

# **Toekomstbestendige Verharde Zeeweringen**

**Veiligheidshorizon en mogelijke maatregelen**

**Onderzoekfase 1, ten behoeve van het**





# **Toekomstbestendige Verharde Zeeweringen**

**Veiligheidshorizon en mogelijke maatregelen**

**Onderzoekfase 1, ten behoeve van het Deltaprogramma Kust**

Oswald Lagendijk  
Joost Stronkhorst  
H. Schelfhout  
J. Mulder

1204595-000



**Trefwoorden**

zeewering, zeespiegelstijging, veiligheidshorizon, maatregelen kustveiligheid

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	okt. 2011	Joost Stronkhorst		Hans Vissers		Ipo Ritsema	

**Status**  
definitief



## Samenvatting

Ongeveer een kwart van de Nederlandse Noordzeekust bestaat uit verharde zeeweringen. Dit zijn zeedijken, boulevards, dammen, kunstwerken zoals sluizen en gemalen of hybride keringen (een combinatie van duin en harde zeewering). Het betreft zowel harde zeeweringen met een waterkerende functie als ook duinwaterkeringen welke harde elementen bevatten die geen wezenlijk waterkerende functie vervult (de zogenaamde niet-waterkerende objecten).

Voor het Deltaprogramma Kust zijn door Arcadis en Deltares prognoses gedaan van de veiligheidsopgave voor verharde zeeweringen in de 21<sup>e</sup> eeuw, gekoppeld aan de zogenaamde Deltascenario's voor zeespiegelstijging. De veranderingen in de zeespiegel en de kustmorfologie leiden tot andere hydraulische randvoorwaarden die de sterkte en belasting van de waterkeringen beïnvloeden. De termijn waarop een veiligheidsopgave ontstaat, is hier aangeduid met 'veiligheidshorizon'. In de studie is aangenomen dat de Zwakke Schakel projecten in 2015 zijn gerealiseerd, zodat alle zeeweringen langs de Nederlandse kust de komende 50 jaar voldoen aan de bestaande normen.

Bij matige zeespiegelstijging (35 cm/eeuw) is er deze eeuw geen sprake van een veiligheidsopgave bij 35 van de 42 onderzochte locaties; dat is 87% van de lengte aan verharde zeeweringen. In de overige gevallen ligt de veiligheidshorizon rond 2100.

Bij een snelle zeespiegelstijging (85 cm/eeuw) ligt de situatie anders en is de veiligheidshorizon, zoals verwacht, korter. Midden 21<sup>e</sup> eeuw ontstaat er bij een snelle zeespiegelstijging op 16 locaties een veiligheidsopgave, dat wil zeggen langs 38% van de totale lengte aan verharde zeeweringen. Voor een 10-tal locaties ligt de veiligheidshorizon, bij een snelle zeespiegelstijging, in de tweede helft 21<sup>e</sup> eeuw. Geconcludeerd wordt tevens dat, op basis van de gekozen uitgangspunten en rekenmethoden (HR2006, VTV2006, deltasenario's), er geen locaties langs de Nederlandse kust zijn aan te wijzen waar de verharde zeewering een veiligheidshorizon heeft die korter is dan ca. 40 jaar. Men moet er van bewust zijn dat de gepresenteerde perioden een indicatief karakter hebben, dit vanwege de relatief grote onzekerheidsmarges in ondermeer golfoverslag en de toekomstige maatgevende belasting waarmee ze zijn afgeleid.

Voor alle locaties zijn, vanuit kustveiligheid bezien, mogelijke aanpassingsmaatregelen geformuleerd waarmee aan nieuwe maatgevende omstandigheden kan worden voldaan. Van de 42 onderzochte locaties zijn in 14 gevallen zandige maatregelen toepasbaar, in 10 gevallen constructieve maatregelen nodig en in 6 gevallen liggen combinaties van constructieve en zandige maatregelen voor de hand; in 12 gevallen zijn nog geen maatregelen te voorzien. Vanuit ruimtelijke ontwikkelingen en integraal perspectief zijn overigens andere maatregelen denkbaar.

Het suppleren van zand biedt bij vele, maar niet alle, locaties met verharde zeeweringen een beproefde manier om mee te bewegen met de veranderingen in het kuststelsel en om in te spelen op het gebruik van de kust. Het is een proactieve werkwijze die gericht is op het voorkomen van omslagpunten in kustveiligheid als gevolg van klimaatveranderingen. Innovatieve concepten voor harde zeeweringen zijn de Deltadijk, waarbij rekening wordt gehouden met het toestaan van beperkte overstroming, en de Multidijk met multifunctionaliteit als hoofdkenmerk.

Het vervolg van dit onderzoeksproject richt zich op de integratie en wisselwerking van de lange termijn veiligheidsopgave met ruimtelijke, natuurlijke of economische ontwikkelingen in de nabijheid van verharde zeeweringen, ondermeer in kustplaatsen.



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Een veilige kust	1
1.2 Vraagstelling	1
1.3 Project Toekomstbestendige verharde zeeweringen (TVZ)	1
1.4 Dit rapport	2
<b>2 Veiligheidsopgave verharde zeeweringen</b>	<b>3</b>
2.1 Inleiding	3
2.2 Uitgangspunten en aanpak	3
2.3 Veiligheidshorizon per locatie	4
2.4 Aanpassingsmaatregelen	10
2.5 Vergelijking met andere onderzoeken.	10
2.5.1 Relatie met de Derde Toetsronde Primaire Keringen	10
2.5.2 Het project Veiligheidsopgave Kust	11
2.5.3 Project Veiligheid Nederland in Kaart	11
<b>3 Op weg naar strategieën voor toekomstbestendige verharde zeeweringen</b>	<b>13</b>
3.1 Inleiding	13
3.2 Sedimentperspectief	13
3.2.1 Het belang van de sedimentbalans	13
3.2.2 Klimaatadaptief management met de sedimentbalans	14
3.2.3 Zandige en zeewaartse trend	16
3.3 Constructieve ingrepen en multifunctioneel gebruik	18
3.3.1 Algemeen	18
3.3.2 Multifunctionele en toekomstbestendige verharde zeeweringen	19
3.3.3 Hybride keringen	20
3.4 Oriëntatie op ruimtelijke ontwikkelingen langs de kust	20
<b>4 Aanbevelingen voor vervolg</b>	<b>23</b>
<b>5 Bronnen</b>	<b>25</b>
<b>6 Bijlagen</b>	<b>27</b>
6.1 Overzicht van onderzochte locaties	27
6.2 Kustversterkingen 2007-11 en geplande versterkingen 2011-15	28



# 1 Inleiding

## 1.1 Een veilige kust

De zeeweringen in Nederland zijn robuust en sterk. Mede daarom wordt de Nederlandse delta beschouwd als de veiligste delta van de wereld.

Om de veiligheid te garanderen, worden de primaire waterkeringen elke 6 jaar getoetst aan de normen voor waterveiligheid. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de dan geldende hydraulische randvoorwaarden. Waar de zeeweringen niet voldoen aan de norm, worden deze versterkt in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

Daarnaast wordt de zandige kust onderhouden via het programma Kustlijn zorg. Ook in de verre toekomst zullen zandsuppleties worden ingezet om de zandige kust te onderhouden. Dit vormt een belangrijk uitgangspunt in het Nationaal Kader Kust, met als motto "Zacht waar het kan, hard waar het moet". (Deltaprogramma Kust, 2011).

Het handhaven van de normen voor de primaire waterkeringen en van de kustlijn is in de Waterwet vastgelegd en is een taak voor de waterschappen en Rijkswaterstaat.

## 1.2 Vraagstelling

Eén van de belangrijke kennisvragen van het Deltaprogramma betreft het in beeld brengen van de opgave voor waterveiligheid op de lange termijn. Voor het Deltaprogramma Kust zijn ondermeer prognoses nodig van de veiligheidsopgave voor zeeweringen in de 21<sup>e</sup> eeuw, gekoppeld aan de zogenaamde Deltascenario's voor zeespiegelstijging. Dit geldt voor zowel de zandige delen van de kust als de delen met verharde zeeweringen. Het voorliggende rapport gaat in op deze laatste groep.

Onder verharde zeeweringen wordt hier verstaan: de zeedijken, boulevards, dammen, kunstwerken zoals sluizen en gemalen of hybride keringen (een combinatie van duin en harde zeewering). Dit betekent dat zeeweringen met een waterkerende functie in beschouwing worden genomen, maar ook waterkeringen die slechts harde elementen bevatten die geen wezenlijk waterkerende functie vervullen, d.w.z. een normale (onverharde) duinwaterkering met zogenaamde niet-waterkerende objecten (NWO).

De prognoses moeten inzicht geven in de mate waarin de verharde keringen in de toekomst nog zullen voldoen. Daarbij speelt de vraag of voor de verharde zeeweringen een aanpak denkbaar is waarbij anders wordt geanticipeerd op de effecten van zeespiegelstijging, zodat in de toekomst de kering flexibel mee kan groeien en meer mogelijkheden ontstaan voor ruimtelijke ontwikkelingen.

## 1.3 Project Toekomstbestendige verharde zeeweringen (TVZ)

Begin 2011 is, in samenspraak met stakeholders, een plan van aanpak opgesteld voor een studie naar Toekomstbestendige Verharde Zeeweringen (Deltares, 2011a). De vraagstelling richt zich in eerste instantie op de veiligheidsopgave. In een vervolgfase zal ook de vraagstelling vanuit de ruimtelijke ordening nadrukkelijk worden behandeld.

In het voorjaar van 2011 ging het TVZ project van start. Het onderzoek verloopt via vier stappen en in twee fasen.

