sterk uit. Herverdeling van suppletiezand na 2000 dempt de trog, waardoor in 2001 tijdelijk geen buitenbank meer aanwezig is. Wel vormt er zich in 1989 een nieuwe binnenbank. Deze groeit initieel maar wordt verstoord door de volgende suppleties. Een grote verandering vindt plaats tussen 2001 en 2003 na de grote vooroever- en strandsuppletie. Deze vervormt in 2002. In 2003 is er een duidelijke, grote buitenbank gevormd op 550m RSP (hoogte -4m). Deze blijft stabiel liggen, wel neemt de hoogte af naar -5m in 2007. In respons op de volgende vooroeversuppletie neemt de bank in omvang toe en blijft stabiel tot 2012. Landwaarts hiervan ontwikkelt zich een binnenbank welke in 2006 en 2007 stabiel in hoogte en positie ligt op 100m uit de RSP-lijn en de -2 m hoogte. Landwaarts hiervan bouwt het profiel langzaam zeewaarts uit (rond de RSP-lijn).

Uit het oogpunt van de BKL handhaving zijn er eigenlijk weinig problemen ten noorden en zuiden van de zeewering. In profiel 1927 (bij Petten) is er eigenlijk alleen in de periode tussen 1985 en 1995 sprake van een MKL die dicht bij de positie van de BKL lag. Sindsdien ligt de MKL beduidend verder zeewaarts. Ten zuiden van de zeewering is de situatie identiek. Profiel 2700 geeft een sterke landwaartse verplaatsing van de MKL tussen 1980 en 1985 te zien. Na 1990 is de trend positief en verplaatst de MKL zich terug zeewaarts. Dit zal mede gerelateerd zijn aan de uitgevoerde suppleties. De zandbalans opgesteld door Pot (Figuur 4.14) geeft aan dat gecorrigeerd voor suppleties het deelgebied erosief is. De erosietrend bedraagt -0,16 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Door intensief suppleren sinds 1990 is juist een zandvolume toename van bijna 7 miljoen m<sup>3</sup>.



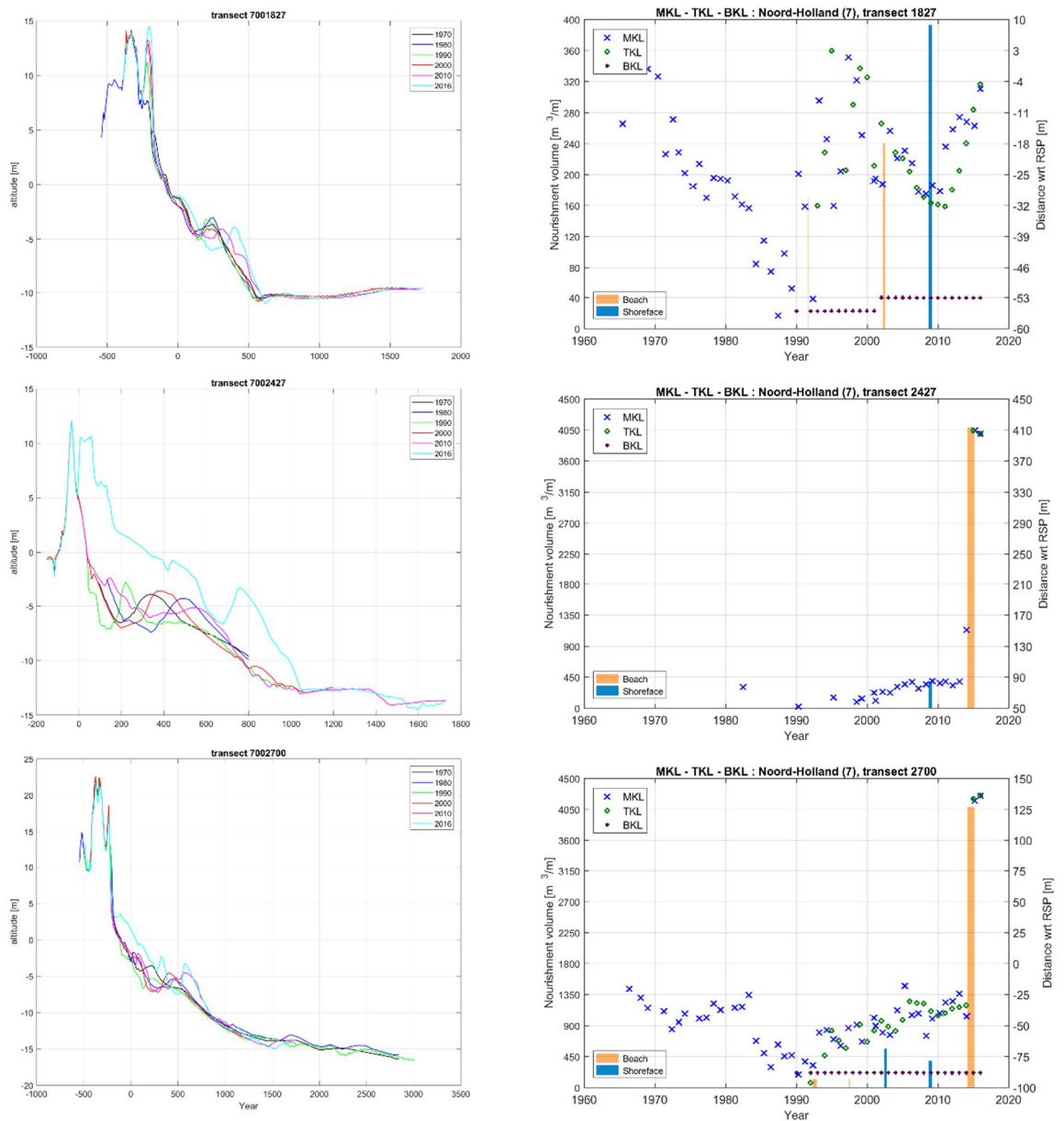
Figuur 4.14 Ontwikkeling zandvolumes kustzone van 100m landwaarts tot 750m zeewaarts ten opzichte van de RSP-lijn, vak 1 (uit Pot, 2011).



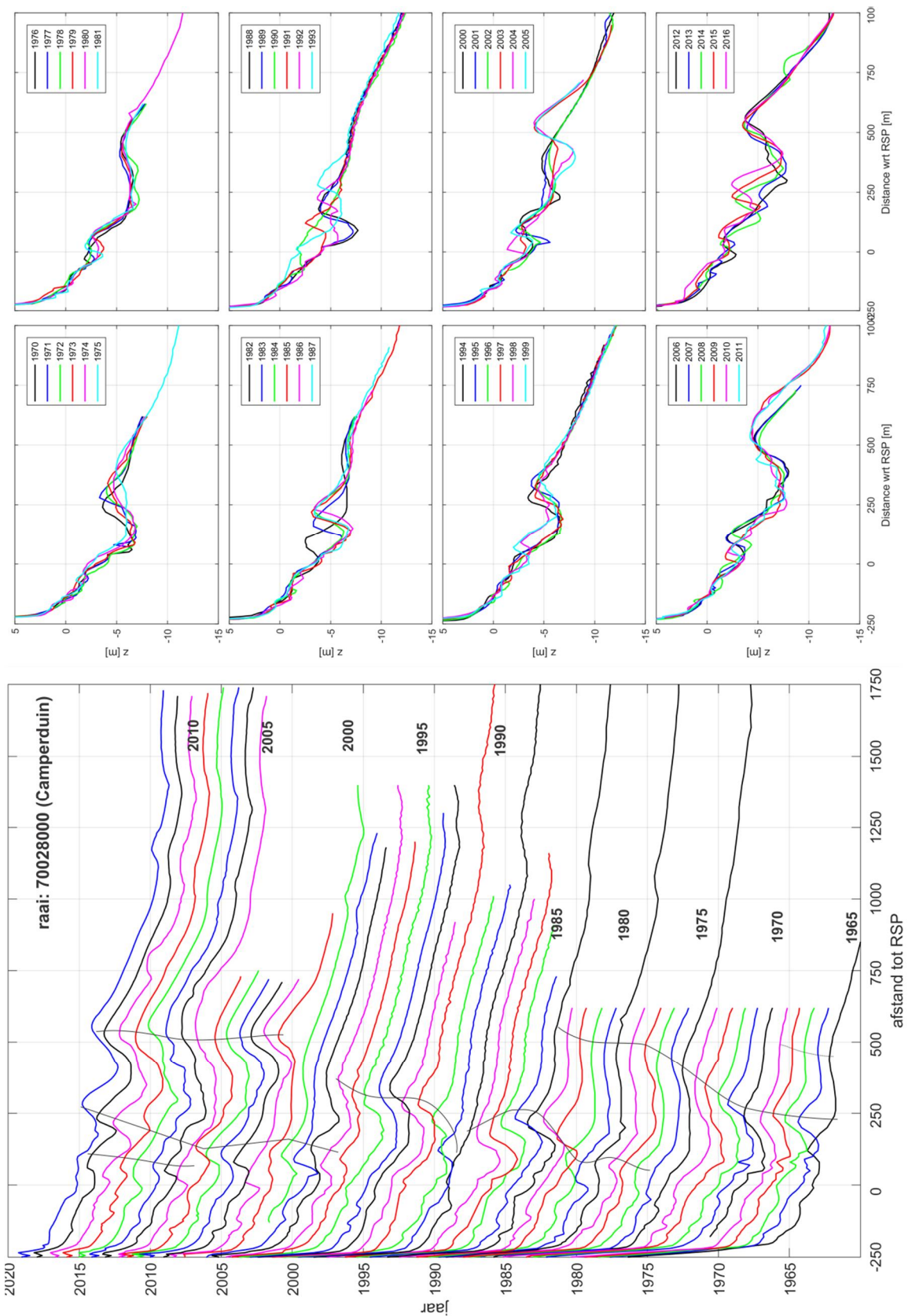


Figuur 4.15 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied 3 over de periode 1965-2012 in 5 jaarlijkse intervallen op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.





Figuur 4.16 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 3, raaien 1927, 2427 (HBPZ) en 2700. Voor zeeeringen is geen BKL vastgesteld en wordt geen MKL berekend, daarom staat er geen informatie in de grafiek rechts in het midden.



Figuur 4.17 : Detailontwikkeling van het profiel nabij Camperduin aan de hand van raai 2800 (1965-2016). In deze figuur is de ontwikkeling van de banken te zien.

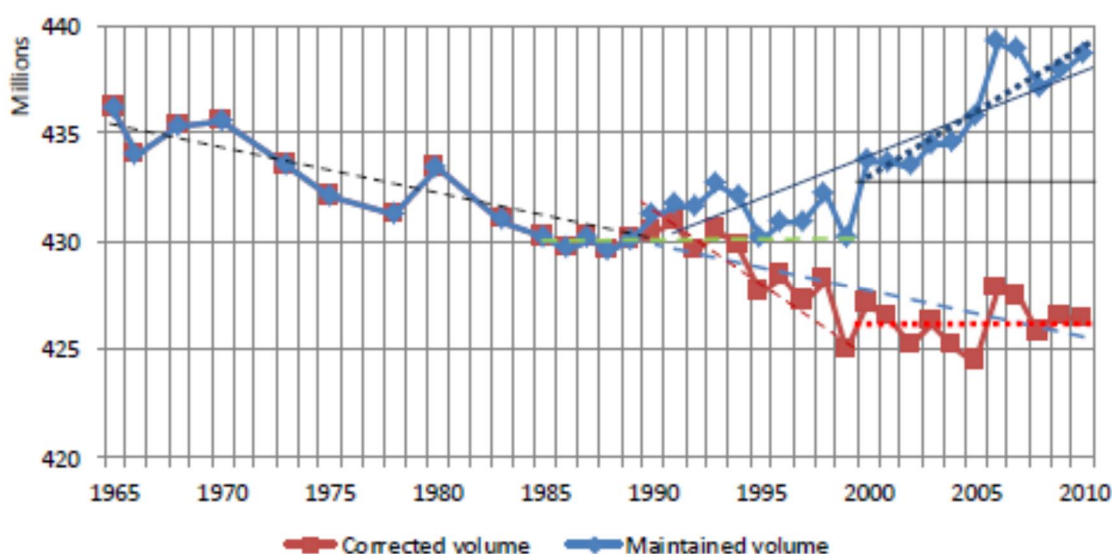
#### 4.3.4 Deelgebied 4: Egmond en Bergen (km 28 – 39)

In dit deelgebied, nabij Bergen en Egmond, bevinden zich twee 'hotspots' in termen van de suppletiehoeveelheden (Figuur 4.1, Tabel 4.1). In totaal 7,4 miljoen m<sup>3</sup> zand is hier gestort op het strand en nog een aanvullende 8,3 miljoen m<sup>3</sup> op de vooroever. Deze suppleties hebben de structurele erosie gestopt en het kustvolume is toegenomen, wat heeft geresulteerd in vooruitgang van het kustprofiel. Ook het morfologische gedrag is veranderd. Deze invloed is misschien niet helemaal af te leiden uit Figuur 4.20. De vergridde JarKus data laat eigenlijk overeenkomstige bodems zien over de gehele periode. In het deelgebied zijn meerdere brekerbanken aanwezig. Deze banken vertonen een significante variatie in positie en configuratie door de tijd. Zo is de buitenbank in 1965 kustlangs gezien uniform, maar zijn er in andere jaren (bijv. in 2005) overheersend gecompartmenteerde cellen door bifurcaties in de bank. Afhankelijk van het moment van opname zijn er 2 of 3 duidelijke brekerbanken te onderscheiden. Van Rijn (1995) suggereert dat er in het gebied ten zuiden van Egmond een divergentie optreedt van het kustlangse transport, met noordwaarts transport ten noorden van de hotspot en zuidwaarts transport ten zuiden van de hotspot. Cohen en Briere (2007) geven aan dat er langs de kust bij Egmond altijd een kustlangs golvend patroon is opgetreden. Deze golf verplaatste heen en weer langs de kust. De laatste jaren is de kustlangse golfvorm echter gestabiliseerd, met een top in zeewaartse richting recht voor Egmond en een dal ten zuiden t.p.v. de hotspot. Het is mogelijk dat dit stabiliseren van de kustlangse golfvorm veroorzaakt is door het aanbrengen van de zandsuppleties voor Egmond en niet ten zuiden ervan.

Het gedrag van de banken wordt ook wel verdeeld in twee tijd- en ruimteschalen. Op grote kustlangse schaal (orde 10 km) en lange termijn (jaren) is het gedrag van de banken tweedimensionaal. De banken hebben steeds een zelfde vorm en laten een gelijk migratiepatroon zien. Studies zoals die van Wijnberg (2002) laten zien dat langs de Noord- en Zuid-Hollandse kust er over het algemeen enkele kustparallele brekerbanken aanwezig zijn. Deze banken schuiven langzaam zeewaarts op tot een maximale afstand waarna ze uitdempen. Inmiddels ontstaan er bij de waterlijn nieuwe banken die de plaats van de vorige innemen, zodat het aantal banken ongeveer constant blijft. De cyclustijd lijkt wat te verschillen afhankelijk van de locatie en varieert tussen de 4 en 15 jaar voor respectievelijk Zuid-Holland en Noord-Holland. De banken tussen Egmond en IJmuiden hebben een herhalingscyclus van 12 tot 15 jaar (Molendijk, 2009). Het mechanisme achter deze verplaatsing is waarschijnlijk de zeewaartse retourstroming bij de bodem doordat tijdens hoogenergetische gebeurtenissen (stormen) door golven bij de kust het water wordt opgestuwd. Naast deze grootschalige cyclus is er op korte termijn een grote dynamiek in vooral de binnenbank te zien. Complexe, driedimensionale bankpatronen ontstaan hierbij.

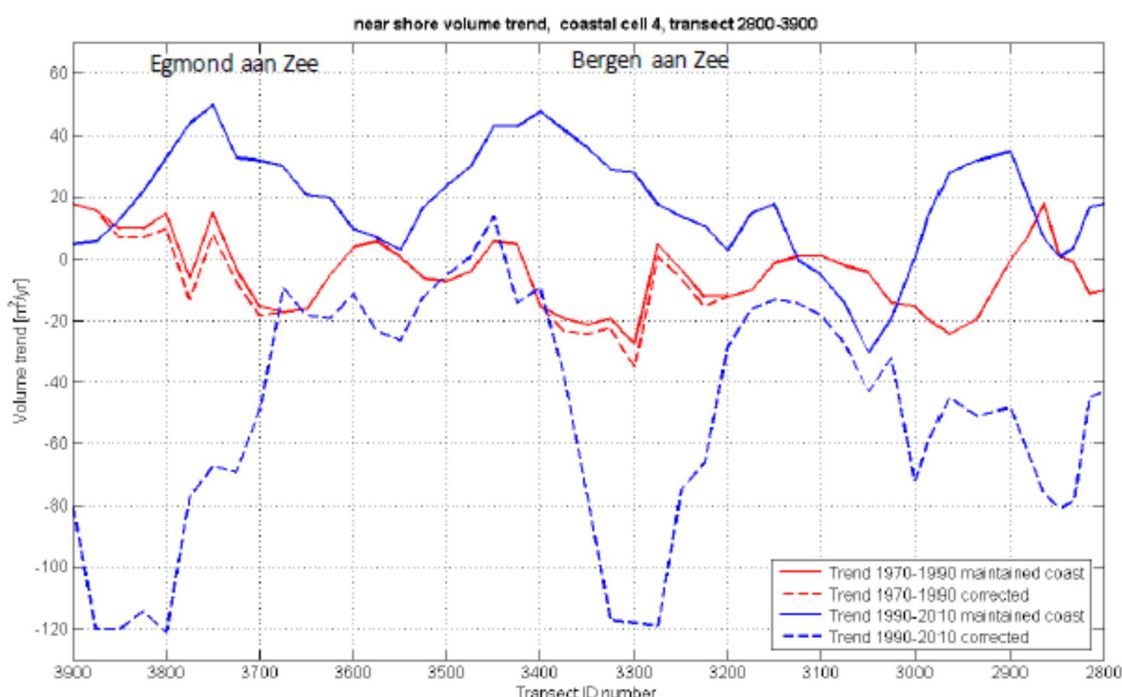
Op kleinere schaal (orde 1 km) en kortere termijn (storm/maand) kunnen er verstoringen ontstaan en deze leiden tot een driedimensionaal morfologisch patroon. Muien (met een lengte van 200 tot 300 m en diepte van 0,5 tot 1 m) ontstaan in de top van de binnenste bank op een tijdschaal van een paar dagen tijdens lichte stormcondities. Tijdens zwaardere condities worden deze over het algemeen weer weggevaagd. Over het algemeen zijn de netto natuurlijke veranderingen in de binnenste bank en het strand relatief klein, maar nog altijd groter dan de veranderingen in de middelste en buitenste bank. Spanhoff et al. (2004) geven aan dat naast de cyclische ontwikkeling, de bank(en) in dit deelgebied de neiging hebben zich op te delen in segmenten. Deze segmenten hebben een lengte van ongeveer 2 km en zijn in Figuur 4.20 duidelijk te zien. Ook wordt geconcludeerd dat de kustlangse patronen van de waterlijn corresponderen met de structuren in de buitenste bank. Dit leidt tot de conclusie dat de kustlijnligging en het bankensysteem bij Egmond en Bergen sterk gekoppeld zijn.

Gedurende de gehele periode (1965-2012) is er een meer-banken systeem aanwezig over de volledige lengte van het deelgebied (Figuur 4.20). Er is een duidelijk verschil in bankenconfiguratie tussen de periode 1965-1990 en 1990-2011. Tot 1990 zien we een meer-banken systeem met een overwegend zeewaartse migratie. Sinds 1990 is het cyclische gedrag niet meer duidelijk te onderscheiden. Het gedrag wordt dan gedomineerd door complexe ruimtelijke patronen. De buitenbank is stabiel, landwaarts hiervan bestaat een goed gedefinieerde binnenbank. Deze binnenbank vertoont een in langsricting complex gedrag zoals beschreven door Spanhoff et al. (2004). Vooral de vooroeversuppleties lijken het bankgedrag te beïnvloeden (de Sonnevile en Van der Spek, 2012).



Figuur 4.18 Ontwikkeling zandvolumes kustzone van 100m landwaarts tot 750m zeewaarts ten opzichte van de RSP-lijn, vak 4 (uit Pot, 2011).

Gemiddeld over het deelgebied zien we dat het autonome kustgedrag een erosieve trend vertoont, gemiddeld over het deelgebied, van 0,20 miljoen  $m^3$ /jaar (Figuur 4.18 en Figuur 4.19). Door intensief suppleren, 12 miljoen  $m^3$  sinds 1990, is deze trend omgebogen naar sedimentatie (0,5 miljoen  $m^3$ /jaar). Corrigeren we voor deze suppleties dan blijft de autonome erosietrend gehandhaafd (Figuur 4.19). Kustlans zien we duidelijk de 'hotspots' Egmond aan Zee en Bergen aan Zee. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de grote negatieve waarden in de gecorrigeerde trend niet representatief zijn voor de autonome situatie. Door het aanbrengen van suppletiezand wordt een onnatuurlijk kustprofiel gecreëerd, dit geeft lokaal verhoogde transporten (tot 120  $m^3$ /jaar) om het overtollige, het evenwicht versturende, zandvolume te verspreiden.



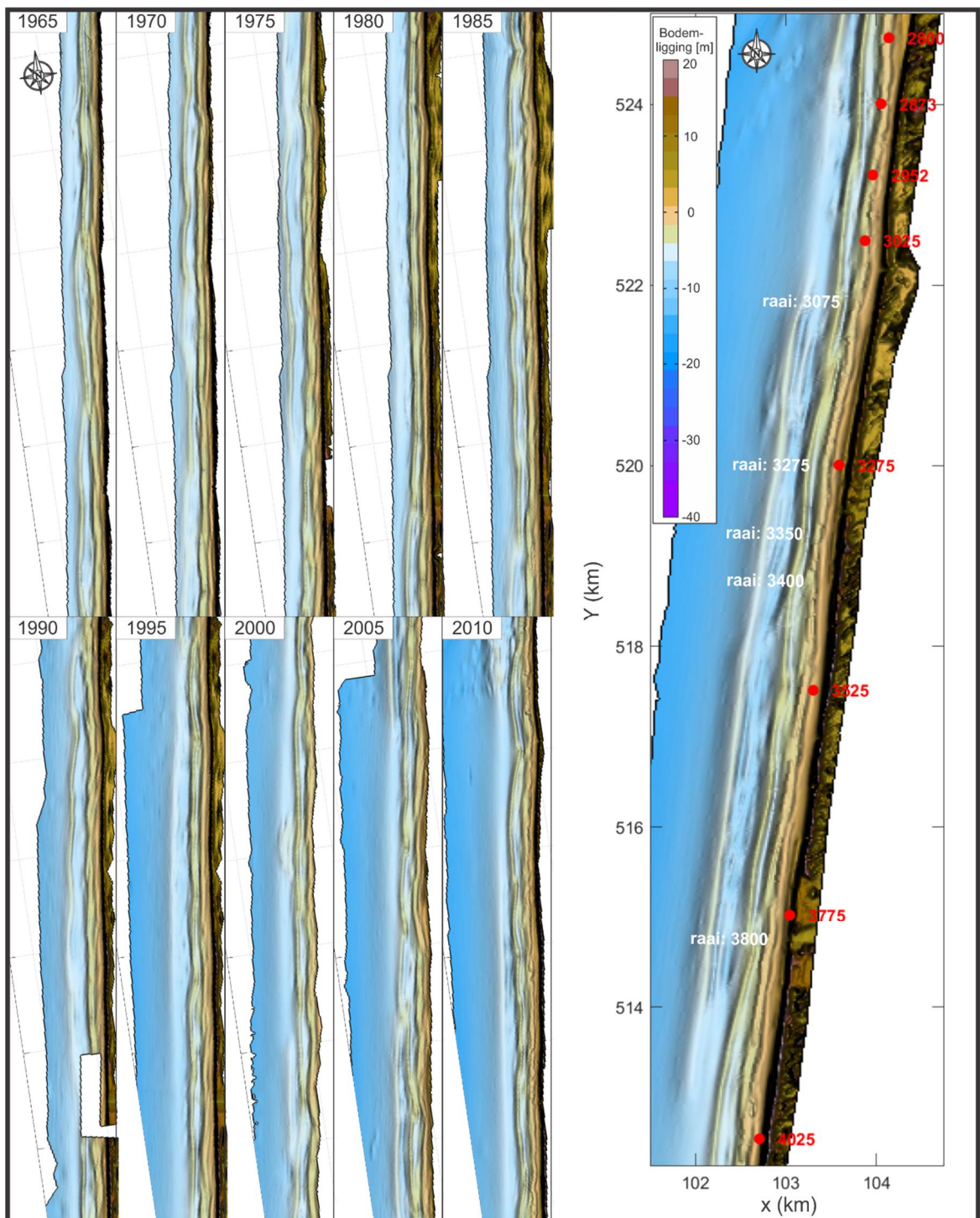
Figuur 4.19 Kustlangse volume veranderingen deelgebied 4. Trend corrected is inclusief een correctie voor suppleties.

De MKL vertoont echter een grillig gedrag (Figuur 4.21) en deze trend varieert over het deelgebied. Bekijken we een aantal representatieve profielen dan zien we de volgende kenmerken: Km 30-31 wordt tot 2010 gekenmerkt door een landwaartse trend (erosie) met een BKL overschrijding in 2000, maar in 2016 ligt de kustlijn ver zeewaarts van de BKL (Figuur 4.21, raai 3075, boven).

Het naastgelegen deelgebied (km 31-32) (zie Figuur 4.21, raai 3275, midden), met in 2010 nog een BKL overschrijding, waarna een suppletie is uitgevoerd, vertoont eveneens een landwaartse trend, maar door de suppleties ligt in 2016 de kustlijn zeewaarts van de BKL. Ten zuiden van profiel 3350 (Figuur 4.21, raai 3400, onder) zien we vooral een toename van de MKL ligging sinds 2000 met een overwegend positieve trend.

In het verleden is wel geconcludeerd dat er geen duidelijke relatie tussen het zeewaarts verplaatsen van banken en eventuele erosie of sedimentatie van de kust is. Verplaatsing van banken en troggen betekent niet automatisch dat er netto transport van zand in kustdwars richting is. Bij het afsterven van de buitenste bank begint een verder landwaarts gelegen bank vaak zeewaarts op te schuiven waarbij het bankvolume toeneemt: men zou kunnen zeggen dat de buitenste bank sturend werkt op het banksysteem. Ook is er een koppeling tussen de hoogte en de positie van de banken en de dynamiek van het strand.





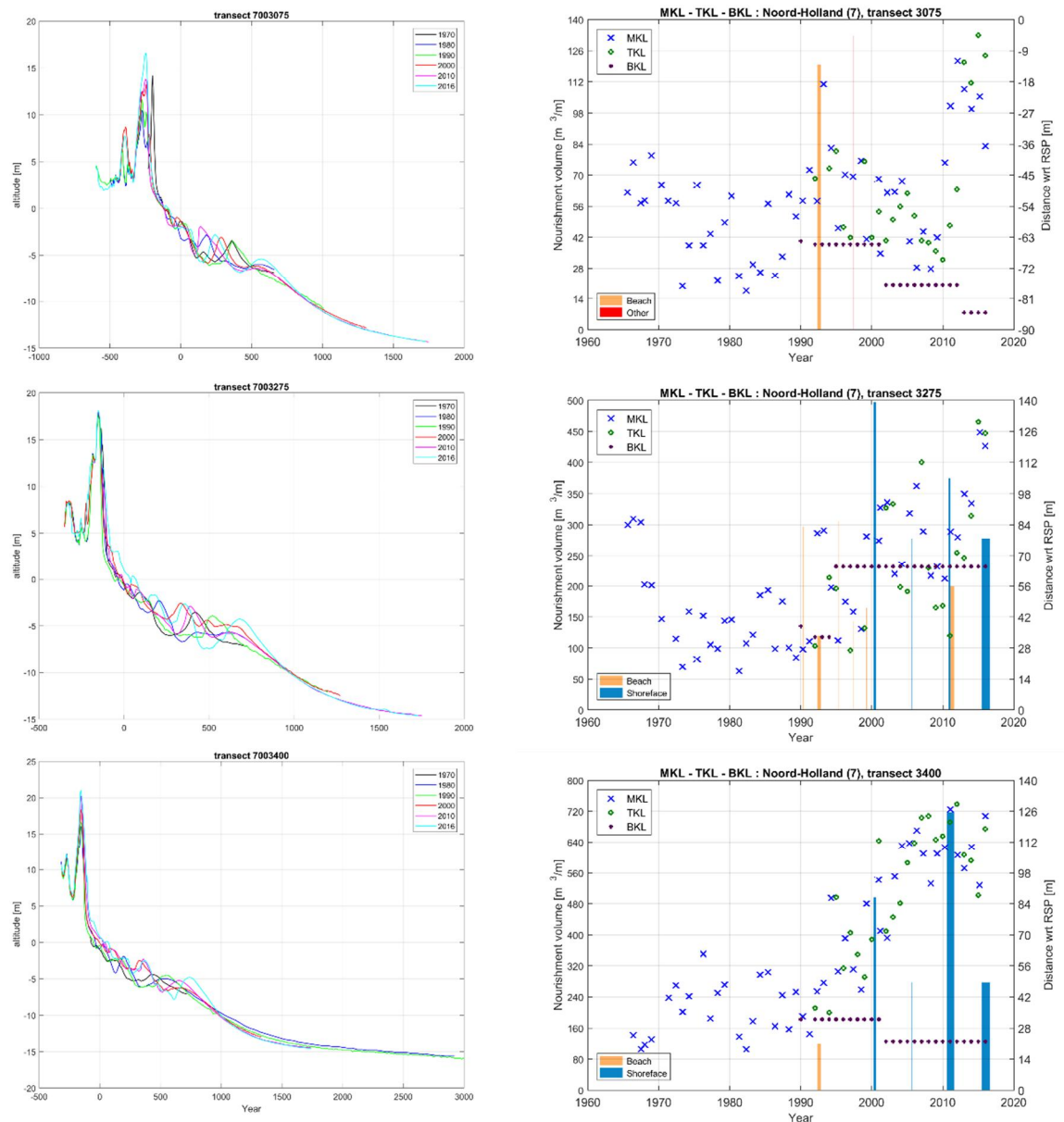
Figuur 4.20 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied 4 over de periode 1965-2012 in 5 jaarlijkse intervallen op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.

Binnen dit deelgebied wordt sinds 1992 bijna jaarlijks gesuppleerd. Initieel werden deze suppleties op het strand geplaatst als een relatief dunne laag zand. Dit maakt het moeilijk deze suppleties en de respons te onderscheiden in bijvoorbeeld Figuur 4.20. De respons op de grote vooroeversuppleties aangelegd sinds 1999 is echter wel duidelijk. In 1999 en 2000 zijn respectievelijk voor Egmond en Bergen vooroeversuppleties aangelegd. De Bergen



suppletie is aangebracht als een kleine (cirkelvormige) verstoring tussen de banken (zie Figuur 4.20, 2000). Het suppletiezand werd snel geabsorbeerd door het natuurlijke systeem en 2 jaar na suppletie kan deze visueel niet meer (als verstoring) worden waargenomen (vergelijk jaren 2000 en 2005 Figuur 4.20). De Egmond suppletie vertoont een duidelijk afwijkend morfologisch gedrag. Het sediment is hier verder zeewaarts op de locatie van de buitenbank aangebracht en vormt eigenlijk een lokale nieuwe buitenbank. Deze nieuwe bank blijft stabiel maar maakt verbinding met de binnenbank ten noorden en zuiden ervan. Ter plaatse van de suppletie ontstaat een splitsingspunt. Dit koppelt de buitenste bank ten zuiden van de suppletie met de binnenste bank ten noorden van de suppletie. Een dergelijke bifurcatie en koppeling van buitenste en binnenste bank aan weerszijden van het splitsingspunt is ook in de natuurlijke ontwikkeling te zien (1989, km. 40). Rond 2005 is een nieuwe binnenbank gevormd ten zuiden van profiel 3600. Het dubbele bankensysteem blijft stabiel tot 2010 in Figuur 4.20. Jammer genoeg zijn de tijdseries te kort om de respons van de 3,2 miljoen m<sup>3</sup> grote suppletie uitgevoerd in 2010 en strekkend van Egmond tot Petten te beschrijven. Deze suppletie verhoogde de buitenbank. Een indicatie van het gedrag in de tijd kan misschien worden verkregen door een vergelijking met de respons bij Camperduin (ten noorden van Bergen). In 2002 is er 2 miljoen m<sup>3</sup> zand geplaatst tussen raaien 2600 en 2800. Deze suppletie is aangevuld met 1,2 miljoen m<sup>3</sup> in 2008. De buitenbank, inclusief suppletie blijft sindsdien stabiel liggen en is vrijwel ongewijzigd in de bodemopnamen te volgen tot 2011. Deze stabiele ligging is opmerkelijk, gezien de grote dynamiek van de nieuw gevormde binnenste brekerbank gedurende deze periode. De buitenbank in dit kuststelsel is vrijwel lineair en ononderbroken. Zie ook paragraaf 4.2.3.

Het grote effect van de suppleties op de bankdynamiek wordt duidelijk als we de profielontwikkelingen in detail weergeven; zie Figuur 4.22, Figuur 4.23 en de analyse in onderstaande paragrafen.



Figuur 4.21 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 4 (raaii 3075, 3275 en 3400).

**Kustgedrag nabij Bergen in detail (Figuur 4.22):** Tussen 1965 en 1971 blijven zowel de binnen als buitenbank voor Bergen stabiel. De buitenbank bevindt zich op 400-450m uit de RSP-lijn met een hoogte van 1,5 tot 2,0m t.o.v de ongestoorde zeebodem. De binnenbank bevindt zich tussen de 100 en 200m RSP, is kleiner in hoogte en varieert sterk door de tijd. Vanaf 1971 migreert de bank 150 m zeewaarts naar de 550m RSP. De hoogte blijft vrijwel constant tot 1975. Gedurende deze periode blijft de binnenbank landwaarts van de 200m RSP liggen. De binnenbank varieert wel sterk in hoogte; in 1976 is deze vrijwel verdwenen, terwijl deze in 1972 nog bijna 1 m hoog is. Vanaf 1976 blijft de buitenbank stabiel in positie (500-550m uit de RSP-lijn) maar dempt sterk uit. In 1980 is deze vrijwel verdwenen. Tijdens dit uitdempen van de buitenbank is de binnenbank gegroeid en zeewaarts gemigreerd. De binnenbank ligt op 125m RSP in 1971, 225m in 1980, 275m in 1982 en 350m uit de RSP-lijn

in 1983. De hoogte is hierbij toegenomen tot 2,5 m. Rond 1984 ligt deze bank (nu de buitenbank) op 425m uit de RSP-lijn. De migratie neemt dan sterk af en de bank blijft vanaf 1988 stabiel in hoogte rond de 500m uit de RSP-lijn liggen en vormt er zich een nieuwe binnenbank. Deze varieert sterk in hoogte maar verplaatst over het algemeen zeewaarts. De buitenbank vertoont over de periode 1989-1995 een doorgaande zeewaartse verplaatsing van 550m naar 700 m uit de RSP-lijn. De hoogte neemt hierbij significant af naar ongeveer 1,5 m. Gedurende deze periode migreert vrijwel de gehele vooroever, landwaarts van de trog, zo'n 100m zeewaarts.

De strandsuppletie uitgevoerd in 1990 is zichtbaar als een verhoging van het profiel. Na suppletie ligt het profiel landwaarts van de 100m RSP binnen 1 à 2 jaar weer op het oude profiel.

Tussen 1995 en 2000 blijft de buitenbank op 650m RSP liggen met een hoogte variërend tussen de 1 en 1,5 m. Landwaarts hiervan heeft zich een duidelijke binnenbank gevormd, welke verplaatst van 250m RSP in 1995 naar 350m RSP in 2001. Er is ook nog een kleine, derde bank te onderscheiden op 50m RSP. De strandsuppletie van 1995 is zeer duidelijk zichtbaar in het profiel (landwaarts van de RSP) de hoogte is hier 1 tot 1,5 m toegenomen. In 1997-1999 verlaagt het profiel weer naar de 1995 waarde. Hierbij neemt vooral het volume zeewaarts toe. De binnenbank migreert dan 50m zeewaarts en de middenbank 100 m. Na de grote vooroeversuppletie van 2000 zien we een toename van het volume in de middenbank en een zeewaartse verplaatsing van 100m. Met de vooroeversuppletie van 2000 wordt de ondiepe trog tussen midden en buitenbank volgestort. Dit geeft een tijdelijke verhoging van de buitenbank (2001). Ook op de zeewaartse flank van de middenbank neemt het volume toe. De buitenbank neemt in de periode 2000-2006 sterk in hoogte af (van 1,5 m naar bijna 0). De grootste veranderingen treden echter op in het middengebied waar een zeer duidelijke (hoge) bank ontstaat. In 2001 ligt deze op 325m uit de RSP-lijn, migreert initieel zeewaarts naar 400m RSP in 2004, maar migreert dan landwaarts naar de 250m RSP in 2006 onder invloed van de suppletie van 2005. De binnenbank blijft gedurende deze gehele periode stabiel.

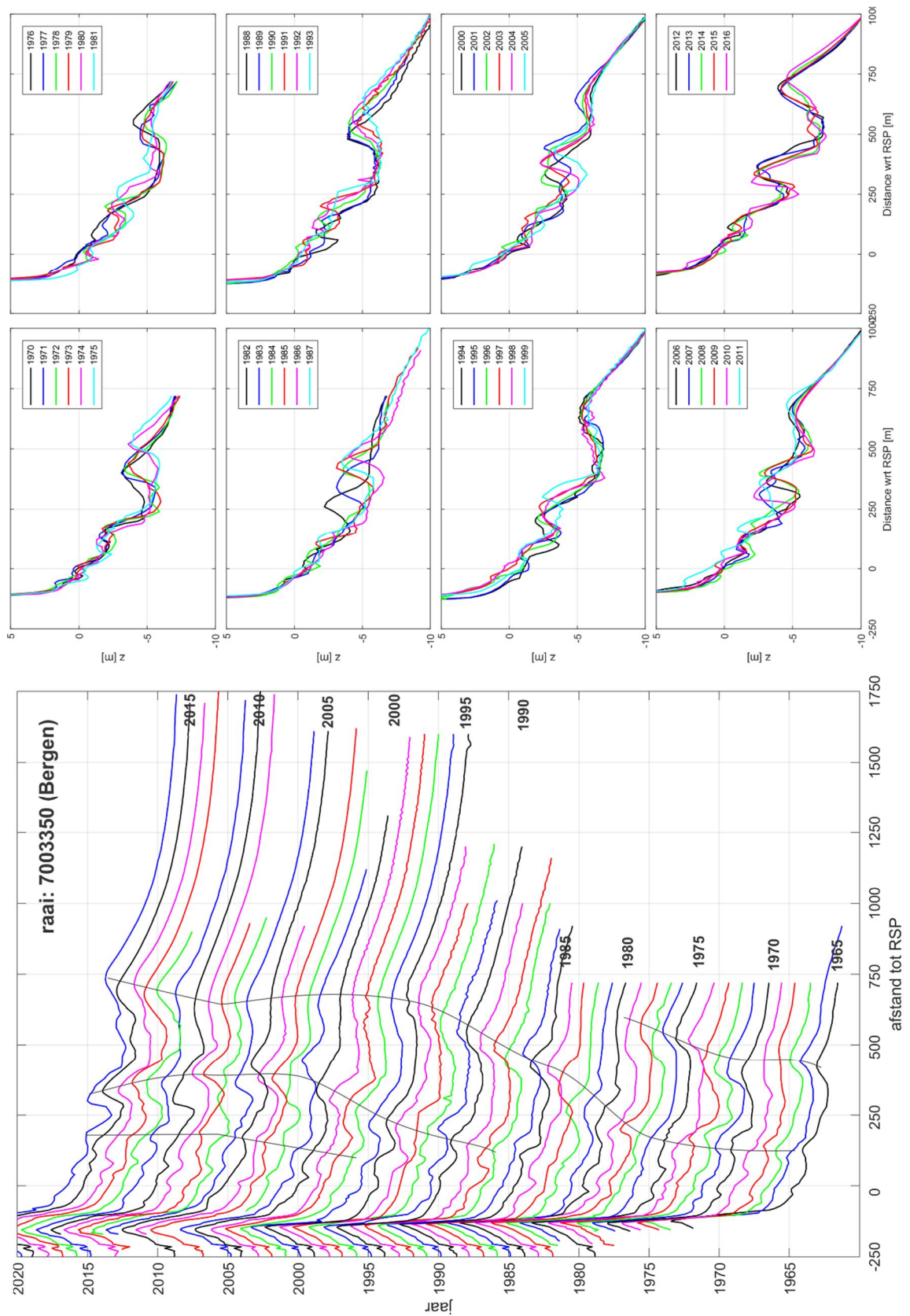
In 2006 zien we een toename van de trog tussen binnen- en buitenbank door de vooroeversuppletie van 2005. Dit geeft in 2007 een duidelijke respons op de profielontwikkeling. In 2007 zijn er 3 dominante banken aanwezig op 650, 425 en 150m uit de RSP-lijn. De middenbank is hierbij binnen 1 jaar bijna 200m zeewaarts verplaatst. De middenbank blijft stabiel gedurende de periode 2007-2012 op de 425m RSP met een hoogte tussen de 2 en 2,5 m. In respons op de 2010 vooroeversuppletie zien we een sterke groei van de buitenbank in de jaren 2011 en 2012. Ook het kustvolume (< 100m RSP) neemt in 2011 sterk toe. In 2012 is van deze toename nagenoeg niets meer terug te zien. Zeewaarts vinden we wel een uitbouw van het profiel.

**Kustgedrag nabij Egmond in detail (Figuur 4.23):** In 1965 starten we met een stabiel twee bankensysteem. De binnenbank ligt stabiel rond de 225m RSP en de buitenbank fluctueert in positie tussen de 500- 550m RSP. Tussen 1971 en 1976 migreert de buitenbank sterk landwaarts van 550 naar 350m uit de RSP-lijn. De binnenbank fluctueert in hoogte en positie tussen de 100 en 200m RSP. Tussen 1977 en 1984 migreert de buitenbank weer zeewaarts (van 350 naar 425 m uit de RSP-lijn) en deze migratie continueert tot 1989 (500m RSP). De bank neemt daarbij meer dan 2 m in hoogte af. Tussen 1989 en 1991 is er een tegenovergestelde verplaatsing van de buitenbank van 500 m terug naar 400m uit de RSP-lijn, blijft dan stabiel liggen tot 1993, om vervolgens weer zeewaarts te migreren naar 500m RSP in 1999. De serie strandsuppleties uitgevoerd tussen 1995 en 2001 zorgen ervoor dat

het strandvolume over deze periode sterk toeneemt en ook op peil blijft, maar in 2004 ligt het strand eigenlijk weer op het oude niveau.

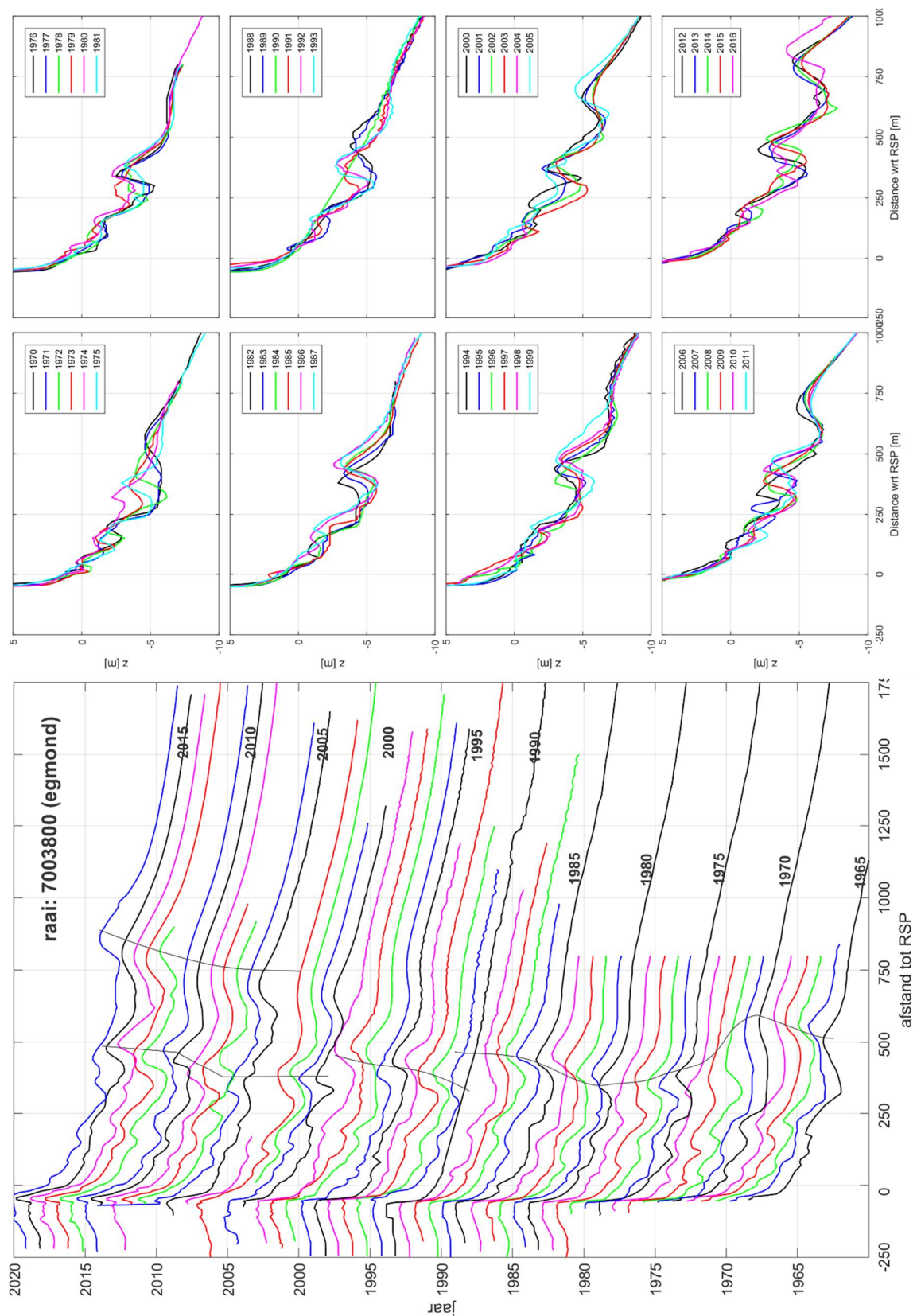
In het 2000 profiel is de vooroeversuppletie van 1999 duidelijk zichtbaar. Er is sprake van een 3 banken systeem met een buitenbank op 675m RSP, een middenbank op 375m RSP en een binnenbank op 225m RSP. In 2001 is de binnenbank 75m landwaarts gemigreerd, terwijl de andere banken stabiel blijven. In de periode 2001-2006 neemt de buitenbank bijna 1 m in hoogte toe en migreert naar de 700m RSP o.a. ten gevolge van de vooroeversuppletie van 2004. De middenbank blijft behouden en fluctueert tussen de 350m en 400m RSP. De binnenbank is sinds 2002 niet duidelijk te onderscheiden. Dit hangt mogelijk samen met de uitgevoerde strandsuppleties. Door deze strandsuppleties fluctueert de hoogte van het strand met bijna 2m. De vooroever- en strandsuppletie van respectievelijk 2004 en 2005 veranderen het bankenpatroon drastisch. Het 3-banken systeem is nog aanwezig, maar de buitenbank is lager dan voorheen en zo'n 50m zeewaarts verplaatst. De middenbank ligt nu op 450m RSP, terwijl de binnenbank op 275m uit de RSP-lijn is gevormd. De buitenbank blijft tot 2011 stabiel liggen, maar neemt wel met meer dan 0,5m in hoogte af. De middenbank vertoont een interessante ontwikkeling. De binnenbank, zichtbaar in 2007, verheelt waarschijnlijk met de middenbank tussen 2007 en 2008. De 2008 middenbank ligt landwaarts en is veel groter dan in 2007. Deze nieuwe middenbank vervormt en migreert zeewaarts. In 2011 ligt deze weer op 47m RSP en is sterk in volume afgenomen. In de tussentijd is er vanaf het strand een nieuwe binnenbank gevormd. De 2011 onderwater- en strandsuppleties geven opnieuw een grote verstoring van de banken.