In de periode april – september 2011 is de 1e fase uitgevoerd die bestaat uit:

- Stap 1: De uitwerking van de probleemstelling over kustveiligheid en het in beeld brengen van maatregelen om verharde keringen toekomstbestendig te maken.
- Stap 2: Oriëntatie op de ruimtelijke opgaven. Dit gebeurt aan de hand van inventarisatie van concepten van provinciale en gemeentelijke visies, ambities en ideeën en deelname aan het Atelier Kustkwaliteit (AKK). Het project TVZ werkt samen met het AKK en draagt zorg voor een koppeling met stap 1.

Na de zomer van 2011 start de 2e fase die bestaat uit:

- Stap 3: Het in beeld brengen van inrichtingsconcepten voor specifieke locaties.
- Stap 4: Het aanreiken van bouwstenen voor strategieën met betrekking tot het toekomstbestendig maken van de verharde zeeweringen.

Deze 2<sup>e</sup> fase richt zich vooral op combinaties van veiligheidsdoelen (voor middellange tot lange termijn) en ruimtelijke ambities (voor korte tot middellange termijn).

#### 1.4 Dit rapport

Deze rapportage beschrijft allereerst de resultaten van stap 1 over het vaststellen van de lange termijn veiligheidsopgave voor verharde zeeweringen. De volgende vragen worden besproken:

- Wat is de lange termijn veiligheidsopgave: waar liggen de locaties met een veiligheidsopgave en wanneer gaat dit ongeveer spelen (veiligheidshorizon)?
- Welke maatregelen kunnen er worden genomen om verharde keringen toekomstbestendig te maken (constructieve of zandige maatregelen, of combinaties daarvan)?

Er is een gedetailleerde analyse naar de veiligheidshorizon en mogelijke maatregelen uitgevoerd door Arcadis (2011). De resultaten daarvan worden in hoofdstuk 2 van het voorliggende rapport samengevat en vergeleken met andere recente inschattingen van de veiligheidsopgave die in andere kaders plaats hebben gevonden.

Vervolgens gaat het rapport in op de uitkomsten van stap 2, de oriëntatie op de ruimtelijke opgaven vanuit het fysieke systeem (hoofdstuk 3). Daarbij is onderscheid gemaakt tussen strategieën vanuit zandsuppletieperspectief en strategieën vanuit de constructie van de verharde keringen; zachte en harde ingrepen dus. Ook wordt de samenhang besproken tussen de veiligheidsopgave en de lokale ruimtelijke ontwikkelingen. Deze input komt voornamelijk uit 'Ateliers Kustkwaliteit' (AKK) die in 2011 en 2012 op diverse plaatsen langs de kust worden georganiseerd op initiatief van enkele kustprovincies en kustgemeenten.

Het rapport eindigt met aanbevelingen voor 2<sup>e</sup> fase waarin strategieontwikkeling het belangrijkste onderwerp van studie is (hoofdstuk 4).

## 2 Veiligheidsopgave verharde zeeweringen

### 2.1 Inleiding

Er is een gedetailleerd overzicht gemaakt van alle aanwezige verharde zeeweringen langs de Nederlandse Noordzee kust, ongeacht of deze een waterkerende functie hebben of niet. Verharde zeeweringen komen voor langs ongeveer een kwart van de Nederlandse Noordzeekust (ca. 86 km van de totale 360 km). Het gaat om 42 locaties die in verschillende categorieën zijn onder te verdelen; zie bijlage 1.

De inschatting van de veiligheidsopgave voor verharde zeeweringen hangt sterk af van de gehanteerde uitgangspunten, waaronder bijvoorbeeld het scenario voor zeespiegelstijging. De veranderingen in de zeespiegel en de kustmorfologie leiden tot andere hydraulische randvoorwaarden die de sterkte en belasting van de waterkeringen beïnvloeden. Dit is het centrale onderwerp in dit hoofdstuk. De uitgangspunten zijn omschreven in paragraaf 2.2.

De termijn waarop wordt verwacht dat er een veiligheidsopgave ontstaat, is hier aangeduid met 'veiligheidshorizon'. De veiligheidshorizon is geschat voor alle locaties met verharde zeeweringen en worden samengevat in paragraaf 2.3. Wanneer de zeespiegelstijging sneller verloopt, zal de veiligheidshorizon korter worden.

Per verharde zeewering is nagegaan welke aanpassingsmaatregelen er in principe van toepassing zijn. Dit wordt besproken in paragraaf 2.4.

Paragraaf 2.5 maakt ten slotte een vergelijking van de vastgestelde veiligheidshorizon met de inzichten uit andere actuele projecten over kustveiligheid.

### 2.2 Uitgangspunten en aanpak

Er zijn een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd. De studie beschouwd alle zeeweringen van de primaire waterkering met harde elementen erin of erop, ongeacht of de elementen een waterkerende functie hebben. Daarbij is uitgegaan van de huidige normen voor waterveiligheid en het huidige beleid voor kustlijnhandhaving. Buitendijkse risico's zijn niet in beschouwing genomen.

In de gedetailleerde analyse naar de veiligheidshorizon voor 42 locaties met verharde zeeweringen langs de Noordzeekust van Nederland is gebruik gemaakt van de huidige rekenmodellen (Voorschrift Toetsen op primaire Veiligheid) / VTV, 2006) en beschikbare studies voor specifieke locaties. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd (Arcadis, 2011):

- de Deltascenario's voor zeespiegelstijging,
  - matige zeespiegelstijging: 15cm in 2050 en 35 cm in 2100;
  - snelle zeespiegelstijging: 35cm in 2050 en 85cm in 2100.
- een bodemdaling van 20 cm in 2100,
- de huidige hydraulische randvoorwaarden (HR 2006),
- geen effect van ongunstig windklimaat; er is wel een zekere correctie toegepast in verband met onzekerheden in de maatgevende waterstand en golfhoogte,
- een toelaatbare overslag debiet van 1 l/m<sup>1</sup>/s tijdens de maatgevende omstandigheden (VTV, 2006).

Met betrekking tot de locaties waar het programma Zwakke Schakels uitgevoerd is/gaat worden, is in deze studie aangenomen dat deze projecten in 2015 gerealiseerd zijn, zodat alle zeeweringen langs de Nederlandse kust voldoen aan de geldende normen. De versterkingen bij de Zwakke Schakels zijn ontworpen voor 50 jaar waarbij ondermeer is

uitgegaan van een zeespiegelstijging van 30 cm (of te wel 60 cm/eeuw). Dit ligt dus tussen de zeespiegelstijging van het matige en snelle Deltascenario.

Een actueel overzicht van de kustversterkingen die zijn uitgevoerd in de periode 2007-2011 en de geplande versterkingen voor de periode 2011-2015 is in bijlage 2 te vinden.

Voor het merendeel van de locaties zijn modelmatige berekeningen uitgevoerd om de veiligheidshorizon vast te stellen. Een aantal locaties was, vanwege ontbreken van voldoende gegevens, niet geschikt om in schematisaties te vatten en berekeningen van een veiligheidshorizon uit te voeren. Voor die locaties is een deskundigenoordeel gemaakt. Daarbij zijn de toetsresultaten (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> toetsronde) gebruikt of andere onderzoeken die beschikbaar waren.

### 2.3 Veiligheidshorizon per locatie

Tabel 2.1 presenteert de veiligheidshorizon voor de verharde zeeweringen langs de Nederlandse kust volgens de Deltascenario's voor een matige en snelle zeespiegelstijging. De tabel geeft een beeld voor de situatie na de realisatie van de Zwakke Schakels.

De veiligheidshorizon is ingedeeld in een aantal perioden: van heden tot ca. 2040, midden 21<sup>e</sup> eeuw, tweede helft 21<sup>e</sup> eeuw en voorbij de eeuwwisseling.

Men moet er van bewust zijn dat de gepresenteerde perioden een indicatief karakter hebben, o.a. vanwege de relatief grote onzekerheidsmarges in de toekomstige maatgevende belasting of acceptabele golfoverslag waarmee ze zijn afgeleid.

Bij matige zeespiegelstijging is er deze eeuw geen sprake van een veiligheidopgave bij 35 van de 42 onderzochte locaties, of te wel 87% van de totale lengte aan verharde zeeweringen. In de overige gevallen ligt de veiligheidshorizon rond 2100 (zie tabel 2.1).

De ligging van de 42 locaties is weergegeven in de figuren 2.1, 2.2 en 2.3. In deze figuren is tevens de veiligheidshorizon weergegeven voor de situatie met snelle zeespiegelstijging.

Bij een snelle zeespiegelstijging ligt de situatie anders en is de veiligheidshorizon, zoals verwacht, korter. Midden 21<sup>e</sup> eeuw ontstaat er bij een snelle zeespiegelstijging op 16 locaties een veiligheidsopgave, dat wil zeggen langs 38% van de totale lengte aan verharde zeeweringen. Dit betreft:

- Helderse Kering,
- Scheldeveste,
- Westkapelle Noordduin,
- Westkapelse Zeedijk,
- Westkapelle (kreek),
- Zoutelande,
- Cadzand bad,
- Flauwe Werk,
- Herdijkte Zwarte Polder,
- Hondsbossche- en Pettemer Zeewering,
- Nieuwvliet Groede,
- Waterdunen,
- Vlissingen-boulevard de Ruijter,
- Vlissingen-Nollestrand,
- Haringvlietsluizen dam en
- Havengebied IJmuiden (sluis).

Voor een 10-tal locaties ligt de veiligheidshorizon, bij een snelle zeespiegelstijging, in de tweede helft 21<sup>e</sup> eeuw. Dit betreft:

- Oosterscheldekering-open dam,
- Haringvlietsluizen-open dam,
- Havengebied IJmuiden (dam),
- Havengebied IJmuiden (gemaal),
- Haringvliet buitenhaven,
- Scheveningen (boulevard),
- Scheveningen haven,
- Katwijk aan Zee,
- Katwijk aan Zee (sluis) en
- Noordwijk aan Zee.

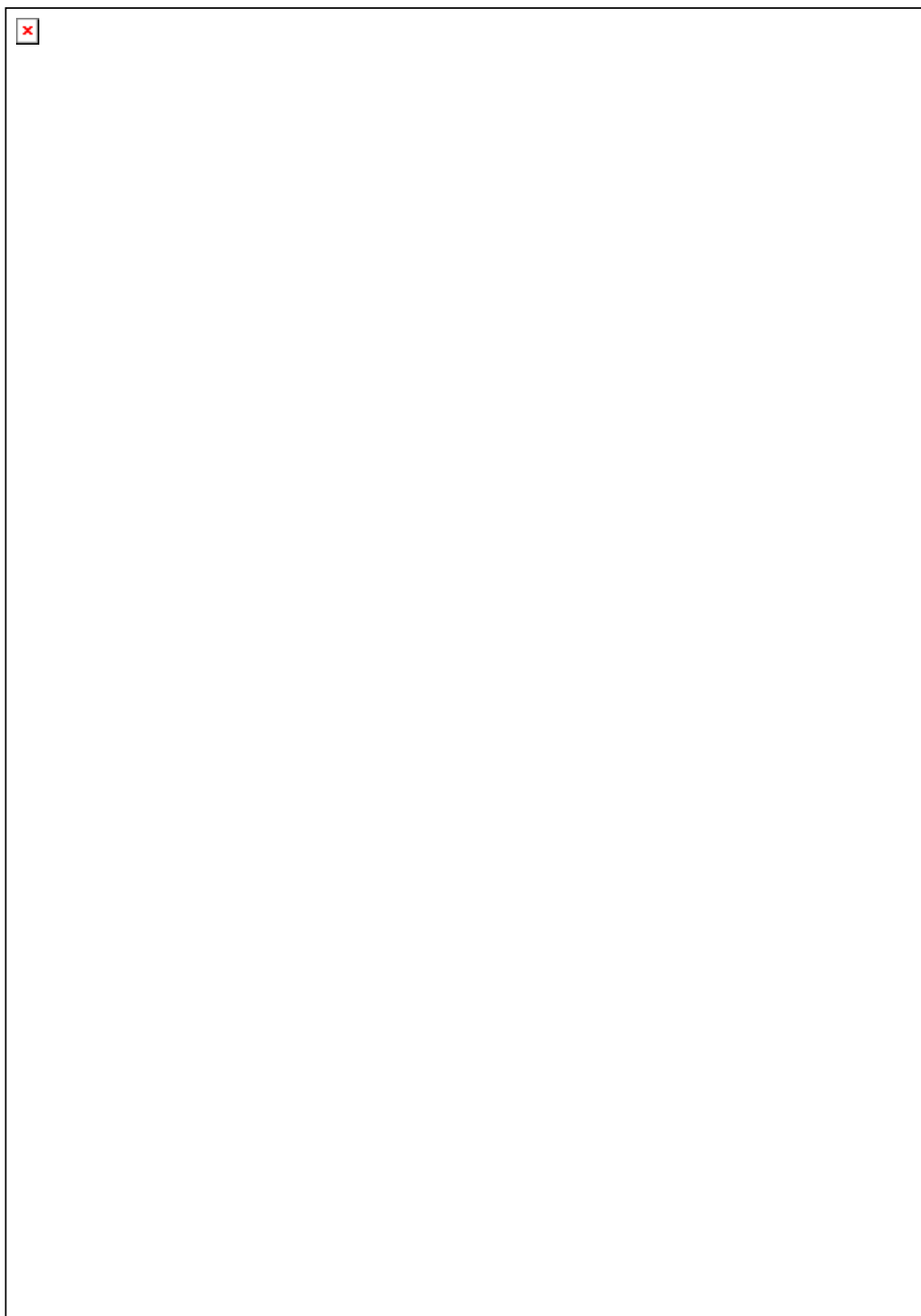
Bij een snelle zeespiegelstijging hebben tenslotte 16 van de 42 onderzochte gevallen geen veiligheidopgave in de 21<sup>e</sup> eeuw; dit is 20% van de totale lengte aan verharde zeeweringen. Naar verwachting ligt de veiligheidshorizon op deze 16 locaties dus voorbij het jaar 2100. Daaronder vallen locaties zoals Bergen aan Zee, Egmond aan Zee, Zandvoort en Westkapelle-zuid onder de voorwaarden dat het reguliere onderhoud van de kustlijn met zandsuppleties gecontinueerd blijft.

Geconcludeerd wordt dat er, op basis van de gekozen uitgangspunten en de uitgevoerde analyse, geen locaties langs de Nederlandse kust zijn aan te wijzen waar de verharde zeewering een veiligheidshorizon heeft die korter is dan ca. 40 jaar.

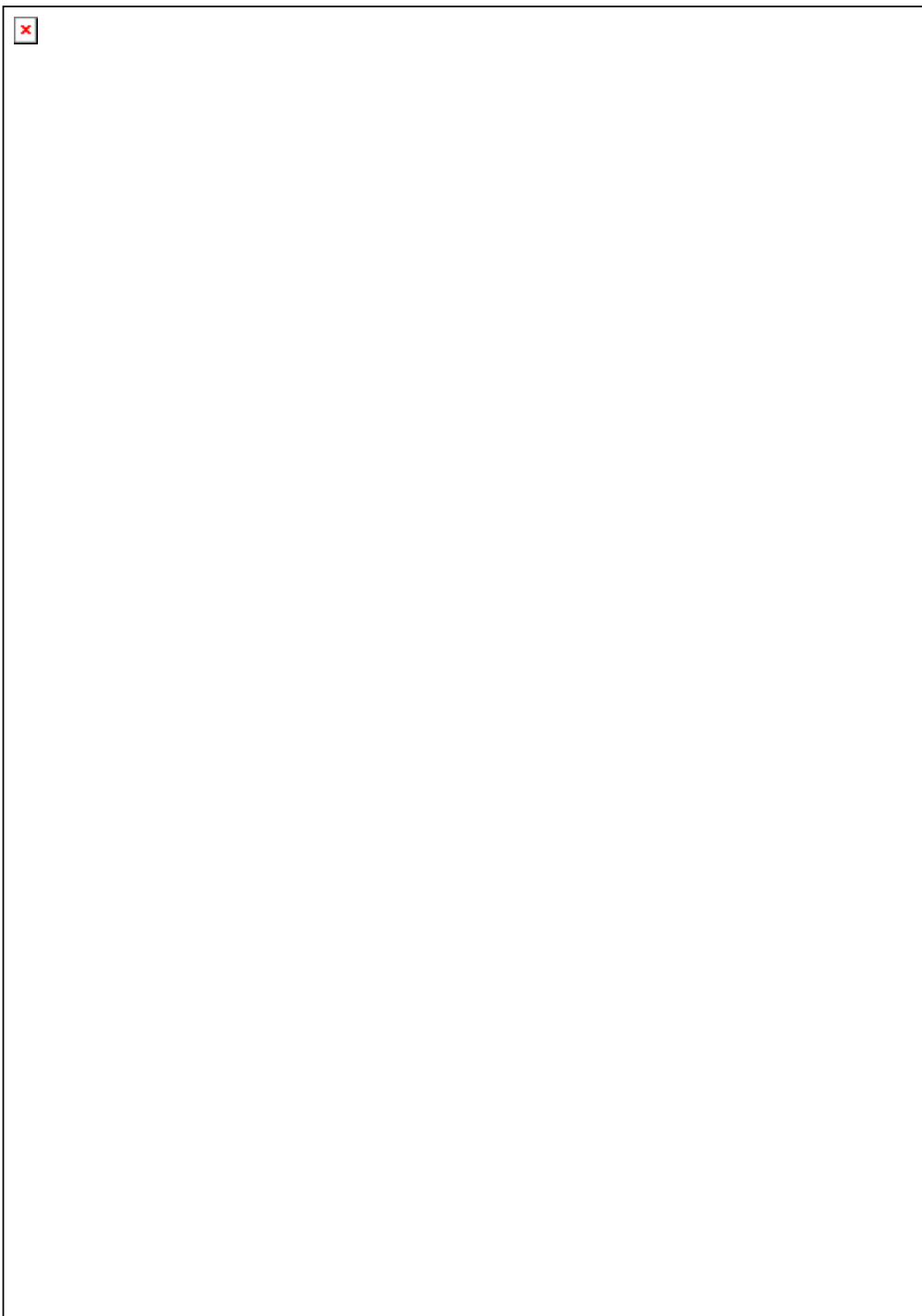
Tabel 2.1 Een inschatting van de veiligheidshorizon voor 42 locaties met verharde zeeweringen langs de Nederlandse kust volgens het TVZ onderzoek. De veiligheidshorizon is bepaald voor een situatie met een snelle zeespiegelstijging van 35 cm in 2050 en 85 cm in 2100 (zie ruimtelijke weergave in figuur 2.1-2.3) en een situatie met een matige zeespiegelstijging van 15 cm in 2050 en 35 cm in 2100. Bron: Arcadis, 2011.