Evaluatie van de uitgevoerde suppleties bij Egmond op basis van Argus video waarnemingen door Quartel & Grasmeyer (2007) toont aan dat 2 jaar na aanleg van een serie van 8 strandsuppleties en 1 relatief kleine vooroeversuppletie ( $< 1 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) het strandvolume toeneemt tot  $+25 \text{ m}^3/\text{m}$  boven het voorspelde niveau zonder suppleties. Ongeveer 5 jaar na aanleg van de vooroeversuppletie (de laatste van de serie) is het strandvolume echter weer op het niveau zoals voorspeld zonder suppleties. De combinatie van een strandsuppletie en een relatief grote vooroeversuppletie lijkt een zelfde effect te hebben als de 8 strandsuppleties en 1 kleine vooroeversuppletie. De suppleties (op het strand en onder water) bij Egmond lijken geen eenduidig positieve invloed te hebben op het binnenste brekerzonevolume (tussen -3 m en -0,76 m NAP). Behalve de directe impuls van zand bij een strandsuppletie, toont de huidige analyse van hoogtemetingen bij Egmond aan Zee aan dat het strand geen langdurig effect ondervindt van de suppleties.



Figuur 4.22 : Detailontwikkeling van het profiel nabij Bergen raai 3350 (1965-2016). In deze figuur is de ontwikkeling van de banken te zien.





Figuur 4.23 : Detailontwikkeling van het profiel nabij Egmond raai 3800 (1965-2016). In deze figuur is de ontwikkeling van de banken te zien.

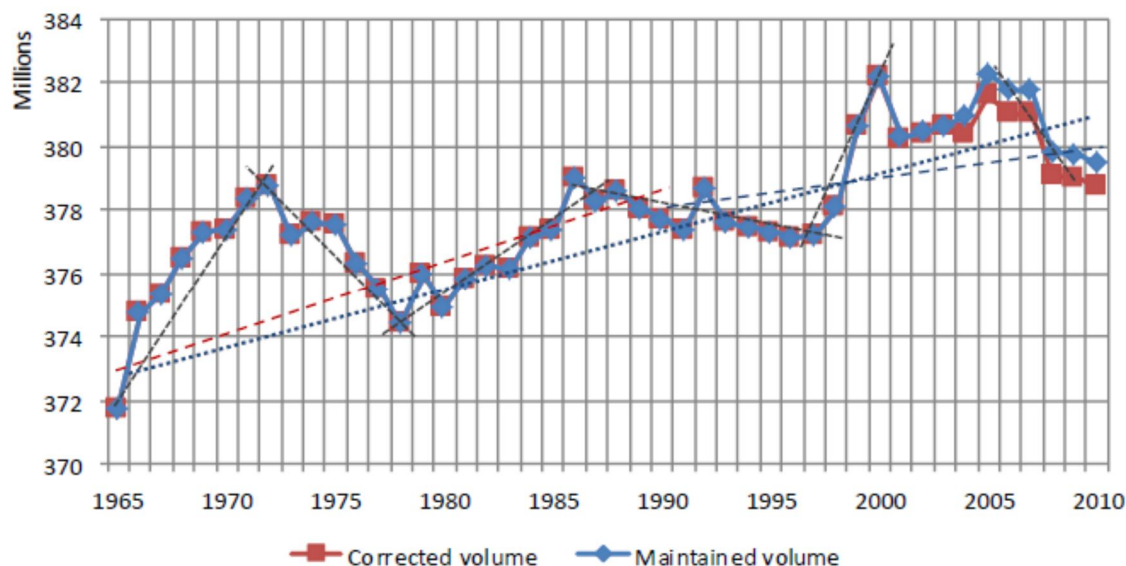


#### 4.3.5 Deelgebied 5: Castricum (km 39-47)

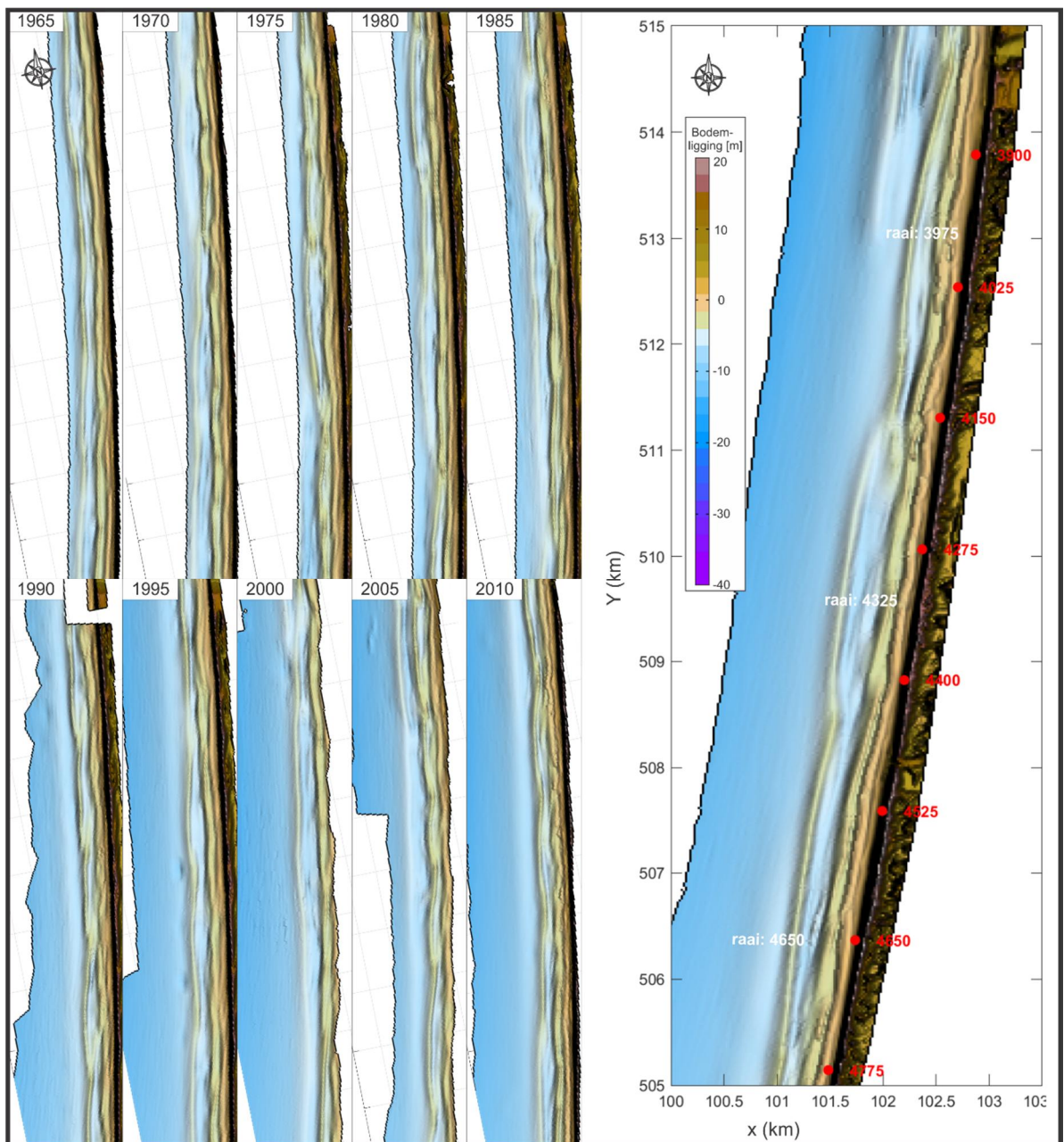
Deelgebied 5 is een vrij stabiel deelgebied, dat vooral gedomineerd wordt door de ontwikkeling en dynamiek van de banken (Figuur 4.25). Kijken we naar de JarKus tijdseries dan zien we juist hier een kust die gedomineerd wordt door de typisch zeewaarts migrerende banken. Dit gedrag lijkt zich ook in de periodiek fluctuerende MKL positie terug te laten zien. Vooral profiel 4325 en 4650 (representatief voor het deelgebied tussen km 40 – 47) laten grote fluctuaties in MKL zien door de tijd, maar er is geen overheersende trend. In de periode 2005-2012 fluctueert de MKL over het algemeen binnen een bandbreedte van 50m. Ondanks de fluctuaties rond de 1990 positie, zien we eigenlijk weinig BKL overschrijdingen (Figuur 4.26), dit komt mede door de verlegging van de BKL in de meeste profielen.

In het meest noordelijke gedeelte (km 39-40) zien we wel een duidelijk positief gerichte trend sinds 1995. Hier ligt recent de MKL een stuk hoger dan de eerder waargenomen waarden. Dit is mogelijk gerelateerd aan de grote suppleties iets ten noorden hiervan. Ten zuiden van km 46 krijgen we vooral recent wel wat BKL overschrijdingen.

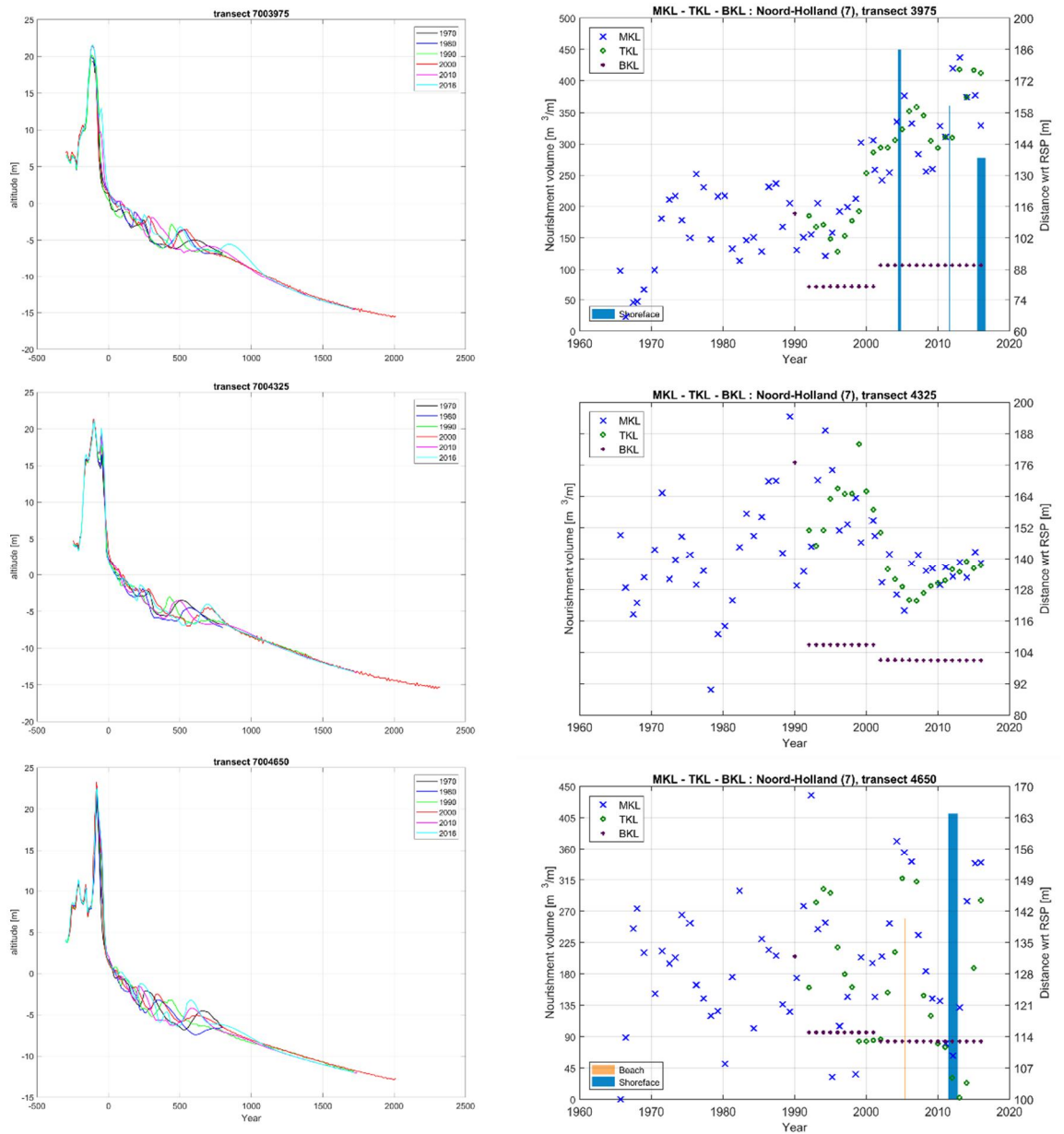
Deelgebied 5 is het enige deelgebied dat gemiddeld over de gehele periode een sedimenterende trend vertoont (0,14 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). In de tijd vertoont het zandvolume een golvend verloop waarin vooral de uitschieters rond 1970 en 1999 opvallen. Over de laatste jaren is er wel een volumeverlies (2 miljoen/m<sup>3</sup>) te zien (Figuur 4.24). De grote achteruitgang tussen 2007 en 2008 is mogelijk gerelateerd aan de zware storm in november 2007, waarbij significante duinerosie is opgetreden (blootlegging van oude stormvloedlagen).



Figuur 4.24 Ontwikkeling zandvolumes kustzone van 100m landwaarts tot 750m zeewaarts ten opzichte van de RSP-lijn, vak 5 (uit Pot, 2011).



Figuur 4.25 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied over de periode 1965-2012 in 5 jaarlijkse intervallen op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.



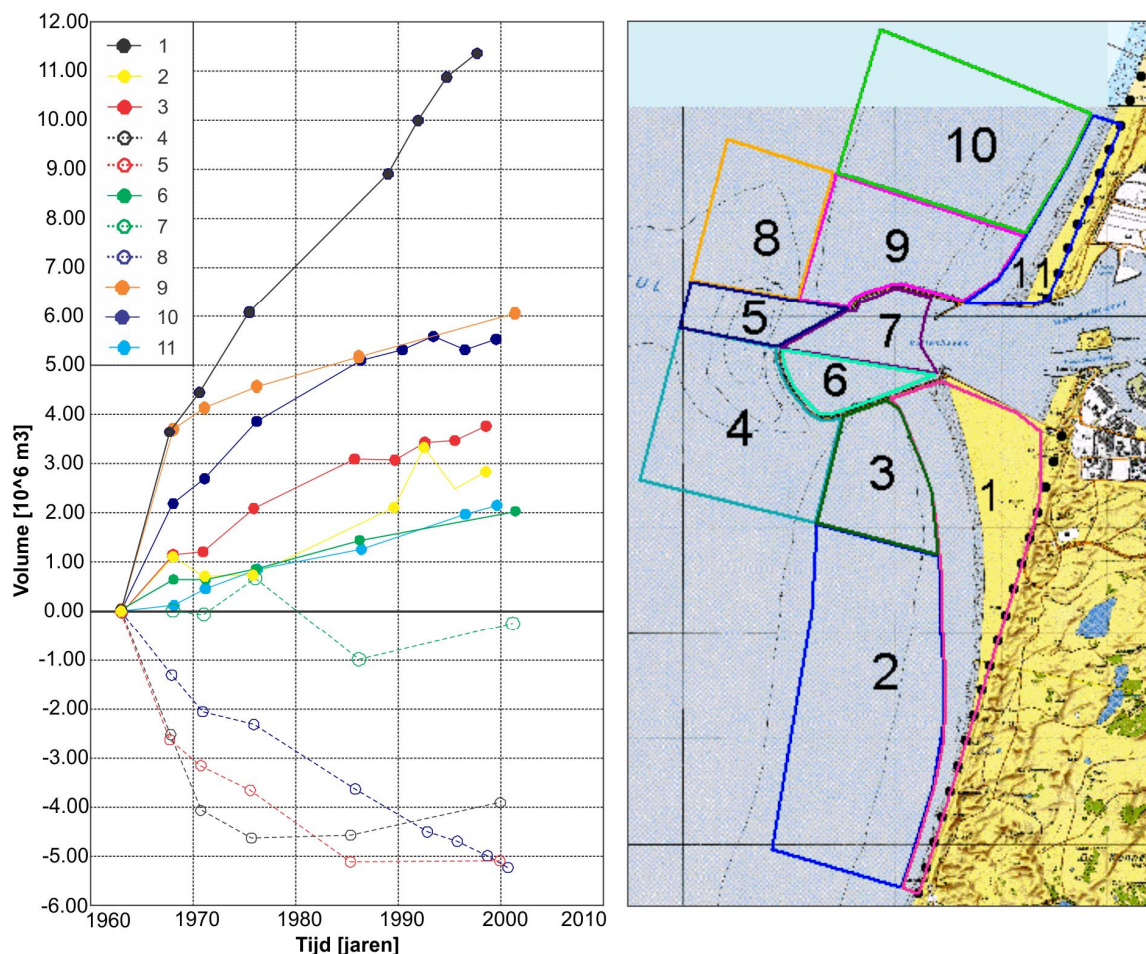
Figuur 4.26 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 5 (raaien 3975, 4325 en 4650).



#### 4.3.6 Deelgebied 6 + 7: Wijk aan Zee tot IJmuiden (km 47 – 55)

De ontwikkeling in kustvlakken 6 en 7 worden mede bepaald door de havendammen van IJmuiden (zie ook paragraaf 5.1.5). De studie van de Kruif en Keijer (2003) geeft het meest recente, complete overzicht van de effecten van de havendammen van IJmuiden op de naastliggende deelgebieden. De focus is echter wel op het Kennemerstrand aan de zuidkant en minder op de noordzijde. In deze paragraaf worden hun belangrijkste bevindingen samengevat.

De grootschalige effecten van de initiële aanleg worden in paragraaf 5.1.5 en Figuur 5.3 ook kort besproken. Na aanleg van de dammen (1867-1876) is de morfologie van de aangrenzende kust veranderd, om uiteindelijk een nieuw evenwicht te bereiken. Zowel aan de noordkant als de zuidkant direct aansluitend op de havenmond is de kust over 2 á 3 kilometer aangegroeid. Grenzend aan het aanzandingsgebied vindt er (aan beide zijden) over een lengte van ca. 4 á 5 km erosie plaats, maar deze is naar verhouding veel minder sterk dan de aanzanding. De aanzanding aan de noordkant blijkt na de aanleg van de havenhoofden ongeveer 3 keer zo groot te zijn als de aanzanding aan de zuidkant. Ook na de verlenging van de havendammen in 1962-1967 is de kust direct ten noorden en ten zuiden van de havenhoofden uitgebouwd. Rakhorst (1990) geeft hier sedimentatiewaarden van 3,65 en 7,65 miljoen m<sup>3</sup> in 1986.

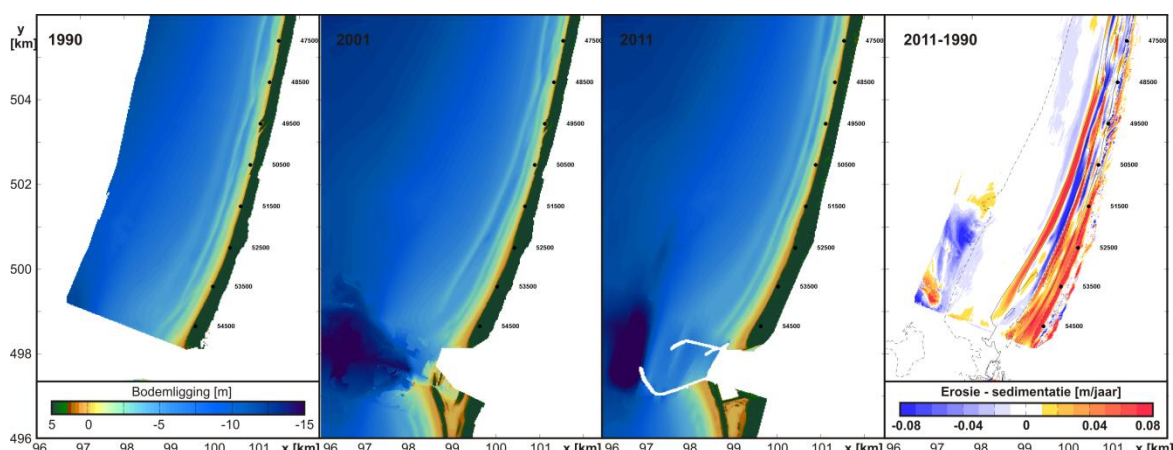


Figuur 4.27 : Volumeveranderingen rond de havendammen van IJmuiden t.o.v. het volume in 1963 (aangepaste versie van de Kruif en Keijer 2003).

De Kruijff en Keijer (2003) presenteren een overzicht van de volumeverandering t.o.v. de bodem van 1963 (de eerste beschikbare bodem). Hiervoor is het studiegebied opgedeeld in 11 vakken. De resultaten hiervan worden samengevat in Figuur 4.27 en deze paragraaf.

Met uitzondering van de vakken nabij de ontgrondingskuil voor de havenhoofden neemt het zandvolume toe. Over een periode van 36 jaar is er in de balansgebieden bijna 20 miljoen m<sup>3</sup> aangezand. Deze waarde is inclusief de verdieping en verbreding van de Nieuwe Buitenhaven en de Ijgeul, waardoor de bruto aanzanding in werkelijkheid hoger zal zijn. Daarnaast is 1,5 miljoen m<sup>3</sup> zand uit het buitenhaven gebied gebaggerd en gestort op het Kennemerstrand. Rond 1990 is de jachthaven (Seaport Marina) aangelegd en is een kunstmatig duin aangelegd.

De verdieping van de ontgrondingskuil en vaargeul is waar te nemen in vakken 4, 5 en 8. De ontgrondingskuil bereikt een evenwicht rond 1976. Sindsdien is hier de volumeontwikkeling vrijwel constant (vak 4). Vak 5 laat zien dat na verdieping van de vaargeul in 1986 het volume in het vak nauwelijks meer verandert. In vak 8 speelt de verbreding van de vaargeul waardoor deze in volume afneemt. Ten noorden van het havenhoofd zien we een volume toename van ongeveer 10 miljoen m<sup>3</sup> door de aanzandingswaaier welke hier richting kust migreert (vak 9 en 10). Ook het volume van de kust neemt in deze periode met 2 miljoen m<sup>3</sup> toe (vak 11). Ten zuiden van de havenhoofden nemen de volumes sterker toe. De totale volume toename van de vakken 1,2,3 is 17 miljoen m<sup>3</sup>. De Kruijff en Keijer concluderen dat aan de noordzijde de aanzanding afneemt en hier lijkt zich een evenwicht te hebben ingesteld. Aan de zuidzijde (Kennemerstrand, 56.00-60.00) blijft de aanzanding toenemen; waarschijnlijk zal hier rond 2025 een evenwicht ontstaan. Bodemopnamen van 2011 (Figuur 4.28) geven een identiek beeld. Op de diepere vooroever lijken de verschillen klein. Kustlangs gezien is de trend overheersend positief met lokaal gemiddelde sedimentatiesnelheden tot meer dan 0,08 m/jaar langs de kust en in de brandingszone (Figuur 4.28 rechts).

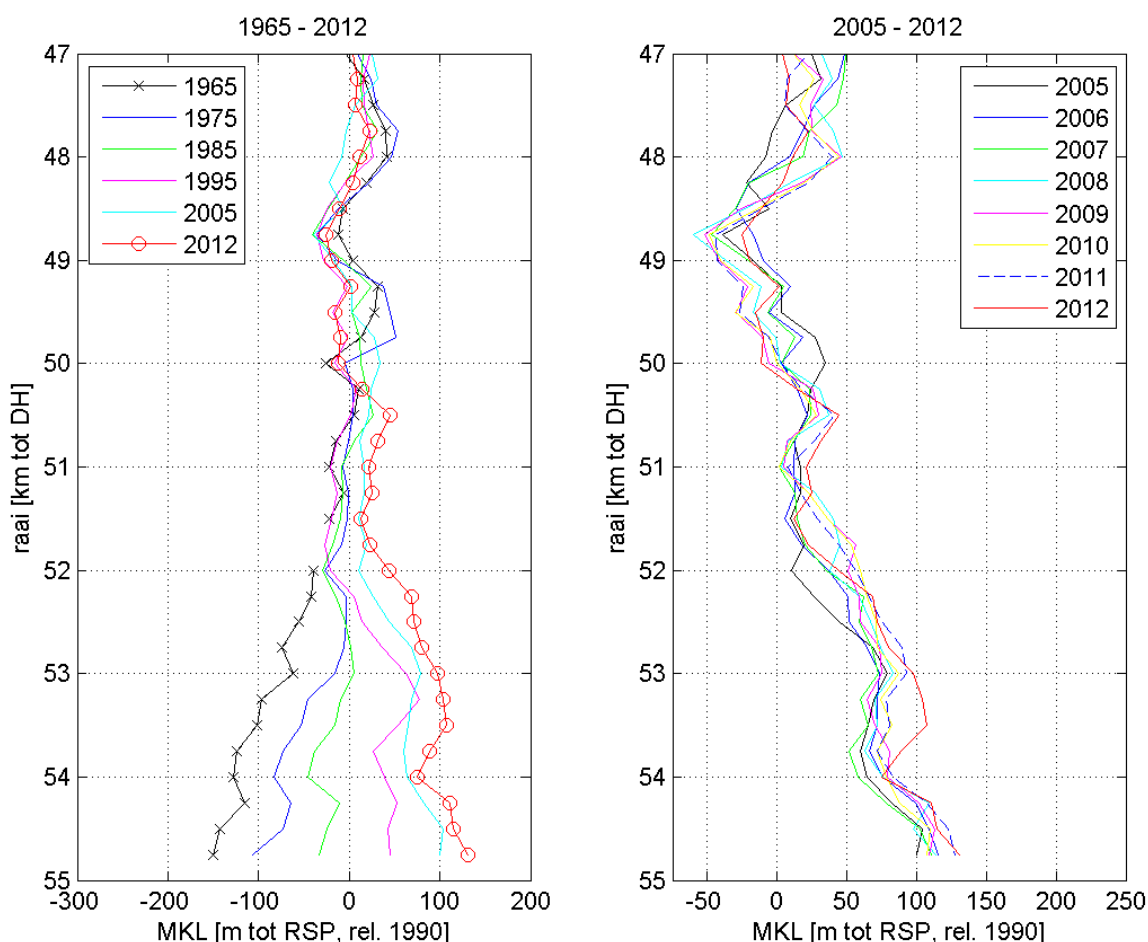


Figuur 4.28 Ontwikkeling van de kustzone ten noorden van IJmuiden voor de jaren 1990, 2001 en 2011. De rechter figuur geeft de sedimentatie-erosiesnelheid per jaar over de periode 1990-2011. Bodems gebaseerd op de vaklodingen.

De waargenomen sedimentatie komt ook duidelijk tot uitdrukking in de locatie van de MKL (Figuur 4.29). Tussen km 50 en 55 zien we een zeewaartse verplaatsing van de MKL. Deze verplaatsing is maximaal direct grenzend aan de havendammen (km 55), waar de MKL sinds 1965 275m zeewaarts is verplaatst. In het gebied tussen km 47 en 55 fluctueert de MKL over de gehele periode rond de 1990 ligging. Kijken we in detail over de laatste jaren (2005-2012, Figuur 4.29, rechts) dan zien we dat de MKL positie sterk fluctueert met een bandbreedte van



25 tot 50m. De zeewaartse verplaatsing van de MKL in het gebied tussen km 50-55 blijft aanwezig, maar lijkt wel iets af te nemen. Volgens Pot (2011) neemt het kustvolume (tussen de -100m en 750m uit de RSP-lijn) toe. Tussen km47 en 50 is deze toename bijna 2,5 miljoen  $m^3$  sinds 1965. Sinds 1990 ligt de trend tussen de 0,2-0,3 miljoen  $m^3$ /jaar. In het gebied grenzend aan de havendam (km50-55) neemt het volume toe met 2,5 miljoen  $m^3$  in de periode 1965-2010.



Figuur 4.29 Ontwikkelingen van de MKL voor deelgebied 6 en 7.

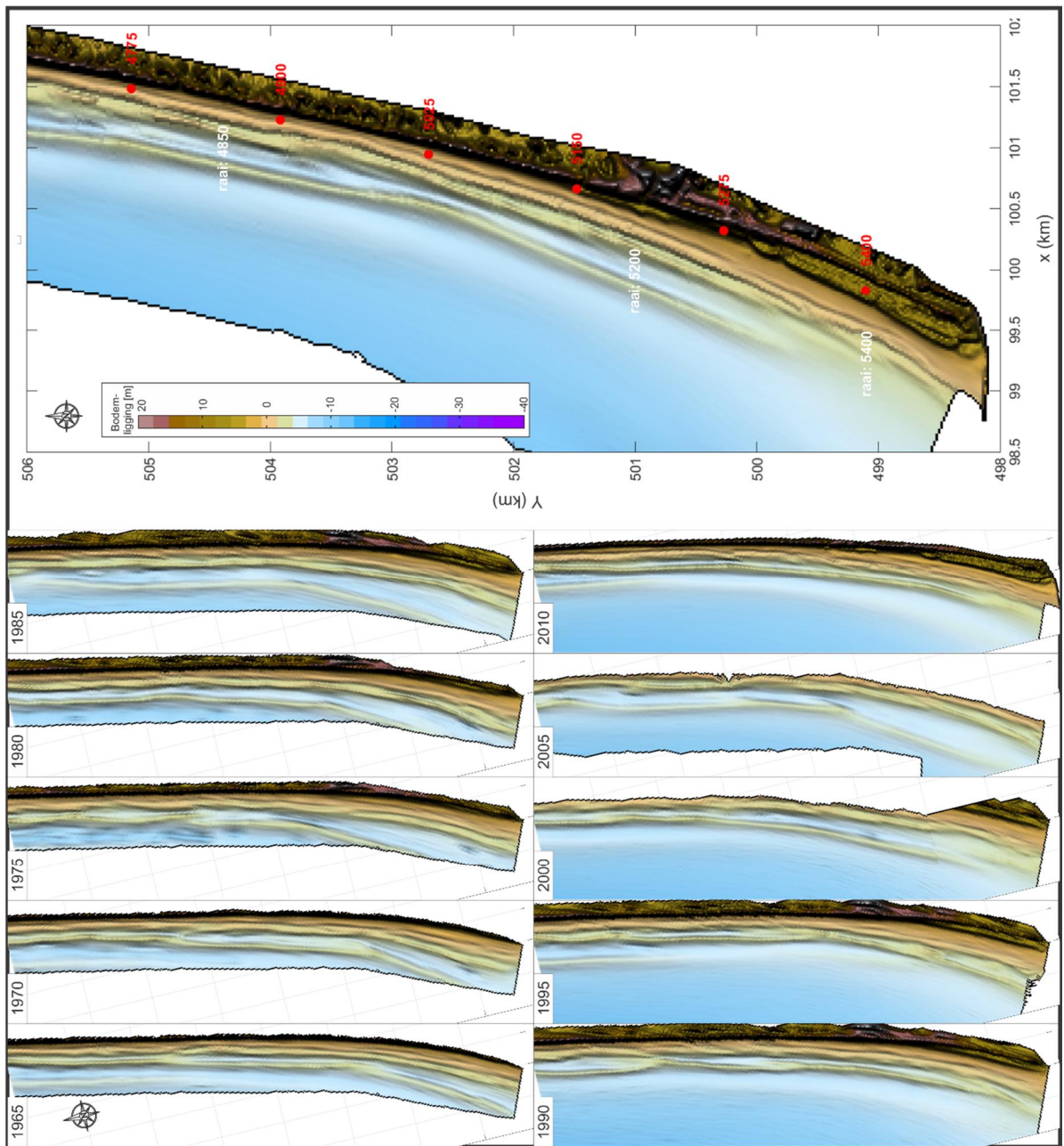
Een gedetailleerd beeld van de kustlijn en het bankgedrag wordt gegeven in Figuur 4.30 en Figuur 4.31, raaien 4850, 5200 en 5400. Raai 4850 (Figuur 4.31, boven) geeft een representatief beeld van het bankgedrag tussen km 47 en 50. De tijdserie van dit profiel geeft een coherent gedrag over vrijwel de gehele periode. In profiel 4850 kunnen we 3 hele bankcycli onderscheiden. In de periode 1965-1973 ligt de buitenbank op 650m RSP en een hoogte van -4m NAP. Tussen 1973 en 1974 migreert de bank ineens zeewaarts (150-200m). Ook de binnenbank migreert zeewaarts van 300m uit de RSP-lijn in 1977 naar 600 RSP in 1984. In de periode 1984-1989 dempt de bank uit (van -4m naar -6m) en de nieuwe binnenbank ontwikkelt en migreert zeewaarts. Deze migratie versnelt in de periode 1988-1994. In 1994 ligt de vormalige binnenbank weer op een identieke locatie als de vorige buitenbank (600 m RSP en -4m in hoogte). Een derde vrijwel identieke cyclus vinden we tot 2005. In 2012 lijken we in een vierde cyclus te zitten. Van 2005 tot 2010 was de buitenbank vrij stabiel. De laatste twee bodems geven een uitdempende buitenbank (van -4 naar -6) en

een migratie van de binnenbank zeewaarts te zien. De in eerdere studies (Wijnberg 1995; Spanhoff, 2004) gerapporteerde herhalingstijd van 15 jaar lijkt hier redelijk gehaald te worden. De waargenomen cycliciteit is een mogelijke verklaring voor de sterk fluctuerende MKL positie van raai 5400 tot 1990 (Figuur 4.31, onder). Sinds 1990 nemen de fluctuaties af, maar dit komt vooral doordat de positieve uitschieters sterk in grootte verminderen. De MKL posities liggen dicht bij de BKL en overschrijden de BKL in de periode 2006-2009).

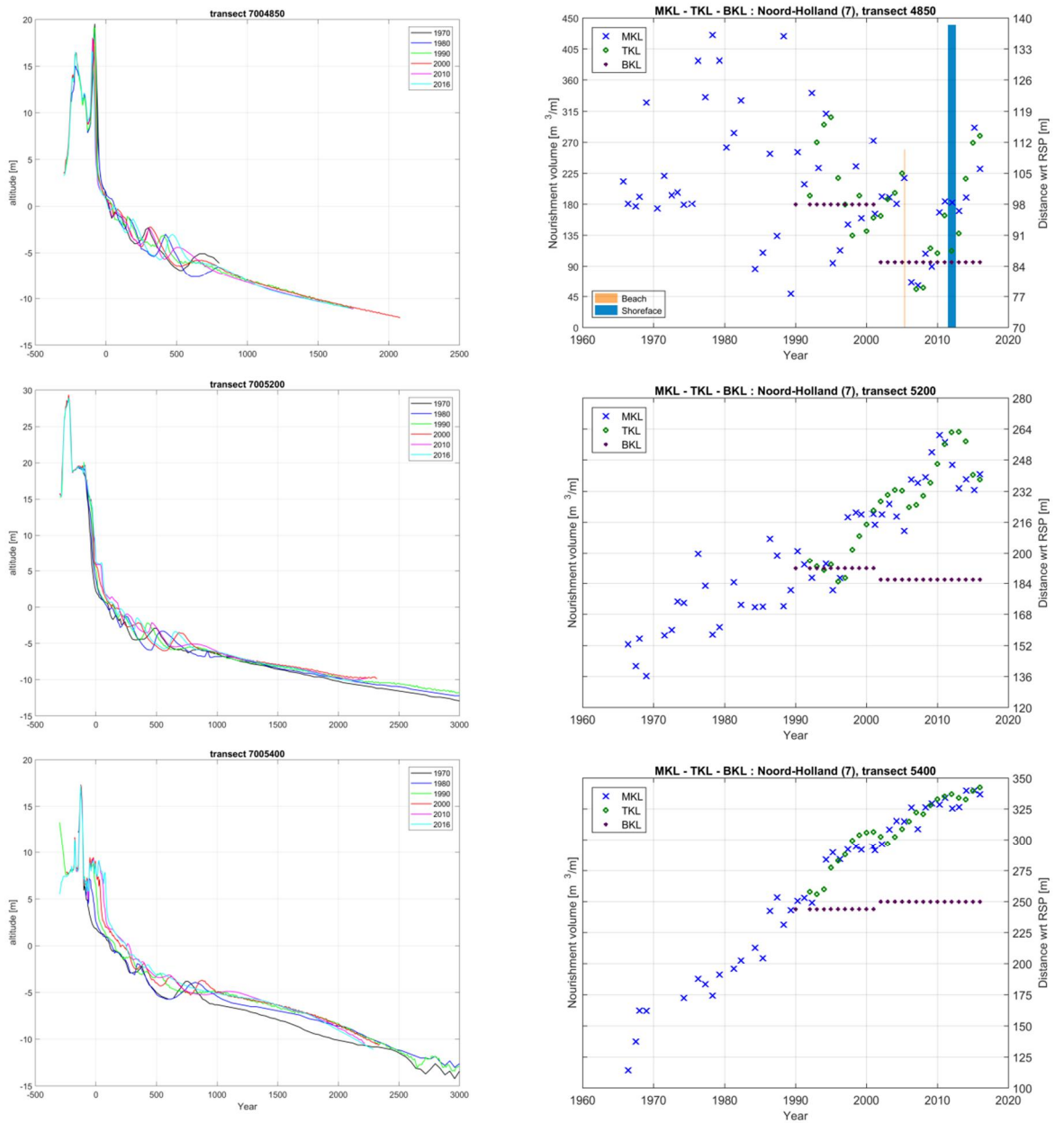
Zoals eerder waargenomen in Figuur 4.26 is de MKL trend ten zuiden van km 50 overwegend positief. Raai 5200 (representatief voor het gedrag tussen km 51 en 52) geeft een duidelijke, bijna lineaire toename, van de MKL afstand. Cycliciteit zoals beschreven voor profiel 4650 is in dit profiel minder zichtbaar. Tussen 1967 en 1980 is het 2-banken systeem vrijwel stabiel met een buitenbank tussen 500-600m RSP en een hoogte van -3,5m. Landwaarts van 300m RSP fluctueren de kleine banken in positie en hoogte. Na 1985 dempt de buitenbank uit en ontwikkelt de binnenbank zich. De binnenbank migreert van 250m RSP en een hoogte van -1m naar 550m RSP en -3m in 1992. De bank is uitgedempt in 1995. Tot 1998 is er een enkel banksysteem, welke in 1999 is gesplitst in een 2-banken systeem met dominante banken op 300 en 600 m RSP. Dit 2-bankensysteem blijft behouden tot 2005. In de periode 2005-2012 dempt de buitenbank weer uit en ontwikkelt en migreert de binnenbank zeewaarts. Het banksysteem in 2012 met een dominante bank op 600-650m RSP (hoogte -3m) lijkt sterk op de situatie zoals waargenomen in de periode 1967-1980.

Grenzend aan de havendam vertoont het profiel 5400 een duidelijke verhoging (Figuur 4.31, onder). De MKL neemt hier tot 2005 bijna lineair toe. Tussen 2005 en 2012 lijkt de MKL (tijdelijk) te stabiliseren, maar zulke tijdelijke stabilisaties zijn ook opgetreden rond 2000, 1990 en 1975. Deze volumetoename is duidelijk zichtbaar in de MKL, maar ook in de duinvoet. Sinds 1965 is de duinvoet (gedefinieerd als de +3m lijn) meer dan 150m zeewaarts verplaatst. Deze verplaatsing gebeurde met een snelheid van 4,5 m/jaar in de periode 1965-1980, maar reduceert naar een gemiddelde snelheid van 3 m/jaar over de periode 1980-2010. In de periode 2010-2012 ligt deze snelheid op 1,5 m/jaar.

Tussen 1965 en 1975 zien we een buitenbank welke migreert naar 750m uit de RSP-lijn en -4m. De binnenbank ligt op -2m en 250-350m RSP. De buitenbank migreert daarna tot 100m RSP in 1985 en dempt uit (1988). Gedurende deze periode is de binnenbank verplaatst naar 500m en -3m in 1989 en 650m in 1992. Deze zeewaartse migratie continueert tot 2001 (875m RSP en -4m), en 2006 (1160m RSP). De buitenbank dempt hierna uit en is in 2012 niet meer te onderscheiden. In 1992 is er duidelijk een nieuwe binnenbank aanwezig op 320m RSP. Ook deze binnenbank migreert zeewaarts naar 400m RSP in 2000 en 690m in 2012. De binnenbank is niet in alle jaren even duidelijk aanwezig. Het landwaartse profiel kan jaarlijks variëren tussen 1 duidelijke binnenbank tot meerdere kleine banken.



Figuur 4.30 Ontwikkeling van de kustlijn in deelgebied 6 over de periode 1965-2010 in 5 jaarlijkse intervallen op basis van JarKus grids. De plaatjes kunnen het best in digitale vorm bekeken worden zodat voldoende ingezoomd kan worden om de (detail) ontwikkeling te bekijken.



Figuur 4.31 Ontwikkelingen van representatieve kustprofielen en bijbehorende MKL voor deelgebied 6 en 7 (raaien 4850, 5200 en 5400).

## 4.4 Dynamiek van de zeereep

### 4.4.1 Inleiding

Veroudering en verstarring van het duin- en kustlandschap hebben duidelijk effect op kwaliteit en voorkomen van habitattypen en beschermde soorten in de uitgestrekte Natura 2000 gebieden langs de Nederlandse kust. Van zanddynamiek wordt verwacht dat dit een positieve invloed kan hebben op karakteristieke habitattypen, - flora en -fauna. In deze paragraaf wordt de dynamiek van de zeereep en de achterliggende duinen (circa 200-400m vanaf de duinvoet) beschreven. De informatie in deze paragraaf is gebaseerd op de volgende studies: Arens et al. (2009) Arens et al. (2010), Arens et al. (2012), Stuijzand et al. (2012). Doelstelling voor deze onderzoeken was het in beeld brengen van de dynamiek van de zeereep en duinen en het verkrijgen van meer inzicht in de effecten van zandsuppleties.

In Figuur 4.32 staat weergegeven welke responstypen (Arens, 2009) langs de Noord-Hollandse kust voorkomen. In Bijlage D staat de volumeverandering per raai voor vier perioden (1966-1978, 1978-1988, 1988-1998, 1998-2008). De volumeberekening is gebaseerd op de JarKus meting. In staat Figuur 4.33 staat de volumeverandering boven de +3 m NAP per kilometer. Deze volumeberekening is gebaseerd op de laseraltimetrie meting, de berekenmethode en de beperking van de berekening (bijvoorbeeld fouten door de aanwezigheid van vegetatie) staan beschreven in Arens et al (2010). De berekeningen zijn het meest betrouwbaar voor langjarige perioden. De dynamiek die in deze figuren zichtbaar is wordt in deze paragraaf verder toegelicht: In paragraaf 4.4.2 staat een algemene beschrijving van de situatie in 1988 en de situatie in 2011.

### 4.4.2 Algemene beschrijving situatie

#### *Situatie 1988*

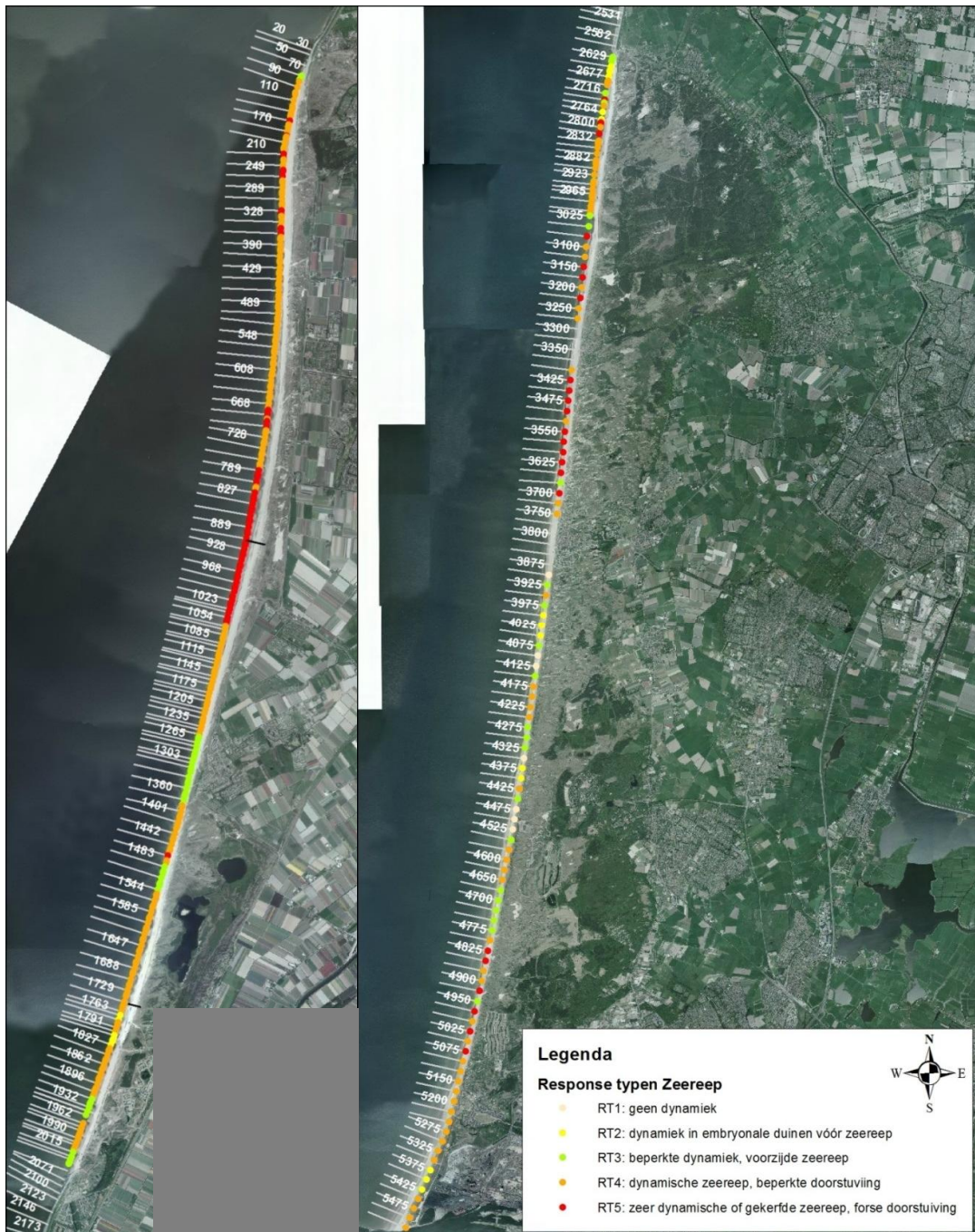
Het grootste deel van Noord-Holland wordt beïnvloed door matige afslag. Waar ruimte genoeg is laat de beheerder bij toenemende versteiling van de zeehelling de zeereep naar binnen stuiven. In het noorden bevindt zich afwisselend een afslag zeereep met ophoging en een sterk gekerfde zeereep. Dit zijn meest overblijfselen van een rollende zeereep, waar door de waterkeringbeheerder vegetatie weg werd gehaald om de zeereep naar binnen te laten stuiven. Op één plaats gebeurt dit nog actief. Met bulldozers worden op de overheersende windrichting sleuven gegraven. Over de top van de zeereep vindt zeer sterke overstuiving plaats. Rond paal 9 bevindt zich een zone van enkele kilometers waar sterke aanstuiving en ophoging van de zeereep plaatsvindt. Tot paal 30 is de zeereep plaatselijk laag en smal met laag liggend achterland. De zeereep is hier sterk gecontroleerd en plaatselijk zijn afslaghellingen te zien. Aan de noordkant van deze zone vinden regelmatig suppleties plaats. Tot paal 60 wordt de zeereep omvangrijker, afwisselend met afslaghellingen, zeewaartse hellingen met een aanstuifzone en zeewaartse hellingen met een aangroei zone. In zuidelijke richting komt geringe aangroei steeds vaker voor. Vanaf paal 52 overheerst de zeereep met een aangroei zone tegen de zeewaartse helling. De aangroei is het gevolg van de pieren bij IJmuiden. Tussen raai 1.10 en 30.00 zijn strandhoofden aangelegd.

#### *Situatie 2011*

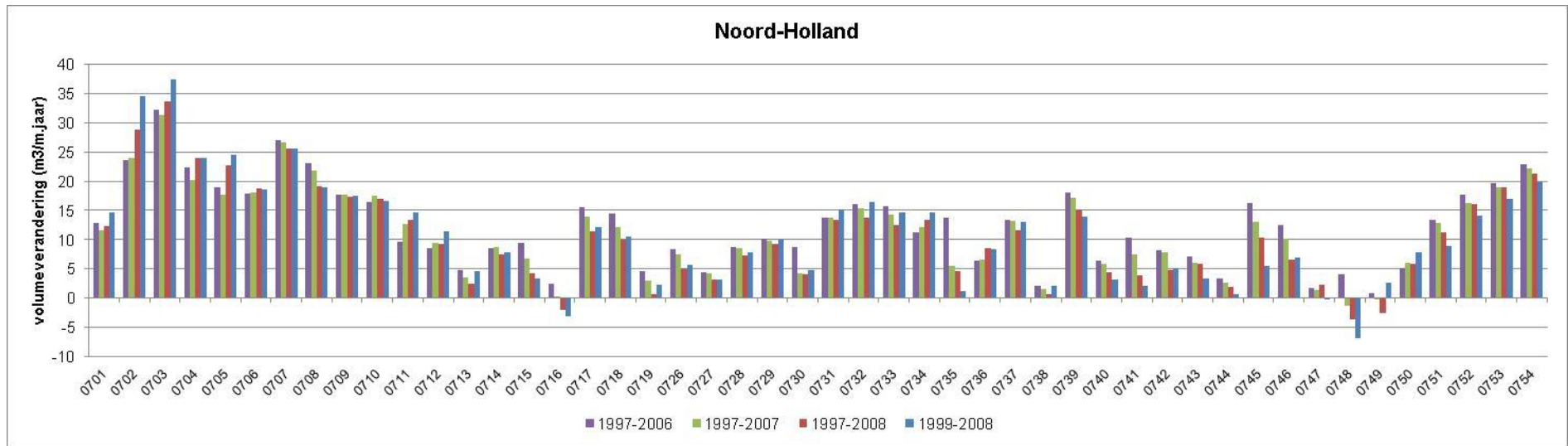
Afslag speelt vrijwel geen rol meer en ook beheersmaatregelen zoals het zetten van stuifschermen, het egaliseren van hellingen en aanplant zijn nog mondjesmaat terug te vinden. Langs grote delen is sprake van een forse aanstuiving en/of overstuiving van de zeereep. Gemiddeld genomen wordt er vrijwel overal zand opgeslagen in de zeereep. Er zijn zeer weinig transecten waar de volumeontwikkeling negatief is. Er zijn enkele opvallende locaties waar winderosie een belangrijke rol speelt, rond RSP1-5, RSP 7-11, RSP34-37,



RSP48-51. Bij enkele hiervan ontstaan forse stuifkuilen of kerven die paraboliseren (het begin van de ontwikkeling van een nieuw paraboolduin). Behalve in Noord-Holland is dit ook waargenomen op Terschelling (Noordvaarder), kop van Schouwen, en zeer plaatselijk op de kop van Goeree.



Figuur 4.32 Classificatie van de zeereep voor Noord-Holland (links: Noord, rechts: Zuid). Het betreft de huidige classificatie van responstypen zoals ze in 2012 golden, gebaseerd op laseraltimetrie 1997/1998-2012 en luchtfoto's 2011 en 2012.



Figuur 4.33 Volumeverandering boven de +3 m NAP per kilometer. De volumeberekeningen zijn gebaseerd op de laseraltimetrie metingen 1997-2008. Noord links, zuid rechts. Hondsbossche en Pettemer Zeewering (0720-0725) niet afgebeeld. Notatie op X-as: kustvak (07) en km.

## 5 Kustverdediging en primaire waterkering

### 5.1 Harde verdedigingswerken

#### 5.1.1 Overzicht

In het verleden zijn talrijke harde verdedigingswerken aangelegd langs de Noord-Hollandse kust; Tabel 5.1 en Figuur 5.1 geven een overzicht. Tussen de Hondsbossche en Pettemer Zeewering en de Helderse Zeewering bevinden zich 69 strandhoofden. Met de aanleg van de eerste hoofden bij Callantsoog werd al in 1880 begonnen. In 1930 was het gehele kustvak tot de Helderse Zeewering volgebouwd. Ten zuiden van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering is van 1932 tot 1935 over 4 km een reeks hoofden aangelegd, later aangevuld met paalrijen over een afstand van een kilometer.

Naast deze kleine strekdammen zijn er grote havendammen aangelegd bij IJmuiden. In de studie van Verhagen en van Rossum (1990) wordt geconstateerd dat deze havendammen het brandingsstroomtransport over een afstand van ruim vijf maal de lengte van de havendammen aan weerszijden beïnvloeden. Hierdoor treedt er direct naast de havendammen aanzanding op en enkele kilometers verderop enige extra erosie. De erosiepunten schuiven langzaam van de havendammen weg terwijl de mate van de erosie daarbij afneemt. De maximale lengte waarover erosie wordt waargenomen is 10% van de lengte van de havendam (dus ca 250 m bij IJmuiden), in sommige gevallen minder. Deze invloed is voornamelijk waarneembaar bij IJmuiden, in veel mindere mate bij Scheveningen en Hoek van Holland. Invloed op de langjarige kusterosie van grote kustvakken, zoals Noord-Holland is niet aantoonbaar. Hieronder worden de harde constructies kort behandeld. De effecten van deze constructies op de omliggende morfologie worden in de systeemanalyses van Hoofdstuk 3 en 4 per deelgebied uitvoerig beschreven.

Tabel 5.1 Overzicht van de harde verdedigingswerken langs de Hollandse kust.

Kunstwerk	Locatie (RSP)	Periode van constructie	Opmerkingen
Helderse Zeewering	0.0 1.1	1721 1956	Constructie Verlenging
Hondsbossche en Pettemer Zeewering	20.0 – 26.0	1500 / 1872/ 1954 1969 / 2015	'zacht' versterkt in 2015
Strekdammen	0.4 – 31.0	1880 - 1935	
Havendammen IJmuiden	55.0 – 56.0	1865-1879 1962-1967	Lengte 1,5 km Verlenging tot 2,3 km (noord) en 2,5 km (zuid)

#### 5.1.2 Strandhoofden

Een uitgebreide evaluatie van het functioneren van strandhoofden is gerapporteerd door Verhagen en van Rossum (1990). Volgens deze studie kan niet worden geconcludeerd dat de havenhoofden een erosie-remmende werking hebben. Uit regressieanalyse blijkt dat de erosiesnelheid na aanleg van de hoofden tussen raai 2 en 9 juist toenam. Tussen raai 10 en 13 is er een afname van de erosiesnelheid en tussen raai 13 en 20 varieert de ontwikkeling. Het verschil tussen succes of falen hangt waarschijnlijk samen met langlopende zandgolven. Alleen hoofden die in het dal van een zandgolf aangelegd werden laten een duidelijke aanzanding zien.

Uit analyse van de golfbrekers (en palenschermen) langs de gehele kust wordt in deze studie verder geconcludeerd dat hoofden op twee verschillende manieren invloed kunnen hebben op het kustgedrag. Ten eerste, via beïnvloeding van het door golven aangedreven brandingsstroomtransport en ten tweede door beïnvloeding van de getijstroming. Op locaties waar strandhoofden de getijstroom van de kust afhouden lijken deze over het algemeen succesvol te functioneren. Hier is handhaven van deze hoofden ook in de toekomst noodzakelijk. De hoofden verwijderen zal automatisch tot kusterosie gaan leiden.

Op plaatsen waar strandhoofden de golfgedreven stroming beïnvloeden, zoals op de meeste locaties in Noord-Holland, is de effectiviteit minder duidelijk aan te tonen. Vooral in de gevallen waar de resulterende brandingsstroom klein is door bijvoorbeeld golfval uit (vele) verschillende richtingen blijken strandhoofden nauwelijks effectief ter preventie van erosie. In de studie van Verhagen en van Rossum word ook aangegeven dat ter plaatse van de hoofden het strand en de onderwateroever iets steiler lijken te zijn ten opzichte van het natuurlijke profiel. Afbraak van de hoofden leidt hier wellicht tot verflauwing van de kust en daardoor tot (tijdelijke) erosie aan de waterlijn. Op locaties waar de golven hoofdzakelijk uit dezelfde richting komen, blijken strandhoofden de doorgaande erosie van met name het strand te verminderen. Dit leidt echter wel altijd tot grote erosie aan de lijzijde, die bestreden kan worden door de bouw van nog meer hoofden. Door het wisselende succes van de al bestaande strandhoofden en de grote kosten voor aanleg en onderhoud, worden ze tegenwoordig, sinds de keuze voor dynamisch kustbeheer, niet meer aangelegd. Sinds 1990 is het beleid gericht op een dynamische kustverdediging waarbij vooral zandsuppleties worden ingezet. Evaluaties van de effectiviteit van zandsuppleties (bijv. Roelse, 2002) laat zien dat deze suppleties een effectief middel zijn om de structurele erosie tegen te gaan.

#### 5.1.3 Helderse Zeewering

De oorsprong van de Helderse Zeewering ligt in het begin van de 17<sup>de</sup> eeuw (zie ook Figuur 3.7). Houten palen en zinkstukken opgebouwd uit wilgenmatrassen werden geplaatst aan de voet van de dijk om de erosie van de kust tegen te houden en de teen van de dijk te beschermen. Deze constructies vertraagden de erosie wel, maar een echte stabilisatie vond plaats in de 18<sup>de</sup> eeuw door de aanleg van een stenen zeewering welke tegenwoordig de Helderse Zeewering wordt genoemd. De Helderse Zeewering heeft een grote, vaak onderschatte, invloed gehad op de ontwikkeling van het zeegat en de buitendelta. Het natuurlijke gedrag, gekenmerkt door zuidelijke migratie van het gehele zeegat en periodieke relocatie werd door de aanleg gestopt (Elias en van der Spek, 2006). Hierdoor is de diepte van het zeegat flink toegenomen en er ontwikkelde zich een diepe ontgrondingskuil (Helsdeur). Deze diepe geulen zijn ingesneden in compacte keilemlagen waardoor ze stabiel in positie liggen. De ontgrondingskuil en voortdurende uitschuring langs de voet van de Helderse Zeewering maken periodiek onderhoud noodzakelijk. Tot 2007 werd dit onderhoud voornamelijk door aanvullende steenbestortingen uitgevoerd. In 2007 is een grote zandsuppletie (geulwandsuppletie) uitgevoerd met mede als doel de stabiliteit van de zeewering te waarborgen. De evaluatie van deze suppletie is samengevat in paragraaf 4.2.3. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voert tweejaarlijks monitoring uit van de zeebodem om de de zeewering te bewaken en te onderhouden.

#### 5.1.4 Hondsbossche en Pettemer Zeewering

De oorsprong van de Hondsbossche Zeewering ligt in de 16<sup>de</sup> eeuw toen paalwerken en strandhoofden langs de kustlijn werden geplaatst om zo de erosie van de duinreep te stoppen. De zeewering is verschillende keren landwaarts verplaatst door de erosie aan de noord -en zuidzijde hiervan (Stolk, 1989). Rond 1880 kreeg de zeewering meer zijn huidige vorm met de versterking van het aanwezige zandlichaam met basaltblokken. Strekdammen

aan weerszijden werden gebouwd om de kop en eind erosie te beperken. In 1981 werd de basaldijk op Deltahoogte (11,5 m boven NAP) gebracht. De Hondsbossche Zeewering vormt één geheel met de Pettemer Zeewering die zich aan het noordelijke gedeelte bevindt. Het Pettemer deel is hoger en steiler aangelegd.

In 2004 bleek dat deze zeeweringen niet aan de wettelijke eisen voldoen en zijn er noodmaatregelen getroffen om de veiligheid van het achterliggende land te waarborgen. Eind 2004 is er stalen damwand geplaatst in de kruin van de Pettemer Zeewering die 70 cm boven de dijk uitsteekt. In 2005 werd ook de Hondsbossche Zeewering aan de buitenkant verstevigd met een blokkenpatroon van beton. Tussen 2014 en 2015 is er 35 miljoen m<sup>3</sup> zand aangebracht als definitieve versterking in het kader van Zwakke Schakels, zie paragraaf 4.3.3.

Bij de Hondsbossche en Pettemer Zeewering werd geconstateerd, dat de doorgaande kusterosie aan weerszijden van de dijk nauwelijks beïnvloed werd door de strekdammen. Deze erosie gaat in het normale tempo door, waardoor de dijk tot 2014 als een bolwerk in zee lag en daarmee een gedeeltelijke scheiding tussen de kust ten noorden en zuiden ervan vormde. De studie van Allersma (1988) geeft als mogelijke oorzaken voor de kop- en staarterosie; (1) de algemene recessie van de kust, (2) toenemende contractie van de stroming rond de vooruitstekende zeewering, (3) verstoring van het bewegingspatroon van de brekerbanken voor de kust, (4) het doorbreken van een erosie-resistente laag (klei), zodat een zachter materiaal (zand) is blootgesteld.

Hoewel sinds 2015 de versterking met zandsuppleties voltooid is en de zeewering Hondsbossche Duinen wordt genoemd is er nog steeds sprake van een vooruitgeschoven ligging in de kustzone, zie ook Figuur 4.7. Monitoring zal in de komende jaren moeten uitwijzen of er sprake is van versnelde erosie van het aangebrachte zand.

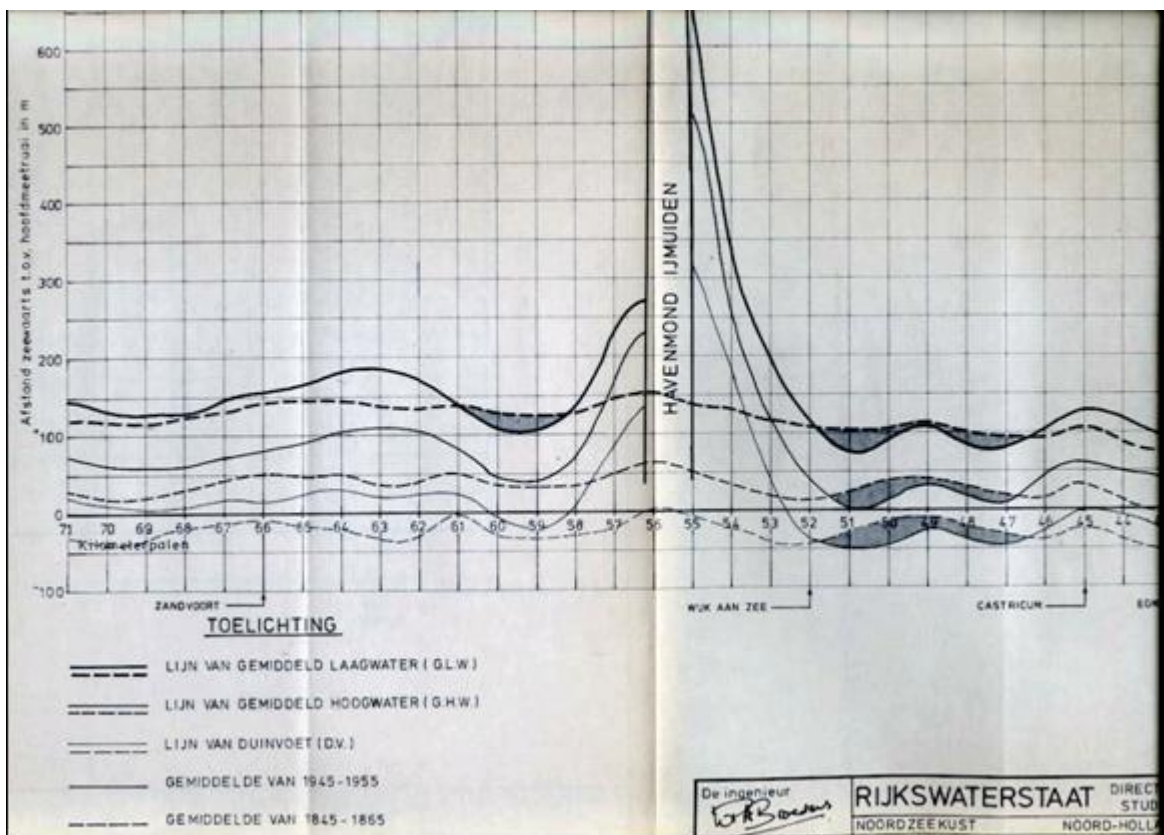




Figuur 5.1 Overzicht van 'harde' constructies in het Noord-Hollandse kustvak: (a) aanleg strandhoofden uit Verhagen en van Rossum (1990), (b) Helderse Zeewering, (c) hoofden tussen Helderse en Hondsbossche zeewering, (d) Hondsbossche en Pettemer Zeewering in 1982, (e) overgang van Pettemer naar Hondsbossche Zeewering in 2011, en (f,g) havendammen van IJmuiden en de aanzanding in 2011 aan de noordzijde daarvan. Alle foto's zijn afkomstig van: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat.

### 5.1.5 Havendammen bij IJmuiden

In de periode 1867-1876 zijn de haven van IJmuiden en de bijbehorende havenhoofden aangelegd. Het zuidelijke en noordelijke havenhoofd reikten toen respectievelijk 1300 m en 1050 m zeewaarts t.o.v. van de kustlangse lijn waarop de Rijksstrandpalen zijn geplaatst (RSP-lijn). Beide havenhoofden hebben een nagenoeg gelijke vorm. Na de aanleg is de morfologie van de aangrenzende kust veranderd om uiteindelijk een nieuw evenwicht te bereiken. Honderd jaar na aanleg, tussen 1962 en 1967, zijn de havenhoofden met 1,5 km aan de zuidkant en 1 km aan de noordkant verlengd. Het zuidelijke en noordelijke havenhoofd reiken nu 2800 m en 1850 m zeewaarts.



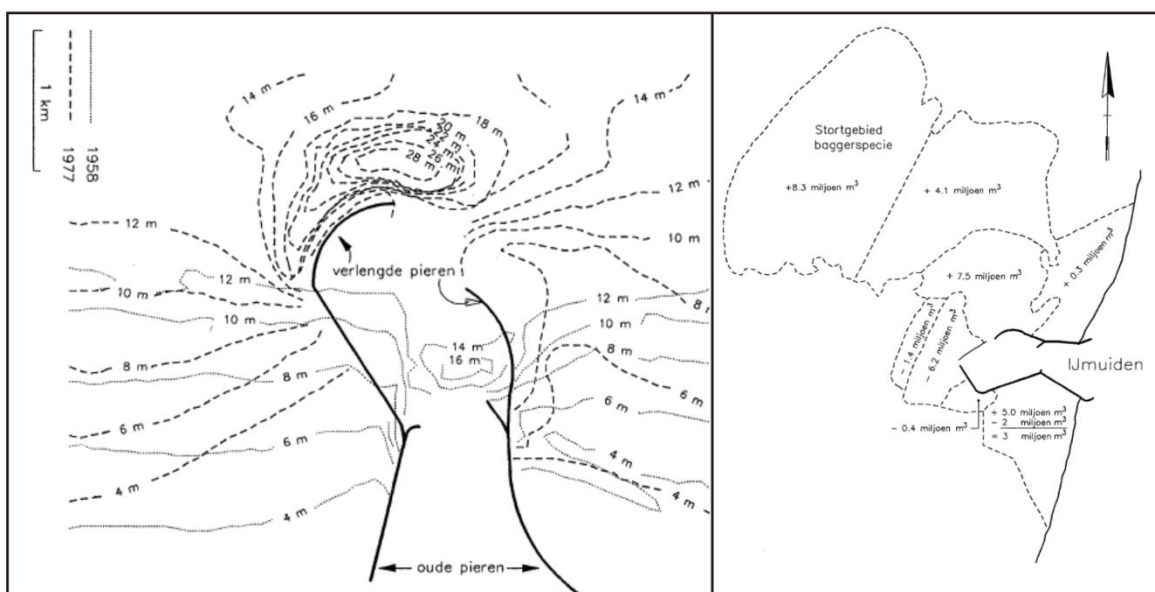
Figuur 5.2 De ligging van de gemiddelde laagwaterlijn, de gemiddelde hoogwaterlijn en de duinvoet weergegeven voor de jaren 1850 (gem. van 1845-1855) en 1950 (gem. van 1945-1955), uit Schalkers en Visser (1978).

Het effect van de initiële constructie van de dammen op de aangrenzende kust wordt goed weergegeven in Figuur 5.2, overgenomen uit Schalkers en Visser (1978). Zowel aan de noord- als zuidzijde van de dam treden gebieden van sedimentatie en erosie op. Aan de noordzijde strekt het sedimentatiegebied zich ruwweg 3 km uit. Aanliggend is er een gebied van 5-6 km waarin erosie domineert. Wat in deze figuur opvalt, is dat de aanzanding aan de noordkant veel groter (ongeveer 3x) is dan de aanzanding aan de zuidkant. Rond 1900 zijn de liggingen van GLW en GHW weer min of meer stabiel en liggen dan ongeveer 500m zeewaarts van de oorspronkelijke kustlijn. De positie van de duinvoet stabiliseerde pas rond 1965; 350m zeewaarts.

Tussen 1962 en 1967 is aan het zuidelijk hoofd ongeveer 1,5 km en aan het noordelijk hoofd ongeveer 1 km aangebouwd. De specifieke vorm van de havenhoofden is zodanig gekozen dat aanzanding in de vaargeul geminimaliseerd wordt en de ontgrondingskuil op juiste plaats komt te liggen (Figuur 5.3, links). Ter plaatse van de vooruitspringende havenhoofden moet

de getijstroom om de havenhoofden heen. Contractie van de stroming verhoogt hier lokaal de stroomsnelheden en er ontstaan eb- en vloedneren. De verhoogde stroomsnelheden initiëren extra erosie zodat een ontgrondingskuil aan de kop van de havendammen ontstaat. Daarnaast bezinkt er sediment in de luwte van de havenhoofden.

Een sedimentbudget opgesteld over de periode 1958 – 1968 laat zien dat er na aanleg 8 miljoen m<sup>3</sup> sediment voor de kop is geërodeerd en er 10,9 miljoen m<sup>3</sup> is aangezand (Figuur 5.3, rechts).



Figuur 5.3 Links, bodemligging bij IJmuiden in 1958 en 1977 en rechts, aanzanding en erosie bij IJmuiden van 1958 - 1968. Beide figuren uit Verhagen (1990).

Na verlenging van de havenhoofden zien we een soortgelijke respons van de kust. Zowel aan de noord- als zuidzijde bouwde de kust uit door het invangen van het langtransport. Alleen is de uitbouw aan de zuidkant is nu veel groter (2x) dan de sedimentatie aan de noordzijde. Van Rijn (1995) geeft aan dat de dammen de langtransporten beperkt blokkeren. In de brandingszone (tot ongeveer 200 m zeewaarts) wordt 50 – 70% van het langtransport geblokkeerd.

Aanzanding vindt ook plaats aan de kop van het noordelijke havenhoofd. Hier ontwikkelt zich in noordelijke richting (op dieper water) een grote aanzandingswaaier met een totale sedimentatie tussen 1963 en 2001 van 5 miljoen m<sup>3</sup>. Langs de kust is sedimentatie te zien in de orde van 2,5 miljoen m<sup>3</sup> (de Kruif, 2003). De Kruif concludeert dat sterke zeewaartse uitbouw van het Kennemerstrand aan de zuidkant van de havenhoofden de meest opvallende ontwikkeling is na de aanleg van de verlengde havenhoofden. Vanaf 2012 blijkt de aanwas minder sterk dan in de periode vlak na verlenging. In het gebied dat 2 tot 4 km ten zuiden van het zuidelijke havenhoofd ligt, blijft de aanzanding constant. Hier wordt verwacht dat rond 2025 de kustlijn een evenwicht bereikt. In paragraaf 4.3.6 bekijken we de respons van de aangrenzende noordelijke kust in detail.



## 5.2 Beschrijving van de primaire waterkering Noord-Holland

De waterkeringen tussen Den Helder en IJmuiden maken deel uit van dijkkring 13 (Figuur 5.4), die een groot gedeelte van Noord-Holland beslaat. Dijkkring 13 wordt begrensd door de Noordzee in het westen, het Marsdiep en dijkkring 12 (Wieringen) in het noorden, het IJssel- en Markermeer in het oosten en dijkkring 44 (Kromme Rijn). De primaire waterkeringen van dijkkring 13 zijn allen in beheer bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

### *Duin*

Bijna de gehele lengte van de waterkering van Den Helder tot IJmuiden bestaat uit duinen. De in het oog springende uitzondering hierop is de Hondsbossche en Pettemer Zeewering. De duinwaterkering begint in het zuiden net iets onder Wijk aan Zee en loopt langs Castricum, Egmond en Bergen tot aan de zuidkant van de Hondsbossche Zeewering. Dit duingebied is breed maar ligt niet bijzonder hoog. Over grote lengtes komen meerdere duinenrijen voor (Figuur 5.10), soms op honderden meters afstand van elkaar. Ten noorden van de Pettemer Zeewering loopt de duinenkust door tot de aansluiting op de Helderse Zeewering, ten westen van Den Helder. De duinen bestaan hier afwisselend uit meerdere en een enkele duinenrij.

### *Harde keringen*

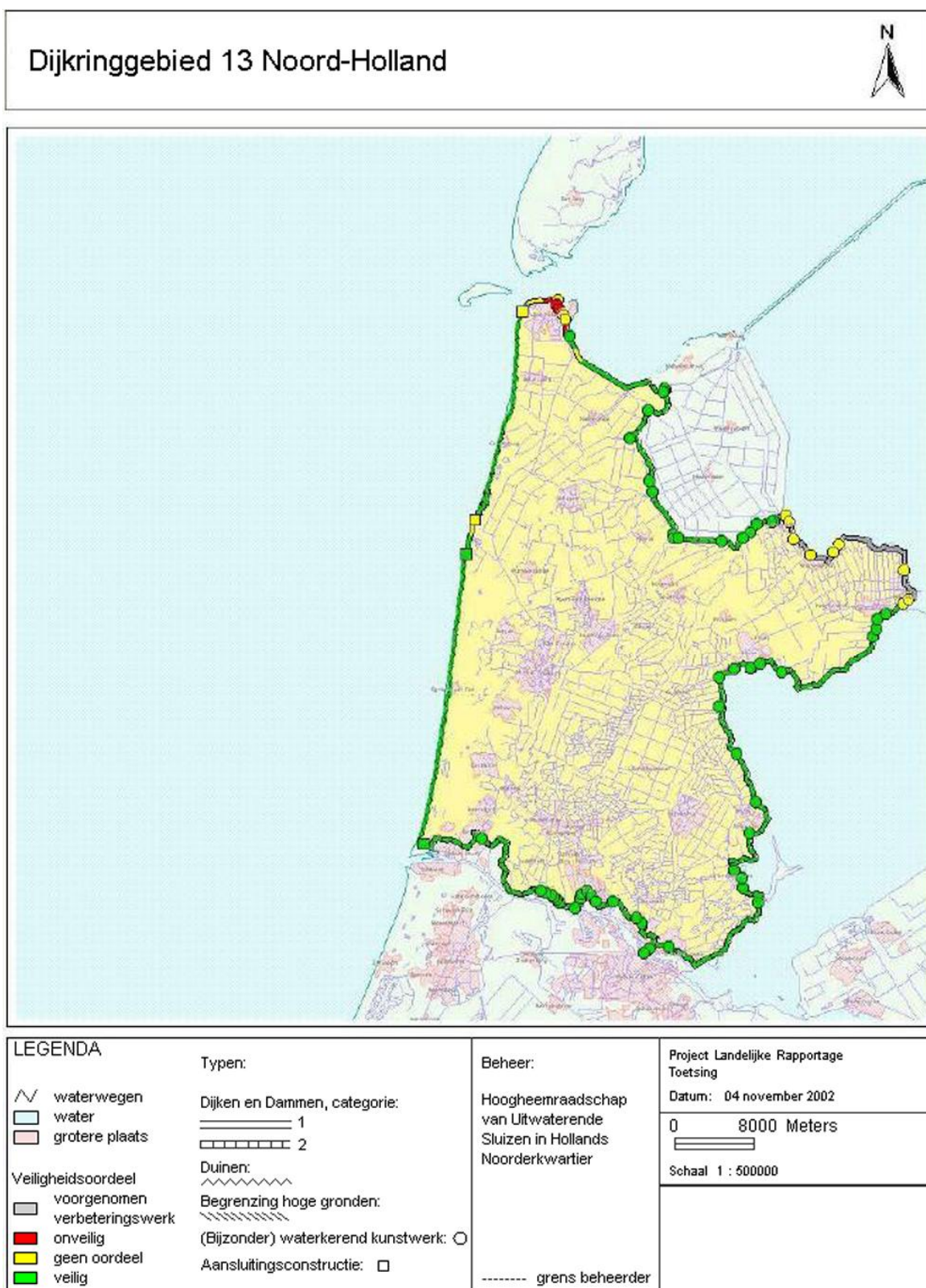
De aaneengesloten Hondsbossche en Pettemer Zeewering vormt een onderbreking van de Noord-Hollandse duinenkust (zie ook paragraaf 5.1.4). Beide zeeweringen hebben in het verleden vele verbeteringen ondervonden en beiden zijn in 2012 als zwakke schakel opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBPZ) voor grootschalige versterking die in 2014-2015 is uitgevoerd. Daarbij is een zandige kust met duinen aangelegd over de harde kering (de Hondsbossche Duinen).

Verder naar het noorden, nabij de kop van Noord-Holland, gaat de duinwaterkering weer over in een harde kering, de Helderse zeewering en de Havendijk (zie ook paragraaf 5.1.3). De Helderse Zeewering loopt om de kop heen en wordt dus zowel vanuit de Noordzee als vanuit de Waddenzee belast. De Havendijk wordt alleen door de Waddenzee belast. Daarna volgen de Koegrasdijk, Balgzanddijk en de Amsteldiepdijk, die alleen binnenwateren beschermen, respectievelijk het Noordhollands kanaal, het Balgzandkanaal en het Amstelmeer.

Het daaropvolgende dijktraject (van het Amstelmeer tot aan Medemblik) grenst volledig aan dijkkring 12 (Wieringen). Deze dijken keren niet direct het buitenwater, en worden geclassificeerd als categorie c kering. Deze categorie keringen is pas in de derde toetsronde voor het eerst op hydraulische randvoorwaarden getoetst.

Van Medemblik tot Enkhuizen strekt de IJsselmeerdijk, die voorbij de Houtribdijk verder gaat als Markermeerdijk tot aan Amsterdam. Voor de laatstgenoemde geldt dat in 2002 de Waterwet (toen Wet op de Waterkering) is gewijzigd door het Markermeer aan te merken als gevaarlijk buitenwater.

De dijken langs het Noordzeekanaal tussen Amsterdam en IJmuiden zijn wederom categorie C keringen, omdat ze niet direct het buitenwater keren.



Figuur 5.4 Waterkering Dijkkringgebied 13, Noord-Holland. (Bron: Min. VenW, 2002b)



### 5.3 Toetsing primaire waterkering

De Waterwet<sup>4</sup> schrijft voor dat er elke zes jaar een toetsing van de primaire waterkering moet plaatsvinden. Bij de toetsing wordt gekeken of de waterkering in kwestie nog aan de wettelijke veiligheidsnormen voldoet. Uit de toetsing 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.

De wijze van toetsen wordt beschreven in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007) en de hulpmiddelen die nodig zijn voor de toetsing worden aangeleverd in het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI<sup>5</sup>). Hiernaast zijn er de nodige gegevens nodig om de toets uit te kunnen voeren. De gegevens over de belasting op de waterkering (bijvoorbeeld golfeigenschappen en waterstanden) worden aangeleverd in de Hydraulische Randvoorwaarden (HR). De beheerders van de waterkering zijn verantwoordelijk voor gegevens over (de actuele toestand van) de waterkering.

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

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

Voor al deze categorieën zijn toetsmethodieken beschreven in het WBI 2017.

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

#### 5.3.1 Eerste Toetsronde (1996 – 2001)

In deze paragraaf worden de toetsingen van de Waterkering Den Helder - IJmuiden (dijkring 13) samengevat. De volledige toetsresultaten staan beschreven in Denekamp (2007) en Annink, et al. (2010). Dijkring 13 heeft een normfrequentie van 1/10.000 per jaar. De dijkring bevat zowel duinen als harde keringen en deze aspecten zullen los van elkaar worden beschreven, vanwege de verschillen in toetsmethodiek en herstelmaatregelen

##### *Zandige kust*

Alle duinwaterkeringen scoren 'Goed' of 'Voldoende'. Er zijn slechts twee aansluitingsconstructies beoordeeld, bij Beverwijk en de zuidkant van de Hondsbossche Zeewering, beide met het oordeel 'Goed'.

<sup>4</sup> <http://wetten.overheid.nl/>

<sup>5</sup> <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-wbi/>

*Harde keringen*

De kruinhoogte voor gedeeltes van zowel de Helderse Zeewering (2,1 km) als de Koegrasdijk (2,0 km) is 'Onvoldoende'. Verder is het overslagdebiet voor een deel van de Helderse Zeewering vrij hoog, zodat er nader onderzoek nodig is naar de erosiebestendigheid van het binnentalud. Ook is de grasbekleding van 2,1 km van de Helderse Zeewering 'Onvoldoende' en is er een stuk van 0,5 km van de Koegras- en Havendijk dat 'Onvoldoende' scoort op piping. Daarnaast is de bekleding van zo'n 20,5 km dijk 'Onvoldoende'. Dit is echter niet meegenomen in het toetsoordeel, maar in de Landelijke Inventarisatie Steenzettingen.

Twee coupures (Visafslag en Moormanbrug) scoren 'Onvoldoende' omdat er geen tweede onafhankelijke keringset aanwezig is en er geen procedure voor een niet-automatische sluiting is gedefinieerd.

## 5.3.2 Tweede Toetsronde (2001 – 2006)

Ten tijde van de tweede toetsronde van dijkkring 13 was het nog niet duidelijk welke hydraulische randvoorwaarden er gebruikt zouden worden, de bestaande HR2001 of de verzwaarde randvoorwaarden (de uiteindelijke HR2006). Daarom zijn de toetsingen uitgevoerd voor beide HR. Indien de resultaten met HR2001 'voldoende' zijn, maar met HR2006 'onvoldoende' wordt er geen oordeel gegeven.

*Zandige kust*

Een aantal duinvakken tussen Den Helder en Petten krijgen het predicaat 'geen oordeel' om bovengenoemde reden. Zowel bij Bergen aan Zee als bij Egmond aan Zee zorgen de zwaardere HR2006 ervoor dat er meer bebouwing in de afslagzone ligt, zodoende geldt ook hier 'geen oordeel'.

*Harde keringen*

Binnen dijkkring 13 krijgt een lengte van 46,3 km aan dijken en 13 kunstwerken het oordeel 'onvoldoende'. De meest voorkomende faalmechanismes voor dijken met deze scores zijn (micro- en macro-) stabiliteit, hoogte en stabiliteit bekledingen. De Markermeerdijken vormen het leeuwendeel van de 'onvoldoende' beoordeelde dijken (faalmechanisme Macro stabiliteit binnenwaarts). De 13 kunstwerken scoren 'onvoldoende' voor de Betrouwbaarheid van sluiting.

## 5.3.3 Derde Toetsronde (2006 – 2011)

*Zandige kust*

Nabij Castricum bevinden zich enkele zwakke raaien die niet voldoen aan de normen voor duinafslag en winderosie. Dichter naar de Hondsbossche Zeewering toe bevinden zich een aantal raaien die een onvoldoende scoren bij toetsing aan de legger. De hele duinwaterkering van Petten tot Huisduinen (ten westen van Den Helder) valt onder het HWBP en wordt dus niet getoetst.

*Harde keringen*

De Hondsbossche en Pettemer Zeewering vallen onder het HWBP en worden dus niet getoetst. Bij de Helderse Zeewering bleek op sommige stukken de asfaltlaag een 'onvoldoende' te scoren op materiaaltransport door de onderlaag en op golfklappen.

De Havendijk bevat bijzondere waterkerende elementen, waardoor er met de voorhanden toetsmethodiek niet tot een oordeel kan worden gekomen. Daarom krijgt dit traject het predicaat 'nader onderzoek nodig'. Ook bij delen van de Koegrasdijk en de Balgzanddijk is er 'nader onderzoek nodig', zowel door gebrek aan gegevens, als door de limitaties van de toetsmethodiek. Verder scoren er delen van deze trajecten 'onvoldoende' op de stabiliteit van

de toplaag. De dijkvakken die nog moeten worden versterkt in het kader van het HWBP worden niet opnieuw getoetst.

Grote delen van de waterkering grenzend aan dijkkring 12 (Wieringen) scoren een 'onvoldoende' op de macrostabiliteit binnenwaarts. Daarnaast krijgt plaatselijk de grasbekleding van het buitentalud een 'onvoldoende' voor golfklappen.

De IJsselmeerdijk bevat een aantal complexe situaties waar het niet mogelijk is om tot een oordeel te komen. De oorzaak hiervan ligt met name in de complexe, samengestelde opbouw van de waterkeringen bij Medemblik en Enkhuizen.

Grote delen van de Markermeerdijk vallen onder het HWBP, daarnaast zijn er grote stukken waarbij 'nader onderzoek nodig' is, vaak door ontbrekende gegevens. De meerderheid van de keringen langs het Noordzeekanaal scoren 'voldoet niet aan de norm', veelal door een te lage kruinhoogte, en falen door piping, heave en gebrek aan micro- en macrostabiliteit.

## 5.4 Effect van suppleties op kustindicatoren en faalkansen

### 5.4.1 Kustlijnen

In 2011 is in het kader van het project KPP-B&OKust (Bruens et al, 2013) een studie gestart waarin de toestand van de kust anno nu in beeld gebracht wordt en de kustontwikkeling van 1965 tot heden (Giardino, et al., 2012, Santinelli et al. 2012, zie ook Bijlage C voor een samenvatting van de resultaten). Het project geeft op een tijdschaal van tientallen jaren en op de schaal van de gehele Nederlandse kust inzicht in actuele toestand van kustindicatoren en de ontwikkeling van deze indicatoren als gevolg van zowel de natuurlijke ontwikkelingen als de ontwikkeling onder invloed van ingrepen zoals suppleren.

De studie heeft twee hoofddoelen:

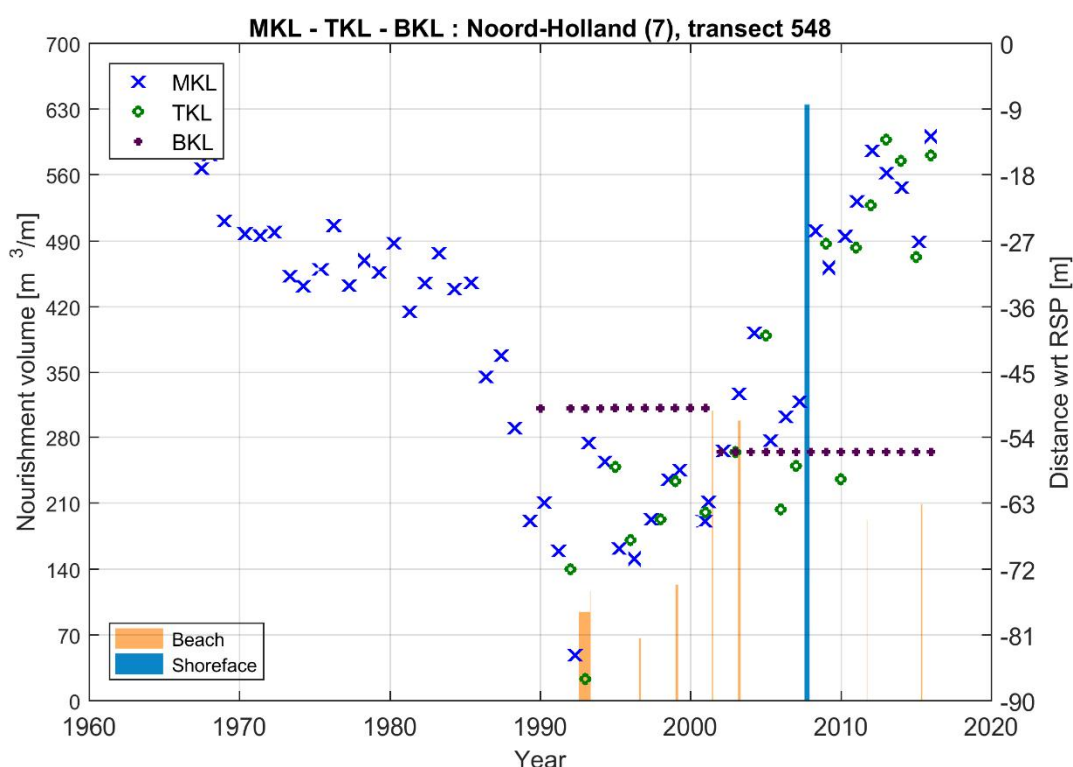
- Advisering Rijkswaterstaat met betrekking tot waar het zandvolume aangevuld moet worden. Dit gebeurt door aan te geven waar de zandbuffer (gerelateerd aan kustindicatoren) beperkt is. Op locaties waar de zandbuffer beperkt is, kan bekeken worden hoe de kustmorfologie en de indicatoren zich in de voorgaande periode ontwikkeld hebben. Indien het niet in de verwachting ligt dat door natuurlijke kustdynamiek of uitwerking van voorgaande suppleties, de zandbuffer weer zal toenemen, kan overwogen worden om door suppleties de zandbuffer te vergroten.
- Advisering Rijkswaterstaat met betrekking tot suppletiestrategie. Door het effect van de uitgevoerde suppletiestrategie in de periode 1990 tot heden in beeld te brengen kunnen lessen getrokken worden met betrekking tot de toe te passen toekomstige suppletiestrategie.

In de studie staat het toetsen en verder kwantificeren van de volgende aanname centraal:

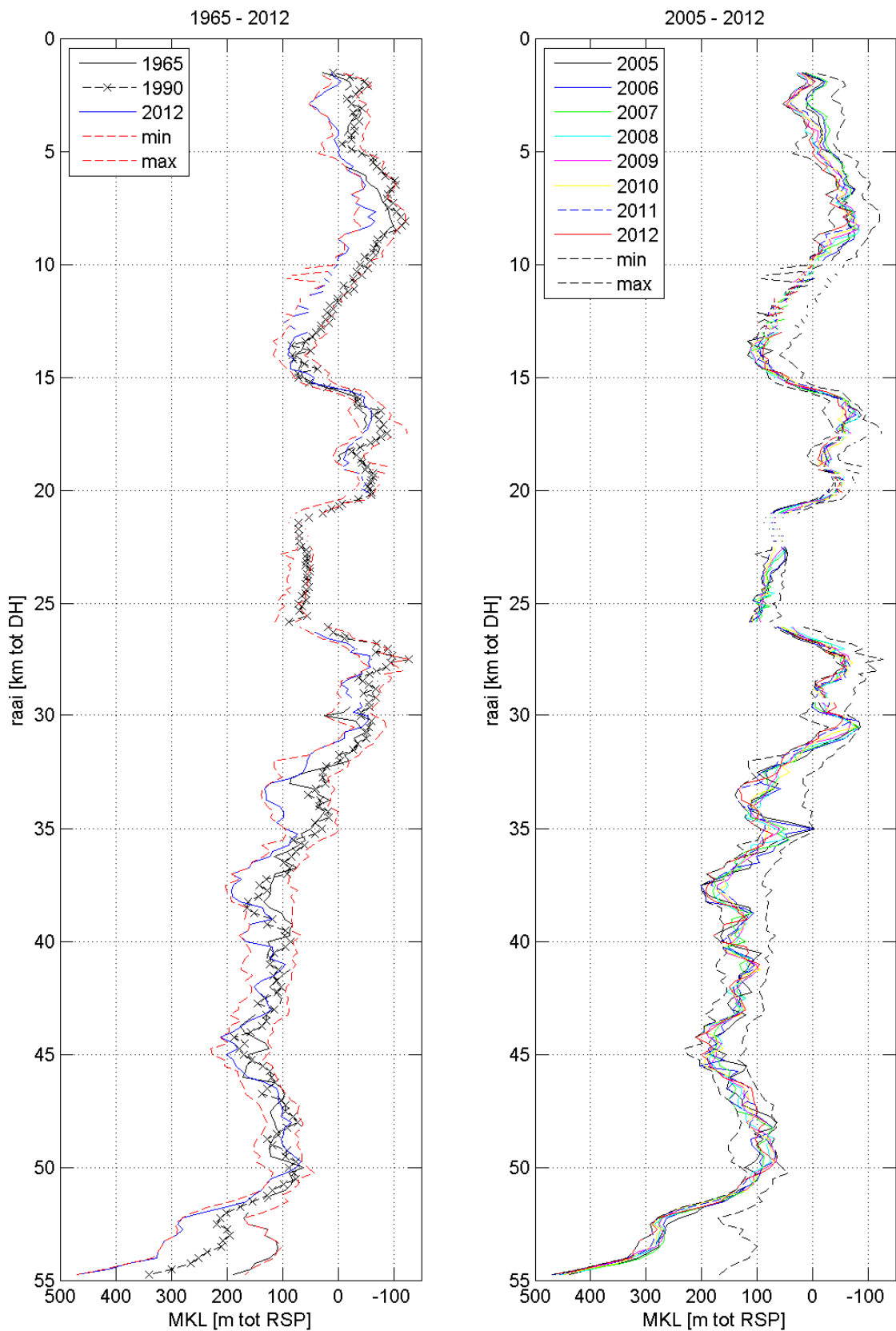
*Als gevolg van de uitgevoerde suppletiestrategie treedt er (op termijn) een positieve trendwijziging op in alle indicatoren in dwarsprofiel.*

In de rapportage 'Toestand van de Kust – case study Noord-Holland' (Giardino et al., 2012, Santinelli et al., 2012, zie Bijlage C) wordt in beeld gebracht wat het effect van de uitgevoerde suppletiestrategie is op indicatoren als de Momentane Kustlijn (MKL) en Te Toetsen Kustlijn (TKL). De MKL en TKL geven een indicatie van het zwaartepunt van het zandvolume nabij de kustlijn (gemiddeld tussen de +3m NAP en -5m NAP). De positie wordt vergeleken met de positie van de Basiskustlijn (BKL) zoals in essentie vastgesteld in 1990 (deze BKL is in de tussentijd op sommige locaties wel bijgesteld, dit is te zien in de verspringing van de BKL lijn in Figuur 5.5, zie ook paragraaf 0).

Figuur 5.5 geeft een voorbeeld van de ontwikkeling van de kustlijn onder invloed van suppleties in een individuele raai. Deze figuur geeft een duidelijke trend van kusterosie tot 1993. Deze erosie is het gevolg van het landwaarts opdringen (inscharen) van het Nieuwe Schulpengat (Figuur 3.8 en Figuur 3.9). Vanaf 1993 stabiliseert de MKL positie en vanaf 2000 verplaatst de MKL zich sterk zeewaarts (de afstand van de MKL tot de RSP neemt sterk toe). Deze ontwikkelingen laten zien dat met behulp van zandsuppleties de zandvolumes in de ondiepe kustzone op peil gehouden kunnen worden. In paragraaf 4.3 zijn deze ontwikkelingen per kustvak in detail behandeld.



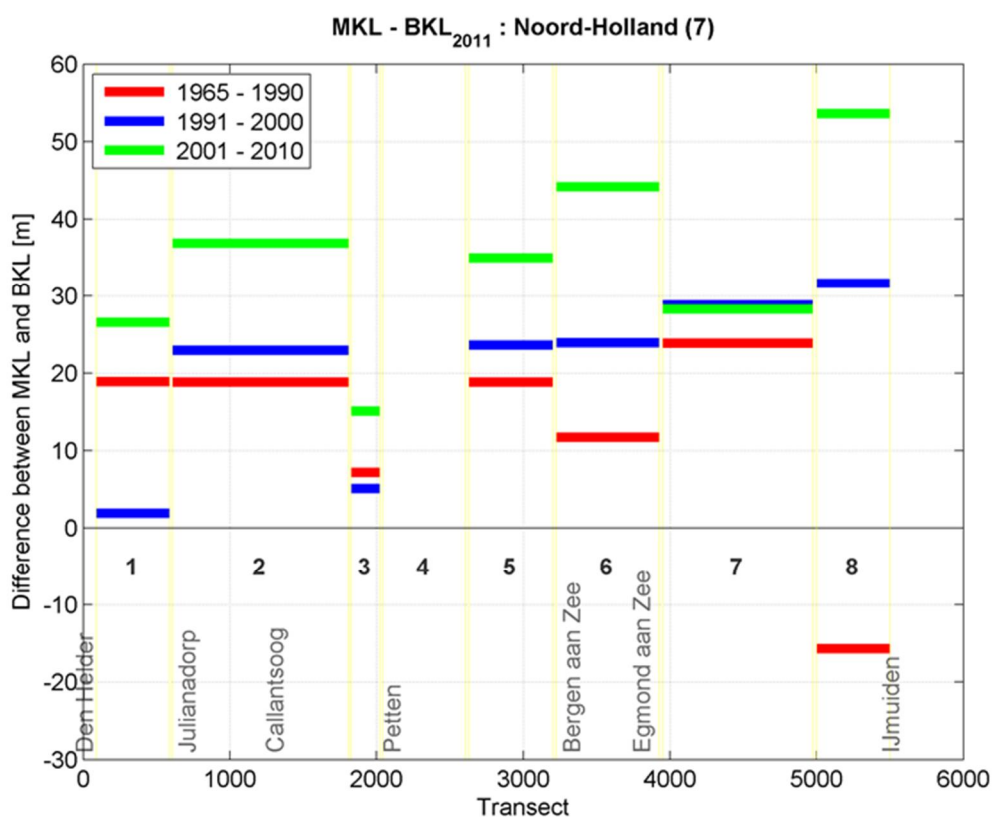
Figuur 5.5 Verandering in MKL, TKL en BKL positie voor JarKus raai 548 (t.p.v. Julianadorp). Orange en blauwe balken geven volume van strand en vooroeversuppleties.