	Veiligheidshorizon bij <b>snelle</b> zeespiegelstijging	Veiligheidshorizon bij <b>matige</b> zeespiegelstijging	Mogelijke maatregel	
<b>Dammen en Kunstwerken</b>				
1	Haringvlietsluizen - sluis	? >2100 ?	? >2100 ?	Constructief
2	Havengebied IJmuiden - sluis	? 2050 ?	? >2100 ?	Constructief
3	Oosterscheldekering-open dam	? 2050 -2100 ?	>2100	Constructief
4	Katwijk aan zee - sluis	? 2050-2100 ?	? >2100 ?	Constructief
5	Veerse Dam	>2100	>2100	Constructief en/of zand
6	Brouwersdam	>2100	>2100	geen
7	Haringvlietsluizen- open dam	? 2050- 2100 ?	>2100	Constructief
8	Havengebied IJmuiden-gemaal	? 2100 ?	>2100	geen
9	Oosterscheldekering-dam	>2100	>2100	geen
10	Scheveningen-sluis	>2100	>2100	geen
<b>Zeedijken</b>				
11	Helderse Kering	? rond 2050 ?	? >2100 ?	Constructief
12	Scheldeveste	rond 2050	>2100	Constructief
13	Westkapelle kreek	(rond 2050)	(rond 2100)	Constructief en/of zand
14	Westkapelse Zeedijk	(rond 2050)	(rond 2100)	Constructief en/of zand
15	Zoutelande	(rond 2050)	(rond 2100)	Constructief en/of zand
16	Bolwerk	>2100	>2100	geen
17	Oosterscheldekering Beveland (Banjaard)	>2100	>2100	geen
18	Oosterscheldekering Schouwen	>2100	>2100	geen
19	Het Zwin	>2100?	>2100?	zand(berm, duin)
20	Cadzand bad	(rond 2050)	(>2100)	zand(berm, duin)
21	Flauwe Werk	rond 2050	>2100	zand(berm, duin)
22	Herdijkte Zwarte Polder	(rond 2050)	(rond 2100)	zand(berm, duin)
23	Hondsbosche- en Pettemer Zeewering	rond 2050	>2100	zand(berm, duin)
24	Nieuwvliet Groede	(rond 2050)	(> 2100)	zand(berm, duin)
25	Waterdunen	(rond 2050)	(rond 2100)	zand(berm, duin)
<b>Havens en Kades</b>				
26	Havengebied IJmuiden (dam overig)	2050-2100	>2100	Constructief
27	Havengebied IJmuiden	>2100	>2100	geen
28	Haringvliet buitenhaven	? 2100 ?	? 2100 ?	geen
29	Scheveningen haven	2100	> 2100	Constructief
30	Veerplein Breskens	> 2100	> 2100	geen
<b>Boulevards en Hybride keringen</b>				
31	Vlissingen-boulevard de Ruijter	(rond 2050)	(rond 2100)	Constructief
32	Vlissingen-Nollestrand	? 2050 ?	? >2100 ?	Constructief en/of zand
33	Westkapelle zuid	>2100	>2100	reguliere zandsuppleties
34	Stellendam	? >2100 ?	? >2100 ?	geen
35	Zandvoort	>2100	>2100	reguliere zandsuppleties
36	Haringvlietsluizen dam/landhoofden	? rond 2050 ?	> 2100	geen
37	Bergen aan Zee	>2100	>2100	reguliere zandsuppleties
38	Egmond aan Zee	>2100	>2100	reguliere zandsuppleties
39	Katwijk aan Zee	> 2050	>2100	constructief en/of zand
40	Noordwijk aan Zee	> 2050	>2100	zand(berm, duin)
41	Scheveningen-boulevard	> 2050	>2100	zand(berm, duin)
42	Westkapelle Noordduin	? rond 2050 ?	? >2100 ?	zand(berm, duin)

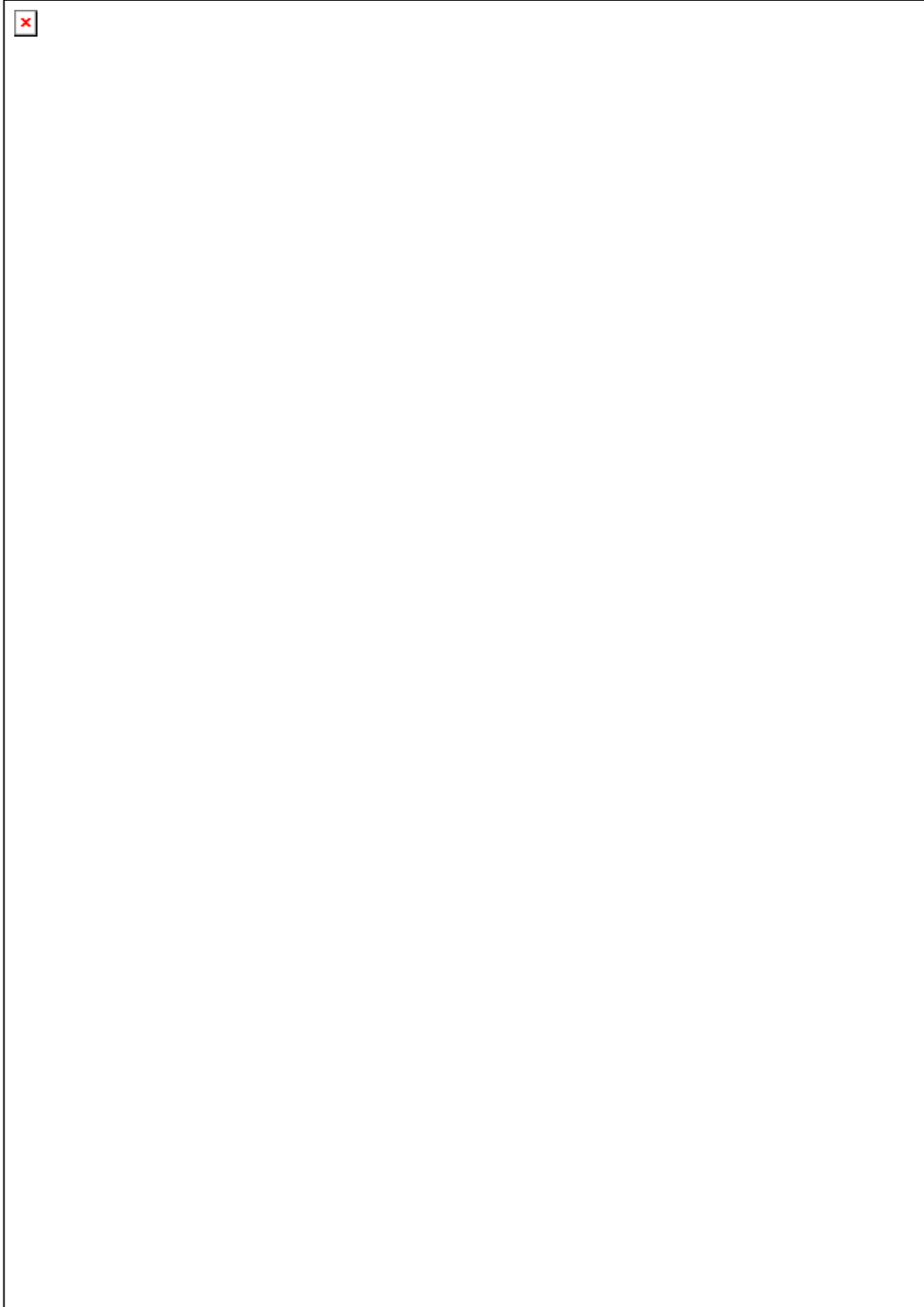
? =Uitkomst op basis van deskundigenoordeel uit eerdere berekeningen



*Figuur 2.1 De ligging van kustlocaties met verharde zeeweringen met hun geschatte veiligheidshorizon bij een snelle zeespiegelstijging (35 cm in 2050 en 85 cm in 2100) en mogelijke maatregelen voor de toekomst. Kaartdeel Noord, van Texel tot Bergen aan Zee.*



*Figuur 2.2 De ligging van kustlocaties met verharde zeeweringen met hun geschatte veiligheidshorizon bij een snelle zeespiegelstijging (35 cm in 2050 en 85 cm in 2100) en mogelijke maatregelen voor de toekomst. Kaartdeel Midden, van Egmond aan Zee tot Scheveningen.*



*Figuur 2.3 De ligging van kustlocaties met verharde zeeweringen met hun geschatte veiligheidshorizon bij een snelle zeespiegelstijging (35 cm in 2050 en 85 cm in 2100) en mogelijke maatregelen voor de toekomst. Kaartdeel Zuid, van de Haringvliet tot het Zwin.*

## 2.4 Aanpassingsmaatregelen

Voor alle locaties zijn, vanuit kustveiligheid bezien, mogelijke aanpassingsmaatregelen geformuleerd, waarmee aan nieuwe maatgevende omstandigheden kan worden voldaan (Arcadis, 2011). Daarbij is rekening gehouden met het type zeewering, het kusttype en de morfologische omstandigheden. De resultaten zijn in tabel 2.1 opgenomen en ook weergegeven in figuren 2.1, 2.2. en 2.3.

Van de 42 onderzochte locaties zijn:

- In 14 gevallen zandige maatregelen toepasbaar, hetzij door een aanvullende zeewaartse uitbouw van het zandpakket, hetzij door reguliere zandsuppleties,
- In 10 gevallen constructieve maatregelen nodig zoals bij de Helderse kering, Scheldeveste, de boulevard Vlissingen en diverse sluizen, open dammen en kades,
- In 6 gevallen combinaties van constructieve en zandige maatregelen voor de hand liggend en
- in 12 gevallen, allen met een veiligheidshorizon voorbij 2100, geen maatregelen voorzien.

De opsomming laat zien dat bij veel van de onderzochte verharde weringen volstaan, kan worden met zandige oplossingen. Dat sluit goed aan bij het basisprincipe 'zacht waar het kan, hard waar het moet'.

Bij het resterende deel van de verharde weringen zijn aanpassingen aan de constructie nodig, zoals kruinverhoging. Voor een aantal locaties, zoals de Vlissingen boulevard en de Scheldeveste bij Breskens moet gedacht worden aan complexere ingrepen, waarbij ruimtelijke ontwikkelingen en kwaliteitsaspecten een belangrijke rol kunnen spelen.