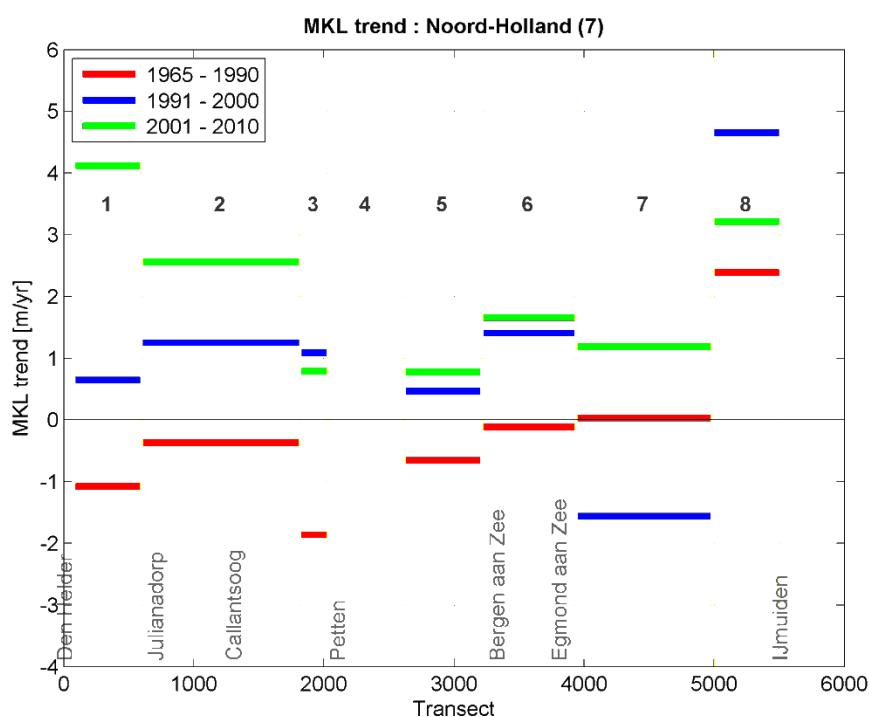
Figuur 5.6 Links: ligging van de MKL over de periode 2005-2012. Rechts: Ligging van de MKL in 1965-1990 en 2012. De rode lijnen geven de maximum en minimum MKL posities tussen 1965 en 2012.



Figuur 5.6 (links) geeft een ruimtelijk beeld van de verandering in MKL posities tussen 1965 en 2012. De rechter figuur geeft de variaties in MKL over de laatste 7 jaar weer. Deze variaties geven een goed beeld van de variaties die er binnen de MKL kunnen optreden. In paragraaf 4.3 worden de details in MKL ontwikkeling besproken. Door te middelen over de verschillende kustvakken wordt een duidelijker beeld gekregen van de trends. Figuur 5.7 geeft de gemiddelde afstand tussen MKL en BKL en Figuur 5.8 de gemiddelde lineaire trend voor de 3 representatieve perioden: 1965-1990, 1991-2000 en 2001-2010. Over het algemeen zien we een trend van toenemende afstand tussen MKL en BKL; het volume langs de kust in de MKL zone neemt dus toe. Tussen 1990 en 2001 is gemiddeld over het kustvak de MKL 30m zeewaarts verplaatst. Uitzondering hierop vormt deelvak 1 waar het insnijden en landwaarts verplaatsen van Nieuwe Schulpengat tot 2001 een teruggang van de MKL veroorzaakte. Sinds 2001 is de MKL-BKL afstand hier juist sterk toegenomen door (1) een afgenomen dynamiek op de buitendelta en (2) intensief suppleren (zie paragraaf 3.2.2 en 4.2). In deelvak 7 zien we juist dat de MKL-BKL afstand in 2000 en 2010 vrijwel gelijk blijft. Hier is de kust stabiel en zijn er ook weinig zandsuppleties uitgevoerd. De grote toename in MKL-BKL afstand voor deelvak 8 is gerelateerd aan de aanzanding na verlenging van de havendammen van IJmuiden. De positieve trend in MKL-BKL afstand wordt ook duidelijk weergegeven in de MKL trends. In de periode 1965-1990 vertoont vrijwel het gehele deelvak (met uitzondering van het aanzandingsgebied naast IJmuiden) een negatieve trend. In de periode 2001-2010 zien we over het gehele deelvak een positieve trend van circa 1 tot 4 m/jaar.



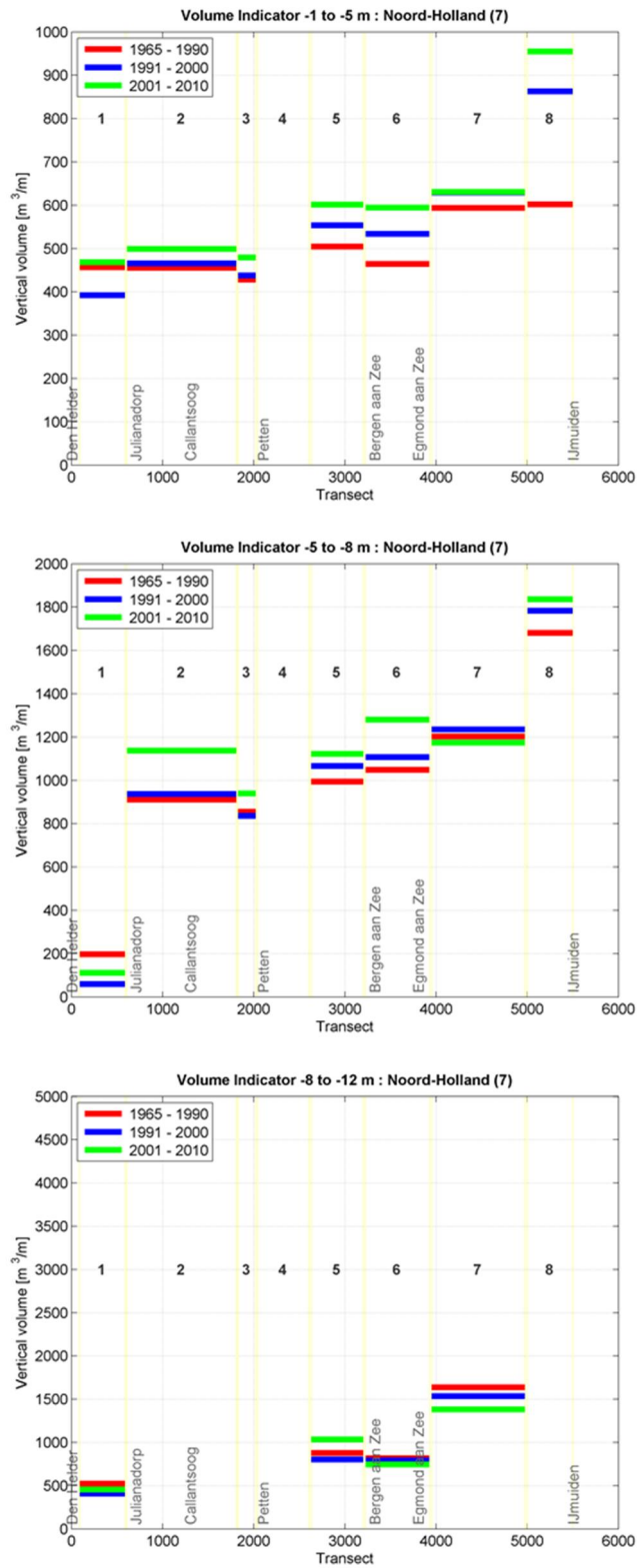
Figuur 5.7 Verschil in ligging tussen MKL en BKL positie voor 3 representatieve perioden.



Figuur 5.8 Gemiddelde trend van de MKL verplaatsing.

De MKL positie geeft een overzicht in van de ontwikkeling van het hogere deel in het profiel, maar geeft geen inzicht in de volumeverdeling over het profiel. Figuur 5.9 laat de volumes in de zones -1 m / -5 m, -5 m / -8 m en -8 m / -12 m zien. Binnen de 8 geselecteerde kustvakken is een grote variatie in gedrag te onderscheiden. Kustvakken 3 – 6 vertonen een overeenkomstig gedrag. Zowel in de zone -1 / -5m als de -5 / -8m zien we overeenkomstige trends. Volumes nemen toe ten opzichte van het 1965-1990 volume. De toename tussen 1991-2000 en 2001 – 2010 is vrijwel gelijk. Alleen in deelvak 6 zien we een duidelijk grotere toename in -5/-8 gedurende de periode 2001-2010. Dit komt door de uitgevoerde (grote) vooroeversuppleties.

Zowel deelvak 1-2 als deelvak 7-8 vertonen een afwijkend gedrag. De volumeontwikkelingen in deelvak 1-2 hangen samen met de ontwikkelingen op de buitendelta en de uitgevoerde zandsuppleties. De suppleties buigen het waargenomen volumeverlies gedurende 1991-2000 om in een toename. Het zandvolume in het diepere gedeelte is wel lager door de groei van het Nieuwe Schulpengat. In alle deelvakken is het frequente en intensieve suppletiebeleid gedurende 2001-2010 effectief in het verhogen van de zandvolumes. Een interessante ontwikkeling vindt plaats in de kustvakken grenzend aan IJmuiden. Vooral in deelvak 7 lijkt er een significant zandverlies van de diepere vooroever plaats te vinden terwijl de ondiepe kustzone stabiliseert.



Figuur 5.9 Zandvolumes tussen de -1 m en -5, -5 en -8m en -8 tot -12m, voor 3 representatieve periodes.

#### 5.4.2 Ontwikkeling van de faalkansen

De officiële wettelijke toetsing (paragraaf 5.3) van de duinen als primaire waterkering is gebaseerd op het bepalen van de hoeveelheid duinafslag onder maatgevende belastingcondities. De belasting bestaat uit een combinatie van een extreem hoge waterstand en bijbehorende golfcondities. Elk jaar wordt voor enkele duizenden locaties langs de Nederlandse kust een dwarsprofiel gemeten. Deze jaarlijkse kustmetingen (JarKus metingen) bestrijken zowel het droge deel (strand en duin) als het natte deel (vooroever) van het profiel. Het programma DUROS+ wordt gebruikt om bij de maatgevende belastingcondities en een gegeven dwarsprofiel een maatgevende afslaglengte te berekenen. Als de berekende afslag de wettelijke grenzen, gedefinieerd in een legger, niet overschrijdt, wordt de betreffende locatie goedgekeurd. De toetsing geeft dus antwoord op de vraag of de duinen op een bepaalde locatie wel of niet aan de gestelde norm voldoen. De resultaten van de uitgevoerde toetsingen staan samengevat in de kustlijnkaarten, zie paragraaf 1.5 en 4.1. Bij deze toetsing komt geen informatie beschikbaar over de ontwikkeling (trend) in (on)veiligheid en het effect van suppleties op deze trend. Om dit effect in beeld te kunnen brengen zijn faalkansen van de duinen berekend (Van Balen et al., 2011, Vuik et al., 2012)), deze faalkansen geven de kans op een duindoorbraak van één duinenrij per jaar. Dit is dus geen berekening van de sterkte van de duinwaterkering als geheel, zoals dit voor de toetsing wordt uitgevoerd. De berekeningen zijn uitgevoerd als onderdeel van een bredere studie in het kader van KPP-B&OKust (Giardino et al., 2011, Santinelli et al., 2012, zie Bijlage C).

Deze studie is gestart om te verkennen of op basis van de faalkansberekeningen en aanvullende data-analyses vuistregels met betrekking tot het effect van zandsuppleties op de ontwikkeling van de faalkans in beeld gebracht kunnen worden. De vuistregels leveren informatie om vragen te beantwoorden als: Wat is het effect van suppleties op de ontwikkeling van de faalkans geweest? Wat is het verwachte effect van een voorgenomen suppletie op de faalkans? Welke omvang moet een suppletie hebben om een vastgesteld beoogd effect op de faalkans te verwezenlijken? Deze eerste verkenning heeft bruikbare resultaten opgeleverd, de resultaten voor Noord-Holland staan in deze paragraaf beschreven. In de aankomende jaren wordt de betrouwbaarheid van de berekeningen en analyses verder in beeld gebracht.

De kust van Noord-Holland bestaat uit duinen, met uitzondering van de zeedijken Hondsbossche en Pettemer zeewering tussen Petten en Camperduin en de zeedijk bij Den Helder. Voor alle beschikbare profielmetingen in de JarKus-database tussen 1965 en 2010 zijn faalkansen berekend (Van Balen, 2011, Vuik, 2012). De berekende faalkansen voor alleen de eerste duinenrij het jaar 2010 zijn weergegeven in het linkerdeel van Figuur 5.10.

Het voor deze studie gebruikte versimpelde rekeninstrument is geschikt voor het berekenen van de faalkans van één duin, en niet van meerdere duinenrijen. De faalkansen zijn daarom alleen geldig voor de eerste duinenrij (de zeereep). Bij meerdere duinenrijen is de werkelijke veiligheid veel groter. Het rechterdeel van Figuur 5.10 geeft een indicatie van het belang van de eerste duinenrij in relatie tot het volume van het complete duinmassief. Er is een onderverdeling aangebracht in vier klassen:

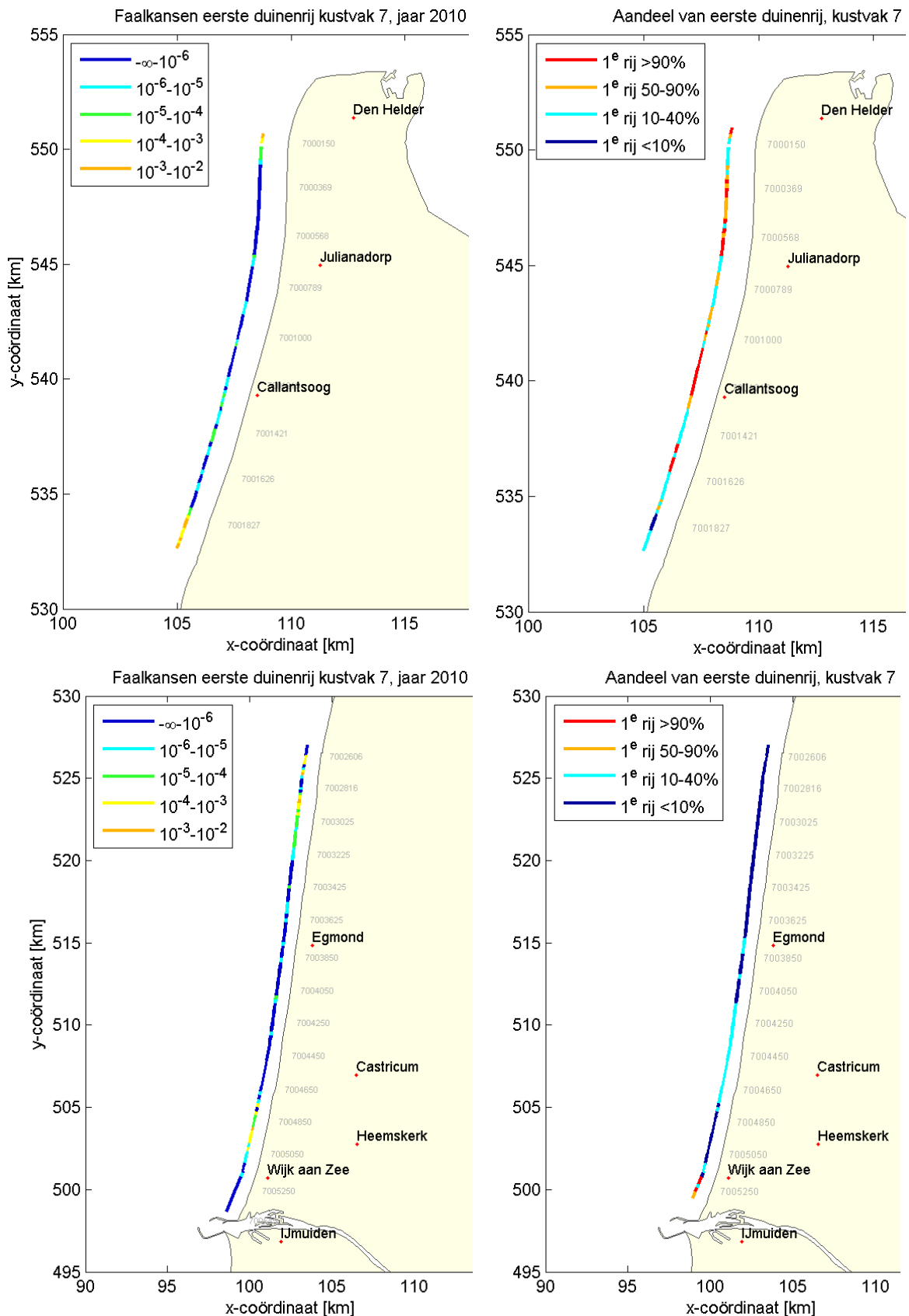
1. Er is sprake van een enkel duin, of een meervoudig duin waarbij de eerste duinenrij meer dan 90% van het totale duinvolume bevat (rood);
2. Er is sprake van een meervoudig duin, waarbij de eerste duinenrij 50-90% van het totale duinvolume bevat (geel);
3. Er is sprake van een meervoudig duin, waarbij de eerste duinenrij 10-50% van het totale duinvolume bevat (lichtblauw);

4. Er is sprake van een meervoudig duin, waarbij de eerste duinenrij minder dan 10% van het totale duinvolume bevat (donkerblauw).

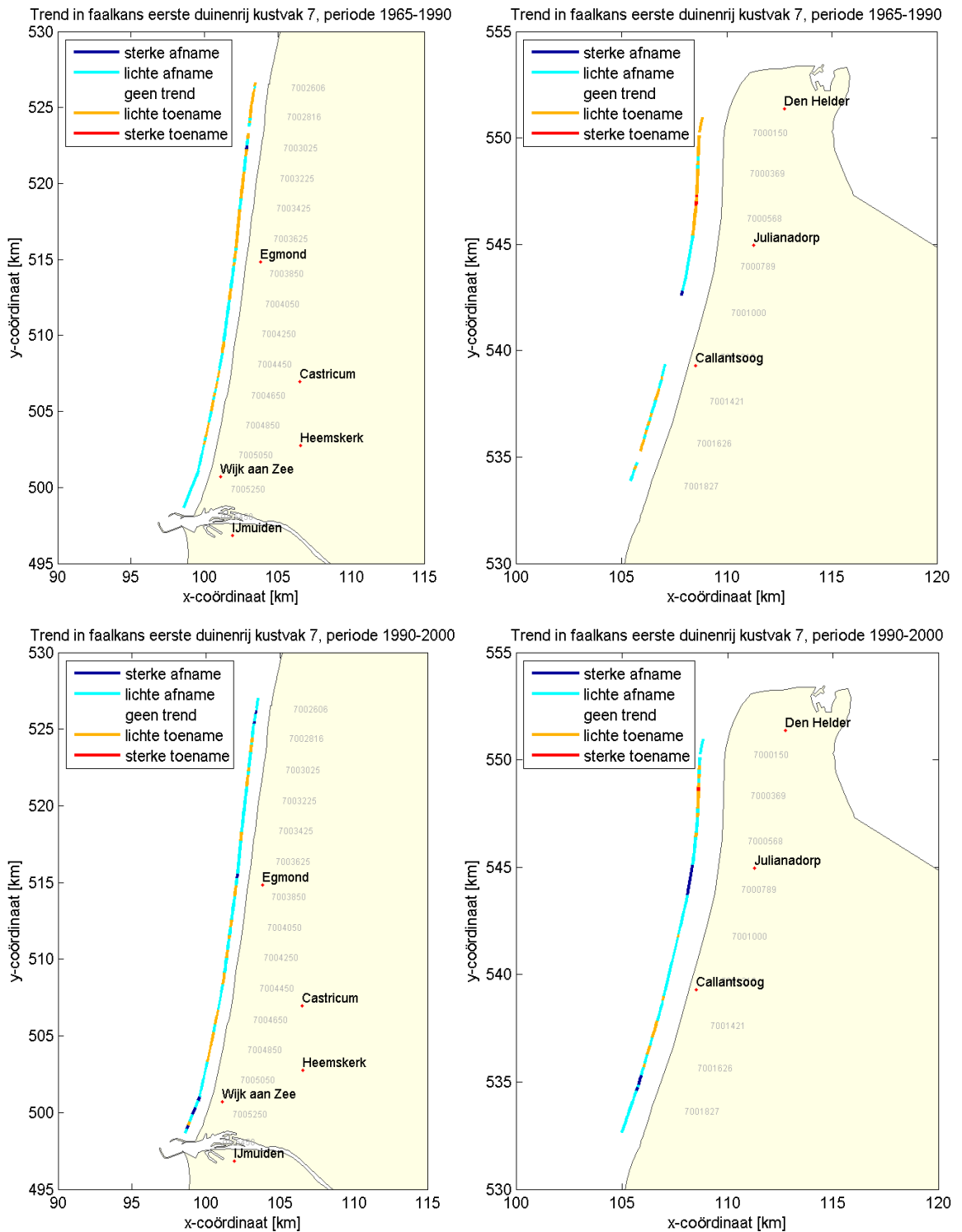
Door de ontwikkeling van de faalkansen tussen 1965 en 2010 te beschouwen, kan worden onderzocht wat de autonome ontwikkeling van de beschermende functie van de duinen is, en wat het effect van zandsuppleties hierop is geweest. Figuur 5.11 toont de trend in de faalkans van de eerste duinenrij voor Noord-Holland, onderverdeeld in drie perioden. 1965-1990 (periode voor het beleid van dynamische kusthandhaving), 1990-2000 (handhaving Basiskustlijn) en 2000-2010 (handhaving Basiskustlijn en kustfundament). De trends zijn per raai berekend met lineaire regressie. Er is een onderverdeling gemaakt in 5 klassen:

1. De faalkansen zijn sterk afgenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een afname van de faalkans met een factor 10 minder dan 10 jaar heeft geduurd (donkerblauw).
2. De faalkansen zijn licht afgenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een afname van de faalkans met een factor 10 meer dan 10 jaar heeft geduurd (lichtblauw).
3. Er zijn slechts 4 of minder faalkansen berekend in de beschouwde periode (vanwege een gebrek aan JarKus-data of bruikbare resultaten van PC-Ring), op basis waarvan geen trend wordt weergegeven (wit).
4. De faalkansen zijn licht toegenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een toename van de faalkans met een factor 10 meer dan 10 jaar heeft geduurd (oranje).
5. De faalkansen zijn sterk toegenomen in deze periode: de trend is zodanig dat een toename van de faalkans met een factor 10 minder dan 10 jaar heeft geduurd (rood).

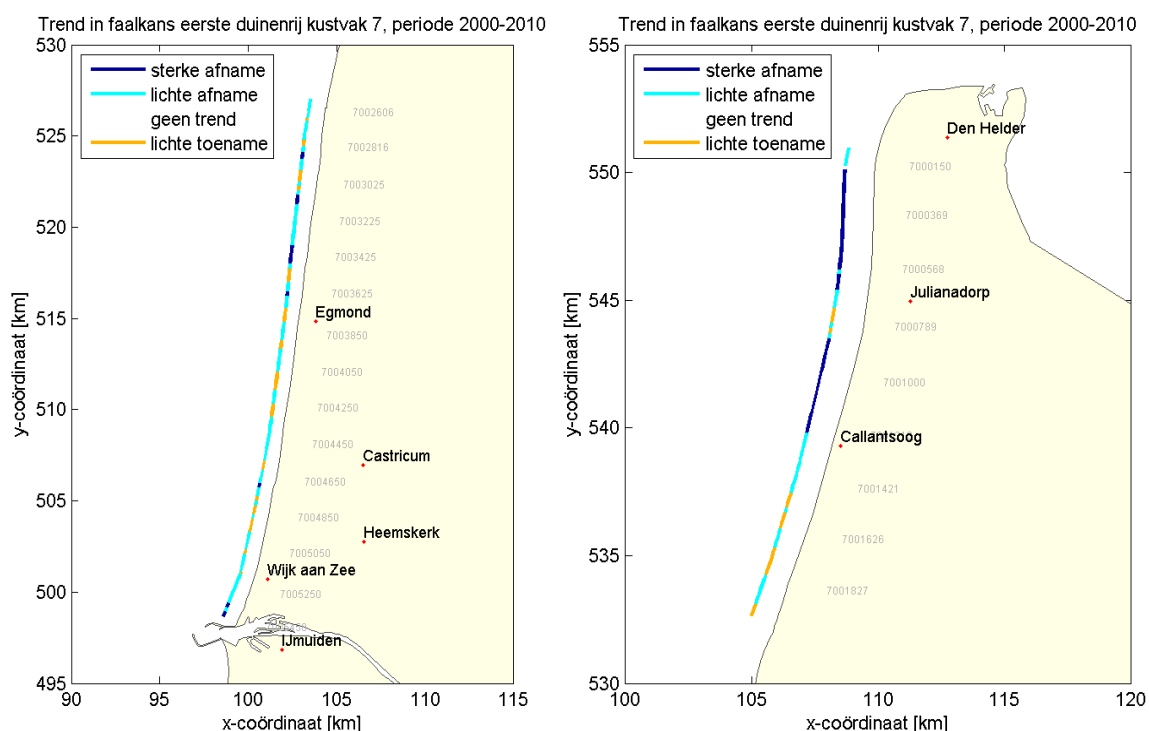




Figuur 5.10 Berekende faalkansen voor de eerste duinenrij van Noord-Holland in 2010 (links) en een indicatie van het belang van meervoudige duinenrijen per raai (rechts).



Figuur 5.11 Trend in de faalkans van de eerste duinenrij van Noord-Holland voor de perioden 1965-1990 (boven), 1990-2000 (onder).



Figuur 5.12 Trend in de faalkans van de eerste duinenrij van Noord-Holland voor de periode 2000-2010.

Gaande van noord naar zuid, zijn de volgende deelgebieden te onderscheiden (Figuur 5.10, Figuur 5.11 en Figuur 5.12):

#### 6. De zeedijk bij Den Helder (Helderse Zeewering).

Hier zijn geen faalkansen voor berekend in het kader van Kustlijnzorg.

#### 7. Relatief brede duinen tussen Den Helder en Groote Keeten (ongeveer raai 130-968).

In dit gebied zijn de faalkansen zeer laag, of het volume van de eerste duinenrij vormt slechts een beperkt deel van het totale duinvolume. Het meest noordelijke deel heeft een grotere faalkans en er is maar 1 duinenrij aanwezig. In de periode 1965-1990 zijn de faalkansen in het deel van dit traject ten noorden van Julianadorp (raai 668) overwegend licht toegenomen. Tussen 1990 en 2000 is deze trend vrijwel stil gezet door het handhaven van de Basiskustlijn. Tussen 2000 en 2010 is de trend omgebogen, met gemiddeld een sterk afnemende faalkans (met ongeveer een factor 10 tot 100 per 10 jaar) tot gevolg. Ten zuiden van Julianadorp was in de periode 1965-1990 al sprake van een licht afnemende faalkans. Deze afname heeft zich doorgezet na 1990.

#### 8. Relatief smalle duinen tussen Groote Keeten en Callantsoog (ongeveer raai 984-1360).

De eerste duinenrij vormt hier een groot deel van, of zelfs de complete kustverdediging. Faalkansen zijn maximaal in de orde van  $10^{-5}$  per jaar (nabij Callantsoog). In het voorjaar van 2013 is een versterking van de kust uitgevoerd, door een verzwaarde vooroever aan te brengen. Deze maatregel is vanzelf niet zichtbaar in de faalkansen van 2010 en eerder. Voor de periode tot 1987 zijn voor dit traject geen JarKus-metingen beschikbaar, waardoor voor de periode 1965-1990 geen betrouwbare trend is te bepalen. In deze periode zijn hier al enkele duinverzwaringen en strandsuppleties uitgevoerd, wat in die periode alleen gebruikelijk was bij een actueel veiligheidsprobleem. In de periode 1990-2000 is de faalkans

licht afgenomen (gemiddeld met een factor 3 per 10 jaar), en in de periode 2000-2010 is deze afname verder versterkt (tot gemiddeld ongeveer een factor 30 per 10 jaar).

9. Een zeer breed duingebied tussen Callantsoog en Petten (ongeveer raai 1381-2009). In dit gebied zijn de faalkansen zeer laag, of het volume van de eerste duinenrij vormt slechts een beperkt deel van het totale duinvolume. Alleen in het zuiden van dit gebied, bij de aansluiting van het duingebied met de Pettemer zeewering, is het mogelijk dat het volume van de tweede duinenrij niet geheel kan worden meegenomen in een veiligheidsanalyse, omdat bij een doorbraak van de zeereep achterloopsheid op kan treden. Dit geldt ruwweg tussen raai 1940 en 2009.

In de periode 1965-1990 trad er in dit gebied geen noemenswaardige trend op. Tussen 1990 en 2000 was er gemiddeld genomen een licht afnemende faalkans zichtbaar. Tussen 2000 en 2010 is de situatie niet significant veranderd.

10. Een zandige aansluiting tussen de duinen en de Pettemer Zeewering (raai 2009-2041). Hiervoor zijn geen faalkansen berekend, omdat het hier gebruikte instrumentarium hiervoor niet geschikt is.

11. De zeedijken Hondsbossche en Pettemer Zeewering (raai 2056-2600). Hier zijn geen faalkansen voor berekend in het kader van Kustlijnzorg. Deze zwakke schakel van de Noord-Hollandse kust is in 2014-2015 ingrijpend versterkt door de aanleg van nieuwe duinen en strand voor de dijk, zie 0, 4.3.3 en 5.1.4.

12. Een breed duingebied tussen Camperduin en de havens van IJmuiden (raai 2606-5500). In dit gebied zijn de faalkansen zeer laag, of het volume van de eerste duinenrij vormt slechts een beperkt deel van het totale duinvolume. Bij Bergen aan Zee en Egmond aan Zee zijn boulevards aanwezig. Het effect van deze constructieve elementen is buiten beschouwing gelaten bij het berekenen van de faalkansen. Hetzelfde geldt voor de bebouwing in de duinen bij Wijk aan Zee. Voor de gehele periode 1965-2010 is in dit gebied een licht afnemende faalkans zichtbaar. Deze afname is iets sterker na 1990 dan voor 1990.

#### 5.4.3 Invloed suppleties op de faalkansen

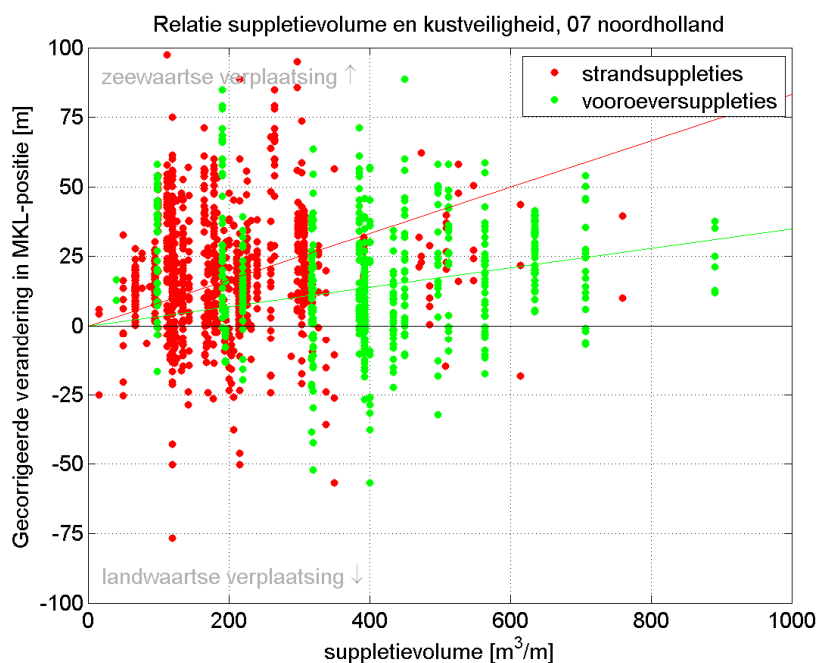
De ontwikkeling in de tijd van de kustindicatoren wordt bepaald door de volgende drie invloeden:

1. Zandsuppleties;
2. Jaar-op-jaar variaties in stormintensiteit;
3. Langjarige trends, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van havendammen.

Het effect van zandsuppleties op de ontwikkeling van de veiligheidsindicatoren is afzonderlijk beschouwd door eerst het effect van variabele stormmchtigheid en langjarige trends te bepalen. Deze twee invloeden zijn onderzocht op basis van de trends in de periode 1965-1990, tussen de start van de JarKus meetcampagne en de beslissing aangaande het handhaven van de Basiskustlijn door middel van zandsuppleties in 1990. Vanaf dat jaar is het regulier suppletieprogramma geïnitieerd en zijn de aangebrachte volumes sterk toegenomen. De zandsuppleties zijn gerelateerd aan veranderingen in de veiligheidsindicatoren na correctie voor de effecten van variabele stormintensiteit en langjarige trends. De manier waarop deze relatie inzichtelijk is gemaakt wordt uitgelegd in een rekenvoorbeeld. Voor een gedetailleerde beschrijving van de werkwijze wordt verwezen naar van Balen (2010) en Vuik e.a. (2012).

Denkbeeldig rekenvoorbeeld: voor een raai langs de kust van Noord-Holland is tussen de JarKus-metingen van 2002 en 2003 een volume van  $400 \text{ m}^3/\text{m}$  gesuppleerd op het strand. De duinvoet is 12 m zeewaarts verschoven tussen deze JarKus-metingen. Er is tussen 2002 en 2003 een relatief hoge maximale waterstand waargenomen. Hierbij hoort gemiddeld genomen voor de kust van Noord-Holland een verplaatsing van de duinvoetpositie van 4 m landwaarts. Daarnaast was er bij deze specifieke raai tot 1990 sprake van een zeewaartse trend in de duinvoetpositie, als gevolg van de aanwezigheid van de havendammen bij IJmuiden. Deze zeewaartse trend bedraagt ongeveer 6 m/jaar. De  $400 \text{ m}^3/\text{m}$  wordt nu gerelateerd aan een rekenwaarde voor de verandering in duinvoetpositie van  $12+4-6 = 10 \text{ m}$ .

Zo'n relatie is gelegd voor alle suppleties bij alle raaien. Dit resulteert in een puntenwolk met verhoudingen tussen suppletievolumes en rekenwaarden voor de veranderingen in duinvoetpositie (Figuur 5.13). Een trendlijn door deze puntenwolk geeft de verandering in duinvoetpositie als functie van het suppletievolume. Hetzelfde is gedaan voor de MKL-positie en de faalkans van de eerste duinenrij. Hetzelfde is gedaan voor perioden van meer dan één jaar. Het suppletievolume bij een bepaalde raai wordt gesommeerd over een bepaalde periode. Dit gesommeerde volume wordt vergeleken met de totale verschuiving in duinvoetpositie over dezelfde periode, na het uitvoeren van de genoemde correcties. Op deze manier is het effect van suppleties over langere perioden inzichtelijk gemaakt. Een duin- of strandsuppletie heeft direct zijn maximale effect, maar het maximale effect van een vooroeversuppletie wordt pas na verloop van tijd bereikt.



Figuur 5.13 Relatie tussen veranderingen in de MKL-positie en cumulatief gesuppleerd volume voor Noord-Holland, over een periode van vier jaar (glijdend gemiddelde), in het geval van strandsuppleties en vooroeversuppleties. Veranderingen in de MKL-positie zijn gecorrigeerd voor het effect van stormen, beschreven aan de hand van de jaargemiddelde golfenergie.

De verandering van een veiligheidsindicator neemt in de analyse lineair toe met het suppletievolume. (Zie de rode en groene lijn in Figuur 5.13, van het rekenvoorbeeld.) Bij een suppletievolume van 0 is de verandering van de indicator 0. De verandering in de indicator



over een bepaalde periode bij een bepaalde raai wordt vergeleken met het gesommeerde volume [ $\text{m}^3/\text{m}$ ] in diezelfde periode bij diezelfde raai.

Het onderzoek naar het effect van suppleties op veiligheid heeft geleid tot de volgende algemene conclusies:

1. De beschouwde indicator voor veiligheid wordt positief beïnvloed door de uitgevoerde suppleties.
2. Het effect van een strand- of duinsuppletie is direct aanwezig, maar neemt vervolgens gestaag af. In het geval van de MKL-positie of de faalkans van de eerste duinenrij neemt het effect van een vooroeversuppletie na verloop van jaren toe, en benadert het na ongeveer 5 jaar per volume-eenheid het effect van een strandsuppletie. De beïnvloeding van de duinvoetpositie door een vooroeversuppletie verloopt langzamer, en de effectiviteit blijft ook op langere termijn nog duidelijk kleiner dan die van een strand- of duinsuppletie.
3. Effecten van verschillende suppleties lopen door elkaar heen, waardoor het analyseren van het effect van een afzonderlijke suppletie wordt bemoeilijkt.

Tabel 5.2 toont het effect op de faalkans van de eerste duinenrij van Noord-Holland van verschillende suppletiehoeveelheden na een bepaalde tijdsperiode. De invloed van een strandsuppletie en een vooroeversuppletie op de ontwikkeling van de faalkans zijn apart weergegeven. Na een periode van vijf jaar is deze relatieve invloed ongeveer gelijk. *Nota bene*, dit zijn de gemiddelde waarden zoals die zijn afgeleid voor heel Noord-Holland en hierin is niet verdisconteerd of het aanbrengen van de totale volumes realiseerbaar is op alle locaties. Ook andere lokale invloeden zijn hierin niet inbegrepen. Deze getallen dienen uitsluitend ter illustratie om een gevoel te krijgen voor de grootte orde van de invloed van suppleties.

Zie Tabel 5.2: na uitvoering van een strandsuppletie van  $250 \text{ m}^3/\text{m}$  is gemiddeld de faalkans na 1 jaar afgenomen met ca. 58%. Voor een vooroeversuppletie van hetzelfde formaat is dit een reductie van de faalkans van 33%. Na vijf jaar hebben beide typen suppleties ongeveer hetzelfde effect: een suppletie van  $250 \text{ m}^3/\text{m}$  zorgt dan nog voor een reductie van de faalkans van 39%, ten opzichte van de uitgangssituatie.

Wanneer in een periode van 5 jaar twee strand- of vooroeversuppleties (of een combinatie) met een grootte van  $250 \text{ m}^3/\text{m}$  zijn uitgevoerd ( $500 \text{ m}^3/\text{m}$  in totaal), is over die vijf jaar gemiddeld genomen een afname in faalkans zichtbaar van 62%. Om na vijf jaar een afname van 90% (factor 10 kleiner) te bewerkstelligen, is in die periode een totaal suppletievolume nodig van ca.  $1200 \text{ m}^3/\text{m}$ .

Type suppletie	Totaal volume [ $\text{m}^3/\text{m}$ ]	Over een periode [jaar]	Reductiefactor faalkans [-]	Afname faalkans [%]
Strand	250	1	0.42	58 %
Vooroever	250	1	0.67	33 %
Strand / vooroever	250	5	0.61	39 %
Strand / vooroever	500	5	0.38	62 %
Strand / vooroever	1200	5	0.10	90 %

Tabel 5.2      *Kentallen voor het gemiddelde effect van suppleties voor de Noord-Hollandse kust.*

## 6 Gebruiksfuncties

In deze beheerbibliotheek staat de kennis over het morfologische systeem en morfologische 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 dient, op termijn, verder aangevuld te worden met ecologische en socio-economische kennis die relevant is voor het vaststellen van de suppletie strategie. Hiervoor zal in de aankomende jaren bekeken worden of en waar deze kennis beschikbaar is. In deze versie van de beheerbibliotheek is alvast een bescheiden gestart gemaakt met de volgende onderwerpen: In paragraaf 6.1 volgt een samenvatting van het voorkomen van type recreatiestranden in Noord-Holland, deze paragrafen is een samenvatting van de studie die door Decisio in 2011 is uitgevoerd (Decisio, 2011). In paragraaf 6.2 wordt een inleiding gegeven over natuur in Noord-Holland met een overzicht van de Natura 2000 gebieden en de habitatkaarten van het gebied.

### 6.1 Recreatie Noordzeekust (Decisio, 2011)

#### 6.1.1 Strandrecreatie Provincie Noord-Holland

De provincie Noord-Holland heeft de meeste kilometers kustlijn van alle kustprovincies. Desondanks heeft deze provincie niet de meeste dagtochten naar zee (Tabel 6.1). Dit komt doordat het noordelijke deel van Noord-Holland een kleiner achterland heeft dan de provincie Zuid-Holland. De stranden van Zandvoort en Bloemendaal zijn het drukst. De stranden van Texel en Velsen hebben ook een functie voor sportactiviteiten en evenementen. Noord-Holland kent verder veel badplaatsen die redelijk intensief strandgebruik kennen. De breedte van de stranden (gemiddeld in de periode 2000-2010) in Noord-Holland varieert van circa 40 meter bij Zandvoort en Bloemendaal tot 44-54 meter in de overige delen van Noord-Holland. Wijk aan Zee (64 meter), Texel (81 meter) en Velsen (150 meter) hebben gemiddeld (wat) bredere stranden.

Onderwerp	
Aantal strandpaviljoens	123
Totaal aantal horecabedrijven	8.251
Aantal campings	158
Aantal logiesaccommodaties	1025
Aantal slaappleaatsen	168.506
Aantal overnachtingen logiesaccommodaties	18.882.100
Percentage buitenlandse overnachtingen	57%
Aantal overnachtingen verblijfsrecreatie	6.152.300
Percentage buitenlandse overnachtingen verblijfsrecreatie	31%
Aantal Hotelovernachtingen	12.729.800
Waarvan zakelijk	39%
Werkzame personen in de Horeca	65.930
Dagtochten naar zee	2.145.000
Cijfers voor gehele provincie Noord-Holland, inclusief niet-kustgemeenten.	

Tabel 6.1 Kerngegevens Noord-Holland (Decisio, 2011).

#### Gemeentes met strandrecreatie in Noord-Holland

In Bijlage E staan de gegevens per kustgemeente, in de volgende tekst volgt een toelichting per kustgemeente.

Gemeente Zandvoort (Bijlage E.1) heeft het drukste toeristische strand van de provincie Noord-Holland. In 2005 waren er volgens het RIKZ 10,1 miljoen buitenlandse toeristen in Zandvoort (RIKZ, 2007), de gemeente heeft 850.000 overnachtingen in 2009 geregistreerd en geeft aan dat er 4,6 miljoen dagtoeristen in 2008 waren. Op een gemiddelde stranddag komen er 50.000 bezoekers naar Zandvoort, maar op piekdagen kan dit een veelvoud van dit aantal zijn (Gemeente Zandvoort, 2005). Op en achter het strand van Zandvoort zijn alle denkbare toeristische faciliteiten aanwezig. Hotels, restaurants, cafés, campings en bungalows liggen achter het strand. Het strand van Zandvoort kenmerkt zich door een lange rij van aaneengesloten strandpaviljoens met de strandbedden die voor de paviljoens liggen. Deze strandbedden komen in andere kustplaatsen veel minder voor.

Het strand bij Bloemendaal aan Zee (Bijlage E.2) heeft een aantal strandtenten dicht bij elkaar staan (raai 62 – 62,75). Daarna volgt richting het Noorden ruim een kilometer strand waar weinig activiteit plaats heeft, gevolgd door enkele sportverenigingen en de strandopgang van Parnassia. Daarnaast zijn er ook campings in de duinen van Bloemendaal aan Zee. De strandtenten van Bloemendaal aan Zee staan bekend om het nachtleven dat zich hier afspeelt. Elk jaar organiseren de strandtenten van Bloemendaal aan Zee ook meerdere evenementen. De strandrecreanten in de gemeente Bloemendaal zijn voornamelijk dagrecreanten uit de metropoolregio Amsterdam, maar ook elders uit Nederland.

Gemeente Velsen (Bijlage E.3) heeft een strand dat opgedeeld wordt door het Noordzeekanaal. De stranden ten zuiden van de pier (Ijmuiden aan Zee en Ijmuiderslag) hebben een aantal strandtenten en veel strandhuisjes. Daarnaast zijn er een catamaranvereniging, trampolinecentrum en tot slot restaurant aan de strandopgang. Direct achter de Noordpier liggen twee strandpaviljoens (raai 54,75) en een surfcentrum. Ook is hier een restaurant gevestigd. Tegen Wijk aan Zee aan (raai 52,75 – 53,0) is een aantal

strandhuisjes te vinden. Het Noordstrand heeft ca. 140 huisjes, waarvan de helft legaal. De stranden ten zuiden van de pier hebben meer dan 400 strandhuisjes. De strandhuisjes zijn in bezit van Nederlanders, daarnaast komen er vooral dagjesmensen. Het Noordstrand is een unieke plek voor watersporters vanwege de wind en de stroming. De gemeente geeft aan dat er jaarlijks bijna 900.000 bezoekers naar de stranden van Velsen komen. Het strand heeft een grote aantrekkingskracht op inwoners uit Groot-Amsterdam. Van de bezoekers die niet in de gemeente wonen komt ongeveer 40% uit de regio. Een derde komt uit het buitenland.

Gemeente Beverwijk (Bijlage E.4) heeft het strand van Wijk aan Zee. Dit loopt over ongeveer anderhalve kilometer en is geheel bezet met strandtenten en strandhuisjes. Wijk aan zee heeft ook hotels en een camping. Deze liggen op loopafstand, maar niet direct aan het strand. Jaarlijks komen er ongeveer 30.000 mensen die aan georganiseerde strandporten doen.

Gemeente Heemskerk (Bijlage E.5) heeft een strand dat alleen per fiets te bereiken is. Er is maar één strandtent en door de bereikbaarheid komen er voornamelijk Nederlanders uit het directe achterland die de massale stranden willen ontlopen.

Gemeente Castricum (Bijlage E.6) heeft een strand van Castricum aan Zee waarop meerdere (jaarrond) strandpaviljoens zijn gevestigd en er staan strandhuisjes. Dit is ook het enige waar Castricum aan Zee uit bestaat, er is buiten deze eet- en drinkgelegenheden en strandhuisjes geen dorpskern. Ongeveer een kilometer achter het strand is wel een camping te vinden die directe aansluitingen heeft op de strandopgangen. De voorzieningen voor buitenlandse verblijfstoeristen zijn beperkt.

Gemeente Bergen (Bijlage E.7) heeft vijf stranden waar gerecreëerd wordt: Egmond aan den Hoef (40,25-40,5; alleen een strandtent), Egmond aan Zee (38,75 – 37,0; strandhuisjes en strandtenten), Bergen aan Zee (31,75-34,0; strandtenten), Schoorl aan Zee (29,0 – 29,23; alleen een strandtent), en Hargerstrand tot Camperduin (27,64 – 26,23; Strandtenten, camping ligt niet direct aan strand/duin). De stranden van Bergen aan Zee en Egmond aan Zee zijn zeer toeristisch en hebben veel economische activiteit rondom het strand. De stranden van Schoorl aan Zee en Egmond aan den Hoef zijn alleen per fiets te bereiken en hebben daarmee een andere doelgroep. Ook bij Hargerstrand en Camperduin is weinig economische activiteit op het strand. Er zijn een paar strandtenten en een stuk achter de duinen liggen enkele campings. Toerisme en recreatie is een belangrijke sector voor de gemeente Bergen.

Gemeente Zijpe (Bijlage E.8) heeft vier stranden met economische activiteit. Petten aan Zee (20,23-19,96; strandtenten, camping ligt niet direct aan strand/duin), Sint Maartenszee (18,27-17,48; strandtenten, camping ligt een paar honderd meter achter het strand), Callantsoog (13,81-12,58; strandtenten, niet direct aan het strand grenzend zijn ook hotels en campings), en Groote Keeten (10,0; strandtent). Callantsoog is hiervan de meest bekende en drukst bezochte badplaats.