Bovengenoemde inzichten dienen als een startpunt voor de verdere discussies over mogelijke maatregelen vanuit het veiligheidsperspectief, met het hoofdprincipe uit het NKK als leidraad (zacht waar het kan, hard waar het moet). Vanuit ruimtelijke ontwikkelingen en integraal perspectief zijn andere maatregelen denkbaar. Daaraan wordt in de 2e fase van het project aandacht besteed.

## 2.5 Vergelijking met andere onderzoeken.

Ter toetsing van de resultaten van deze studie is gezocht naar andere actuele projecten over kustveiligheid. Allereerst is een vergelijking gemaakt met de derde toetsronde Primaire Keringen (zie paragraaf 2.5.1). Dit betreft echter een beoordeling voor de huidige situatie en geeft geen doorkijk voor de lange termijn veiligheidsopgaven.

Ten tweede is een vergelijking gemaakt met het project Veiligheidsopgave Kust. In het concept rapport 'Veilige en vitale kust' van dit project hebben Rijkswaterstaat en de Waterschappen inschattingen gemaakt van de veiligheidshorizon voor de lange termijn (zie paragraaf 2.5.2).

Tenslotte is nagegaan of het project Veiligheid Nederland in Kaart (VНК2) een goede vergelijkingsbasis biedt (zie paragraaf 2.5.3).

### 2.5.1 Relatie met de Derde Toetsronde Primaire Keringen

Momenteel wordt door DG Water en de Inspectie Verkeer&Waterstaat gewerkt aan de landelijke rapportage over de 3<sup>e</sup> toetsronde. De uitkomsten zijn nog niet vrijgegeven. Er is daarom terug gevallen op de eerdere inventarisatie van veiligheidsopgaven langs de kust die Deltares in december 2010 heeft uitgevoerd, aan de hand van de rapportages van de beheerders. Hieruit volgt dat er op de peildatum (1 januari 2011) op een kleine uitzondering na geen veiligheidsopgave is voor de kust. Voor de verharde zeeweringen geldt dat de Hondsbossche- en Pettemer zeewering weliswaar niet aan de norm voldoen, maar dat de

versterking inmiddels in voorbereiding is. Dat geldt ook voor de keringen in Scheveningen, Katwijk en Zeeuws-Vlaanderen.

In de TVZ studie vormen de toetsresultaten van de beheerders het vertrekpunt. Deze resultaten markeren dus als het ware de nulsituatie voor de toekomstige ontwikkelingen. Vooral nog geeft het voorliggende onderzoek geen tegenstrijdige uitkomsten.

### 2.5.2 Het project Veiligheidsopgave Kust

In het concept rapport 'Veilige en vitale kust' geven Rijkswaterstaat en Waterschappen hun visie op de lange termijn opgave voor het kustbeheer. Locaties met een toekomstige veiligheidsopgave langs de kust zijn in kaart gebracht, evenals de tijdshorizon waarop dit speelt. De gegevens zijn gebaseerd op expert judgement tijdens expertsessies met waterschappen, Rijkswaterstaat en Deltares.

Het aantal locaties dat in beschouwing is genomen is niet gelijk aan die in het TVZ project. Diverse locaties met een zandige zeewering die zijn meegenomen in het project Veiligheidsopgave Kust vallen buiten de scope van TVZ. Omgekeerd zijn specifieke verharde weringen wel beschreven in het TVZ project (specifieke locaties met hybride keringen, sluizen e.d.) maar vallen buiten beschouwing in het project Veiligheidsopgave Kust. In totaal komen 21 locaties overeen.

Van de 21 overeenkomstige onderzochte locaties is 13 gevallen de veiligheidshorizon volgens TVZ *ongeveer gelijk* aan de tijdshorizon uit het rapport 'Veilige en vitale kust'.

In de overige gevallen is de veiligheidshorizon volgens TVZ *langer* dan genoemd in het rapport 'Veilige en vitale kust', met andere woorden minder urgent. Dit gaat om:

- Bolwerk (Texel),
- De Banjaard,
- Oosterscheldekering (Schouwen),
- Havengebied IJmuiden,
- Zandvoort,
- Brouwersdam,
- Egmond aan Zee en
- Bergen aan Zee.

Dit verschil is als volgt te verklaren: In de TVZ studie zijn de veiligheidsopgaven op hoofdlijnen onderzocht. Daarbij is voorbij gegaan aan specifieke problemen die waterkeringbeheerders in de uitvoering ondervinden. Het project Veiligheidsopgave Kust constateert daarom een grotere veiligheidsopgaven dan TVZ, die veelal samenvallen met de moeilijkheden om de lange termijn veiligheidsopgave te combineren met de ruimtelijke ontwikkeling. Dit geldt bijvoorbeeld voor Egmond aan Zee. Hier kan de reguliere Kustlijn zorg in principe zorg dragen voor een klimaatbestendige zeewering. Echter, het intensieve gebruik van het strand, de aanwezigheid van strandpaviljoens tegen de duinen en de aanwezige bebouwing op de duinwaterkering beperken de mogelijkheden om de zeewering geheel te laten meegroeien met de zeespiegel.

### 2.5.3 Project Veiligheid Nederland in Kaart

Het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2) brengt de huidige overstromingsrisico's in Nederland in kaart. Via een nieuwe methode worden alle belangrijke oorzaken in beschouwing genomen die een rol spelen bij het bezwijken van dijken, duinen of kunstwerken. Dit levert een beeld op van de overstromingskans. Vervolgens berekent VNK2 de gevolgen van een dijkdoorbraak. Dit gaat om zowel de economische schade als om het aantal slachtoffers. Tenslotte wordt het overstromingsrisico berekend per dijkkring door de kans op een overstroming te combineren met de mogelijke gevolgen van overstromingen. Het project is een initiatief van overheden (ministerie van Infrastructuur en Milieu, de Unie van

Waterschappen en het Interprovinciaal Overleg) en wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat in samenwerking met de waterkeringbeheerders, provincies, kennisinstituten en ingenieursbureaus. Het hele project wordt naar verwachting in 2015 afgerond.

VNK geeft belangrijke nieuwe wetenschappelijke inzichten in de overstromingsrisico's, ook voor de kust. Recent zijn de overstromingsrisico's van een 2-tal dijkkringdelen langs de kust onderzocht (Texel en Zuid-Holland dijkkringdeel 14-1).

Er zijn twee redenen waarom VNK2 vooralsnog geen basis biedt voor een vergelijk met de resultaten van de voorliggende studie.

Allereerst is er een verschil in grondslag. VNK2 berekend de overstromingskans per dijkkring, dat is de kans dat een waterkering bezwijkt als gevolg van de verschillende faalfactoren en een dijkkringgebied of deel daarvan onder water komt te staan. In het project TVZ fase 1 is de "klassieke" methodiek toegepast waarbij de overschrijdingskans wordt berekend, dat is de kans dat het water hoger komt te staan dan de waterstand waarvoor de waterkering is ontworpen. Ten tweede geeft VNK2 een analyse voor de huidige situatie maar geen doorkijk voor de lange termijn veiligheidsopgaven zoals in het project TVZ fase 1 is gedaan.

### 3 Op weg naar strategieën voor toekomstbestendige verharde zeeweringen

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschouwing over strategieën voor de versterking van verharde zeeweringen. Het eerste deel van het hoofdstuk bespreekt het zogenaamde sedimentperspectief. Dit in aansluiting bij het hoofdprincipe 'zacht waar het kan, hard waar het moet' uit het Nationaal Kader Kust (2011). Het suppleren van zand biedt een goede en beproefde manier om mee te bewegen met de veranderingen in het kuststelsel en om in te spelen op het gebruik van de kust. Deze 'zachte' aanpak met zand wordt langs het grootste deel van de kust toegepast. Het is een proactieve werkwijze die gericht is op het voorkomen van omslagpunten in kustveiligheid als gevolg van klimaatveranderingen.

Maar het gebruik van zand volstaat niet overal. "Voor kustdelen met verharde elementen (boulevard, dijk, huizen) is het continue meegroeien (met de zeespiegel) niet volledig mogelijk", aldus het Nationaal Kader Kust. Op die plekken zijn of worden verharde constructies toegepast om 'weerstand' te bieden tegen de invloed van de zee en om andere vormen van gebruik mogelijk te maken. Deze reactieve benadering wordt gevolgd bij de reguliere toetsing en versterkingen van de zeeweringen.

In het tweede deel van dit hoofdstuk staan diverse typen dijken centraal. Ook komt aan bod welke mogelijkheden er zijn voor multifunctioneel gebruik en aansluiting bij gebiedsontwikkeling.



*Figuur 3.1 Meegroeien met de zeespiegel?*

#### 3.2 Sedimentperspectief

##### 3.2.1 Het belang van de sedimentbalans

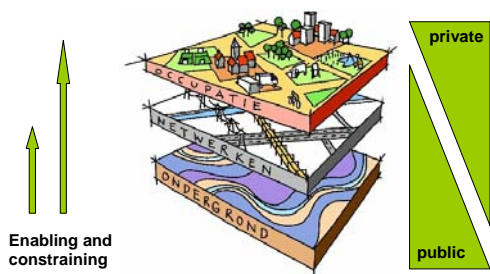
Volgens de lagenbenadering is de ondergrond of basislaag, de ruimtelijke drager voor achtereenvolgens de netwerklaag en de occupatielaag (figuur 3.2; Nota Ruimte, 2006). Mogelijkheden en beperkingen van de onderliggende laag bepalen de mogelijkheden in bovenliggende lagen.

De basislaag bestaat uit water en sediment (zand, klei etc.) en wordt gekenmerkt door een trage dynamiek; veranderingen voltrekken zich langzaam op een tijdschaal van meer dan 100 jaar. Als zodanig is de basislaag bij uitstek de laag waarop trage processen ingrijpen, zoals klimaatverandering. Een klimaatbestendige inrichting wordt dan ook gekenmerkt door het inspelen op de trends in de basislaag.