Gemeente Den Helder (Bijlage E.9) kent twee stranden. Het strand van Julianadorp (5,28 – 6,68) en het strand bij de Donkere Duinen (1,5 – 2,89). Toerisme is een belangrijke sector voor Julianadorp. Julianadorp heeft het drukst bezochte strand in de gemeente en wordt ook veel door buitenlandse toeristen bezocht. Hier liggen vakantiehuisjes en campings. Het aantal strandtenten is beperkt. In Den Helder zelf is weinig toerisme, wel zijn er veel toeristen op doorreis naar Texel.

### *Overzicht recreatiestranden en knelpunten voor Noord-Holland*

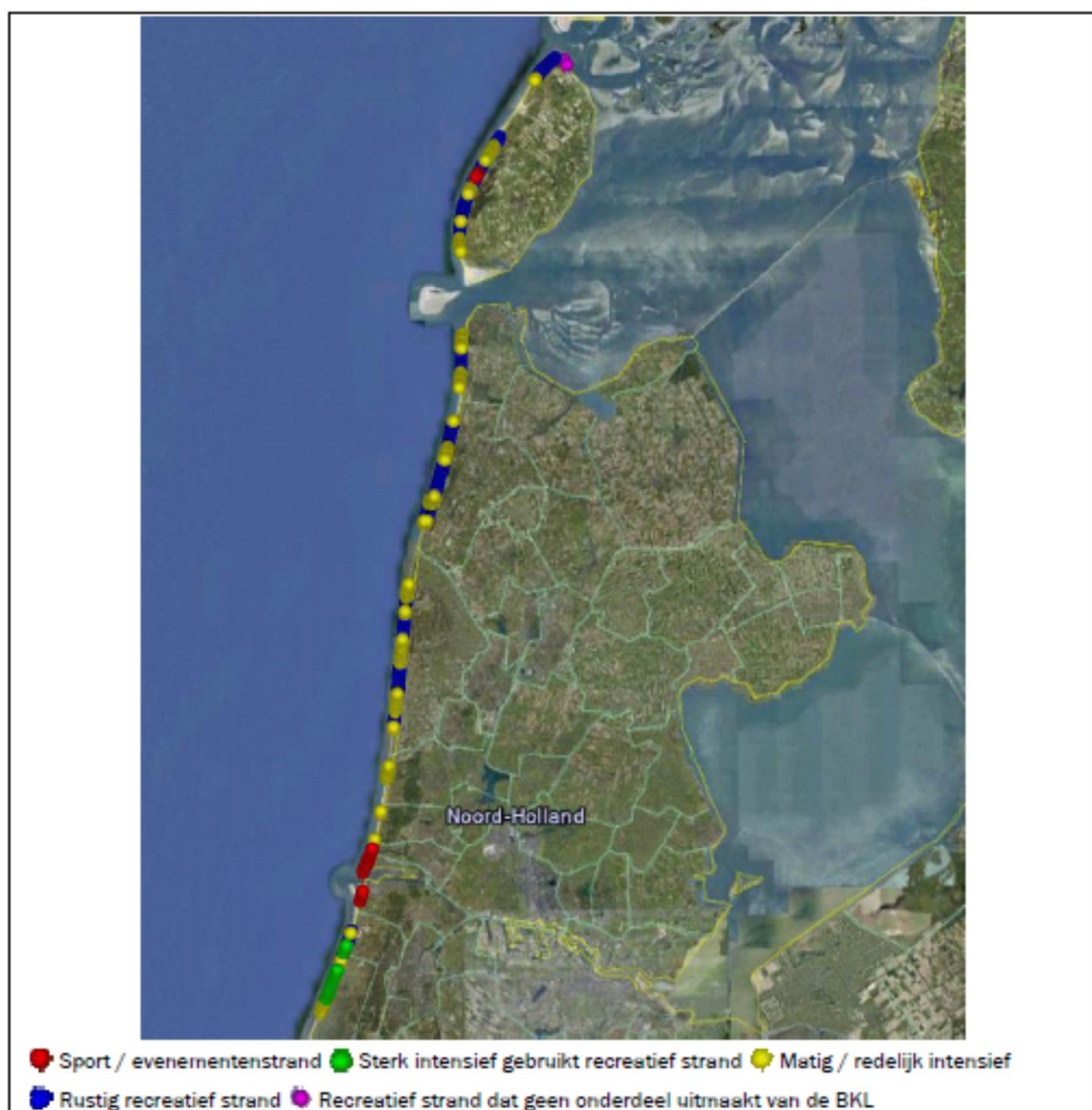
In Figuur 6.1 staat een kaart met categorieën recreatiestranden. De belangrijkste stranden in Noord-Holland zijn:

- *Sport/evenementstrand*: IJmuiden tot aan zuidzijde Wijk aan Zee.
- *Zeer intensief, stedelijk strand*: Kern van Zandvoort, Strandpaviljoens Bloemendaal aan Zee.
- *Matig / redelijk intensieve stranden*: 'uiteinden' Zandvoort, Parnassia Bloemendaal, Wijk aan Zee, locatie Heemskerk bij strandpaviljoen, Castricum aan Zee, Hargerstrand, Camperduin, Schoorl aan Zee, Bergen aan Zee, Egmond aan Zee, Callantsoog, Groote Keeten, Sint Maartenszee, Petten aan Zee, Julianadorp, Donkere Duinen Den Helder

In Figuur 6.2 staat een overzicht van de knelpunten. Knelpunten in Noord-Holland zijn:

- In Zandvoort en Bloemendaal is het droge strand regelmatig te smal (minder dan 40 meter).
- Bij sterke wind (kracht 5 à 6) landinwaarts stroomt bij Castricum en Heemskerk het water onder de strandpaviljoens door. Dit levert problemen op voor een goede jaarrond exploitatie. In Wijk aan Zee en Velsen is er meestal genoeg ruimte in de winters, maar doordat het strand vlak loopt kan zelfs in Velsen het water bijna tot aan de strandtenten staan. Hierbij zijn ook veiligheidsoverwegingen van belang: dat mensen ook bij een storm veilig over het strand kunnen lopen en hulpdiensten voldoende ruimte hebben.
- In de kop van Noord-Holland is het strand over de gehele linie smal. Ook hier doet zich de situatie voor dat bij een sterke landinwaartse wind de stranden op veel plekken onder water staan. Gemeenten en ondernemers in de Kop geven aan meer te willen doen met en op het strand: strandraces, evenementen, sporten, zakelijke activiteiten etc. Dan krijg je ook meer jaarrond activiteiten. Ook is er geen ruimte om ligstoelen uit te stallen (dit is - mede daarom - ook niet toegestaan) en om te zoneren.
- Op Texel zijn aanzienlijke fluctuaties in de breedte van de stranden die in het algemeen te smal worden gevonden. Bepaalde delen van het strand van Texel worden intensief gebruikt voor zowel badrecreatie als sporten, evenementen en bedrijfsuitjes. De gemeente Texel en ondernemers zien een knelpunt in het feit dat de duinen ieder jaar aangroeien en het strand daarmee kleiner wordt.





Figuur 6.1 Recreatieve stranden Noord-Holland (Decisio, 2011)



Figuur 6.2 Locaties waar regelmatig knelpunten in strandbreedte optreden langs de Noord-Hollandse kust (Decisio, 2011). Knelpunten zijn tijdens workshops door deelnemers aangegeven.

Via de Kustviewer (<http://kml.deltares.nl/kml/rijkswaterstaat/kustviewer/>) kan zowel de ontwikkeling in strandbreedte als het type recreatiestrand en knelpunten bekeken worden.

## 6.2 Natuur Noord-Holland

### 6.2.1 Natuurwetgeving

Langs de kust van Noord-Holland liggen verschillende duingebieden die zijn aangewezen als Natura 2000 gebied (Figuur 6.3). Daarnaast zijn de kustwateren van de Noordzee langs het noordelijke van Noord-Holland ook aangewezen als Natura 2000 gebied. Hieronder zijn de gebiedsbeschrijvingen opgenomen van de volgende Natura 2000 gebieden in Noord-Holland:

- Noordzeekustzone
- Duinen Den Helder-Callantsoog
- Zwanenwater & Pettemerduinen
- Abtskolk & De Putten
- Schoorlse duinen
- Noordhollands Duinreservaat
- Kennemerland-Zuid

Voor gedetailleerde informatie over de specifieke habitats en soorten per Natura 2000 gebied wordt geadviseerd de online informatie te raadplegen via de website van Natura 2000.



Figuur 6.3 Ligging van de Natura 2000 gebieden Noordzeekustzone, Duinen Den Helder-Callantsoog, Zwanenwater & Pettemerduinen, Abtskolk & De Putten, Schoorlse duinen en Noordhollands Duinreservaat. (Bron: GIS-kaart Natura 2000 gebieden 2015).

## 6.2.2 Habitatkarakteristieken

### **Noordzeekustzone** (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Het zandige kustgebied langs de Noordzee bestaat uit kustwateren, ondiepten, enkele zandbanken (onder andere Noorderhaaks) en de stranden van noordelijk Noord-Holland en de Waddeneilanden. Permanent met zeewater overstromde zandbanken komen met name voor in de buitendelta's van de zeegaten tussen de Waddeneilanden.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k7>

### **Duinen Den Helder-Callantsoog** (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Het gebied Duinen Den Helder-Callantsoog bestaat van noord naar zuid uit de Grafelijkheidsduinen en de Donkere Duinen, de Noordduinen (de strook tussen Den Helder en Callantsoog) en enkele nollenterreintjes en het Kooibosch ten oosten van het Callantsoog. Het noordelijk deel en de nollen zijn restanten van voormalige eilanden. In het noordelijk deel verandert het landschap van west naar oost van de zeereepduinen via een sterk geaccidenteerd landschap met valleicomplexen naar een bosrijke binnenduintrand. Over een groot deel van de duinen ontbreekt een binnenduintrand, hierdoor is een abrupte hoge steile overgang van duinen naar polders aanwezig. Het gebied heeft goed ontwikkelde duingraslanden. In 1995 is in de Grafelijkheidsduinen een natte duinvallei hersteld en langs de randen uitgebreid. In de Noordduinen zijn in de afgesnoerde strandvlakte bij het Botgat vochtige duinvalleien aanwezig. De nollen behoren tot de Oude Duinen; hier zijn duingraslanden aanwezig.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k84>

### **Zwanenwater & Pettermerduinen** (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Ten zuiden van Callantsoog ligt een uitgestrekt duingebied dat tot Petten doorloopt. Het noordelijke deel hiervan is het Zwanenwater. Het Zwanenwater is een vrijwel ongeschonden landschap van overwegend kalkarme duinen met vochtige en drassige valleien. In het centrum liggen twee uitgestrekte duinmeren. Beide meren worden omringd door een brede strook moerasland. In sommige van de vochtige duinvalleien en plaatselijk op de oevers van de meren treedt laagveenvorming op. Achter de zeereep in het zuidelijke deel, de Pettermerduinen, liggen goed ontwikkelde duinvalleien, zoals de Korfwateren, en droge duinen. Door de grote variatie in milieutypen in het gebied, variërend van droog tot zeer nat en van kalkrijk tot kalkarm, is een grote verscheidenheid van vegetatietypen aanwezig waarin tal van zeldzame plantensoorten voorkomen. De kalkarme droge duinen van met name het Zwanenwater herbergen een oppervlakte duinheide. Het gebied is ontstaan nadat omstreeks 1600 het zeegat Zijpe werd afgesloten. Door deze afsluiting kon duinvorming optreden, eerst aan de oostzijde van de aanwezige strandwal, later ook aan de westzijde. Tussen beide duinenrijen ontstond een duinvallei. De westelijke duinenrij is tot aan de dag van vandaag onderhevig aan verstuiwing. Er is dan ook een ingewikkeld complex ontstaan van secundaire valleien en paraboolduinen, die elkaar op vele manieren overlappen en doorkruisen.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k85>



**Abtskolk & De Putten** *(tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)*

Het aangewezen gebied maakt deel uit van de Zijpe-en Hazepolder en de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder. De Zijpe-en Hazepolder is een droogmakerij die is drooggelegd aan het eind van de 16e eeuw. De polder is in afdelingen verdeeld vanwege hoogteverschillen tussen de delen van het drooggevalen land. Elke afdeling werd met een letter van het alfabet aangeduid en had voor bemaling zijn eigen windmolen. De Vereenigde Harger- en Pettemerpolder is enkele tientallen jaren later drooggelegd. De opening in de duinenrij tussen Petten en Camperduin is eind 16e eeuw definitief gedicht maar de Hondsbossche Zeewering is in zijn huidige vorm in 1870 gereed gekomen. Tengevolge van kleiwinning in de jaren vijftig en zeventig van de vorige eeuw zijn respectievelijk de plassen van De Putten en de Abtskolk ontstaan. Het gebied bestaat verder overwegend uit grasland. De Zijpe-en Hazepolder heeft een rechtlijnige verkaveling terwijl het slotenpatroon in de Vereenigde Harger- en Pettemerpolder een minder regelmatig karakter heeft.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k162>

**Schoorlse duinen** *(tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)*

Het gebied Schoorlse Duinen beslaat een strook kalkarme (en plaatselijk kalkrijkere) duinen die ligt tussen Bergen en de Hondsbossche Zeewering. Hier bevinden zich de hoogste duinen van ons land, tot maximaal 58 m boven zeeniveau. Het is een gevarieerd en uitgestrekt duinlandschap dat reliëfrijk en landschappelijk zeer afwisselend is. In het westen liggen lagere zeereepduinen, gevolgd door een sterk geaccidenteerd landschap met uitgestrekte valleicomplexen, die over een grote oppervlakte zijn begroeid met dophei- en kraaiheivegetatie. De binnenduintrand is vrijwel geheel bebost. Een deel van deze bossen zijn oude loofbossen, een ander deel bestaat uit naaldbossen, die gezien de ouderdom en het lokaal voorkomen van zeldzame planten grote natuurwaarde hebben. In het zuidelijk deel lopen de boscomplexen door tot aan het buitenduin. In 1997 is ter hoogte van de Parnassivallei een kerf aangebracht in de 100-150 m brede zeereep om zeewaterinvloed tot in de binnenduinen terug te brengen.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k86>

**Noordhollands Duinreservaat** *(tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)*

Het Noordhollands Duinreservaat is een karakteristiek voorbeeld van een Nederlands duinlandschap, zoals dat in de loop der eeuwen ontstaan is als gevolg van een samenloop van geologische, geomorfologische en klimatologische omstandigheden en menselijk handelen. Het is een biologisch, morfologisch, hydrologisch en landschappelijk geheel van duinen met natte en vochtige duinvalleien, duingraslanden, struwelen, bossen en ruigten. Het ligt op de overgang van de kalkrijke naar de kalkarme duinen. Het reservaat behoort in zijn algemeenheid tot de kalkrijke duinen; er is echter een verloop in kalkrijkdom te zien. Het meest noordelijke stuk, ten noorden van Bergen aan Zee, is, evenals het aangrenzende gebied Schoorlse duinen, kalkarm. De vegetatie weerspiegelt de kalkgehalten in de bodem: in het uiterst noordelijke deel komen kalkarme vegetaties met kraaiheide, kruipwilg, buntgras en dergelijke voor, ten zuiden van Bergen aan Zee overgaand in kalkrijke duingraslanden met duinsterretje en zeedorpenvegetaties, zoals bij Wijk aan Zee en Egmond aan Zee. Een aanzienlijk deel van het gebied is bebost met naaldbos en loofbos, die voor een deel zeer oud zijn.

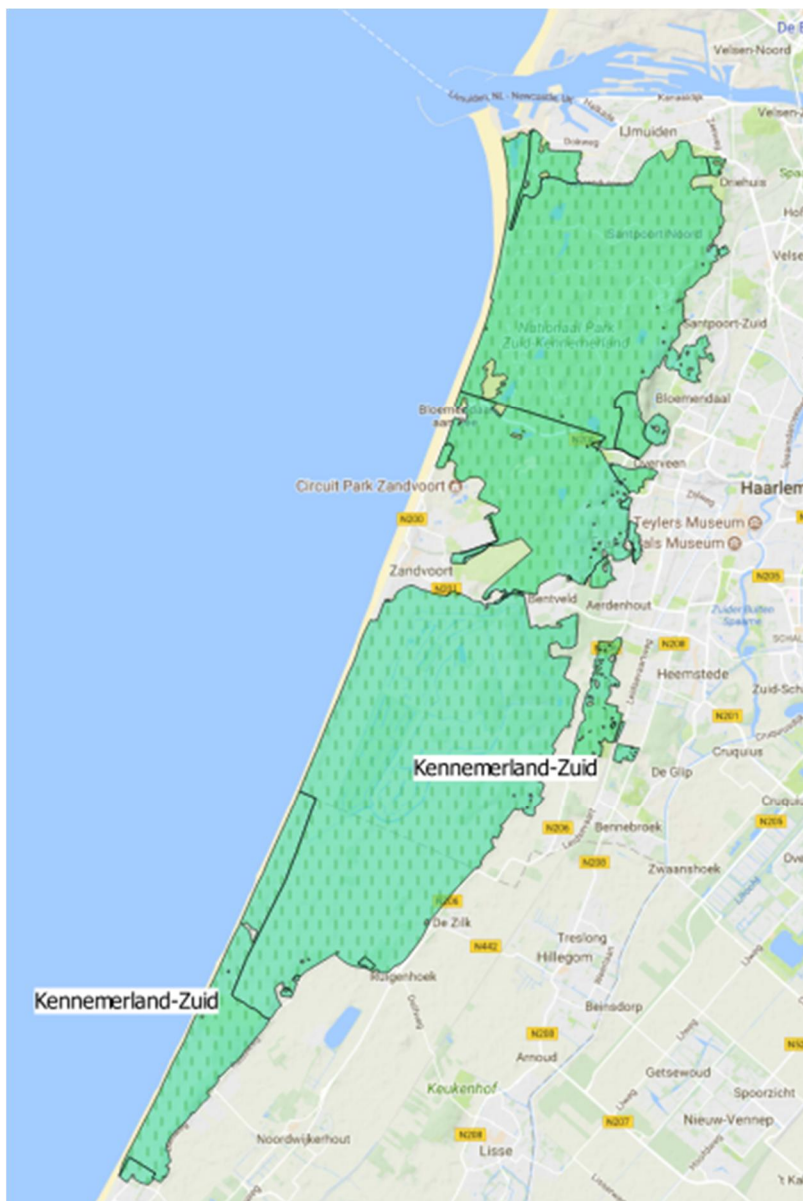


<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k87>

**Kennemerland-Zuid** (tekst overgenomen van Ministerie van Economische Zaken)

Kennemerland-Zuid (Figuur 6.4) is een uitgestrekt duingebied aan de zuidkant van het Noordzeekanaal. Het is een reliëfrijk en landschappelijk afwisselend gebied, dat grotendeels bestaat uit kalkrijke duinen. De overgang tussen de kalkrijke jonge duinen en ontkalkte oude duinen ligt ter hoogte van Zandvoort. Dit levert een soortenrijke en kenmerkende begroeiing op, met duinroosvegetaties in het open duin, duingraslanden, vochtige en droge duinvalleien, plasjes, goed ontwikkelde struwelen en diverse vormen van duinbossen. Vegetaties van vochtige en natte duinvalleien komen met name voor ten zuiden van Zandvoort, waarvan het Houtglob het best ontwikkelde kalkrijke, natte duinvallei is. Het areaal kalkrijk duingrasland is vooral rondom Zandvoort groot. Hier komen voorbeelden van het zeedorpenlandschap voor. De oudere duinen van het zuidoostelijk gedeelte herbergen goed ontwikkeld kalkarm duingrasland. Ook zijn er in het zuidelijke puntje en ter hoogte van Zandvoort parabool-duincomplexen aanwezig. Het Kennemerstrand is de enige locatie langs de Hollandse vastelandsduinen waar een jonge strandvlakte met embryonale duinen en een uitgestrekte oppervlakte met kalkrijke duinvalleien aanwezig is. Aan de binnenduinstrand zijn diverse landgoederen aanwezig. Hier zijn een aantal oude buitenplaatsen gelegen, die voor een aanzienlijk deel bebost zijn met naaldbos en loofbos, waaronder oude bossen met rijke stinzefflora.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=8&id=n2k88>



Figuur 6.4 Ligging van het Natura 2000 Kennemerland-Zuid. (Bron: GIS-kaart Natura 2000 gebieden 2015).

## 7 Literatuur

- Allersma, E. (1988). Analyse erosie-problematiek vooroever Hondsbossche Zeewering. Analyse van het erosieproces. Verslag bureaustudie. Rapport H237, WL-Delft Hydraulics, Deltares, delft.
- Annink, N., Cofie, P., Denekamp, L., Louwersheimer, W. F., Veer, J. (2010). Derde Toetsronde Primaire Waterkeringen HHNK. Rapport Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
- Arens, B., Geelen, L. van der Hagen, H. & Slings, R. (2009). Duurzame verstuiwing in de Hollandse duinen. Kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Waternet, Dunea, PWN, RAP 2009.03.
- Arens, S.M., van Puijvelde S.P. en Brière, C. (2010). Effecten van suppleties op duinontwikkeling. Rapportage geomorfologie. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Bosschap Rapport OBN 142.
- Arens, S.M., Everts, F.H. Kooijman, A.M. Leek, S.T. Nijssen, M. de Vries N.P.J. (2012) Ecologische effecten van zandsuppletie op de duinen langs de Nederlandse kust. OBN rapport DK166.
- Aten, D., (2007). Een afgerond geheel. Waterstaat en waterschappen ten noorden van het IJ tot 1800. In: *Hollanders en het water Deel 1*, Hilversum, p. 23-60.
- Balen, W. van, Vuik, V., Van Vuren, S. (2011) Indicatoren voor kustlijn-zorg-Analyse van indicatoren voor veiligheid en recreatie. HKV rapport PR2063.20.
- Berger, G.W., Eisma, D., en van Bennekom, A. J. (1987). 210Pb derived sedimentation rate in the Vlieter, a recently filled-in channel in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 21, 287-294.
- Boers, M. (2010), *Atlas 13 Kustplaatsen*, Deltares, 1200121
- 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.
- Bruens, A., Van der Spek, A., Elias, E., Giardino, A. (2013). Projectplan KPP-B&OKust 2013. Deltares rapport 1207724-000-ZKS-0005
- Cleveringa, J., 2001. Zand voor zuidwest Texel. Technisch advies RIKZ over vier mogelijke ingrepen in het Zeegat van Texel. Report RIKZ/OS/2001/031, Ministry of Transport and Public Works, Rijkswaterstaat, National Institute for Coastal and Marine Management RIKZ (the Hague): 59 pp.
- Cohen, A.B., Briere, C. (2007). Evaluatie van de uitgevoerde suppleties bij Egmond op basis van Argus video waarnemingen. WL-Delft Hydraulics, rapport Z4212.00.

- Dastgheib, A. (2007) Long-term Morphological Modeling of Marsdiep Basin in the Dutch Wadden Sea, the Netherlands, UNESCO-IHE
- Decisio, (2011). Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatieBasiskustlijn.
- Denekamp, L. J. (2007). Toetsing zandige kust 2005- Toetsing zandvolumen. Rapport hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier 05.29282/c.
- Duin, M.J.P. van en N.R. Wiersma, 2002. Evaluation of the Egmond shoreface nourishment. Part I: Data analysis. WL|Delft Hydraulics project Z3054/Z3148. June 2002.
- Duin, M.J.P. van, Wiersma, N.R., Walstra, D.J.R. van Rijna, L.C. and Stive, , M.J.F. (2004). Nourishing the shoreface: observations and hindcasting of the Egmond case, The Netherlands. Coastal Engineering 51 (2004) 813– 837.
- Elias, E.P.L. en Cleveringa, J. (2003). Morfologische analyse van de ontwikkeling van het Nieuwe Schulpengat en de aangrenzende kust, Report RIKZ-2003.040. Rijkswaterstaat RIKZ, The Hague.
- Elias, E.P.L., Stive, M.J.F., Bonekamp, J.G. & Cleveringa, J., 2003. Tidal inlet dynamics in response to human intervention. Coastal Engineering Journal 45(4): 629-658
- Elias, E.P.L. en van der Spek, A.J.F., 2006. Long-term morphodynamic evolution of Texel Inlet and its ebb-tidal delta (The Netherlands). Marine Geology, 225: 5-21.
- Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F, Wang, Z.B. and De Ronde, J., 2012. Morphodynamic development and sediment Budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. Netherlands Journal of Geosciences (Geologie en Mijnbouw), 91 – 3, pag. 293 – 310, 2012.
- Elias, E.P.L., van der Spek, A.J., Bruens, A. (2013). Morfologie van de Noord-Hollandse Kust. Rapport 1207724-002-ZKS-0007, Deltares, Delft.
- Elias, E.P.L. & Hansen, J.E. 2013. Understanding processes controlling sediment transports at the mouth of a highly energetic inlet system (San Francisco Bay, CA). Marine Geology 345: 207–220.
- Elias, E.P.L., Vonhögen-Peeters, L., Bruens, A., 2013. Ontwikkeling suppletie tussen Den Helder en Julianadorp 2007. Deltares rapport, april 2013 (project 1206171-000).
- Elias, E.P.L. en Bruens, A. (2013) Beheerbibliotheek Noord-Holland, Deltares, 1207724-004
- Elias, E.P.L. and Van der Spek, A.D. (2017). Dynamic Preservation of Texel Inlet, the Netherlands. Understanding the interaction of an ebb-tidal delta with its adjacent coast. Netherlands Journal of Geosciences.
- Gemeente Zandvoort (2005). Zandvoort in economische en toeristische cijfers 2004
- Giardino, A. Santinelli, G., Bruens, A. (2012). The state of the coast (Toestand van de kust) Case study: North Holland. Deltares rapport 1206171-003-ZKS-0001

- Giardino, A., Santinelli, G., Den Heijer, K., 2015. The state of the coast –Toestand van de Kust-. Case study: Wadden Islands. Deltares report 1220040-004-ZKS-0001, 7 September 2015
- Groot, T.A.M. de, J. de Jong, G. Lenselink, R. Koopstra en L. van der Valk (1994). Holoceen. De Jongste ontwikkelingen van het landschap. In: In de bodem van Noord-Holland. Geologie en archeologie. Amsterdam, p. 97-140.
- Grunnet, N.M., Ruessink, B.G. and Walstra, D.J.R., (2005). The influence of tides, wind and waves on the redistribution of nourished sediment at Terschelling, The Netherlands. *Coastal Engineering*, 52: 617-631
- Hallewas, D. P., 1984. The interaction between man and his physical environment in the county of Holland between circa 1000 and 1300 AD: a dynamic relationship. *Geologie en Mijnbouw* 62: 299-307.
- Hayes, M.O., 1975. Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium. In: Cronin, L.E. (ed.). *Estuarine Research*, Vol. 2. Academic Press (New York): 3-22.
- Hayes, M.O., 1979. Barrier Island morphology as a function of tidal and wave regime. In: Leatherman, S.P. (ed.). *Barrier Islands: From the Gulf of St Lawrence to the Gulf of Mexico*. Academic Press, (New York): 1-27.
- Heteren, S. van, Oost, A. P., de Boer, P.L., Van der Spek, A. J. F. & Elias, E. P. L., 2005. Island-terminus evolution as a function of changing ebb-tidal delta configuration: Texel, The Netherlands, *Marine Geology*, 235 (1): 19-23.
- Hijma, M. (2017) Geology of the Dutch coast, The effect of lithological variation on coastal Morphodynamics, *Deltares*, 1220040-007
- Hillen, R., Ruig, de J.H.M., Roelse, P., Hallie, F.P., 1991. De Basiskustlijn een technisch/morfologische uitwerking. Rijkswaterstaat rapport GWWS-91.006.
- Hoogervorst, R.D.N., 2005. Inventarisatie Bagger-, Stort- en Zandwingegegevens binnen de - 20 m NAP ten behoeve van een Zandbalans van het Nederlands Kuststelsel. Report RIKZ/KW/2005.103W. Ministry of Transport and Public Works, Rijkswaterstaat, National Institute for Coastal and Marine Management RIKZ (The Hague): 59 pp.
- Hoozemans, F.M.J. en Van Vessem, P., 1990. Kustverdediging na 1990 (technisch rapport 2). Toestand kust 1990 : kusttypering en kustligging. 's-Gravenhage Rijkswaterstaat 1989.
- Hubbard, D.K., Oertel, G. & Nummedal, D., 1979. The role of waves and tidal currents in the development of tidal-inlet sedimentary structures and sand body geometry: examples from North Carolina, South Carolina and Georgia. *Journal of Sedimentary Petrology* 49(4): 1073–1092.
- Kruif, A.C. de en de Keijer, A.M., (2003). Evenwichtsligging Kennemerstrand en aanzanding havenmond IJmuiden. Een analyse van de morfologische ontwikkelingen in het



- kustgebied rondom IJmuiden. Rapport RIKZ/2003.054. Rijkswaterstaat RIKZ, The Hague.
- Kruiver, P. (2013). Geologische beschrijving bij dijkkring 4 Vlieland. Memo 1206930-000-BGS-0040, 6 pp.
- Lambooj, H. (1987), Getekend Land, Nieuwe beelden van Hollands Noorderkwartier, Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier, Alkmaar, ISBN 90-71123-10-3
- Lambooj, H. (2013), De Helderse Zeewering sinds 1750, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Heerhugowaard, ISSN 1572-3135
- Leek, J., (2016). Onder golven bedolven. De archeologie van het verdwenen West-Friesland in de middeleeuwse Wieringermeer. Archeologie van West-Friesland 20, Hoorn, 8 pp.
- Meurs, G. van, et al (2015), Actualiseren beoordeling waterveiligheid terrein NIOZ Texel, Deltares, 1221172
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017. Kustlijnkaartenboek 2016.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012. Basiskustlijn 2012, Herziening Basiskustlijn.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990. Kustverdediging na 1990, beleidskeuze voor de kustlijnzorg. 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.
- Molendijk, E. (2008), Research on the relation between breaker bar movement and volume fluctuations along the Holland coast, Msc. Thesis Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.
- Mulder, E.F.J. de, 1983. Geologische geschiedenis van de Hondsbossche Zeewering. Derde uitgave van 'Vrienden van de Hondsbossche', 15 pp.
- Mulder, J. P. M. (2000). Zandverliezen in het Nederlandse kuststelsel. Advies voor dynamische handhaven in de 21e eeuw (in Dutch), Report RIKZ/2000.36. Rijkswaterstaat RIKZ, The Hague.
- NBTC (2010). Terug naar de kust in cijfers

- Nichols, M.M., 1989. Sediment accumulation rates and relative sea-level rise in lagoons. *Marine Geology* 88: 201-219.
- NRIT (2004). Waarde (kust)recreatie Intensiteit, bestedingen en werkgelegenheid in relatie tot toerisme en recreatie aan de Nederlandse kust.
- NRIT (2007). Strandlopers.
- Oertel, G.F., 1975. Ebb-tidal deltas of Georgia Estuaries. In: Cronin, L.E. (ed.). *Estuarine Research*, Vol. 2. Academic Press (New York): 267-276.
- Oertel, G. F., 1988. Processes of sediment exchange between tidal inlets, ebb deltas and barrier islands, Springer-Verlag (New York): 297-318.
- Ojeda, E, B.G. Ruessink and J. Guillen, (2008). Morphodynamic response a two-barred beach to a shoreface nourishment. *Coastal Engineering* , 55, 1185-1196.
- Oost, A.P. & De Boer, P.L., 1994. Sedimentology and development of barrier islands, ebb-tidal deltas, inlets and backbarrier areas of the Dutch Wadden Sea. *Senckenbergiana Maritima* 24: 65-115.
- Oost, A.P., P. Hoekstra, A. Wiersma, B. Flemming, E.J. Lammerts, M. Pejrup, J. Hofstede, B. van der Valk, P. Kiden, J. Bartholdy, M.W. van der Berg. P.C. Vos, S.de Vries, en Z.B. Wang, (2012). Barrier island management: Lessons from the past and directions for the future. *Ocean & Coastal Management*, Vol.68, p. 18-38.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.07.010>
- Postma, H., 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: *Estuaries*, Lauff, G. H., (ed.), American Association for Advancement of Science (Washington DC): 158-179.
- Pot, R. (2011). System-description Noord-Holland Coast. "a review of the nourishment strategy applied". M.Sc. Thesis. Delft University of Technology, Delft.
- Pwa, S.T., 2006. Evaluatie vooroeversuppleties Noord- en Zuid-Holland. Eindrapport. Witteveen+Bos.
- Quartel, S. en Grasmeyer, B.T., 2007. Dynamiek van het strand bij Noordwijk aan Zee en Egmond aan Zee en het effect van suppleties. Opdracht RKZ-1667, Concept T1-Rapport, Rapport CR-2007-01.
- Rakhorst, H.D., 1984. Werking strandhoofden Noord-Holland, Texel, Vlieland, , Nota WWKZ-84.H007 (in Dutch), Ministry of Transport and Public Works, Rijkswaterstaat, adviesdienst Hoorn (Hoorn): 31 pp.
- Rakhorst H.D., 1990. Erosie/sedimentatie rond IJmuiden 1962-1986. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland. Nota ANV-91.05.
- Reen, M.J. van, (2014). Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkringgebieden 1, 2, 3 en 4 Schiermonnikoog, Ameland, Terschelling en Vlieland. Document HB 2631022. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Uitgevoerd door Consortium Albicom.

- Ridderinkhof, H., Van Haren, H., Eijenraam, F., en Hillebrand, T. (2002). "Ferry observations on temperature, salinity and currents in the Marsdiep tidal inlet between the North Sea and Wadden Sea." Proceedings of the second international conference on EUROGOOS. Operational oceanography: implementation at the European and regional scales. FLEMMING, N.C. et al., eds., Elsevier Oceanography Series, 66, pp: 139-148.
- Rietveld, C. F. W. (1962). The natural development of the Wadden Sea after the enclosure of the Zuider Sea. Proc. of the 8th International Conference on Coastal Engineering, Mexico City, 765-781.
- Rijn, L. C. van (1995). Sand budget and coastline changes of the central coast of Holland between Den Helder and Hoek van Holland period 1964-2040, Report H2129. WL-Delft Hydraulics, Delft.
- Rijn, L. C. van (1997). Sediment transport and budget of the central coastal zone of Holland. Coastal Engineering, 32, 61-90.
- Rijn, L.C. van, Walstra, D.J.R. (2004). Analysis and modelling of shoreface nourishments. Z3748.20. WL | Delft Hydraulics
- RIKZ (2006). Risicobeheersing in kustplaatsen.
- Roelse, P., 1996. Evaluatie van zandsuppleties aan de Nederlandse kust 1975-1994; een morfologische beschouwing. Report RIKZ-96.028 (in Dutch). Rijkswaterstaat, National Institute for Coastal and Marine Management RIKZ (Middelburg): 73 pp.
- Roelse, P., 2002. Water en Zand in Balans. Evaluatie Zandsuppleties na 1990; Een Morfologische Beschouwing. Report RIKZ/2002.003 (in Dutch). Ministry of Transport and Public Works, Rijkswaterstaat, National Institute for Coastal and Marine Management RIKZ (Middelburg): 108 pp.
- Santinelli, G, Giardino, A., Bruens, A. (2012). Effects of 20 years of nourishments: Quantitative description of the North Holland coast through a coastal indicator approach. Jubilee conference proceedings, NCK-days 2012.
- Schalkers, K.M., Visser G.C., (1978). Uitbreiding havenfaciliteiten buiten het noorderhavenhoofd van IJmuiden. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, Studiedienst hoorn. Nota 78H020.
- Schoorl, H. (1973), Zeshonder Jaar Water en Land : bijdrage tot de historische geo - en hydrografie van de Kop van Noord-Holland in de periode 1150 – 1750 (in Dutch). Wolters-Noordhoff (Groningen): 534 pp.
- Schoorl, H. (2000), De Convexe Kustboog (Texel, Vlieland, Terschelling), ISBN: 90 6455 279 7
- Sonneville, B. de, en Van der Spek, A.J.F. (2012). Sediment- and Morphodynamics of shoreface nourishments along the North-Holland coast. Proceedings of ICCE 2012, Santander, Spain.

- Spanhoff, R., de Keijzer, S., Walburg, A.M., Biegel, E.J. (2004). Evaluatie vooroeversuppleties Egmond en Bergen Januari 2004. Werkdocument RIKZ/OS/2004/112W.
- Spanhoff, R., and Van de Graaff, J., 2007. Towards a better understanding and design of shoreface nourishments. Coastal Engineering 2006, Proceedings of the 30th International Conference, pp. 4141-4153.
- Spek, A.J.F. van der, de Kruijff, A.C. en Spanhoff, R., (2007). Richtlijnen voor onderwatersuppleties. RIKZ/2007.012.
- Spek, A.J.F. van der, Elias, E.P.L. (2013). The effects of nourishments on autonomous coastal behaviour. Coastal Dynamics 2013, paper 221.
- Spek, A.J.F. van, van Heteren, S. (2004). Analyse van steekboringen verzameld in het Molengat en het Nieuwe Schulpengat, Report. TNO-NITG, Utrecht
- Stam, J.M.T., 1999. Zandverlies op diep water aan de Hollandse kust. Rapport RIKZ/99.006, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Stive, M. J. F., Roelvink, J. A., en de Vriend, H. J. (1990). Large-scale coastal evolution concept. 22nd International Conference on Coastal Engineering, Delft.
- Stive, M.J.F. & Eysink, W.D., 1989. Voorspelling Ontwikkeling Kustlijn 1990-2090. Fase3. Deelrapport 3.1: Dynamisch Model van het Nederlandse Kuststelsel. Report H825 (in Dutch). Waterloopkundig Laboratorium (Delft): 66 pp.
- Stolk, A., (1989). Kustverdediging na 1990, technisch rapport 1: ZANDSYSTEEM KUST, een morfologische karakterisering. Rapport GEOPRO 1989.02, Rijksuniversiteit Utrecht Vakgroep Fysische Geografie.
- Stuyfzand, P.J., Arens S.M., Oost A.P. en Baggelaar, P. K. (2012). Geochemische effecten van zandsuppleties in Nederland; langs de kust van Ameland tot Walcheren. OBN rapport DK167.
- Thijssen, J. T. (1972). Een halve eeuw Zuider Zeewerken 1920-1970 (in Dutch), Tjeenk Willink, Groningen.
- Valk, L. van der (1996). Coastal barrier deposits in the central Dutch coastal plain. In: Beets, D.J., M.M. Fisher and W. de Gans (eds.), Coastal studies on the Holocene of the Netherlands. Meded. RGD 57 (1996), p. 133-199.
- Verhagen, H. J. en van Rossum, H. (1990). Strandhoofden en paalrijen: evaluatie van hun werking. Min V&W, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- Vermaas, T. (2010). Morphological behaviour of the deeper part of the Holland coast. Deltares, Delft.
- Vermaas, T., 2012. Analyse bruikbaarheid gecombineerde hoogtedata Hollandse kust; Pilotstudie naar het combineren van hoogtedata uit verschillende bronnen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2378. 36 blz.; 20 fig.; 1 tab.; 12 ref.

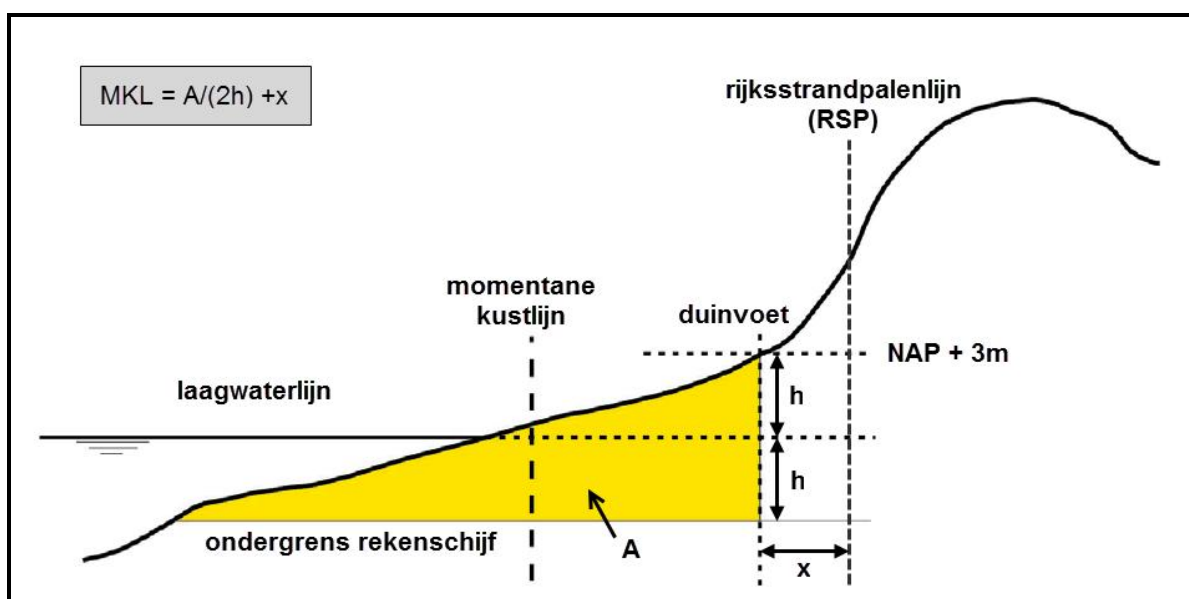
- Vermaas, T. en Bruens, A. (2013), Beheerbibliotheek Walcheren, Deltares
- Vermaas, T., de Bruijn, R. de, Vonhogen-Peeters, L. (2016) 1230043-001-ZKS-0016-r-  
Ontwikkeling suppletie Heemskerk 2011-2016
- Vos, P. (2015). Origin of the Dutch landscape. Groningen, p.1-359. Ook als proefschrift  
Universiteit Utrecht.
- Vos, P., en Vries, S. de. (2013). Tweede generatie paleogeografische kaarten van Nederland;  
Deltares, Utrecht.
- Vroom, J., Elias, E., Lescinski, E., and Wang, Z.B., 2012. Assessment of the effects of the  
Zuider Sea closure on the hydrodynamics of the Wadden Sea inlets. Proceedings of the  
33rd International Conference on Coastal Engineering, Santander, Spain
- Vuik, V., Van Balen, W., Paarlberg, P. (2012) Indicatoren voor kustlijn­zorg- Analyse van  
stormen, suppleties en kust­veiligheid. HKV rapport PR2063.30.
- Wang, Z.B., Vroom, J., Van Prooijen, B.C., Labeur, R., Stive, M.J.F., Jansen, M.H.P., 2011.  
Development of tidal watersheds in the Wadden Sea, River, Coastal and Estuarine  
Morphodynamics: RCEM2011.
- Wang, Z.B, Hoekstra, P., Burchard, H., Ridderinkhof, H., De Swarte, H.E., Stive, M.J.F. Stive,  
2012. Morphodynamics of the Wadden Sea and its barrier island system. Ocean &  
Coastal management 68, pag. 39-57. Special issue on the Wadden Sea.
- Westenberg, J. (1961), Oude kaarten en de geschiedenis van de Kop van Noord-Holland,  
Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd.  
Natuurkunde, Eerste Reeks, Deel XXIII, No. 2 1961, AMSTERDAM
- Westerhoff, W.E., E.F.J. de Mulder en W. de Gans (1987). Toelichtingen bij de geologische  
kaart van Nederland 1: 50.000. Bladen 19W en 19O. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Wijnberg, K. M. (2002). "Environmental controls on decadal morphologic behaviour of the  
Holland coast" Marine Geology, 189, 227-247.

## 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 **Error! Reference source not found.** en wordt uitgebreid toegelicht in de nota *De Basiskustlijn, een technisch morfologische uitwerking* (Hillen et al, 1991).



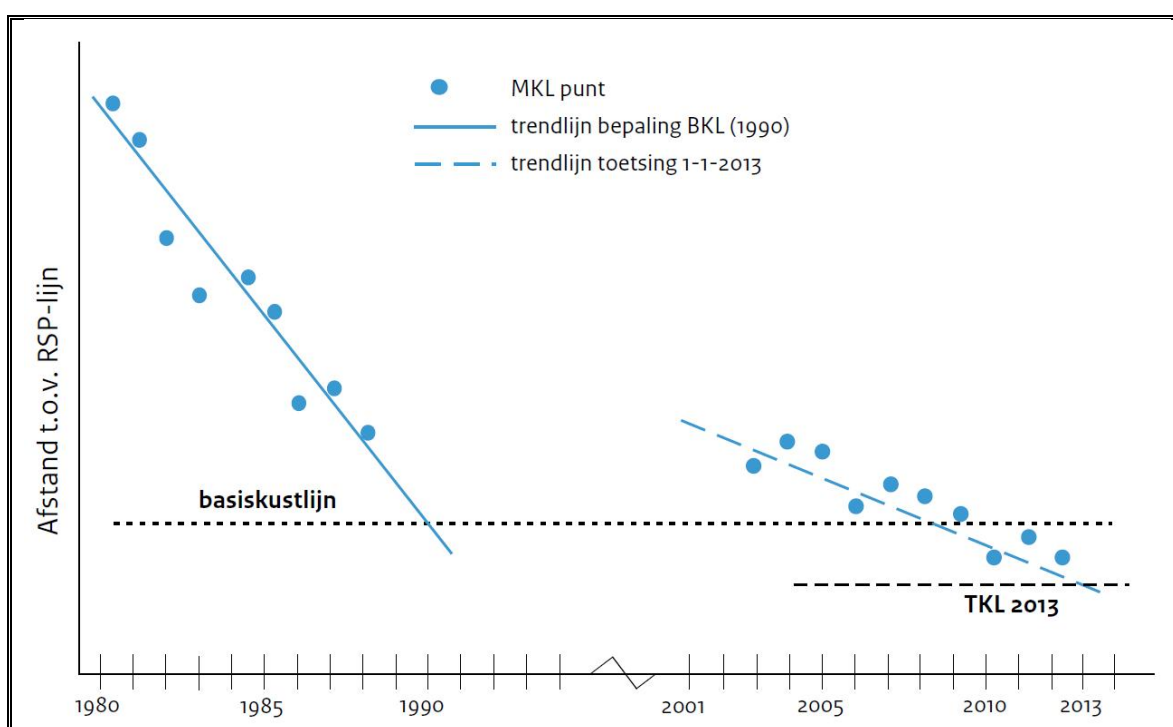
Figuur A.1 Methode om de Momentane Kustlijn (MKL) af te leiden uit het gemeten kustprofiel. Eerst wordt het zandvolume (oppervlak A) bepaald in de zogenaamde rekenschijf tussen duinvoet (doorgaans NAP + 3m NAP) en een ondergrens (even ver beneden gemiddeld laagwater als de duinvoet boven gemiddeld laagwater (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 periode<sup>6</sup>. 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 **Error! Reference source not found..**



Figuur A.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 **Error! Reference source not found.** en **Error! Reference source not found..** 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.

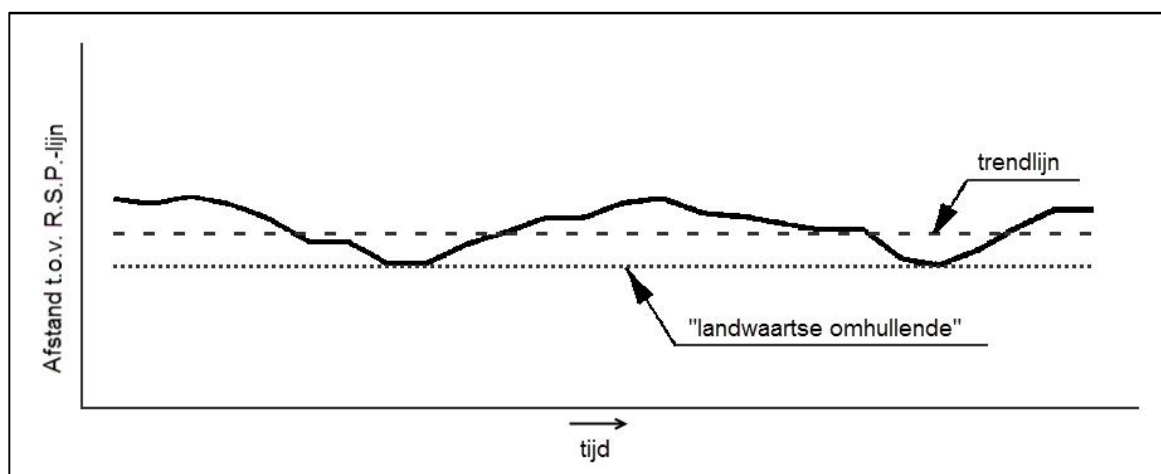
6. Een voorbeeld is de Momentane Kustlijn in 1990. Door het optreden van de zogenaamde 'crocusstormen,' die mede aanleiding waren voor het invoeren van het dynamisch handhaven, lag de kustlijn in dit jaar niet op een 'representatieve' locatie.