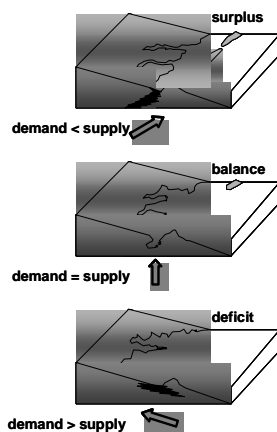
Voor het kustfundament is de sedimentbalans de belangrijkste ‘drager’ voor de bovenliggende lagen.

Hoe de morfologie en ecologie van een kustgebied zich op de lange termijn ontwikkelen, wordt bepaald door de balans tussen vraag en aanbod van sediment (figuur 3.3) (Mulder et al., 2010). Daarmee bepaalt de sedimentbalans de mogelijkheden (randvoorwaarden) voor een klimaatbestendige inrichting (van netwerk- en occupatielaag).

Hoe groot het aanbod van sediment is, hangt af van de beschikbaarheid van sedimentbronnen en van de transportcapaciteit van stroming, golven en wind. De sedimentvraag is afhankelijk van de bergingsruimte voor sediment. Aangezien de bulk van geologische afzettingen plaats vindt in water, wordt de bergingsruimte vooral bepaald door de waterdiepte. Een verandering in waterdiepte betekent een wijziging in de bergingsruimte en dus in de sedimentvraag. Stijging van de zeespiegel en/of daling van de bodem doet de sedimentvraag toenemen.



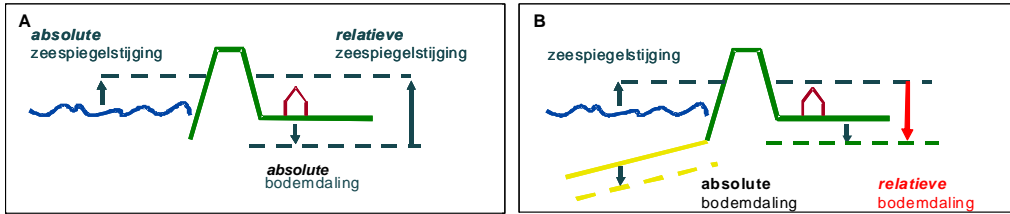
Figuur 3.2 : Drie planningslagen: basis-, netwerk- en occupatielaag



Figuur 3.3: Kustontwikkeling gestuurd door balans tussen vraag en aanbod van sediment ( Nicholls, 1989)

### 3.2.2 Klimaatadaptief management met de sedimentbalans

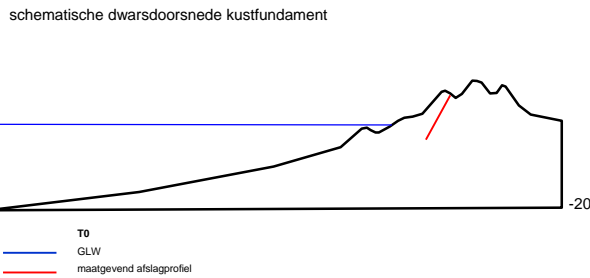
In hoeverre kunnen we de sedimentbalans dusdanig beïnvloeden dat deze bijdraagt aan een klimaatbestendige inrichting? Dat is een belangrijke vraag bij het zoeken naar adaptatiemogelijkheden voor klimaatverandering. Dat vereist een ‘sedimentperspectief’ bij het omgaan met de problematiek van zeespiegelstijging. Waar vanuit een traditioneel waterperspectief vooral werd gezocht naar waterkeringoplossingen, bijvoorbeeld constructies, vraagt het sedimentperspectief om (aanvullende) ‘sedimentoplossingen’ (figuur 3.4).



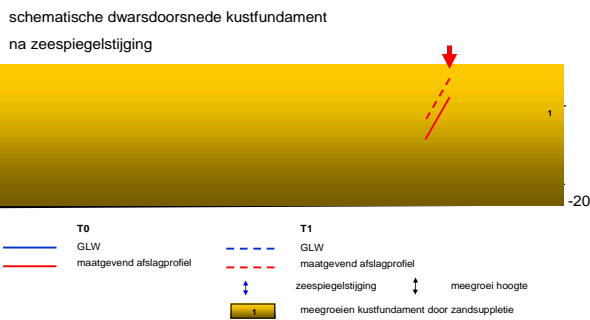
Figuur 3.3 Twee perspectieven op hetzelfde probleem: (A) relatieve zeespiegelstijging vanuit waterperspectief tegenover (B) relatieve bodemdaling vanuit sediment perspectief.

Theoretisch groeit het gehele kustfundament mee met de zeespiegel als er net zoveel zand wordt aangebracht als er zand verloren gaat door relatieve zeespiegelstijging (en andere verliesposten). Wanneer we aannemen dat deze zandlaag daadwerkelijk wordt aangebracht, blijven alle functies behouden. Het maatgevende afslagprofiel verschuift slechts in hoogte en niet in horizontale zin; de afslaglijnen blijven gehandhaafd op de dezelfde plek en de functies blijven behouden (figuur 3.5 a en 3.5 b).

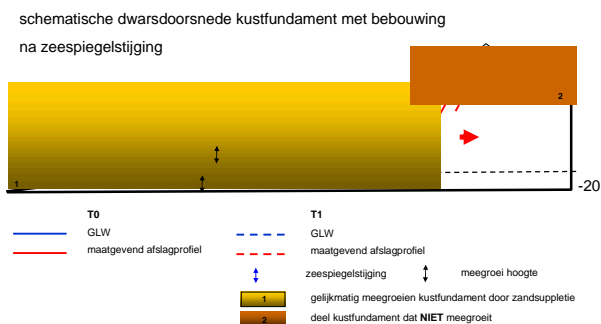
Maar bij veel verharde zeeweringen is onvoldoende mogelijkheid om mee te groeien met de zeespiegel en de veiligheidsfunctie te handhaven; de afslaglijn schuift landwaarts (figuur 3.5 c). Dit is het probleem bij de meeste Zwakke Schakels. In deze situatie is het mogelijk om het beschikbare volume suppletiezand gericht in te zetten voor verharde zeeweringen (figuur 3.5 d) en zo de afslaglijn op zijn plaats te houden. Bij de aanpak, bijvoorbeeld van de versterking van de Zwakke Schakel Hondsbossche- en Pettemer Zeeweringen, is dit een veelbesproken en waarschijnlijke oplossing (figuur 3.6).



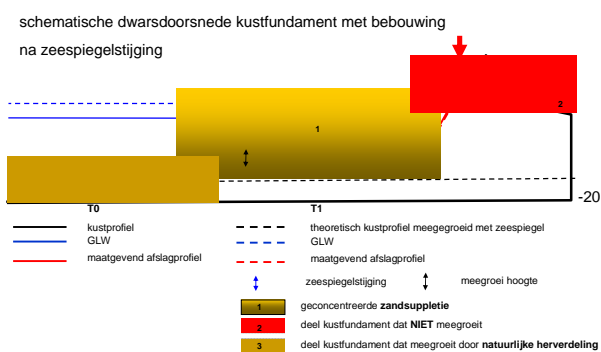
Figuur 3.4a



Figuur 3.5b



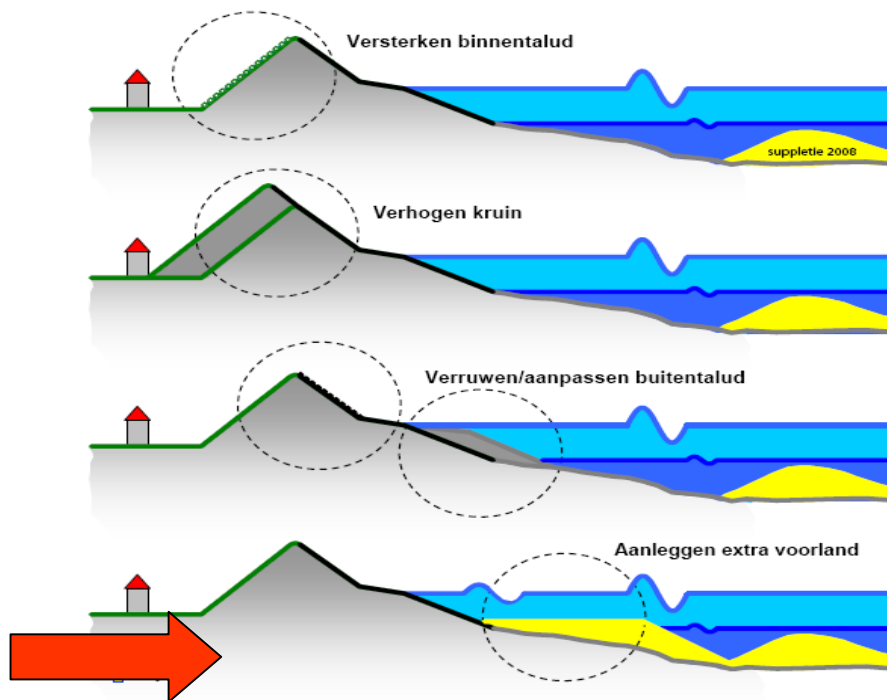
Figuur 3.5c



Figuur 3.5d

### 3.2.3 Zandige en zeewaartse trend

In de 1e Kustnota (V&W, 1990) is, vanwege kosteneffectiviteit, afgezien van een zeewaartse strategie. In de afgelopen jaren zien we echter steeds meer een tendens naar zeewaartse versterkingen. De Zwakke Schakel projecten omvatten in alle gevallen zeedijken, hybride keringen of boulevards, verharde weringen dus. De meeste Zwakke Schakel projecten zoeken de ruimte voor kustversterking en de verbetering van de ruimtelijke kwaliteit in zeewaartse richting. Voor de versterkingen van deze zeeweringen wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van zandige oplossingen.