- 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.

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 (**Error! Reference source not found.**). 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 A.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 vastgesteld<sup>7</sup>.

### A.3 Landelijke herzieningen Basiskustlijn

#### 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 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 verstuingen 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 afslagzone<sup>8</sup> 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 bezien of ten behoeve van de transparantie van beleid en uitvoering moet worden gestreefd naar een harmonisatie

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

<sup>8</sup> Afslagzone is de zone van het duin die tijdens stormvloed kan afslaan.

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:

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

<b>Begrippenlijst morfologie</b>	
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 van grootte van meters tot tientallen meters per jaar.

Spit en Strandhaak	<p>Uitstulping van de kust, die aan één zijde vastzit aan het land, en aan de andere zijde uitbouwt, in de richting van het netto sedimenttransport.</p> <p>Een spit ontstaat vaak op plaatsen waar de kustlijn abrupt wordt onderbroken, zoals bijvoorbeeld aan de bovenstroomse zijde van een zeegat. Als een spit te ver is uitgebouwd, kan deze losbreken van de kust en als een zandplaat verder migreren om uiteindelijk aan te landen aan benedenstroomse zijde van het zeegat.</p> <p>Een strandhaak ontstaat vaak aan de benedenstroomse zijde van een zeegat, waar bijvoorbeeld aanlanding van een zandplaat heeft plaatsgevonden. Hierdoor ontstaat een uitstulping die door het kustlangse sedimenttransport 'omkrult' richting de benedenstroomse kustlijn, waardoor een haakvorm ontstaat. Hierbij wordt vaak een klein stuk van het intergetijdegebied ingesloten binnen de haak. Na verloop van tijd (jaren tot decennia) is de zanduitstulping gelijkmatig over de kust verspreid.</p>
Slufter	<p>Een slufter is een getijdengebied waarbij zout water vanuit zee onder invloed van het getij door een geul in de duinen het land binnen kan dringen. Kreken met zout water stromen dwars door het gebied en bij storm kan het gebied geheel onder water lopen.</p>

<b>Begrippenlijst dynamiek zeereep</b>	
Dynamiek	Dynamiek van stuivend zand, overstuiving (depositie) al dan niet gecombineerd met winderosie.
Aanstuiving	Overstuiving nabij de duinvoet, dus aan de voorzijde van de zeereep, waardoor de zeereep zich zeewaarts uitbreidt. In het verleden vaak gestuurd door stuifschermen.
Opstuiving	Overstuiving van de zeereeptop, waardoor deze in hoogte toeneemt.
Gekerfde zeereep	Een grillig gevormde (vaak grotendeels natuurlijke) zeereep waar het reliëf zowel door overstuiving als door winderosie wordt gevormd.
Stuifkuil	Duidelijk geïsoleerde, schotelvormige winderosievorm.
Kerf	Winderosievorm in de zeereep die een opening heeft naar het strand.



## C Effects op 20 years of nourishments: Quantitative description of the North Holland coast through a coastal indicator approach (Santinelli et. al, 2011)

A number of indicators have been defined that are 1) representative of the morphological development of the Dutch coast at different temporal and spatial scale and 2) related to policy objectives and system function (safety, nature and recreation). An overview of the indicators is given in Table I. The indicators were computed for the entire Dutch coast, for the years between 1965 and 2010. The analysis was subdivided in three periods of time (1965-1990, 1991-2000, 2001-2011), corresponding to radical changes in the nourishment policy. Within these predefined time windows, the study investigated changes in linear trends. The analyses were carried out both, at JarKus transect level and at larger scale throughout the use of sub-areas, characterized by a homogeneous nourishment policy (e.g. beach nourishments, shoreface nourishments, no nourishment), and a similar autonomous trend erosive or accretive).

Table 1: Indicators chosen for describing the morphological development of the coast. Indicators are derived by Rijkswaterstaat (Kustlijnkaartenboeken), Deltares [Giardino et al., 2012], HKV [Van Balen et al., 2011] and Arcadis [Van Santen and Steetzel, 2011].

System function	Policy objective	Indicator
Short term safety	Maintenance of safety	Erosion length
		Probability of breaching
Medium term safety	Sustainable maintenance of safety	TKL (Toetsen KustLijn)
		MKL (Momentane KustLijn)
		BKL (Basis KustLijn)
		MDL (Momentane DuneLijn)
Long term safety	Sustainable maintenance of safety	Sand volumes at different water depths
Nature and recreation	Sustainable maintenance of dunes	Dune foot position
		Beach width

The nourishment policy in the Netherlands has been undergoing several modifications in the last 20 years. Along the North Holland coast, besides the increase in time of total nourishment volumes added, the tendency is towards an increase of shoreface nourishments with respect to beach nourishments. In addition, dune management over the years and man-made constructions (e.g. Petten seawall) along the North Holland coast represent the effort made on supporting important coastal functions.

Besides the anthropogenic intervention (nourishments, dune managements, man-made structures), nature plays a main role into the coastline morphological development. Given the complexity of the natural processes in the nearshore area, a unique relation between natural forcing and the different indicators does not exist. Moreover, the interference of the anthropogenic action and especially the huge nourishment volumes deposited on the beach, dune and breaker bars in the last years make even more difficult to distinguish between natural and anthropogenic processes.

The division in sub-areas that is applied in this study is presented in Table II. Sub-areas are characterized by a homogeneous nourishment policy and a similar autonomous trend. The main findings from Wijnberg [2002] on morphological trends are included in the last column of the table.

Table II: Division of North Holland coast in sub-areas with homogeneous nourishment strategy and autonomous trend.

Area code	Limit sub-region	Length [m]	Nourishment strategy / coastal type	Autonomous trend before 1990	Wijnberg [2002] (km from Den Helder)
1	90 – 588	4 980	Mainly beach nourishment	Eroding	~ 3-8 Eroding, profile steepening
2	608 - 1808	12 000	Mainly shoreface nourishment	Eroding	
3	1827 - 2023	1 960	Mainly beach nourishment	Eroding	~ 8-23 Eroding, profile flattening
4	2041 - 2606	5 650	Hondsbosscbe Zeewering	-	
5	2629 - 3200	5 710	Mainly shoreface nourishment	Eroding	
6	3225 - 3925	7 000	Mainly beach nourishment	Eroding	
7	3950 - 4975	10 250	Nearly no nourishments	Alternating (erosive-accretive)	~ 23-55 Fluctuating
8	5000 - 5500	5 000	Nearly no nourishments – under the effect of IJmuiden jetties	Accretive	

In this summary the results are presented for a number of indicators: the probability of breaching of the first dune row (P), the momentary coastline position (MKL) and the dune foot position (DF). The time variation of the indicators was at first analyzed at JarKus transect level, in relation with the amount of sand nourished. Figure 1 gives an example, clearly showing that nourishments led to a ‘positive’ effect in this stretch of coast (decrease in probability of breaching, seaward shift of both MKL and dune foot position). The relation between short term and medium term safety indicators for the all Holland coast, at JarKus transect level per year, was investigated by Van Santen [2011].

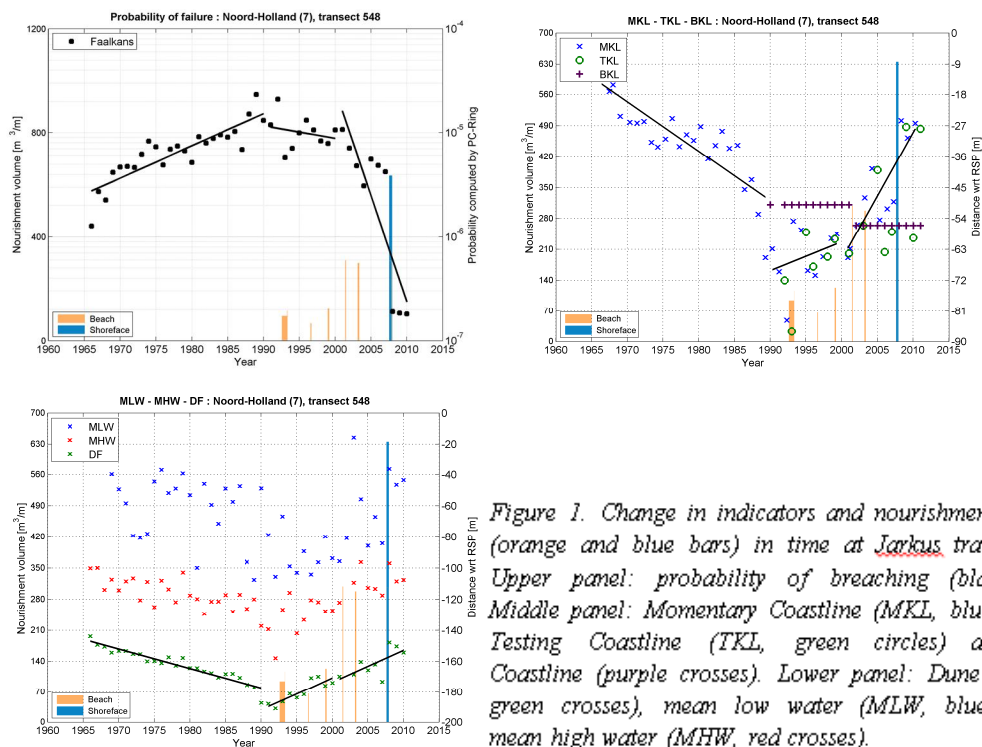


Figure 1. Change in indicators and nourishment volumes (orange and blue bars) in time at JarKus transect 548. Upper panel: probability of breaching (black dots). Middle panel: Momentary Coastline (MKL, blue crosses), Testing Coastline (TKL, green circles) and Basic Coastline (purple crosses). Lower panel: Dune foot (DF, green crosses), mean low water (MLW, blue crosses), mean high water (MHW, red crosses).

The average trends in indicators (a linear trend for the three time windows, averaged over the sub-areas) also show a substantial change towards an average decrease in probability of failure and seaward shift of MKL and dune foot (Figure 2). The change in trend is especially evident for area 1, where mostly beach nourishments were applied. This would suggest that beach nourishments, on this time-scale, have a larger effect than shoreface nourishments. However, shoreface nourishments are built considering a long term prospective (5-10 years), rather than short term effects. On the same line are the modeling results presented in Giardino [2010], which showed that a beach or banquette nourishment of 200 m³/m would lead to an instant decrease of 35-47 % in dune erosion for a 10 year return period storm, while a 400 m³/m shoreface

nourishment has the potential of reducing it only of 2-5 %. However, the effect of shoreface nourishments may show up later in time. Nourishment volumes for each sub-area and time window are given in Table III. Also hard structures such as the IJmuiden jetties appear to have an effect on increasing safety levels. Area 7 and 8 are characterized by a decrease in the probability of breaching whereas no nourishment were applied. The trend analysis confirms the previous observation that in general nourishments have led to an improvement of safety (change in trend from positive to negative values) and a seaward shift of MKL and dune foot.

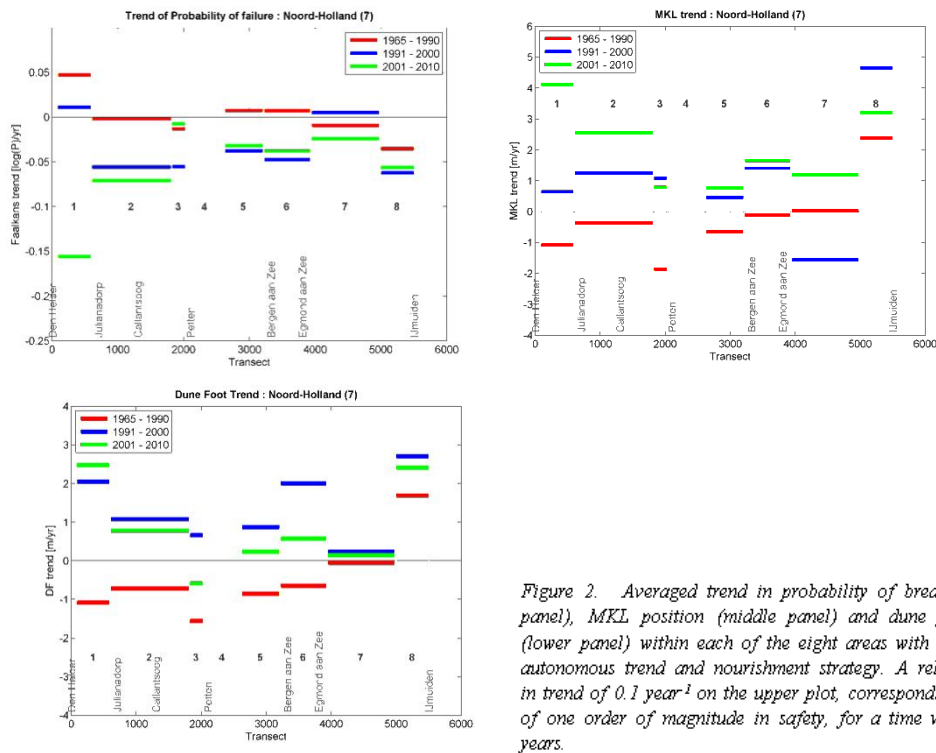


Figure 2. Averaged trend in probability of breaching (upper panel), MKL position (middle panel) and dune foot position (lower panel) within each of the eight areas with homogeneous autonomous trend and nourishment strategy. A relative change in trend of  $0.1 \text{ year}^{-1}$  on the upper plot, corresponds to a change of one order of magnitude in safety, for a time window of 10 years.

It is important to point out that the probability of breaching only refers to the first dune row, while between transects 2606 and 5200 a multiple dune row system exists. This implies that a decrease in probability of breaching in the more northern transects (i.e. between transects 90 and 2041) has a more significant impact on safety against flooding than in the southern transects (i.e. between transects 2606 and 5200). The relations between trends in different indicators and between nourishment volume and indicators have also been derived at the scale of sub-areas (see Figure 3 [Stronkhorst and Bruens, 2012]).

The main objective of the study was to derive the effect of the nourishment strategy in the past. Has the nourishment policy applied since 1990 in The Netherlands led to a 'positive' (seaward) development of the indicators? The analysis has shown that the nourishment strategy has in general led to positive effects. Short term safety, described by the probability of breaching of the first dune row, has in general increased overall of more than one order of magnitude. The medium term safety has improved, as shown by an average shift of the MKL indicator of 30 m in seaward direction. The dune foot has also been migrating seaward in average of about 18 m since 1990. Moreover, the erosive trends, which were quite common at most locations before 1990, have been replaced starting from 1990 by accretive trends.

Relations between indicators were identified at JarKus transect level and at the scale of sub-areas. Indicators appeared to be, in general, well correlated. At the scale of sub-areas, relations between nourishment volumes and shift in indicators have been derived as well: nourishments of approximately 1000 m<sup>3</sup> per meter coast per 10 year can result in a seaward shift of MKL of approximately 25 meters per 10 year and a decrease in probability of failure of the first dune row with a factor 10 per 10 year.

A complete database of indicators has been developed, and is now freely available through the Open Earth system. This database can be used as support tool for several projects dealing with coastline morphology in The Netherlands. The same dataset can now be easily visualized by a number of interfaces which are under

development at Deltares (The coastal viewer and Morphan) and be a user friendly support tool for coastal managers.

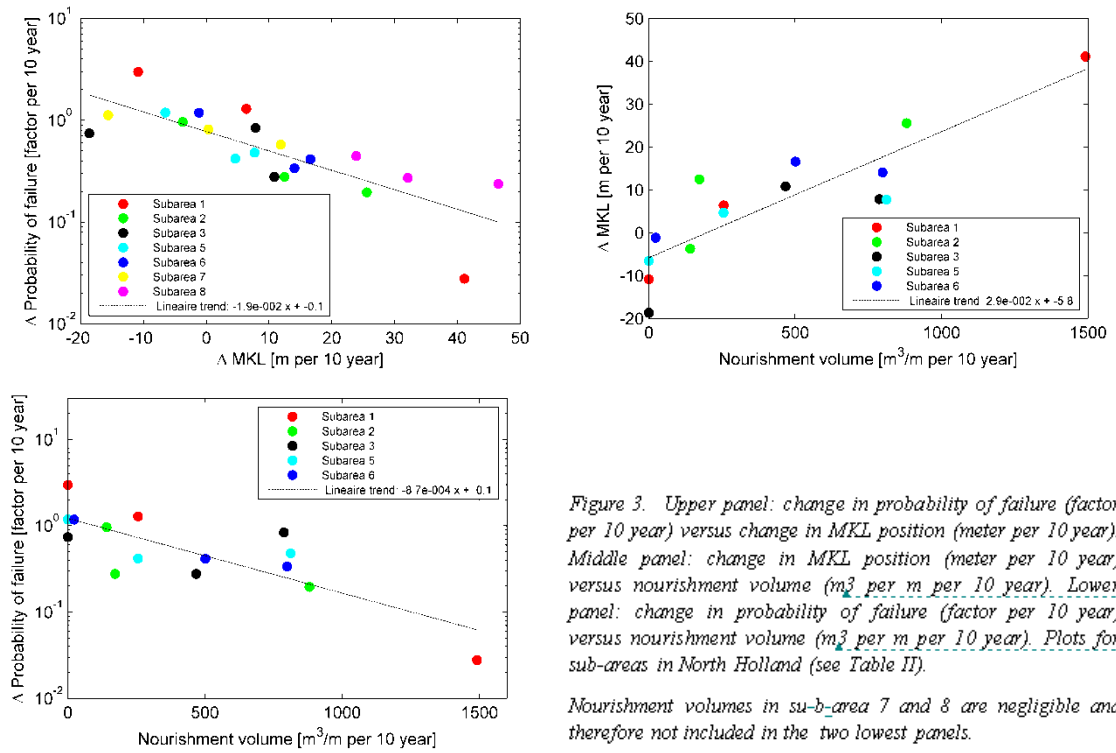


Figure 3. Upper panel: change in probability of failure (factor per 10 year) versus change in MKL position (meter per 10 year). Middle panel: change in MKL position (meter per 10 year) versus nourishment volume ( $m^3$  per m per 10 year). Lower panel: change in probability of failure (factor per 10 year) versus nourishment volume ( $m^3$  per m per 10 year). Plots for sub-areas in North Holland (see Table II).

Nourishment volumes in sub-area 7 and 8 are negligible and therefore not included in the two lowest panels.

## D Beschrijving duinsituatie 1988 en 2011 per deelgebied

De beschrijving is van noord naar zuid (oplopend in kilometers vanaf Den Helder). De raainummers zijn terug te vinden in Figuur 4.32 (aan de hand van de RSP afstand, uitgedrukt in decameters, dus RSP 0.20 komt overeen met raainummer 0020, etc.).

De aangegeven responstypen zijn:

- 1: geen dynamiek
- 2: dynamiek in embryonale duinen vóór zeereep
- 3: beperkte dynamiek, voorzijde zeereep
- 4: dynamische zeereep, beperkte doorstuiving
- 5: zeer dynamische of gekerfde zeereep, forse doorstuiving

### D.1 RSP 0.20-1.10 (Huisduinen)

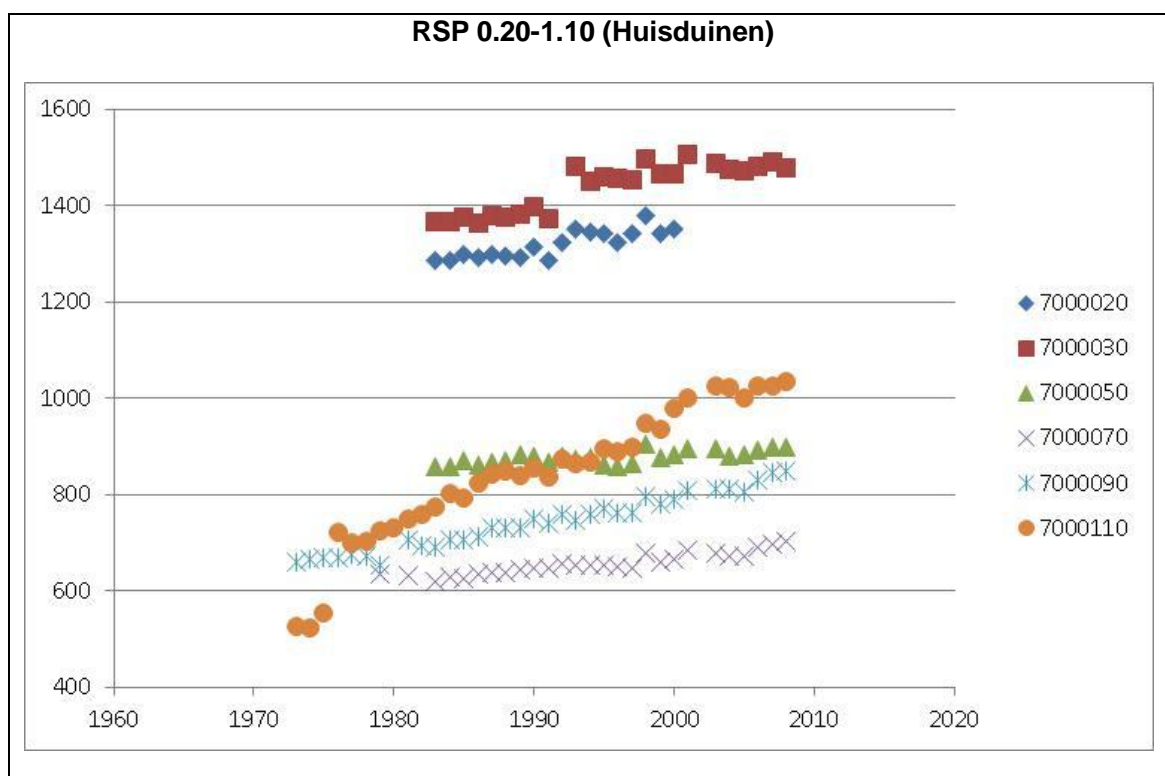
1988

Geen informatie (dijk).

2011

Aanstuivende zone op dijk, met kleinschalige winderosie, stuifkuiltjes en naar het zuiden toe meer natuurlijke morfologie.

Respons type 4 (dynamisch).



Figuur D.1 Volume (m<sup>3</sup>) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 0.20 – 1.10 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

## D.2 RSP 1.10 tot 2.89 (Grafelijkheidsduinen)

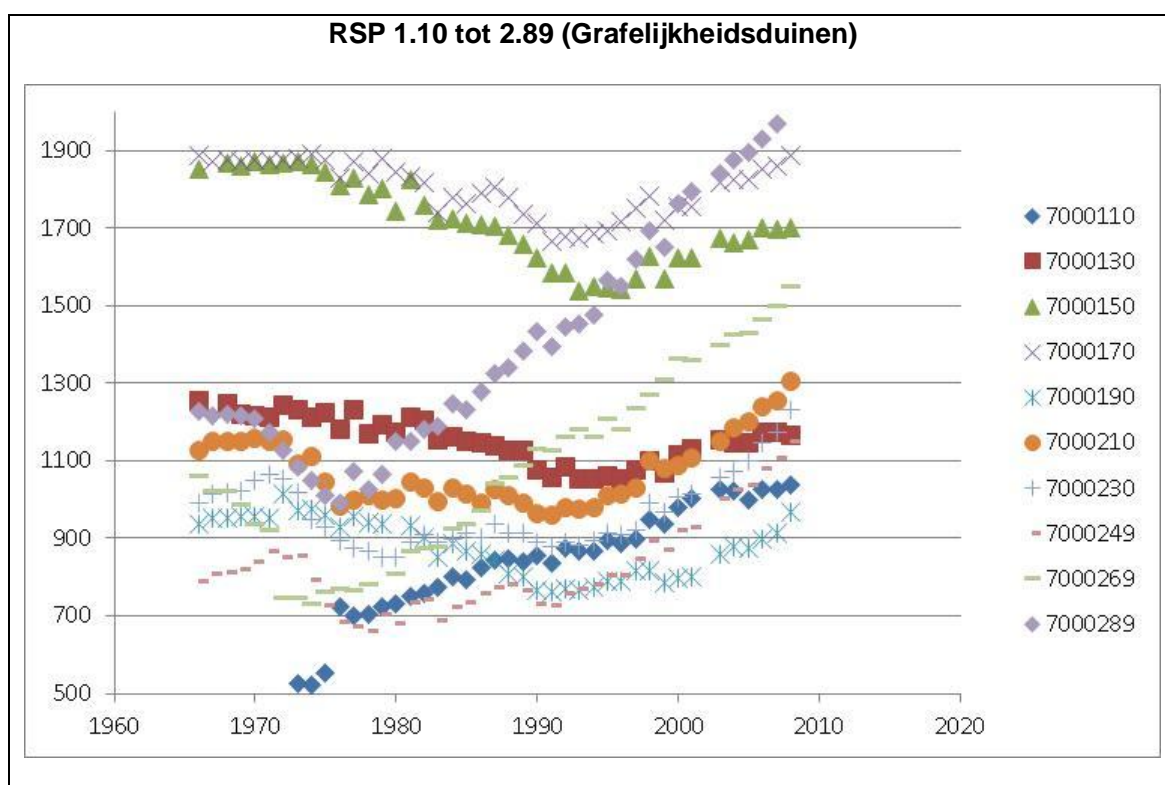
1988

Terugtrekkende zeereep, vanaf het noorden tot 2.30 met een afslagklif en gedeeltelijk gekerfd, vanaf 2.30 sterk gekerfd. Over de gehele zeereep vindt sterke overstuiving plaats, gepaard gaand met ophoging. Vaak worden stuifschermen geplaatst. De gekerfde zeereep is ontstaan als gevolg van het beheer. Men liet hier vroeger de zeereep actief naar binnen rollen (door vegetatie te verwijderen).

2011

Vanaf 1.70 naar het zuiden in de periode 1975-1990 omslag naar aangroeiende zeereep met zeewaartse verplaatsing van de duinvoet. In het gehele vak forse volumetoename, >10-20m<sup>3</sup>/m.jaar, onder invloed van diverse suppleties. Over periode 1997-2012 voornamelijk ophoging, met slechts hier en daar kleinschalige erosie, vooral geconcentreerd rondom strandlagen. Sporadisch een kleine stuifkuil. Vanaf 1.90 naar het zuiden gekerfd en natuurlijke morfologie.

Respons type 4 (dynamisch) en 5 (zeer dynamisch).



Figuur D.2 Volume (m<sup>3</sup>) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 1.10 – 2.89 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decimeters).



### **D.3 RSP 2.89 tot 6.89 (Noordduinen, Julianadorp)**

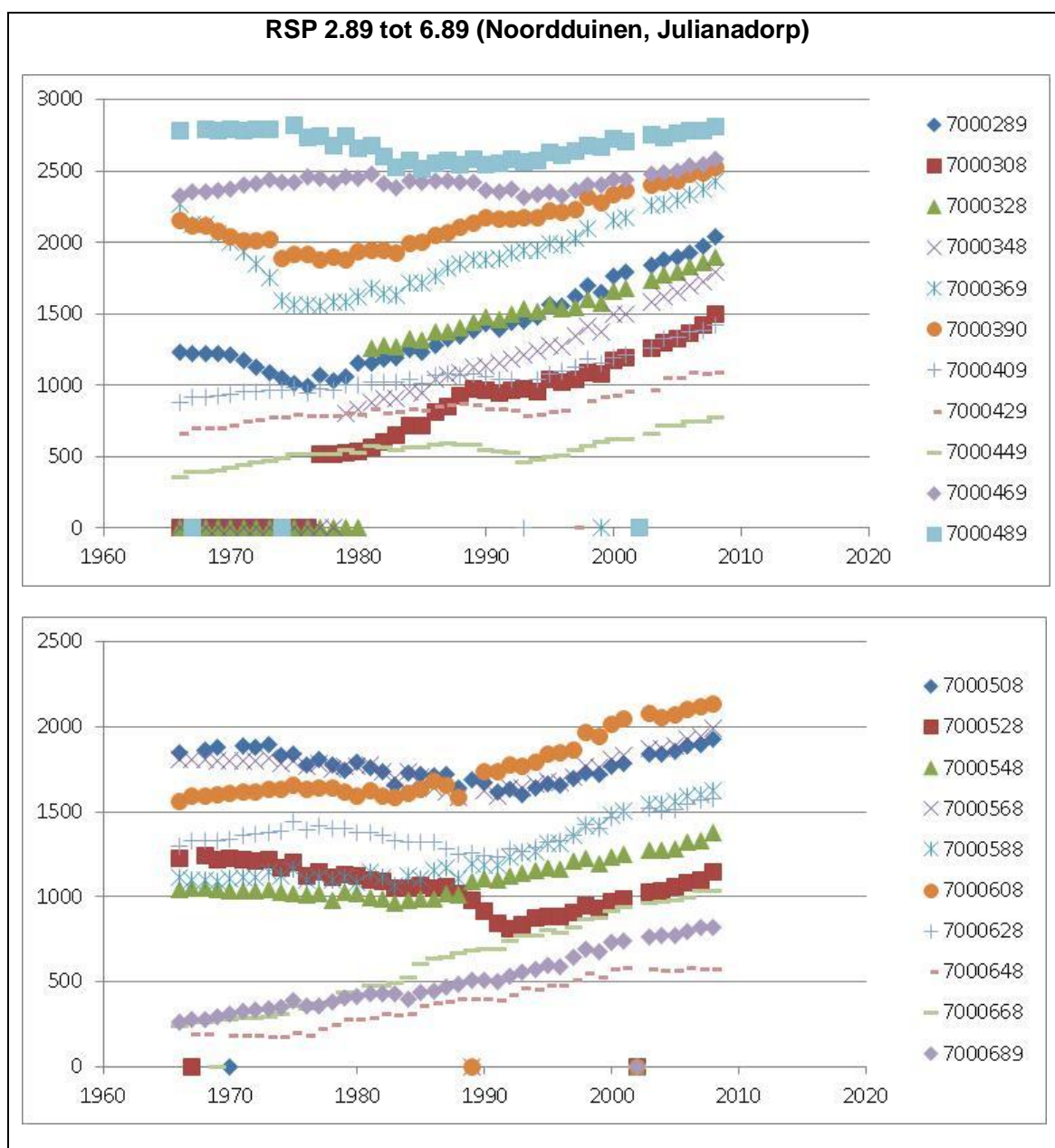
1988

Zeer sterk gekerfde of rollende zeereep. Er vindt sterke overstuiving plaats, hierdoor neemt de hoogte van de zeereep toe. Plaatselijk is de zeewaartse helling een afslagklif. Waar de zeereep naar binnen rolt zijn stuifschermen aan de achterkant geplaatst. Op de overige plaatsen zijn stuifschermen aan de duinvoet geplaatst. De richting die de door de waterkeringbeheerder gegraven geulen bij de rollende zeereep hebben is ook herkenbaar in de kerven op de overige plaatsen (die dus een kunstmatige oorsprong hebben).

2011

Forse aangroei aan noordkant tot enige aangroei aan zuidkant met zeewaartse verplaatsing duinvoet en verhoging voorzijde zeereep. Forse volumetoename, tot 40m<sup>3</sup>/m.jaar, onder invloed van diverse suppleties. Tussen 3.08 en 3.28 kleine stuifkuilen met 1.5m verlaging. Hoge en massieve, brede zeereep. Hier en daar licht eroderende kerfjes aan de voorzijde. Langs het grootste deel van het vak komen embryonale duinen voor die de doorstuiving niet belemmeren.

Responstype: dominant 4 (dynamisch) en lokaal 5 (zeer dynamisch).



Figuur D.3 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 2.89 – 6.89 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

**D.4 RSP 6.89 tot 8.28 (Noordduinen, Julianadorp)**

1988

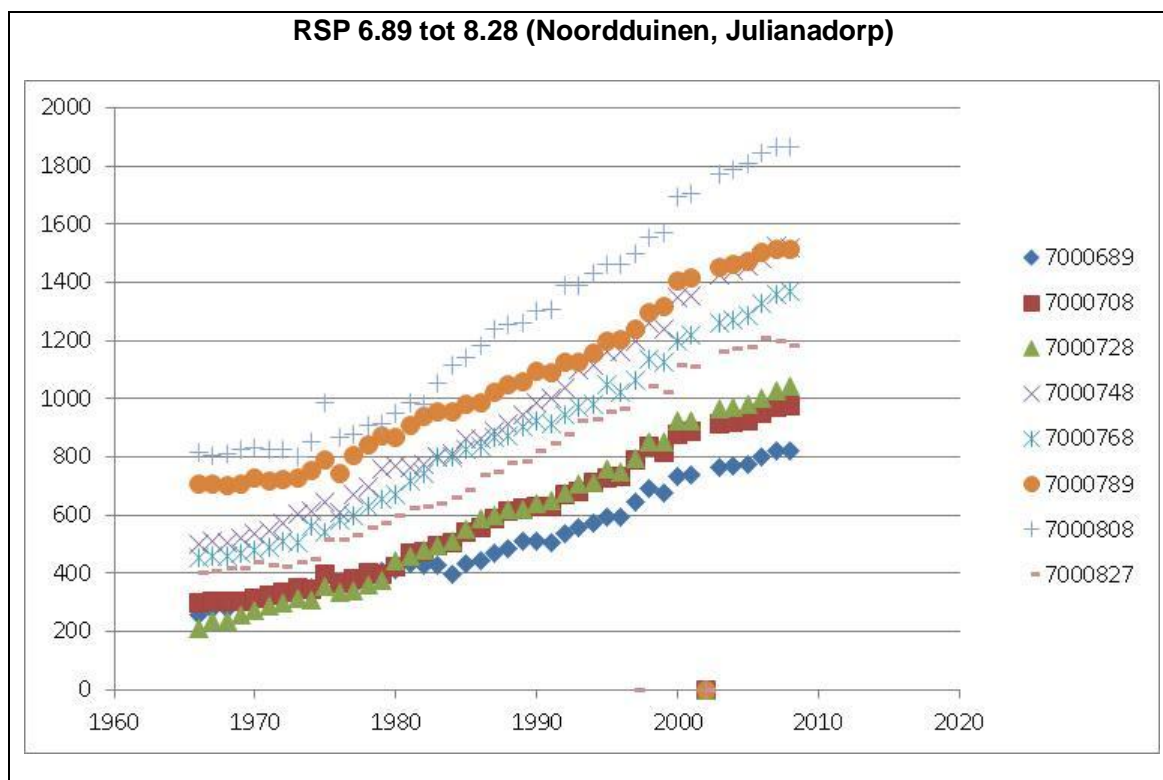
Stabiele of in geringe mate terugtrekkende zeereep. Er vindt overstuiving en ophoging plaats. Het volume van de zeereep neemt toe. De zeereep is vaak gekerfd, op een aantal plaatsen zijn blowouts waarschijnlijk geëgaliseerd en ingeplant door de waterkeringbeheerder. Tussen 7.68 en 8.28 lijkt vegetatie van de zeereep te worden gehaald.

2011

Aangroeiende en opstuivende zeereep. Vrijwel geen winderosie, met uitzondering van een lokale stuifkuil en een stuifkuilencomplex achter de zeereep. Zeer gestage volumetoename met een versnelling van de toename tussen 1965 en 1980, 20m<sup>3</sup>/m.jaar, onder invloed van diverse suppleties (tussen 6.89 en 7.48, ten zuiden daarvan niet).

Langs het gehele vak komen embryonale duinen voor die de doorstuiving niet belemmeren.

Respons type noordkant: 4 (dynamisch) en zuidkant: 5 (zeer dynamisch).



Figuur D.4 Volume (m<sup>3</sup>) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 6.89-8.28 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decimeters).

**D.5 RSP 8.28 tot 10.47 (Grote Keeten, Botgat)**

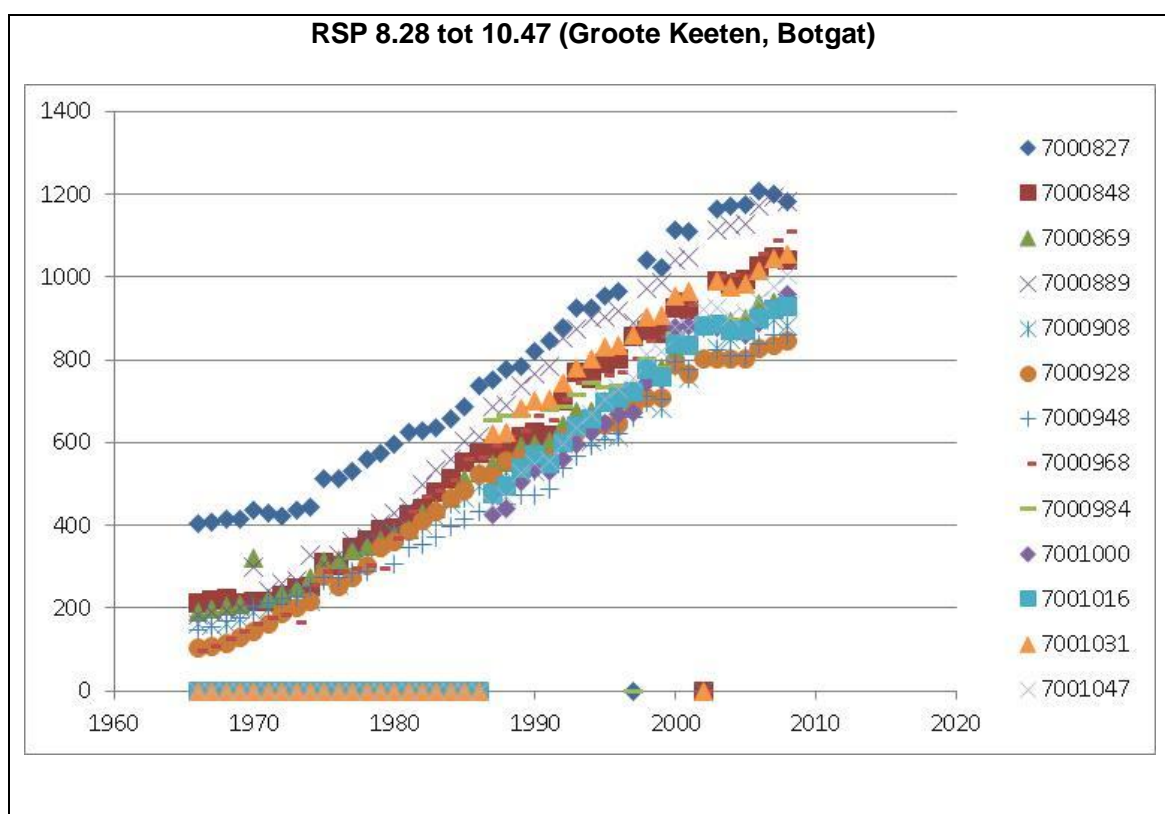
1988

Onder invloed van sterke aanstuiving breidt de zeereep zich tussen 8.68 en 9.68 uit. Na de jaren 1950 is in circa 25 jaar is voor de oude zeereep een geheel nieuwe duinenrij ontstaan. Ten zuiden van 10.16 trekt de zeereep zich terug. Overstuiving en winderosie zijn sterk. De zeereep is gekerfd, tussen begroeide toppen bevinden zich door de wind uitgeblazen geulen.

2011

Zeer dynamische zeereep met forse aanstuiving en zeewaartse verplaatsing in combinatie met ophoging en plaatselijk forse winderosie en kerfontwikkeling. Laatste jaren ingrepen tegen winderosie (plaatselijk afgevlakt en ingeplant, plaatselijk schermen gezet). Gestage volumetoename met versnelling tussen 1965 en 1975,  $20\text{m}^3/\text{m.jaar}$ . Slechts eenmaal gesuppleerd (2009) Natuurlijke morfologie waar grotendeels niet wordt ingegrepen. Langs het gehele vak komen embryonale duinen voor die de doorstuiving niet belemmeren.

Respons type 5 (zeer dynamisch).



Figuur D.5 Volume ( $\text{m}^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 8.28-10.47 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

## **D.6 RSP 10.47 tot 15.44 (Callantsoog)**

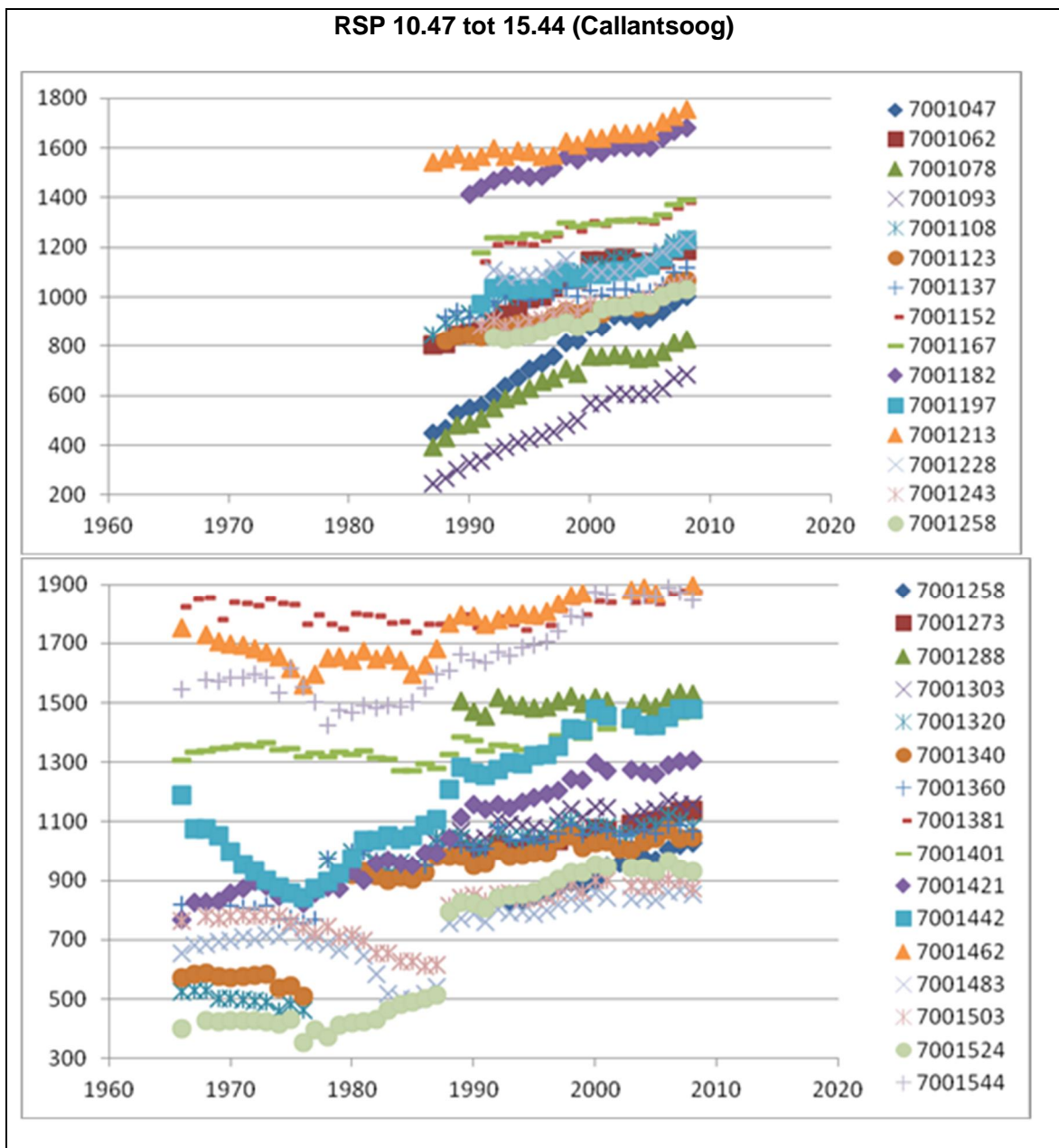
1988

Terugtrekkende zeereep met een grotendeels door het beheer bepaalde vorm (kleinschalige egalisaties, hermodellering). Langs de gehele zone zijn stuifschermen geplaatst, meestal zowel parallel als dwars om aanstuiving bij de duinvoet te bevorderen.

2011

Tot 12.28 forse aanstuiving voorzijde. Tussen 12.28 en 13.81 weinig dynamiek. Tussen 13.81 en 14.62 weer toename aanstuiving. Tot 15.44 wisselend minder en iets meer dynamisch. Tussen 12 en 13.6 hoge en steile zeereep (voor Callantsoog), weinig natuurlijk reliëf. Daar voor en daar na meer natuurlijk reliëf, vooral bepaald door overstuiving, geen winderosie. Tussen 13.81 en 14.01 en tussen 14.83 en 15.44 lichte erosie. Vanaf 14 sinds 2000 nauwelijks of geen sprake van volumetoename, ondanks aanstuiving op helling/top. Tussen 12.50 en 13.60 staan stuifschermen. Tussen 10.47 en 12.43 embryonale duinen, die de doorstuiving niet belemmeren. Beperkte volumetoename, 5-10 m<sup>3</sup>/m.jaar. Veelvuldig gesuppleerd.

Respons type 4 (dynamisch) en 3 (beperkt dynamisch)



Figuur D.6 Volume (m3) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 10.47-15.44 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).



#### **D.7 RSP 15.44 tot 18.96 (Zuidduinen, Zwanenwater – ECN)**

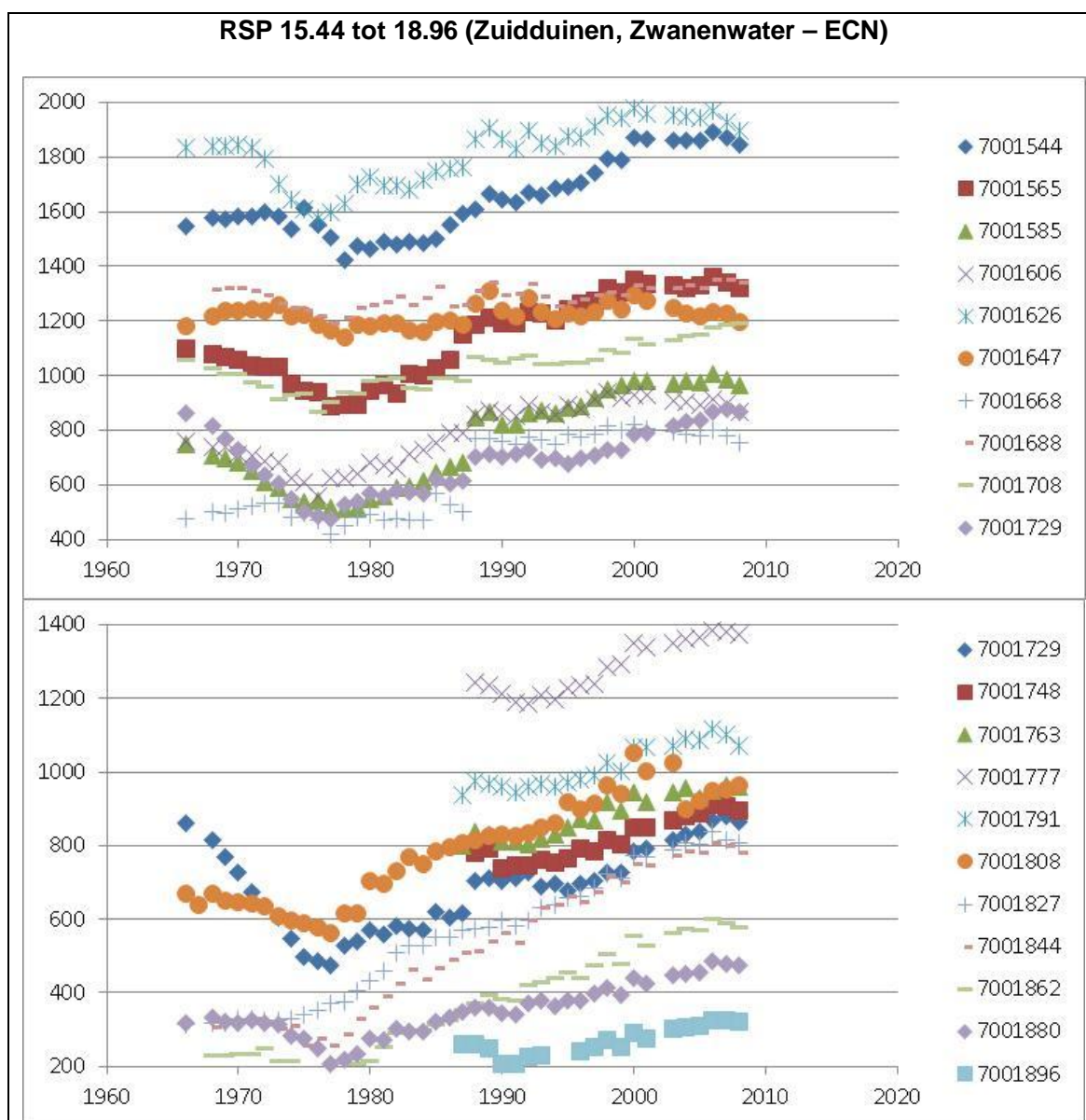
1988

Terugtrekkende zeereep. Vorm is minder sterk door het beheer bepaald (lokale egalisatie of kleinere duinsuppleties, aanplant). Lokaal is de zeereep gekerfd. Tussen 16.88 en 17.08 is de zeewaartse helling een afslagklif. Er vindt overstuiving en soms sterke winderosie plaats. De hoogte van de zeereep neemt toe. Langs vrijwel de gehele zone zijn stuifschermen geplaatst. Langs een groot deel is gesuppleerd.