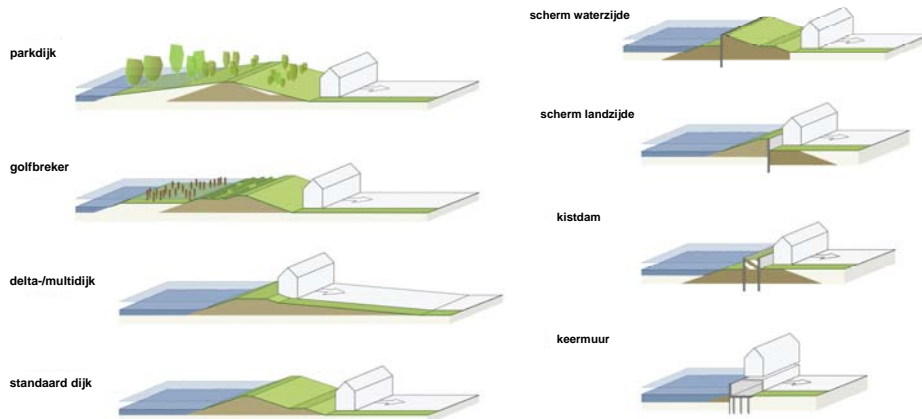
Artist impression voorkeursalternatief Zand en natuur, Camperduin

Figuur 3.5 Keuze voor een zandige oplossing bij de versterking van de Zwakke Schakel Pettemer- en Hondsbossche Zeeweringen

### 3.3 Constructieve ingrepen en multifunctioneel gebruik

#### 3.3.1 Algemeen

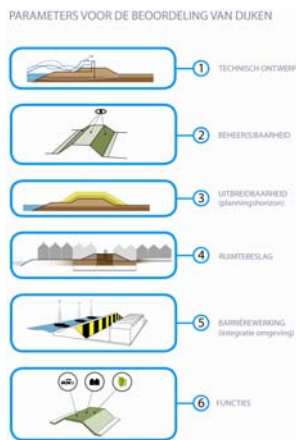
Als een dijk moet worden versterkt, wordt deze traditioneel verhoogd en verbreed. Tegenwoordig zijn meer mogelijkheden voor versterking toepasbaar, waarbij ook multifunctioneel gebruik van de dijk een steeds belangrijker rol speelt. Het soort dijk is bepalend voor diverse mogelijkheden voor versterking en gebruik. Voor rivierdijken zijn inmiddels concepten ontwikkeld voor combinaties van versterking en multifunctioneel gebruik. Deze zijn deels ook toepasbaar op verharde zeeweringen. Een specifieke uitwerking voor verharde zeeweringen kan in een volgende onderzoeksfase worden gemaakt. Daarbij dienen onderstaande illustraties als inspiratie. Een eerste indeling is die in royale en compacte typen (zie figuur 3.6 en 3.7).



Figuur 3.6 Royale dijken

Figuur 3.7 Compacte dijken

Welk soort invulling van constructie en bebouwing op een bepaalde plek wordt gekozen hangt af van een aantal criteria voor waterveiligheid en ruimtelijke kwaliteit (zie figuur 3.08). Voor waterkeringbeheerders gaat het vooral om de criteria technisch ontwerp, beheer(s)baarheid en uitbreidbaarheid. Vanuit de ruimtelijke kwaliteit zijn voor planologen de parameters ruimtebeslag, barrièrewerking en multifunctionaliteit belangrijk.



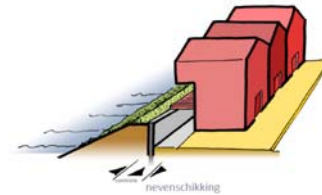
Figuur 3.8 Beoordelingscriteria

### 3.3.2 Multifunctionele en toekomstbestendige verharde zeeweringen

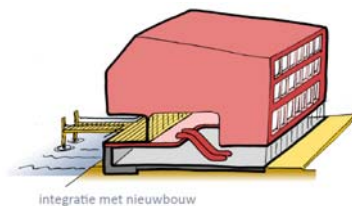
Verharde zeeweringen zijn te onderscheiden in traditionele dijken met een harde bekleding, boulevards, waterkerende kunstwerken en bijzondere waterkerende constructies. Afhankelijk van de dijksoorten zijn er verschillende mogelijkheden om de waterkerende functie te combineren met andere gebruiksfuncties. In de volgende figuren staan een aantal voorbeelden (bron: De Urbanisten).



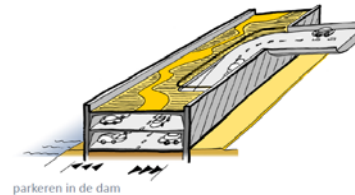
Figuur 3.10 Multidijk



Figuur 3.9 Damwand als functiescheiding



Figuur 3.12 Bebouwing op een keerwand



Figuur 3.11 Parkeren in een kistdam

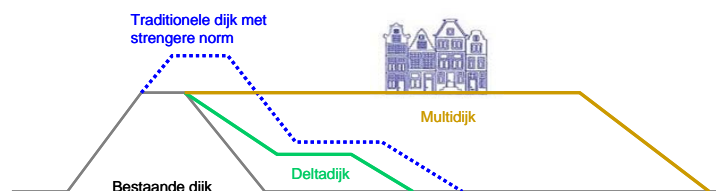
Innovatieve concepten voor harde zeeweringen zoals de Deltadijk en de Multidijk zijn voorbeelden van toekomstbestendige weringen (figuur 3.14). De Multidijk heeft als kenmerk multifunctioneel gebruik. Bijzondere eigenschap van een Deltadijk is dat rekening wordt gehouden met het toestaan van beperkte overstrooming.

#### Deltadijk:

- Primair voor de veiligheid
- Robuust (10 tot 100 x veiliger)
- Mono-/of multifunctioneel
- Doorbraakbestendig
- Klimaatbestendig

#### Multidijk:

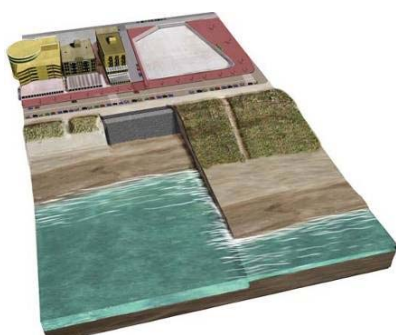
- Multifunctioneel
- Robuust
- Doorbraakbestendig
- Klimaatbestendig



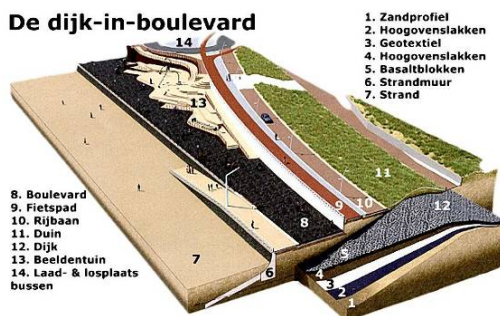
Figuur 3.13 Kenmerken van Delta- en Multidijken

### 3.3.3 Hybride keringen

Hybride keringen zijn een combinatie van een harde en een zachte kering. Het harde deel bestaat uit een dijk of bijzondere constructie en de zachte kering uit een duin of een zandaanvulling. Beide leveren een bijdrage aan de veiligheid: de zachte kering reduceert door afslag van het zand de inkomende golfhoogte, die maatgevend is voor de kruinhoogte van de verharde kering, die daardoor lager kan zijn dan bij een traditionele dijk. Praktijkvoorbeelden van hybride keringen zijn de dijk-in-duin (figuur 3.16) en de dijk-in-boulevard (figuur 3.15).



Figuur 3.15 Dijk-in-duin (Noordwijk)



Figuur 3.14 Dijk-in-boulevard (Scheveningen)

### 3.4 Oriëntatie op ruimtelijke ontwikkelingen langs de kust

Het Deltaprogramma Kust streeft ernaar de veiligheidsmaatregelen zoveel mogelijk in samenhang te beschouwen met ruimtelijke, natuurlijke of economische ontwikkelingen. Het TVZ onderzoek heeft dan ook vanaf de startfase uitdrukkelijk aandacht besteed aan ambities, wensen en agenda's van provincies en gemeenten. Hiervoor is onder andere een workshop georganiseerd op 9 november 2010. Parallel hieraan zijn de kustprovincies door het Deltaprogramma gevraagd een lange termijn ruimtelijk perspectief (visie) te ontwikkelen als bouwsteen voor de op te stellen nationale visie. Daarnaast heeft de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG) initiatief genomen voor een uitgebreide inventarisatie van ambities, plannen en ideeën voor de nabije en verre toekomst van kustgemeenten (Collage van de Kust, H. Bode, augustus 2011).

Uit de eerste fase van het TVZ onderzoek blijkt welke locaties langs de kust op een bepaalde termijn een nieuwe veiligheidsopgave heeft te verwachten. Vervolgens kan worden nagedacht over afstemming, integratie en wisselwerking met ruimtelijke, natuurlijke of economische ontwikkelingen. Het gaat daarbij niet alleen om fysieke inpassing van de maatregelen, maar ook om organisatorische en financiële afstemming en samenhang.

Om inzicht te krijgen in mogelijke combinaties is het Atelier Kustkwaliteit (AKK) in 2011 gestart met ontwerpend onderzoek op verschillende plaatsen langs de kust (o.a. Scheveningen, Petten, Vlissingen). Hiervoor zijn workshops georganiseerd, waar ambities, wensen en ideeën vanuit vooral gemeenten zijn geconfronteerd met mogelijke fysieke ingrepen en alternatieven voor kustveiligheid. Voor Scheveningen, Petten en Vlissingen

leverde dit mogelijke inrichtingsconcepten of oplossingsrichtingen op die voor de langere termijn (na 2050) voldoende veiligheid garanderen en een nieuw of vernieuwd ontwikkelperspectief vormen voor stedelijke- of economische ontwikkeling.