2011

Het noordelijk deel tot 17.08 heeft een erosieve duinvoet. Het deel tussen 15.85 en 16.88 kent een beperkte aanstuiving en nauwelijks of geen volumetoename, maar ziet er wel enigszins dynamisch uit (overstuiving van de zeereep). Vanaf 17.08 is de aanstuiving forser en is de duinvoet zeewaarts verplaatst. Er is nergens sprake van winderosie, geen kerven. Plaatselijk komen embryonale duintjes voor die de doorstuiving niet belemmeren. Beperkte volumetoename. Diverse keren gesuppleerd.

Respons type 4 (dynamisch), lokaal (RSP 17.55-17.63, 17.91-18.08) komt ook type 2 voor (dynamiek in embrionale duinen).



Figuur D.7 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 15.44-18.69 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decimeters).

**D.8 RSP 18.96 tot 20.50 (ECN - Pettemerduinen)**

1988

Terugtrekkende zeereep met sterk door het beheer bepaalde vorm. Er vindt geringe overstuiving en winderosie plaats. De zeewaartse helling is vaak een afslaghelling.

2011

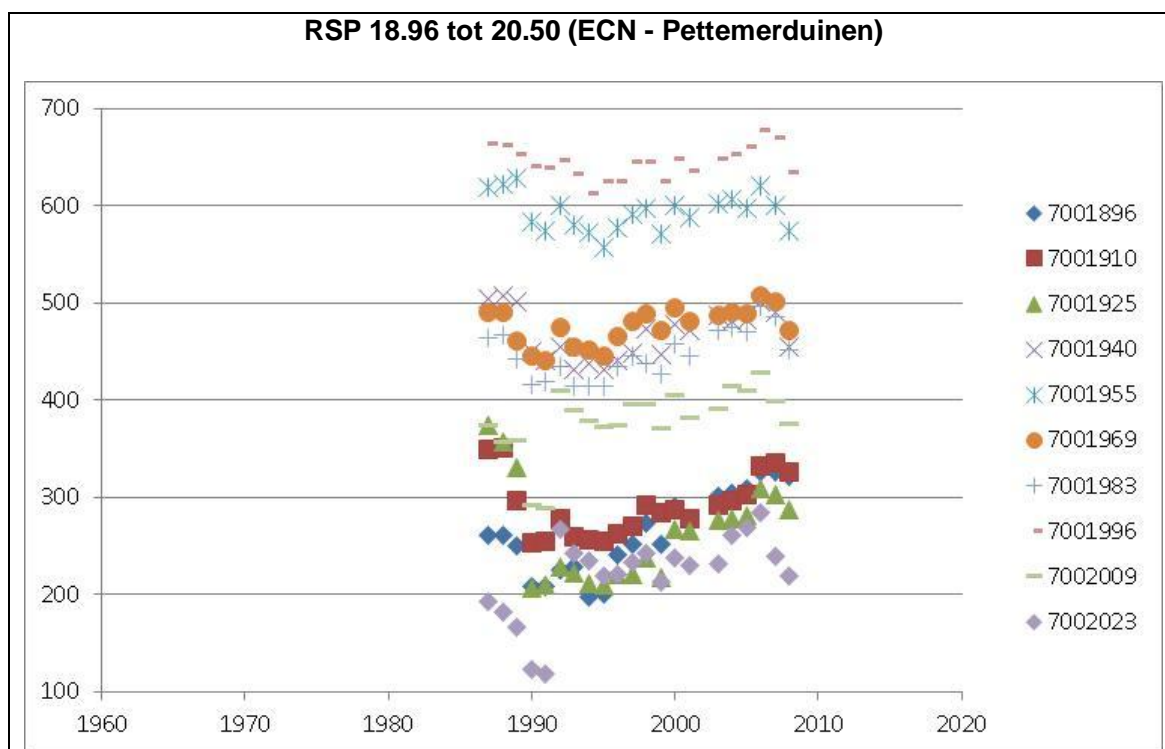
Duidelijk verschil in ontwikkeling ten noorden van 19.40 en ten zuiden daarvan.

Ten noorden is vooral sprake van aanstuiving, met ophoging van de zeereep, ten zuiden is er veel meer erosie en winderosie en landwaartse verplaatsing van de duinvoet.

Duinverzwaring achter de zeereep. Met name het stuk tussen 19.5 en 19.9 is enigszins gekerfd.

Geringe volumeveranderingen. Diverse keren gesuppleerd.

Respons type 3 (beperkt dynamisch) en 4 (dynamisch).



Figuur D.8 Volume (m<sup>3</sup>) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 18.69-20.50 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

**D.9 RSP 20.50 tot 26.29 Hondsbossche en Pettemer zeewering.**

Geen opname, dijk.

**D.10 RSP 26.29 tot 30.00 (Camperduin - Schoorl aan zee)**

1988

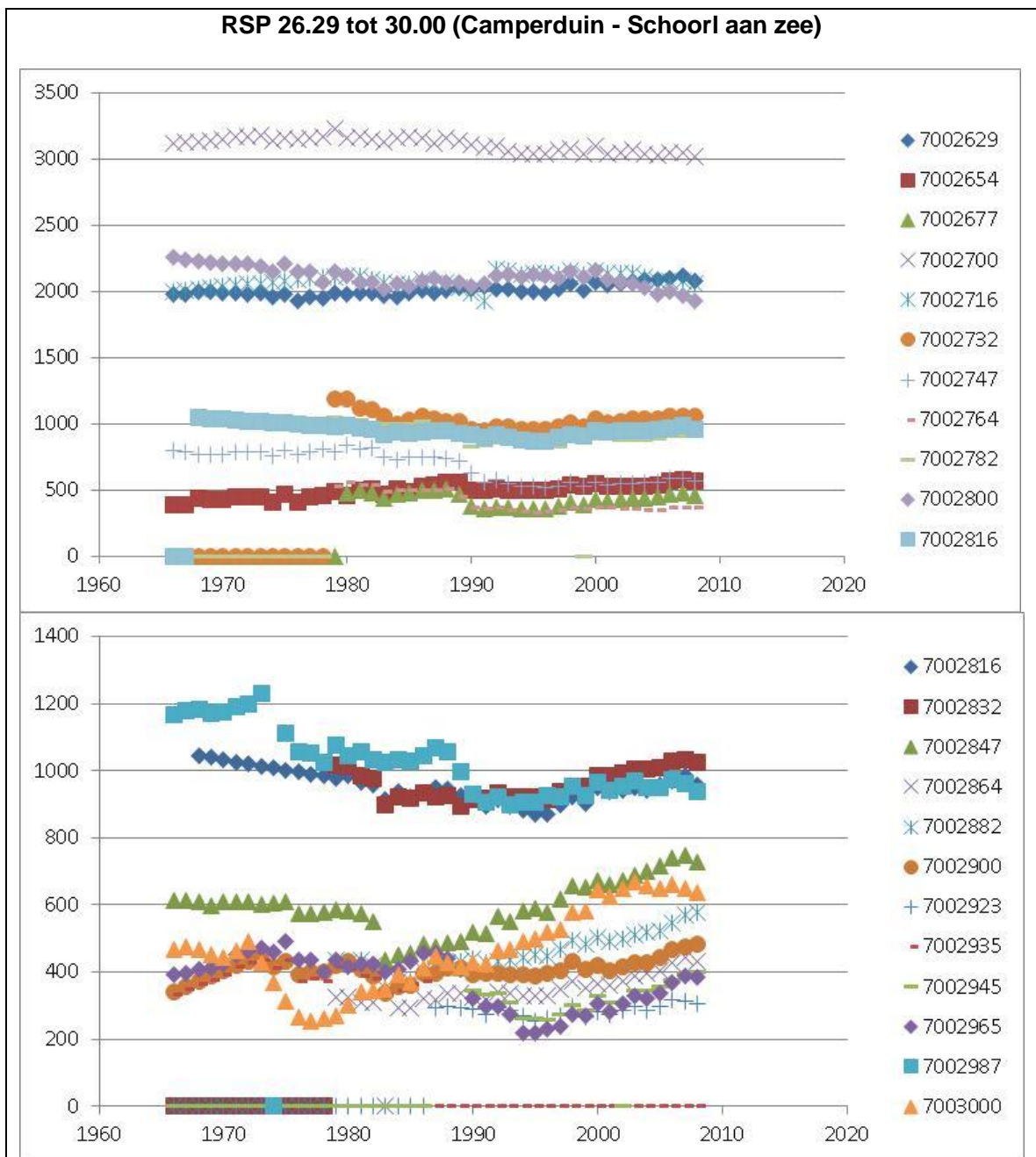
Stabiele of licht achteruitgaande zeereep, vaak met afslagklif. Over het algemeen weinig dynamiek: nauwelijks overstuiving, geen winderosie. De vorm van de zeereep lijkt sterk door het beheer bepaald, hoewel er nu weinig ingrepen waarneembaar zijn, voornamelijk afvlakkingen met aanplant.

2011

Plaatselijk zeer hoge zeereep. Overwegend aanstuiving en enige zeewaartse verplaatsing duin voet. Lokaal sterke winderosie met kerven of stuifkuil (27.16, 28.00, 29.23-29.35). Langs een groot deel van dit vak komen embryonale duinen voor die de doorstuiving niet belemmeren.

Variabele volumeontwikkeling in ruimte en tijd. Diverse malen gesuppleerd.

Respons type 2, 3, 4, 5. (variërend van dynamiek in embrionale duinen, tot zeer dynamisch met forse doorstuiving)



Figuur D.9 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 26.29-30.00 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

**D.11 RSP 30.00 tot 32.00 (Kerf Schoorl)**

1988

Sterk overstuivende rollende of gekerfde zeereep. Achteruitgang is gering. Overstuiving vindt vaak over de gehele zeereep plaats. Windgeulen en soms blowouts bevinden zich in de zeewaartse helling en de top.

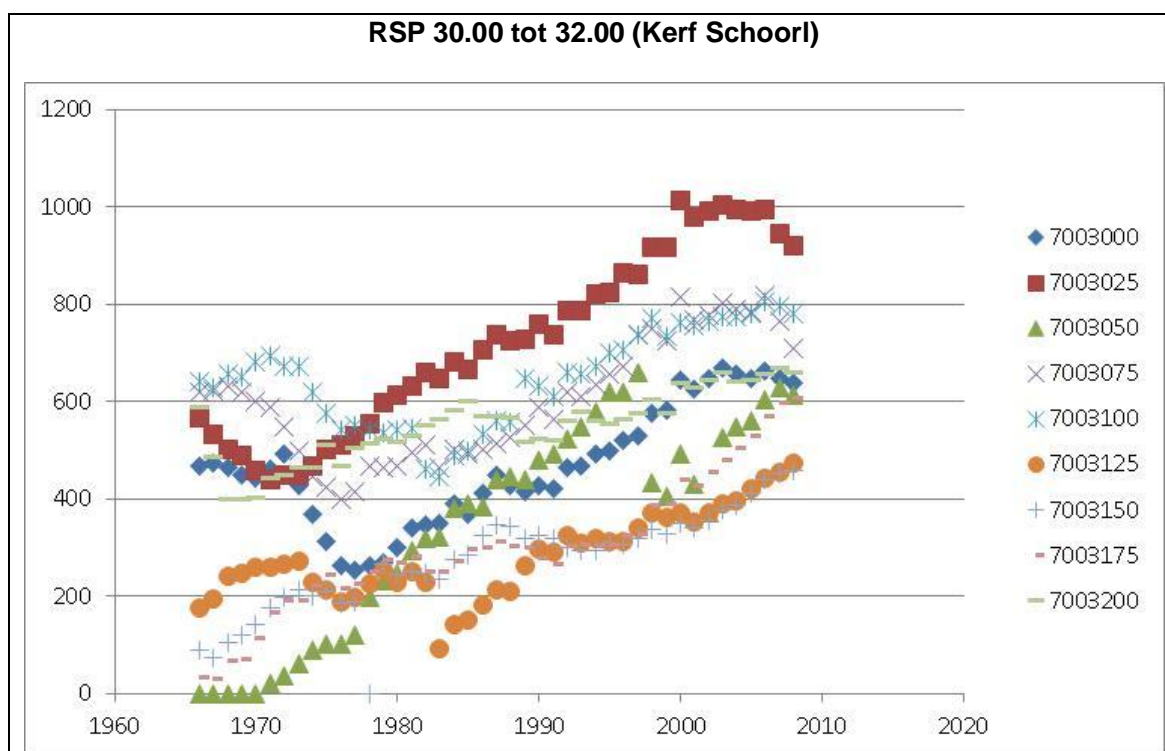
2011

Ten noorden van de kerf (30.50) aanstuivende zeereep met stabiele duinvoet, ten zuiden meer gekerfde zeereep en uitbouwende duinvoet en embryonale duinen en aanstuiving tot op en over de top. Plaatselijk erosie in stuifkuilen en kleine kerven.

Voor raaien 30.00 t/m 30.75 lijkt een lange periode van volumetoename (begin 1970-2000) omgeslagen in volumeafname.

Variabele volumeontwikkeling in tijd. Enkele malen gesuppleerd.

Respons type noord: 3 (beperkt dynamisch), en zuid: 4 (dynamisch) en 5 (zeer dynamisch).



Figuur D.10 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 30.00-32.00 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).



**D.12 RSP 32.00 tot 33.75 (Bergen aan zee)**

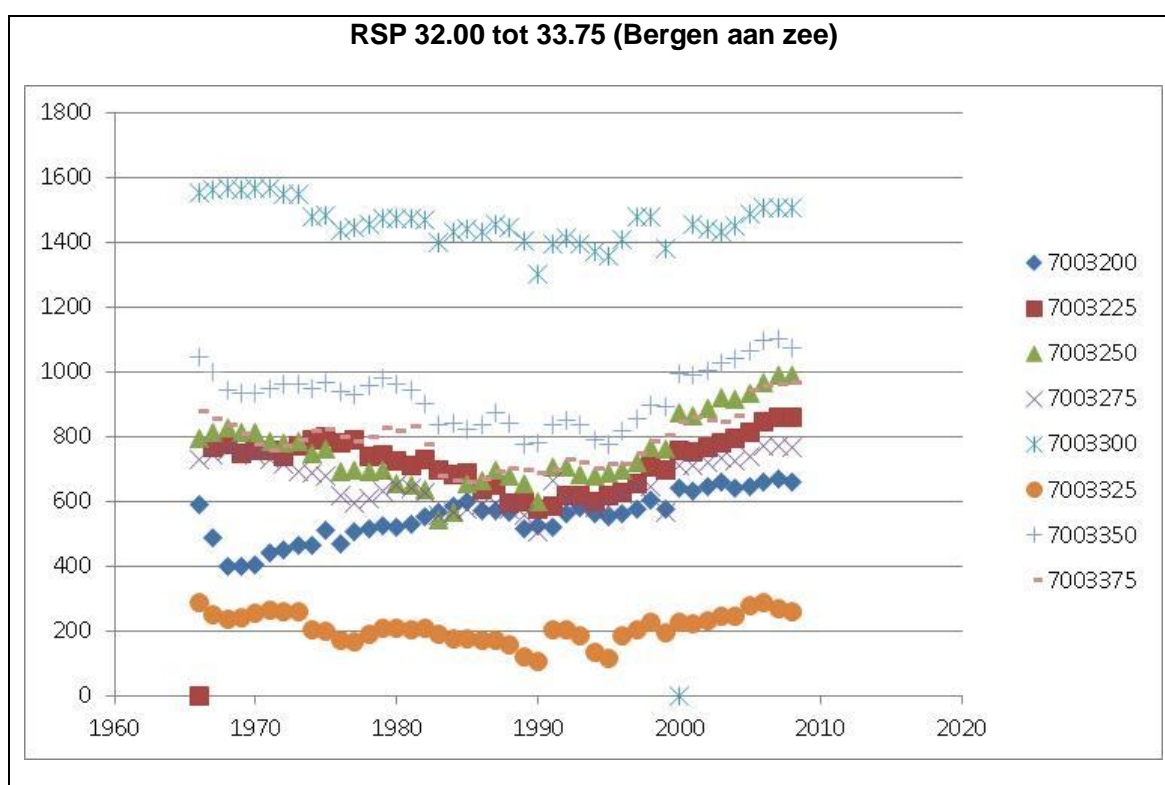
1988

Terugtrekkende zeereep, vaak met afslagklif. Mate van overstuiving wisselt, op sommige plaatsen weinig, op andere plaatsen meer, samengaan met ophoging van de zeereep. Tussen 33.00 en 33.50 bevindt zich de boulevard van Bergen. Op veel plaatsen is helm ingeplant.

2011

Tot 32.75 en na 33.25 aanstuivende zeereep met beperkte winderosie. Daartussen sterk beïnvloed (Bergen aan zee). Uitbouwende duinvoet. Geen consistent beeld in volume toename, fluctueert nogal. Vaak gesuppleerd.

Respons type 4 (dynamisch).



Figuur D.11 Volume ( $m^3$ ) boven + 3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 32.00-33.75 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

**D.13 RSP 33.75 tot 37.25 (Wimmenunderduinen)**

1988

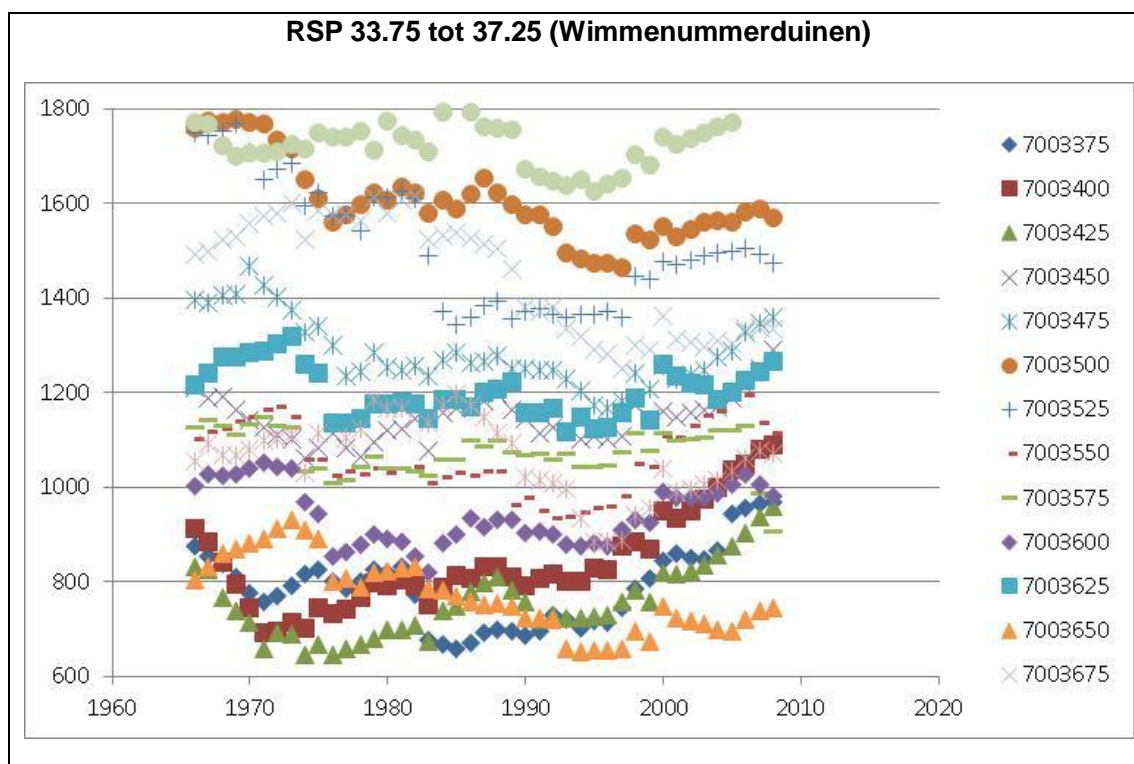
Geringe achteruitgang. Tot 35.00 vindt ophoging door overstuiving plaats, hierna heeft de zeereep vaak een afslagklif. Plaatselijk is de zeereep gekerfd. Met name tussen 35.00 en 36.50 zijn kleinere egalisaties verricht.

2011

Zeer dynamische, gekerfde zeereep met sterke aanstuiving en overstuiving en plaatselijk zeer sterke winderosie en kerfontwikkeling. Zeewaartse verplaatsing duinvoet. Ook achter de zeereep opvallend veel verstuiving. Geen duidelijke trend in volumetoename, periodieke fluctuaties. Enkele malen gesuppleerd.

Respons type: dominant 5 (zeer dynamisch) en 4 (dynamisch).

Locatie zandvangers (Arens et al., 2012), transect 8 (35.50-35.75) in zeereep met respons type 5. Resultaten tonen sterke overstuiving van de zeereep, tot forse invang aan achterzijde op 200m landwaarts van de duinvoet en beperkte invang tot op 500m landwaarts van de duinvoet



Figuur D.12 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 33.75-37.25 (zie legenda, de nummering komt overeen met de Jarkus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decimeters).

**D.14 RSP 37.25 tot 40.50 (Egmond aan zee)**

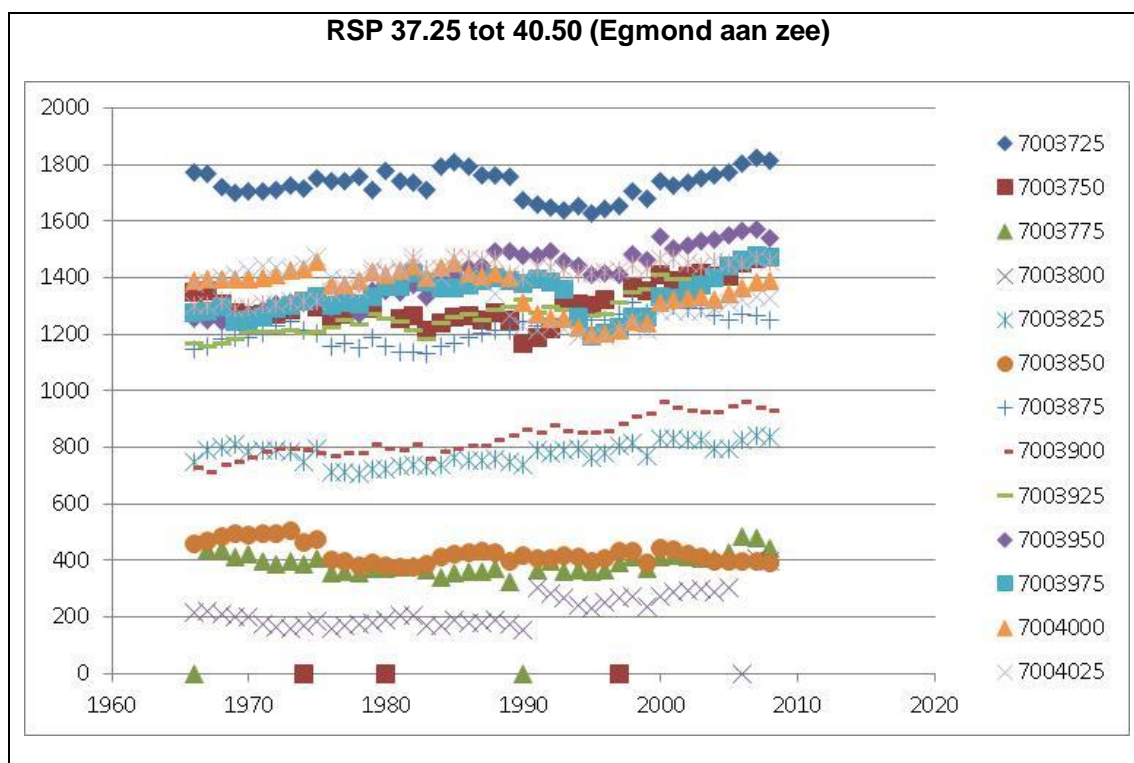
1988

Stabiele zeereep met overstuiving en ophoging. Verschijnselen van winderosie op de zeewaartse helling (windgeulen), vaak langs paden. Het beheer beperkt zich tot het plaatsen van stuifschermen en de aanleg van banketten op het strand. Tussen 38.50 en 38.75 bevindt zich de boulevard van Egmond.

2011

Vooraf ten zuiden van 39.50 zeer sterke aanstuiving voor de zeereep, met zeewaartse verplaatsing van de duinvoet. Dynamiek lijkt beperkt tot de voorkant van de (hoge) zeereep. Ten noorden veel minder dynamisch. Gemiddeld neemt het volume (beperkt) toe, maar er zijn ook raaien waar het volume (beperkt) afneemt. Noordelijk deel (37.25-39.00 vaak gesuppleerd, zuidelijk deel (39.25-40.50 niet).

Respons type 2, 3, 4 (variërend van embrionale duinen tot dynamische duinen).



Figuur D.13 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 37.25-40.50 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decimeters).

**D.15 RSP 40.50 tot 43.75 (Egmond aan zee - Castricum aan zee)**

1988

Over het algemeen stabiele zeereep. Op sommige plaatsen vindt door aanstuiving sterke depositie tegen de duinvoet/zeewaartse helling plaats, op andere plaatsen is depositie op de top het sterkst, waardoor de hoogte van de zeereep toeneemt. Op de zeewaartse hellingen zijn plaatselijk verschijnselen van winderosie waarneembaar (windgeulen). Weinig beheer.

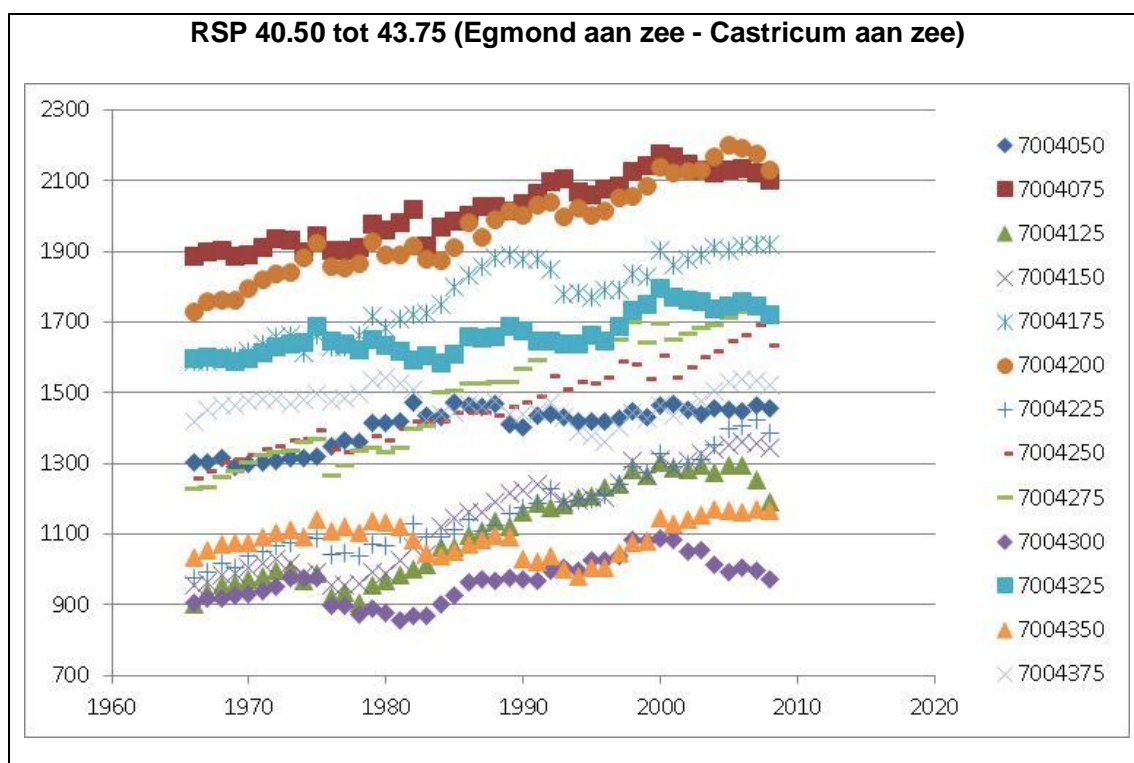
2011

Zones met erosie van de duinvoet (41.00-41.50 en 42.75-43.25) en uitbouw (41.50-42.50 en 43.50 en verder). Plaatselijk zeer weinig dynamiek. Vrij regelmatige en hoge zeereep, geen winderosie.

bepaalde volumetoename, lokaal gering afname. Volumetoename het sterkst in de periode 1978-1998. Nooit gesuppleerd.

Respons type 1 (geen dynamiek), 3 (bepakt dynamisch) en 4 (dynamisch).

Locatie zandvangens (Arens et al., 2012), transect 7 (41.75) in respons type 4 toont sterke invang aan de achterzijde van de zeereep en verwaarloosbare invang op 350m landwaarts van de duinvoet..



Figuur D.14 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 40.50-43.75 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).

#### **D.16 RSP 43.75 tot 50.00 (Castricum aan zee – Heemskerk)**

1988

Geringe achteruitgang, plaatselijk stabiel. Door overstuiving vindt ophoging van de zeereep plaats, tussen 46.00 en 47.25 treedt depositie voornamelijk tegen de duinvoet/zeewaartse helling op. Vanaf 48.75 sterke afname van dynamische processen (overstuiving, winderosie). De zeereep heeft hier een afslagklif. Weinig beheer, hier en daar worden stuifschermen geplaatst.

2011

Ook hier zones met erosie (44.2-44.75, 46.75-47.25, 47.9-49.8) en uitbouw (43.75-44.2, 45.0-46.75, 47.25-47.9). Grote, paraboliserende kerven in erosief gebied bij 49.00 en 48.1. Daartussen vaak weinig of zelfs helemaal niet dynamisch. Volumeverandering zeer wisselend. Eenmaal gesuppleerd.

Respons type variërend: 1 (geen dynamiek), 3, 4 en 5 (beperkt tot zeer dynamisch).

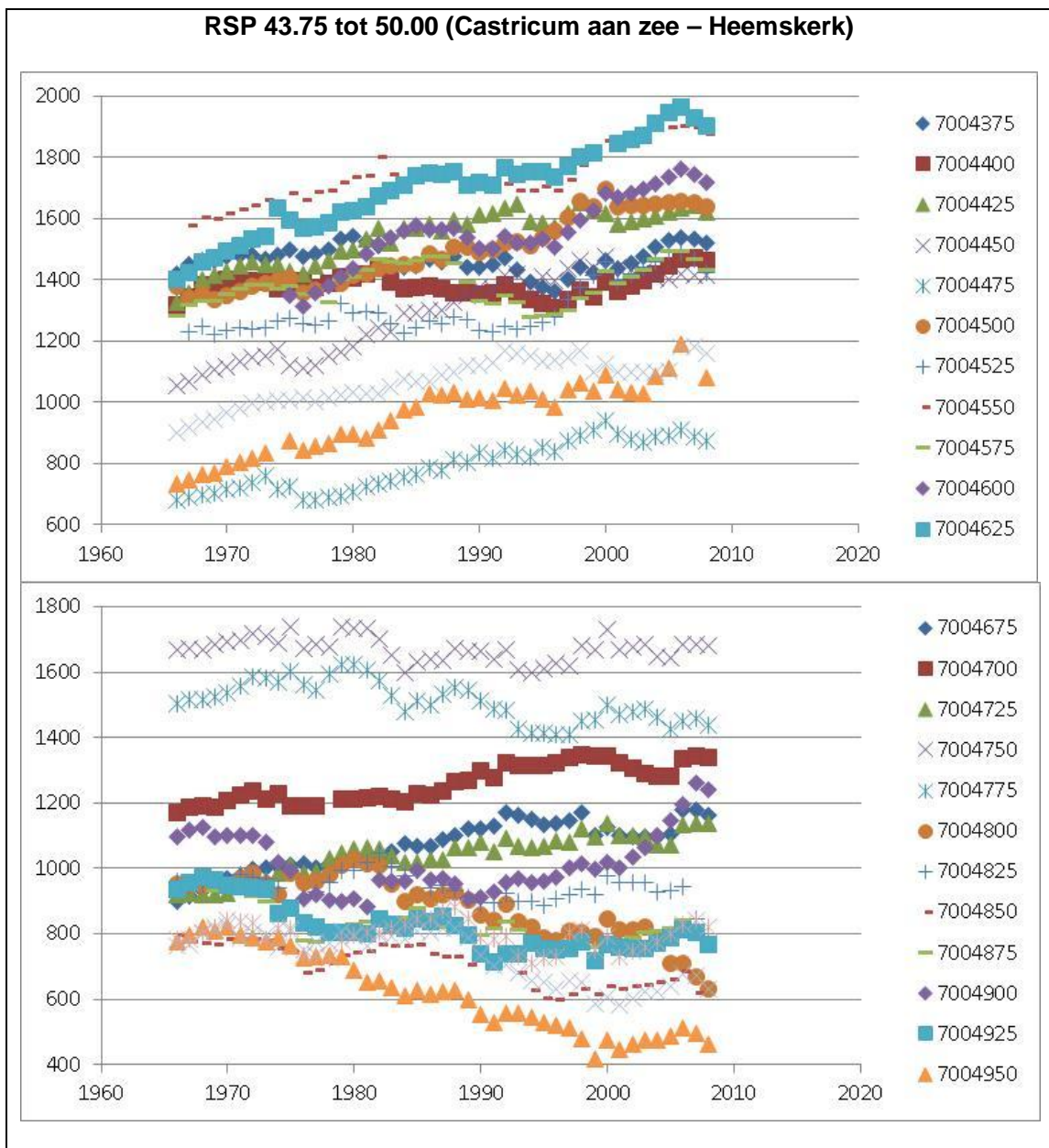
Locatie zandvangers (Arens et al., 2012), transect 1 t/m 6 in respons typen 3, 4 en 5. Resultaten tonen een duidelijke variatie in invang in relatie tot respons type.

Transect 6 heeft een beperkte invang op de achterzijde van de zeereep, en de overstuiving is verwaarloosbaar op 350m landwaarts van de duinvoet. De dynamiek beperkt zich in dit transect vrijwel volledig tot de voorzijde van de zeereep.

Transect 5 heeft vergelijkbare resultaten met vrijwel geen invang achter de zeereep.

Resultaten voor transecten 1 t/m 4 tonen een sterke overstuiving achter de zeereep met soms forse invang en substantiële invang tot op 500-700m landwaarts van de duinvoet.





Figuur D.15 Volume ( $m^3$ ) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 43.75-50.00 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).



**D.17 RSP 50.00 tot 55.00 (Wijk aan zee)**

1988

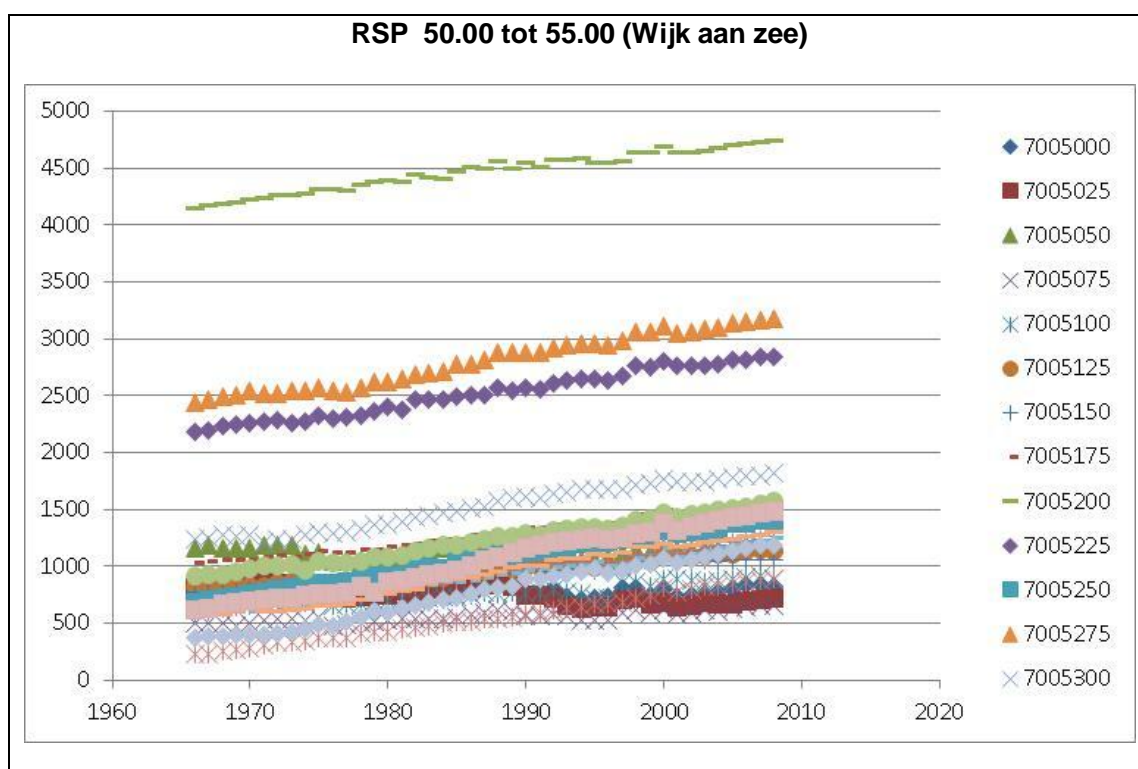
Sterke toename van de aanstuiving waardoor met name na 51.50 zeereepuitbreiding optreedt. Vanaf 53.25 is de zeereep gekerfd, sterke winderosie treedt op tussen begroeide toppen. Natuurlijke ontwikkeling, in de zeereep zelf lijkt weinig beheer plaats te vinden. Veel strandrecreatie.

2011

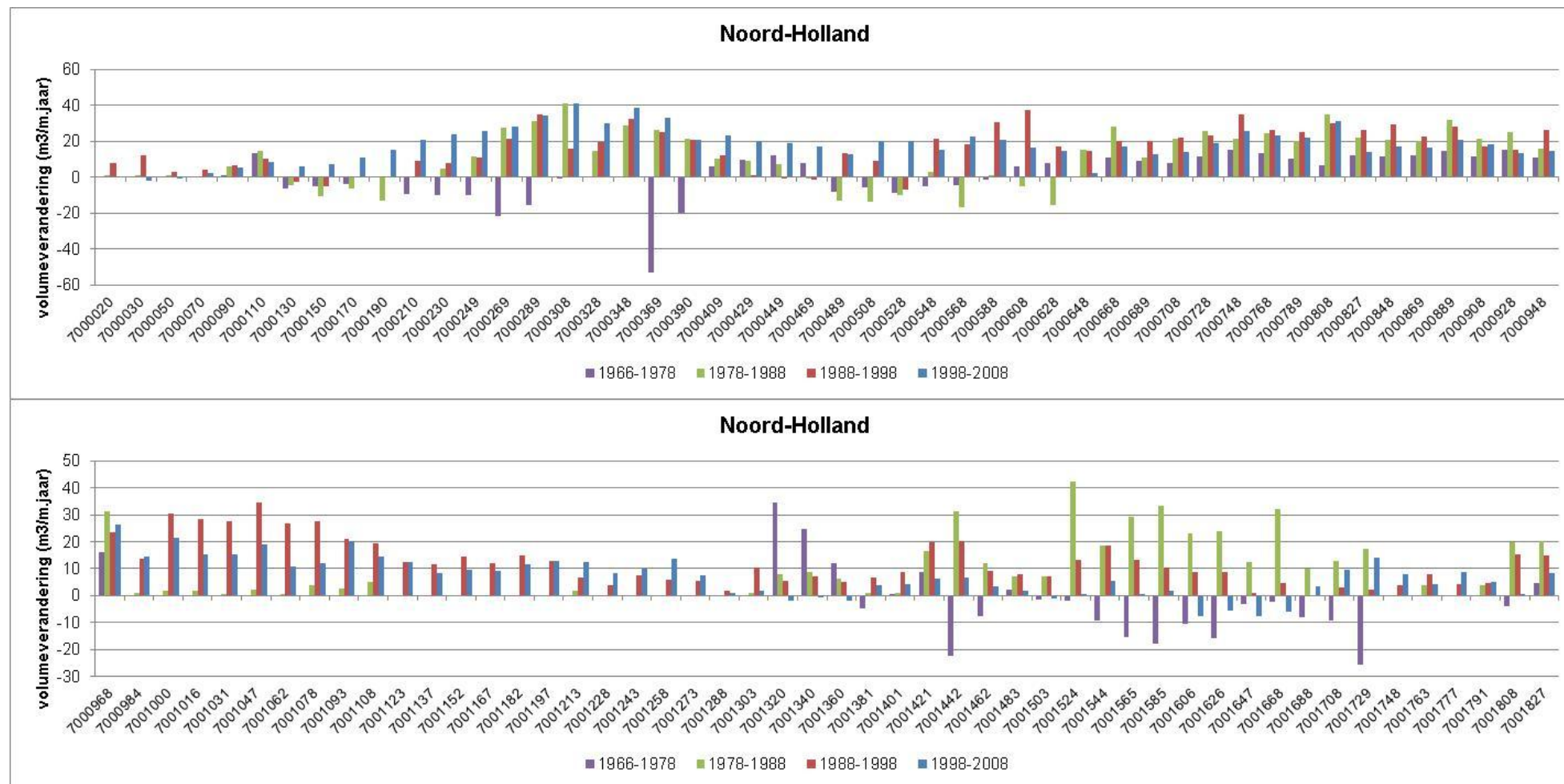
Uitbouwende duinen onder invloed van de pier. Aan noordkant nog erosief, met landwaartse verplaatsing duinvoet tot 51.25. Hier en daar ook winderosie en stuifkuilontwikkeling. Vanaf 51.25 zuidwaarts uitbouwende duinvoet en aanstuiving zeereep. Dynamiek zeereep stagneert door ontwikkeling nieuwe duinzone.

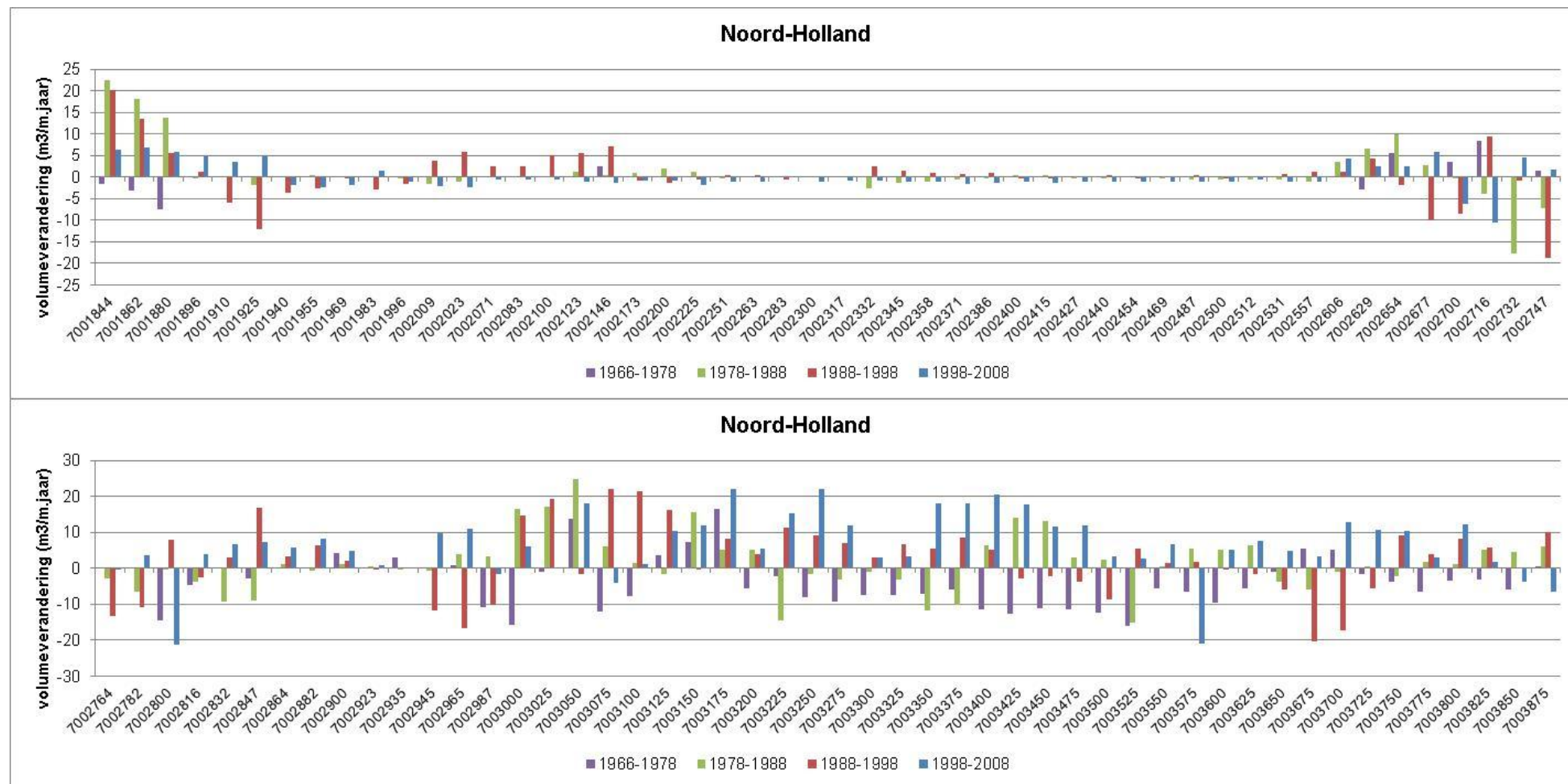
Constance volumetoename, variërend in tijd van 10-30 m<sup>3</sup>/m.jaar. Grotendeels niet gesuppleerd (m.u.v. 50.00-51.00).

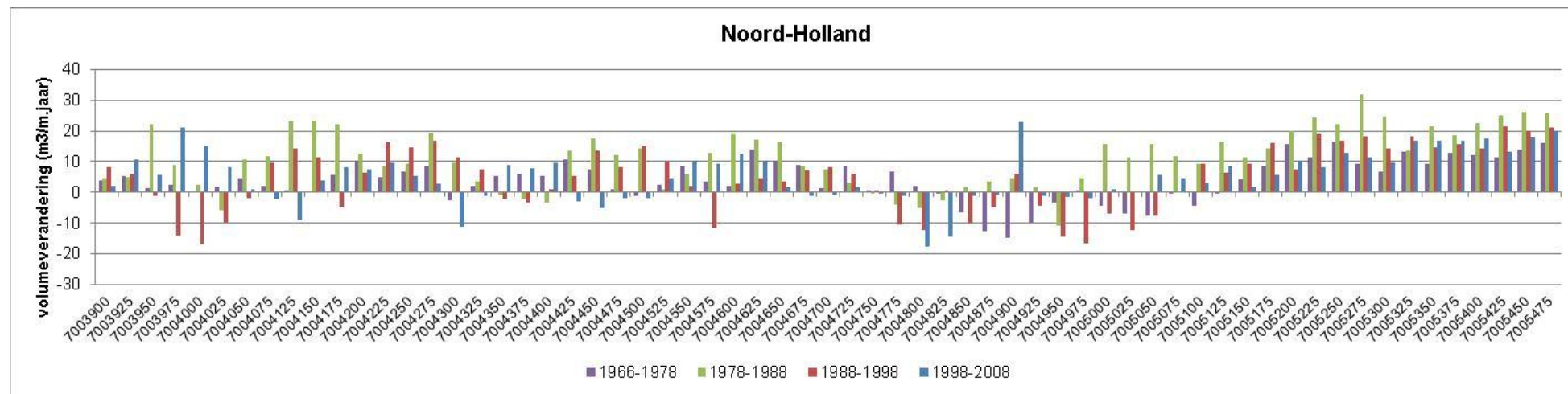
Respons type 2 (dynamiek in embrionale duinen), 4 en 5 (dynamisch tot zeer dynamisch)



Figuur D.16 Volume (m<sup>3</sup>) boven +3m NAP (verticale as) per jaar (horizontale as) voor RSP 50.00-55.00 (zie legenda, de nummering komt overeen met de JarKus raainummers, aangegeven door het kustvaknummer 7, gevolgd door enkele nullen en de raailocatie in decameters).





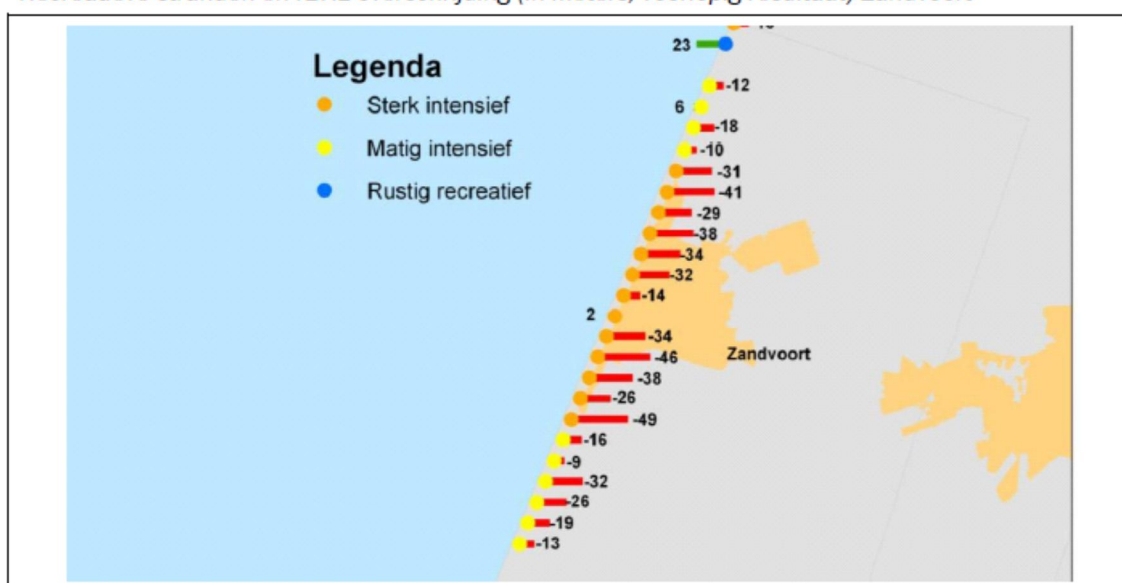


## E Recreatiegegevens per kustgemeente (Decisio, 2011)

### E.1 Gemeente Zandvoort

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	394
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	63,5 - 69
Meest drukke strand (strandpalen)	65-66
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	197
Aantal strandpaviljoens	36
Totaal aantal horecabedrijven	177
Werkzame personen in de Horeca	1.580
Totaal aantal banen	4.190
Percentage werkzaam in horeca	38%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	NB

Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Zandvoort\*



\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).



## E.2 Gemeente Bloemendaal

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	56
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	63 - 60,5
Meest drukke strand (strandpalen)	62-62,7
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	45
Aantal strandpaviljoens	9
Totaal aantal horecabedrijven	62
Werkzame personen in de Horeca	560
Totaal aantal banen	3.860
Percentage werkzaam in horeca	15%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	NB

Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Bloemendaal aan Zee\*



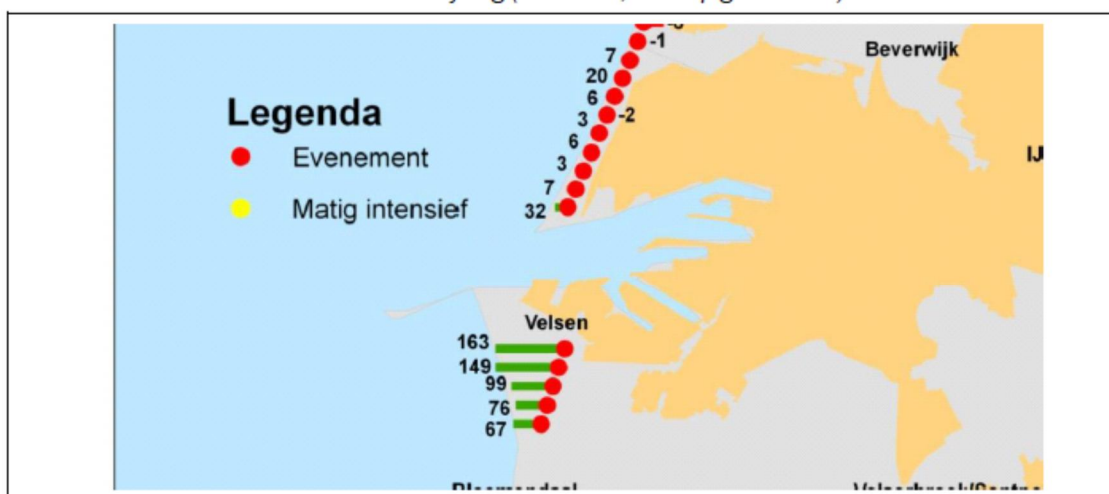
\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.3 Gemeente Velsen

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	173 (zie ook tekst onder de tabel)
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	52,75 - 57,50
Meest drukke strand (strandpalen)	56-57
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	112
Aantal strandpaviljoens	9
Totaal aantal horecabedrijven	160
Werkzame personen in de Horeca	1.070
Totaal aantal banen	32.860
Percentage werkzaam in horeca	3,3%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	20%



Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Velsen\*

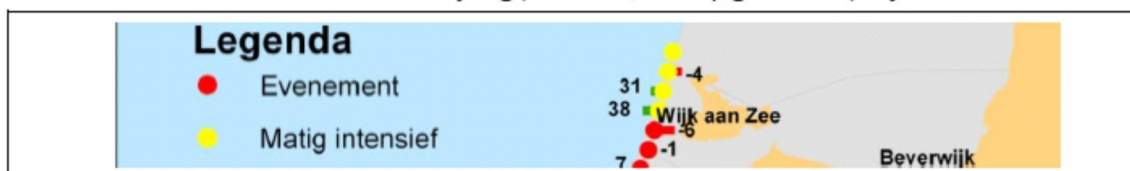


\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

#### E.4 Gemeente Beverwijk

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	87
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	51,25-52,75
Meest drukke strand (strandpalen)	51,5-52,6
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	87
Aantal strandpaviljoens	9
Totaal aantal horecabedrijven	202
Werkzame personen in de Horeca	1.150
Totaal aantal banen	20.100
Percentage werkzaam in horeca	5,8%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	NB

Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Wijk aan Zee\*

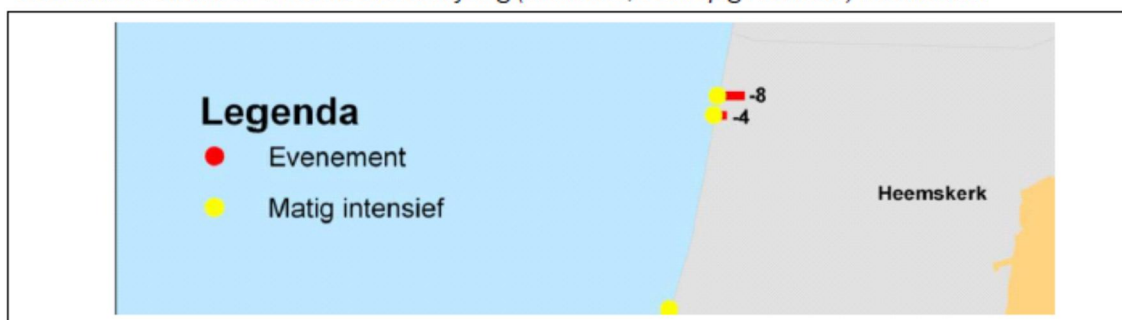


\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.5 Gemeente Heemskerk

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	134
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	48,5 - 48,75
Meest drukke strand (strandpalen)	47,8-49
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	58
Aantal strandpaviljoens	1
Totaal aantal horecabedrijven	46
Werkzame personen in de Horeca	370
Totaal aantal banen	9.770
Percentage werkzaam in horeca	3,8%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	Voornamelijk Nederlanders

Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Heemskerk\*

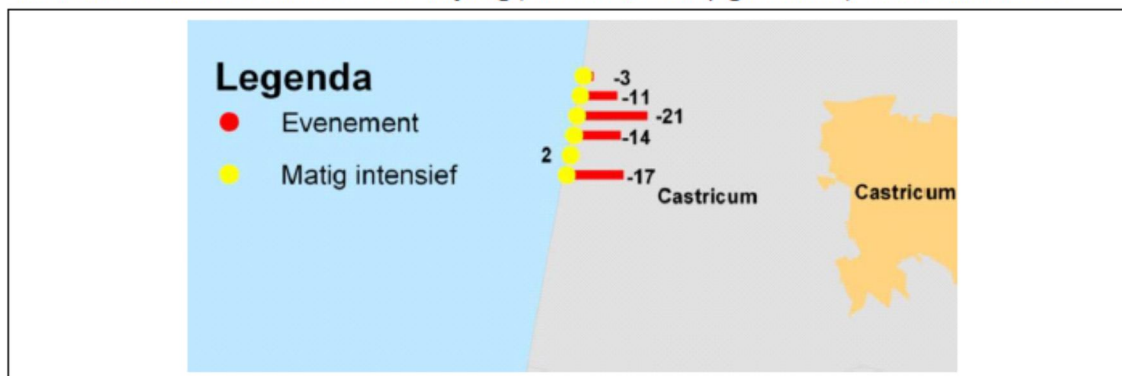


\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.6 Gemeente Castricum

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	505
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	44,0 - 45,25
Meest drukke strand (strandpalen)	44-46
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	380
Aantal strandpaviljoens	6
Totaal aantal horecabedrijven	83
Werkzame personen in de Horeca	790
Totaal aantal banen	8.180
Percentage werkzaam in horeca	10%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	10%

Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Castricum aan Zee\*

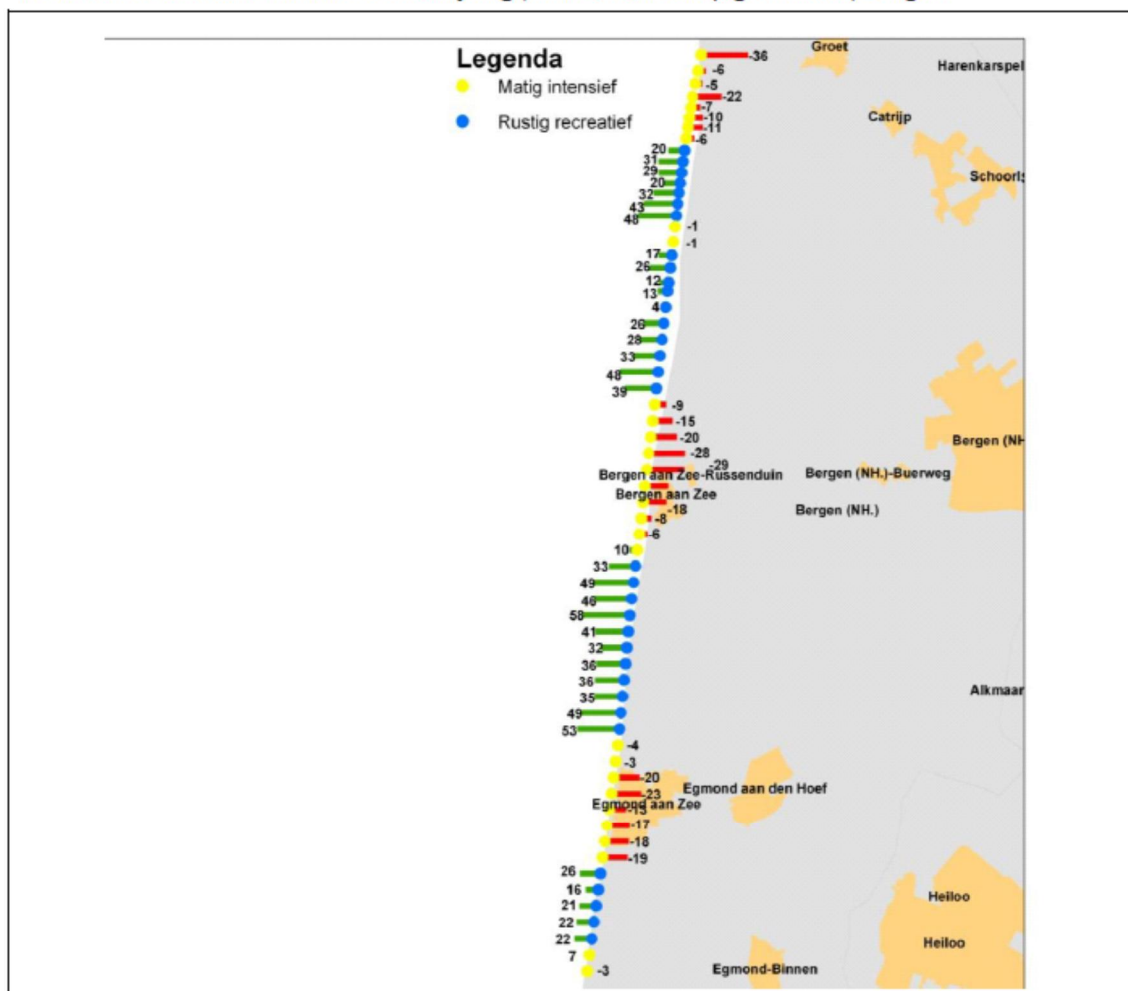


\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.7 Gemeente Bergen

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	1168
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	26,23 - 40,5
Meest drukke strand (strandpalen)	33-34
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	201
Aantal strandpaviljoens	19
Totaal aantal horecabedrijven	183
Werkzame personen in de Horeca	1.500
Totaal aantal banen	7.540
Percentage werkzaam in horeca	20%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	15%

## Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Bergen\*



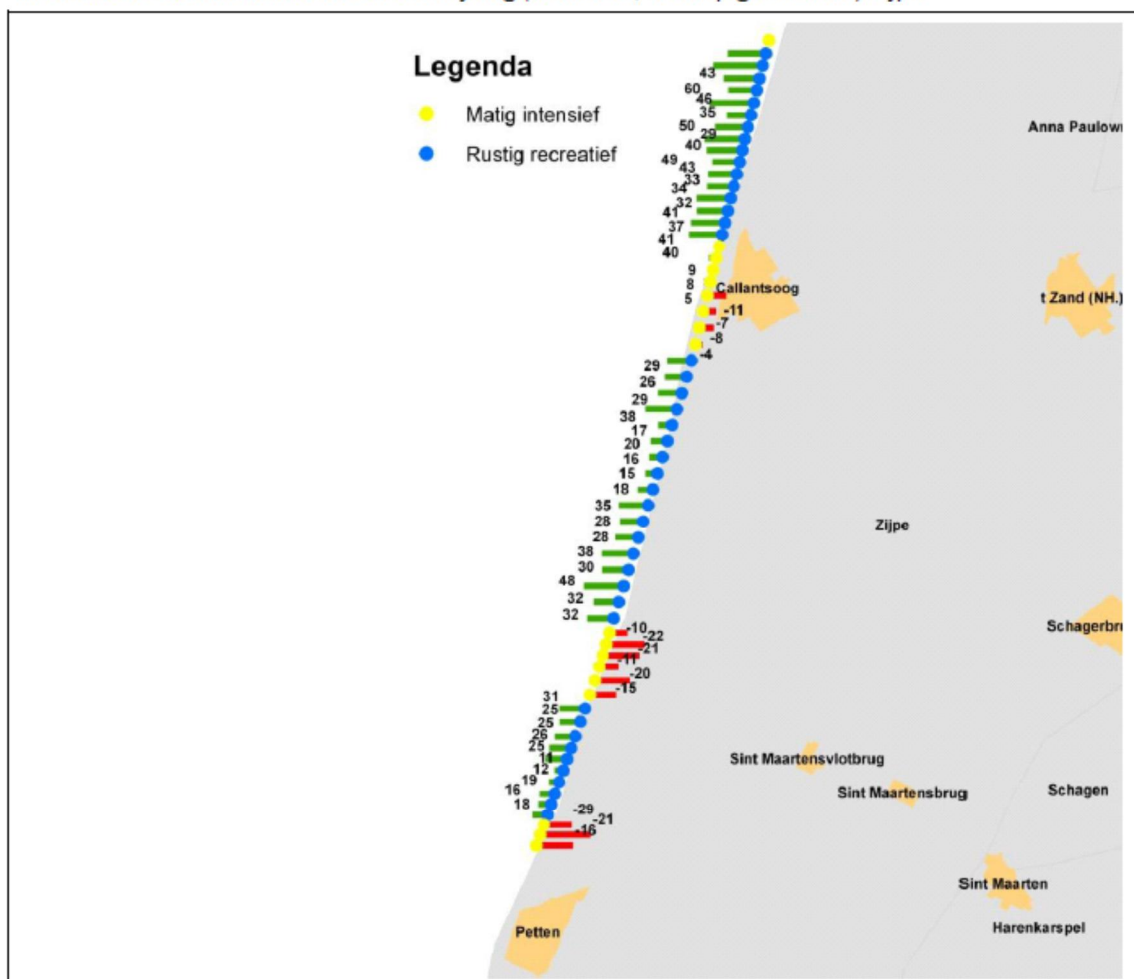
\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.8 Gemeente Zijpe

Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	943
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	10,0 - 13,81 en 17,48 - 20,23
Meest drukke strand (strandpalen)	14-15 en 17-18
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	385
Aantal strandpaviljoens	9
Totaal aantal horecabedrijven	59
Werkzame personen in de Horeca	390
Totaal aantal banen	4.680
Percentage werkzaam in horeca	8,3%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	30%



Recreatieve stranden en rBKL overschrijding (in meters, voorlopig resultaat) Zijpe\*

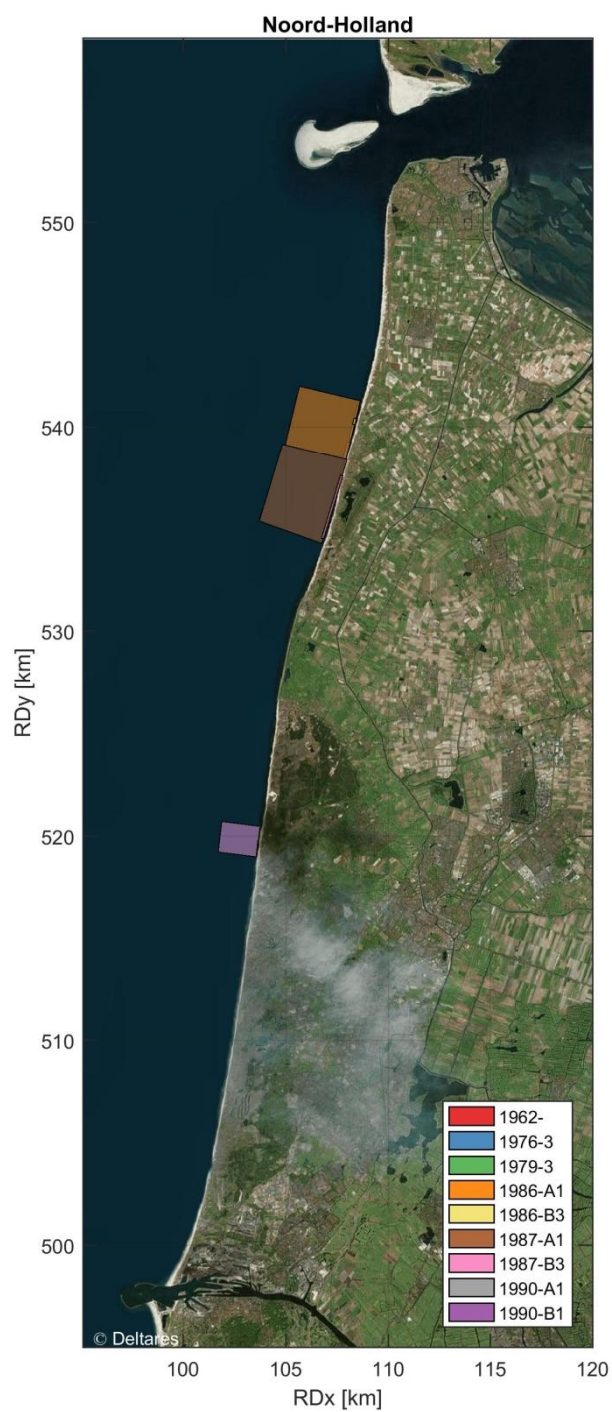


\*Rode staven geven een voorlopige rBKL overschrijding in meters strand aan, groene staven betekenen dat de voorlopige rBKL niet wordt overschreden. De overschrijding is naar verwachting vaker een overschatting dan een onderschatting (zie hoofdrapport paragraaf 4.1).

## E.9 Gemeente Den Helder

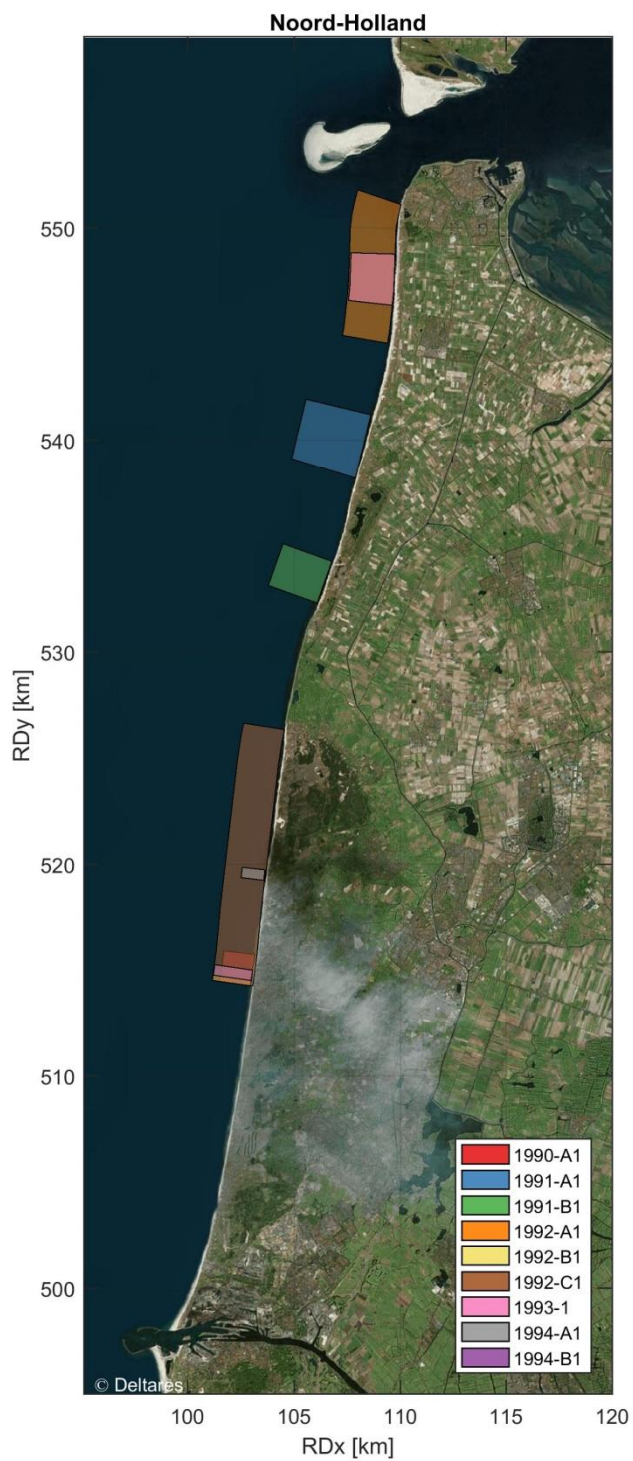
Onderwerp	
Strandrecreanten per jaar (x1000)	444
Strand nabij toeristische faciliteiten (raaien)	1,5 - 6,68
Meest drukke strand (strandpalen)	5-6
Bezoekers meest drukke strand (x1000)	214
Aantal strandpaviljoens	3
Totaal aantal horecabedrijven	181
Werkzame personen in de Horeca	1.020
Totaal aantal banen	29.100
Percentage werkzaam in horeca	3,5%
Percentage buitenlandse strandbezoekers	50%

## F Overzicht locaties strandsuppleties

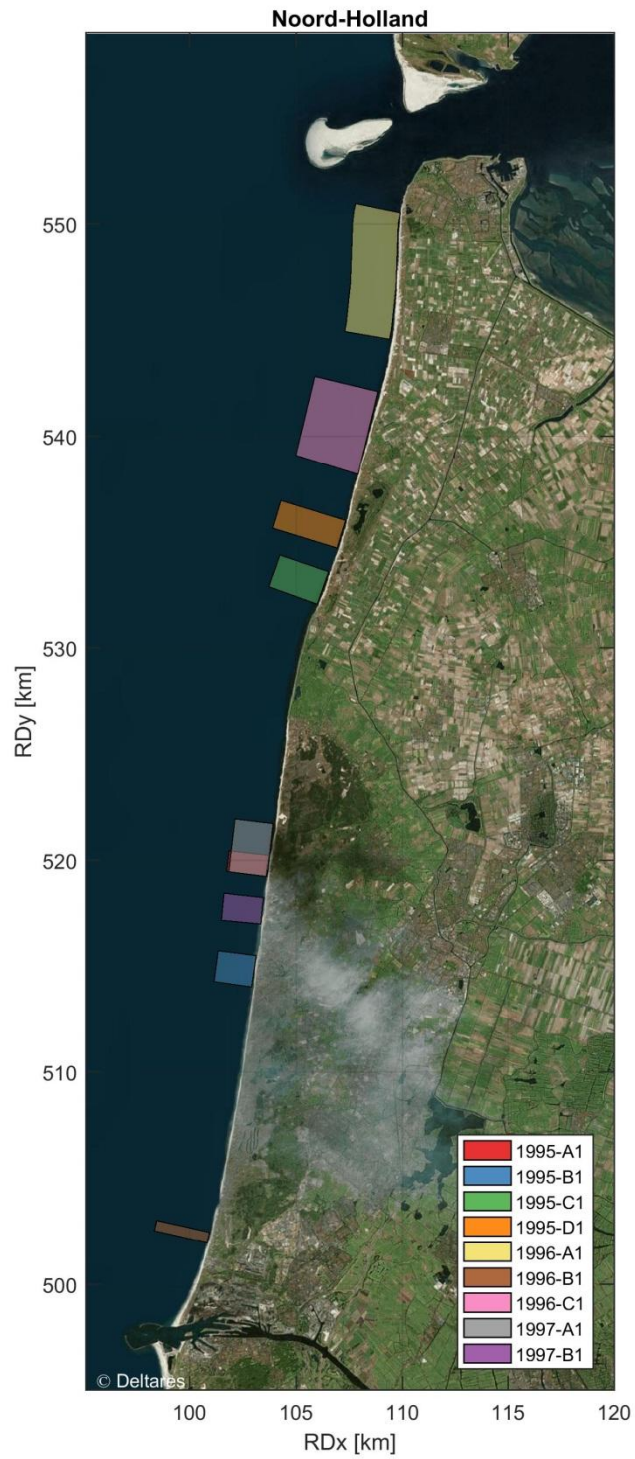


Figuur F.1 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 1962-1990

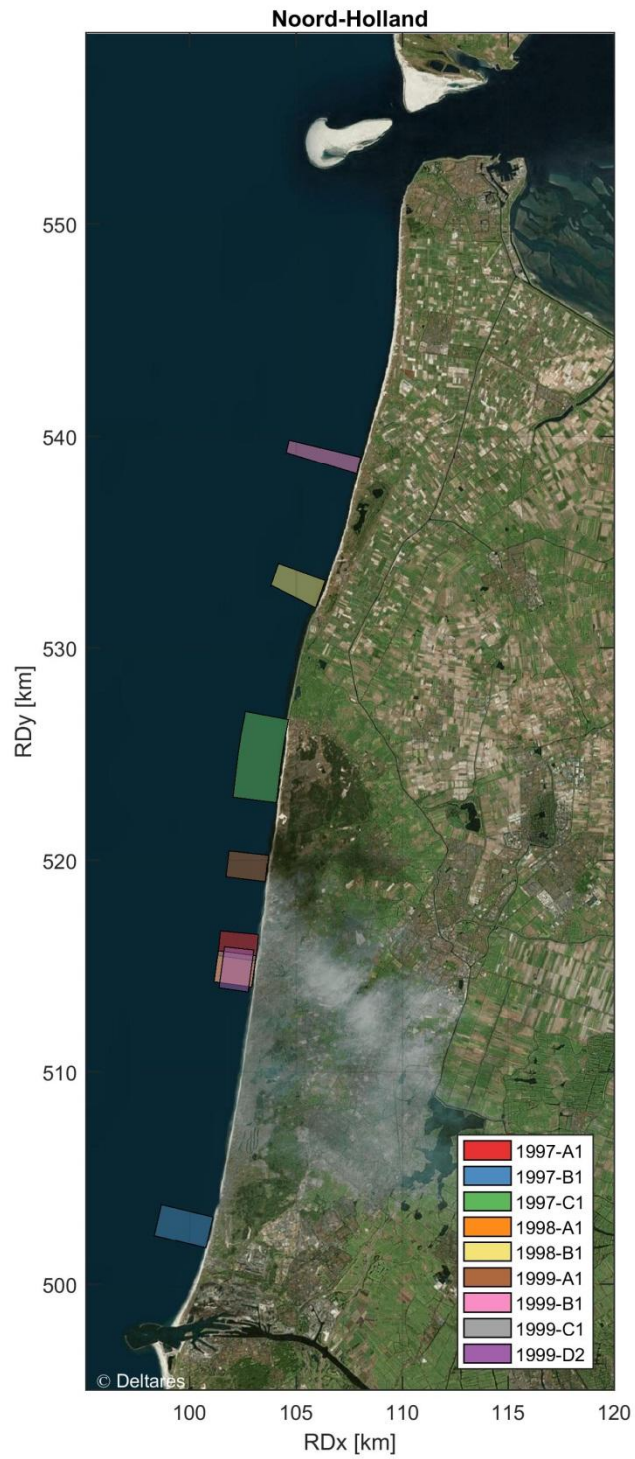




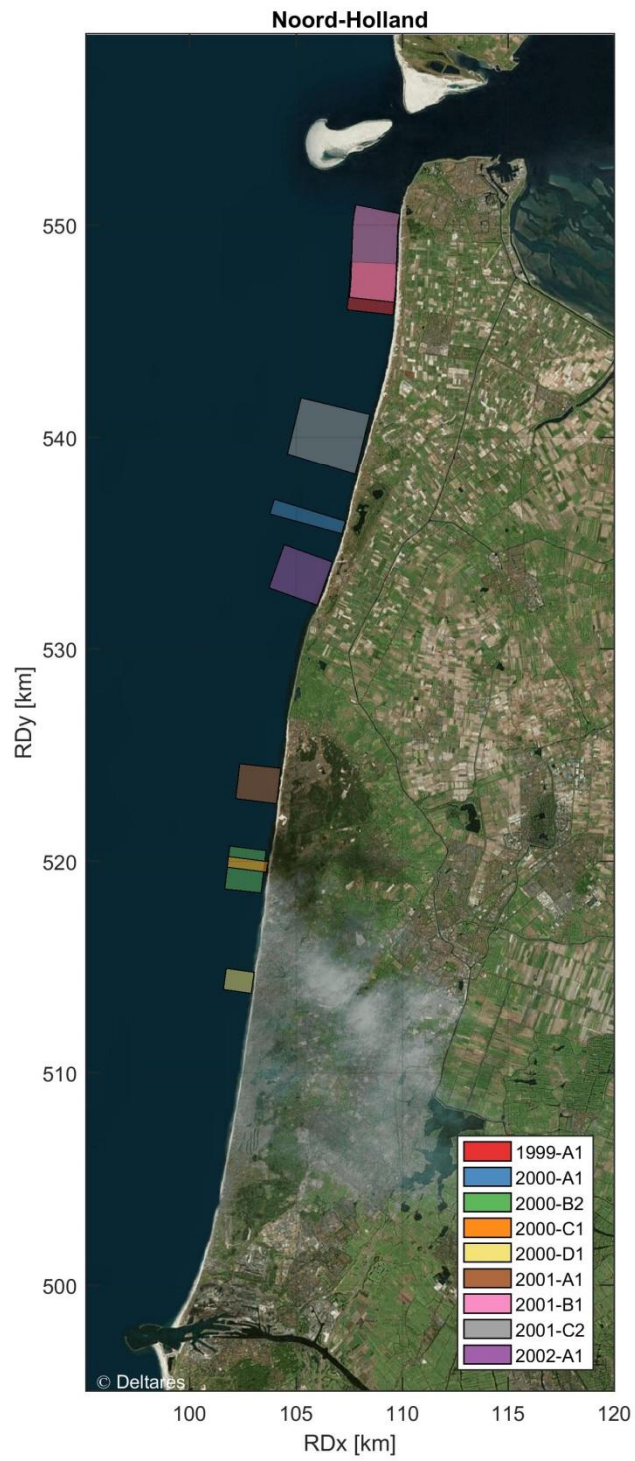
Figuur F.2 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 1990-1994



Figuur F.3 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 1995-1997

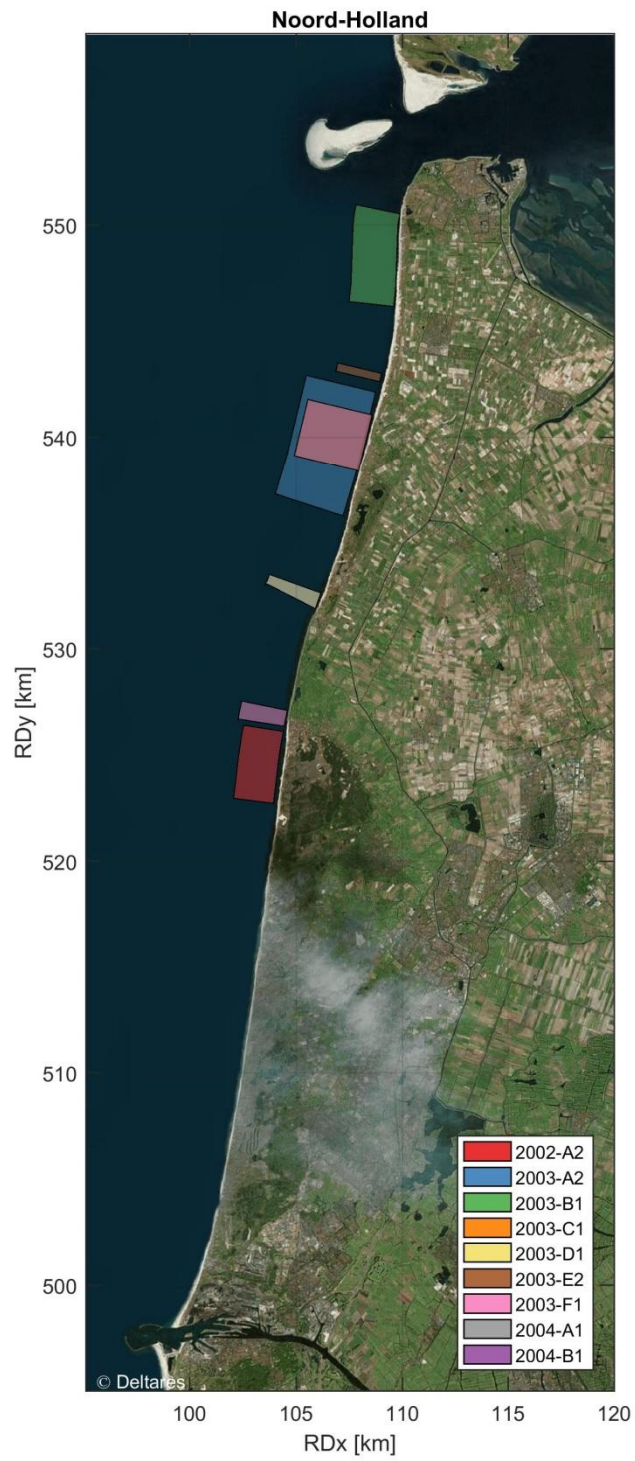


Figuur F.4 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 1997-1999

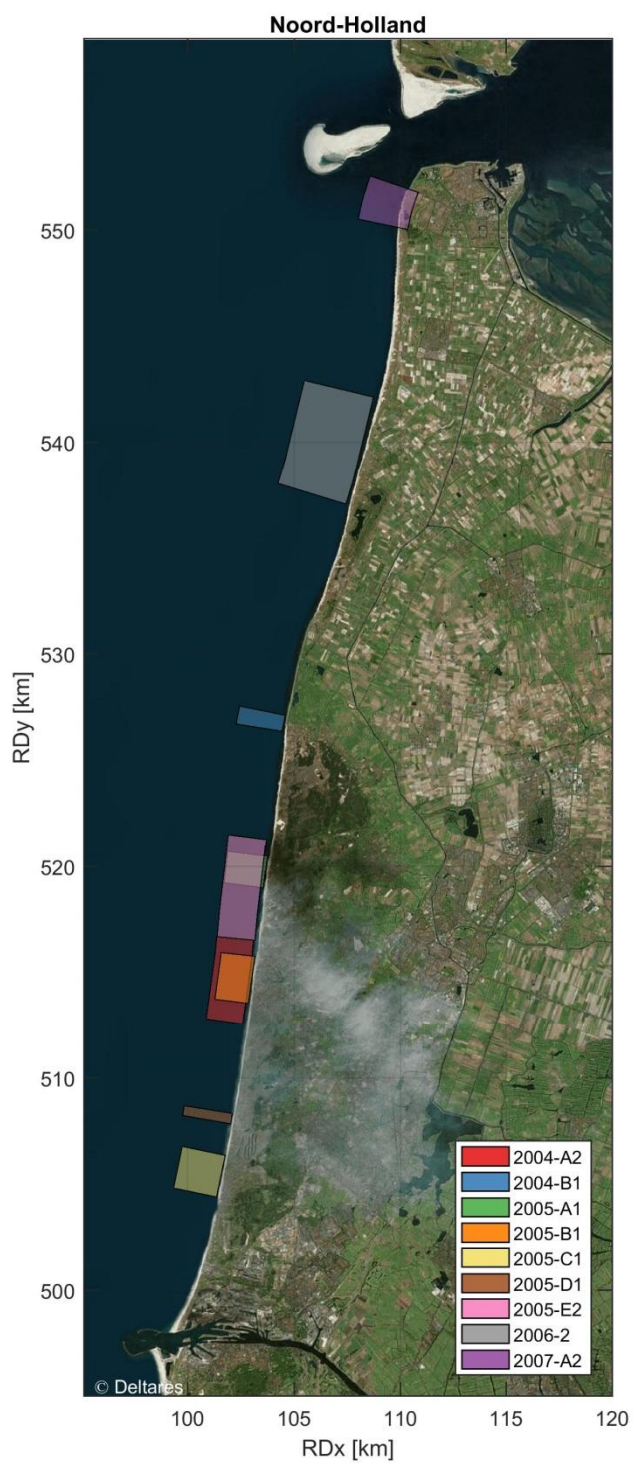


Figuur F.5 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 1999-2002



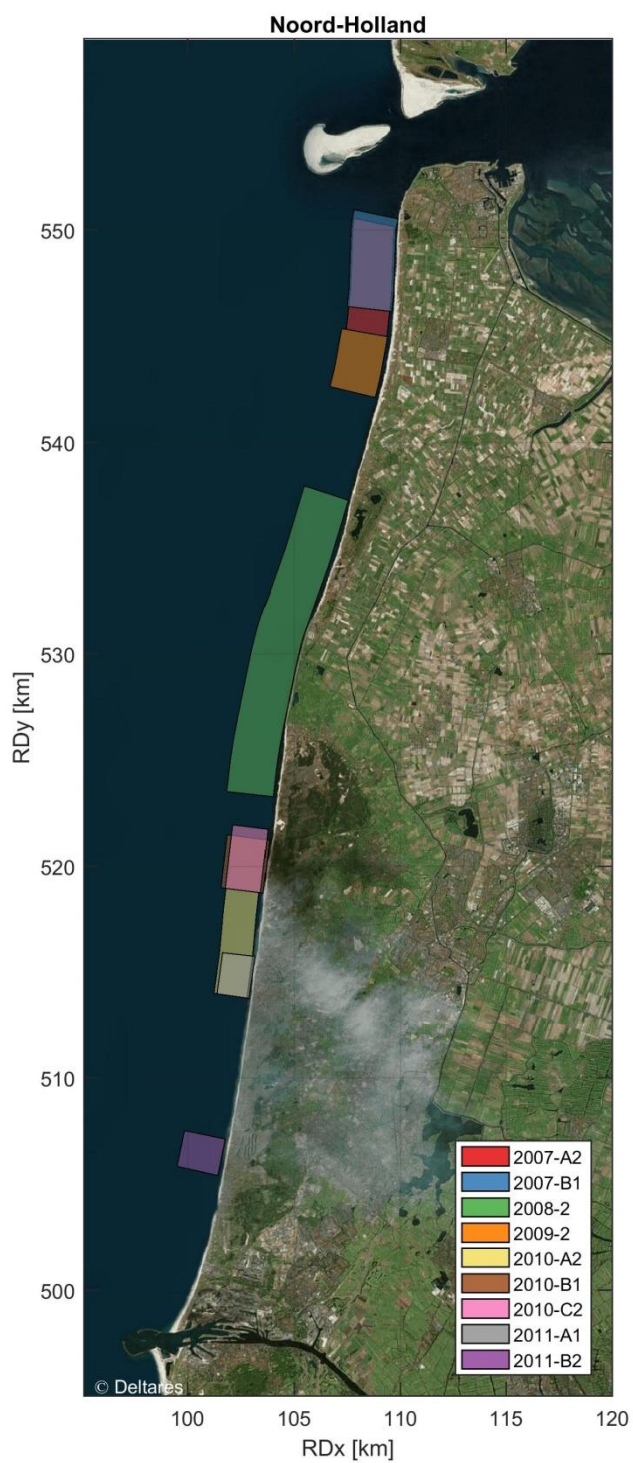


Figuur F.6 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 2002-2004

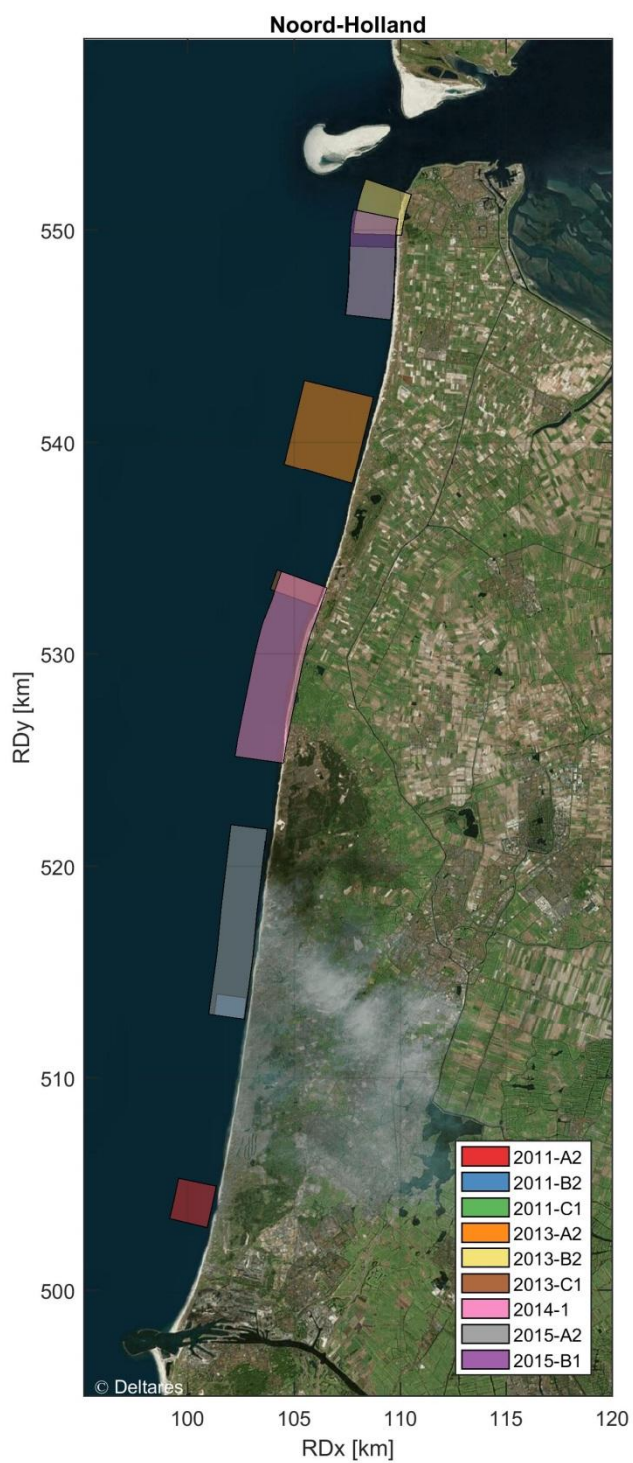


*Figuur F.7 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 2004-2007*

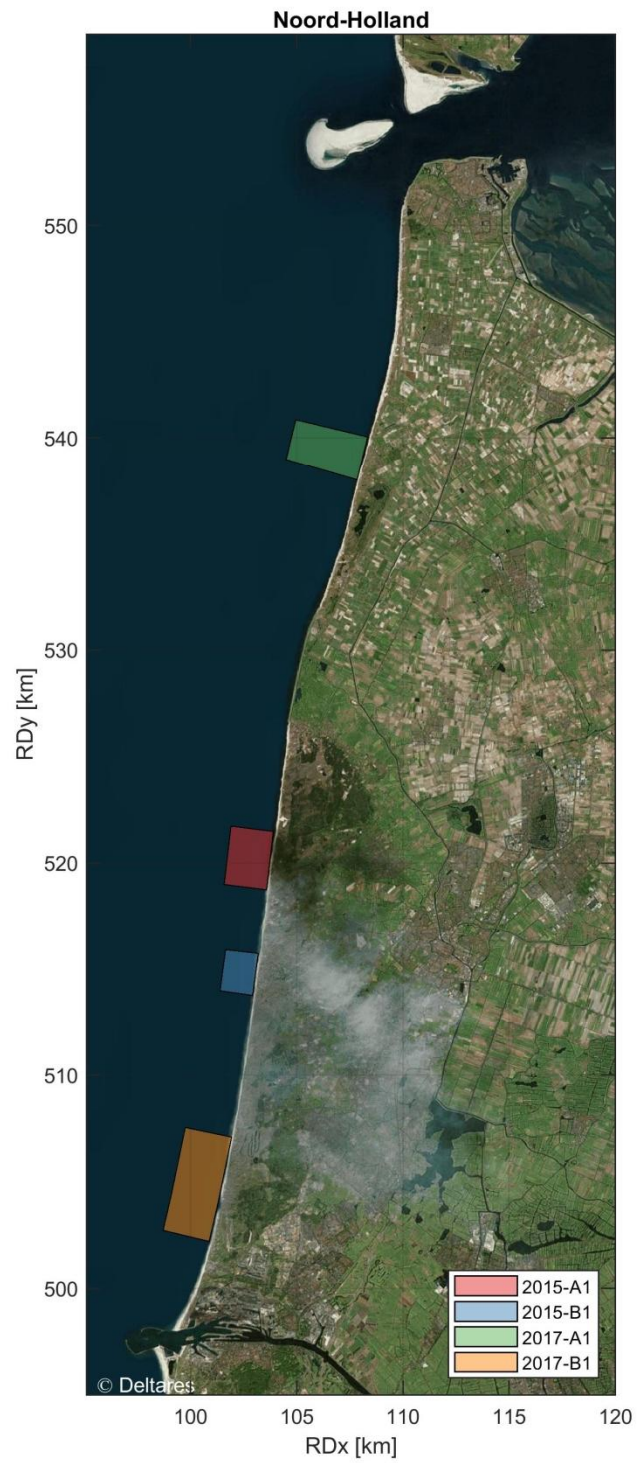




Figuur F.8 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 2007-2011



Figuur F.9 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 2011-2015



Figuur F.10 Uitgevoerde zandsuppleties kustvak Noord-Holland 2015-2017