Het Atelier Kustkwaliteit heeft voor het ontwerp onderzoek gebruik gemaakt van tussenresultaten en expertise uit het TVZ onderzoek; de resultaten worden in het najaar van 2011 opgeleverd.

De ontwikkeling van strategieën voor veiligheid en gecombineerde inrichtingsconcepten vormen het zwaartepunt voor de tweede fase van het TVZ onderzoek.



## 4 Aanbevelingen voor vervolg

Hier volgend een aantal aanbevelingen voor de tweede fase van het project TVZ. De aanbevelingen zijn gebaseerd op i) het Plan van Aanpak, ii) de bevindingen uit fase 1 (het voorliggend rapport en analyserapport van Arcadis (2011)), iii) de ervaringen en resultaten uit de workshops van het Atelier Kustkwaliteit en iv) gesprekken en interviews met programmameteamleden van het Deltaprogramma Kust.

Volgens het oorspronkelijke Plan van Aanpak TVZ (Deltares, 2011a) is het doel van de volgende fase om inhoudelijke en organisatorische bouwstenen te leveren aan de strategieontwikkeling voor de nationale visie kust. Deze bouwstenen zijn samengesteld uit denkbare inrichtingsconcepten voor toekomstbestendige verharde zeeweringen en mogelijke strategieën en ontwikkelpaden op lokale- of bovenlokale niveau.

Een eerste activiteit in de 2<sup>e</sup> fase TVZ is een inventarisatie van bestaande inrichtingsconcepten voor TVZ locaties. Vanuit het Atelier Kustkwaliteit zijn inmiddels een paar inrichtingsconcepten beschikbaar. Voor andere locaties zijn, met name op gemeentelijk niveau, een aantal studies, plannen of verkenningen uitgevoerd waaruit af te tappen valt. Om deze inrichtingsconcepten op lokaal- of bovenlokaal schaalniveau met elkaar te kunnen vergelijken en hier elementen voor strategieën uit te destilleren, zal een uniformeringslag moeten plaatsvinden. Daarnaast zal bepaald moeten worden voor hoeveel locaties nader onderzoek gedaan moet worden, ondermeer naar verdienmodellen.

De belangrijkste inhoudelijke stap in de 2<sup>e</sup> fase TVZ is waarschijnlijk het ontwikkelen van mogelijke strategieën op lokaal- of bovenlokaal schaalniveau (stap 3). Inmiddels wordt vanuit het Deltaprogramma Kust inhoudelijk over visie- en strategieontwikkeling nagedacht op het schaalniveau van de gehele kust (versie 0.1 NVK 2012-2100). Een goede afstemming en verweving van beide trajecten wordt aanbevolen. Mogelijke strategieën kunnen bijvoorbeeld gedefinieerd worden in termen van 'meebewegen' (landwaartse oplossingen) of 'weerstand bieden' (consolideren) of 'ruimte creëren' (zeewaartse oplossingen).

Een volgende stap (stap 4) is het vergelijken van verschillende mogelijke strategieën om te komen tot verharde zeeweringen die toekomstbestendig zijn. De indicatoren voor een dergelijke vergelijking zijn al op hoofdlijnen in het plan van aanpak TVZ vermeld, namelijk:

- kosten, aanleg, beheer en onderhoud,
- Inpasbaar in beleid/beleidswijziging nodig,
- Technische begrenzing (kennisleemtes/inpassing),
- Ruimtebeslag per maatregel (land- en zeewaarts, vertikaal),
- Morfologische effecten,
- Ecologische effecten,
- Effecten op ruimtelijke inrichting en
- Effecten op cultureel erfgoed.

Het verdient aanbeveling om bij de vergelijkingsstudie zoveel mogelijk aan te sluiten bij de in het Deltaprogramma ontwikkelde vergelijking systematiek voor strategievergelijking. De hieruit gegenereerde mogelijke strategieën vormen een inhoudelijk eindresultaat van de tweede fase TVZ.



## 5 Bronnen

**Arcadis, 2011.** *Toekomstbestendigheid verharde zeeweringen. Analyse veiligheidsopgave, maatregelen en mogelijke maatregelen. Rapport C03041.002739.0100*

**Deltares, 2011a.** *Plan van aanpak Toekomstbestendige verharde zeeweringen. Joint fact finding in het kader van het Deltaprogramma Kust. Rapport 1203662*

**Deltares, 2011b.** *Deltascenarios. Rapport 1203662.*

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003.** *Basiskustlijn 2001; Evaluatie ligging Basiskustlijn. Rapport RIKZ-2002.018, september 2003.*

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007a.** *Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011.*

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007b.** *Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR2006). Augustus 2007.*

**Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2010.** *Deltaprogramma 2011. Werk aan de Delta; Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen. September 2010.*

**Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011.** *Nationaal Kader Kust; Sterk veilig en mooi. Consultatieversie d.d. 14 januari 2011.*

**Rijkswaterstaat Noordzee, 2011.** *Veilige en vitale kust. Analyse veiligheidsopgaven door Rijkswaterstaat en Kustwaterschappen. Conceptversie mei 2011.*

**Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen / TAW, 2002.** *Leidraad Zandige Kust. December 2002.*

**Deltaprogramma Kust – Nationale Visie Kust 2012 – 2100 versie 0.1, aug. 2011**

**Deltaprogramma Kust – Collage van de kust; ambities, kansen, knelpunten, Conceptversie, augustus 2011**

**Waterschap Zeeuwse Eilanden, 2007a.** *Kustversterkingsplan Westkapelse Zeedijk. Rapportage versie 1.0, juli 2007.*

**Waterschap Zeeuwse Eilanden, 2008.** *Verlegging BKL a.g.v. kustuitbouw bij Westkapelle. Memo 0318, maart 2008*



## 6 Bijlagen

### 6.1 Overzicht van onderzochte locaties

Opmerking: In voorliggende studie zijn 42 locaties onderzocht. De zanddam bij de Slufter (Texel) en duinwaterkering ter hoogte van Corus (Velsen) uit het Plan van Aanpak zijn buiten beschouwing gelaten omdat dit duinwaterkeringen zonder verharde elementen betreft.

Locatie	Categorie	Dijkkring	lengte (m)	
Bergen aan zee	8	boulevards	13 Noord-Holland	945
Bolwerk	3A	zeedijk zeewaarts	5 Texel	995
Brouwersdam	6	dammen verkorte kustlijn	25 Goeree-Overflakkee	6450
Cadzand bad	3A	zeedijk zeewaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	527
Egmond aan Zee	8	boulevards	13 Noord-Holland	1179
Flauwe Werk	3A	zeedijk zeewaarts	25 Goeree-Overflakkee	2000
Haringvliet buiten haven	9	buitenhavens	25 Goeree-Overflakkee	1058
Haringvlietsluizen	11	sluis	20 Voorne-Putten	89
	7	open dammen	20 Voorne-Putten	1043
Haringvlietsluizen dam	4	hybride kering	20 Voorne-Putten	1770
Havengebied IJmuiden	11	gemaal	13-14-44 Noord-Holland	177
	11	sluis	13-14-44 Noord-Holland	285
	12	overige dammen	13-14-44 Noord-Holland	1735
	9	buitenhavens	13-14-44 Noord-Holland	7009
Helderse Kering	3A	zeedijk zeewaarts	13 Noord-Holland	5610
Herdijkte Zwarte Polder	3B	zeedijk landwaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	2654
Het Zwin	3B	zeedijk landwaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	755
Hondsbossche- en Pettemer Zeewering	3A	zeedijk zeewaarts	13 Noord-Holland	5678
Katwijk aan zee	11	sluis	14 Zuid-Holland	36
	8	boulevards	14 Zuid-Holland	3164
Nieuwvliet Goede	3A	zeedijk zeewaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	3441
Noordwijk aan Zee	8	boulevards	14 Zuid-Holland	2451
Oosterscheldekering	3A	zeedijk zeewaarts	26 Schouwen Duiveland	700
	3A	zeedijk zeewaarts	28 Noord-Beveland	750
	6	dammen verkorte kustlijn	26 Schouwen Duiveland	5394
	7	open dammen	26 Schouwen Duiveland	3050
Scheldeveste	3A	zeedijk zeewaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	474
Scheveningen	11	sluis	14 Zuid-Holland	28
	8	boulevards	14 Zuid-Holland	2739
	9	buitenhavens	14 Zuid-Holland	2662
Stellendam	4	hybride kering	20 Voorne-Putten	1079
Veerplein Breskens	9	buitenhavens	32 Zeeuwsch Vlaanderen	1598
Veerse Dam	6	dammen verkorte kustlijn	28 Noord-Beveland	2750
Vlissingen	4	hybride kering	29 Walcheren	2500
	8	boulevards	29 Walcheren	806
Waterdunen	3A	zeedijk zeewaarts	32 Zeeuwsch Vlaanderen	1600
Westkapelle kreek	3B	zeedijk landwaarts	29 Walcheren	706
Westkapelle zuid	4	hybride kering	29 Walcheren	400
Westkapelle Noordduin	4	hybride kering	29 Walcheren	549
Westkapelse Zeedijk	3A	zeedijk zeewaarts	29 Walcheren	3894
Zandvoort	8	boulevards	14 Zuid-Holland	5040
Zeedijk Zoutelande	3A	zeedijk zeewaarts	29 Walcheren	700

## 6.2 Kustversterkingen 2007-11 en geplande versterkingen 2011-15

Opgesteld door M. Boers.

### Ameland

In 2007 is een beperkte duinverzwareing in de binnenduinen uitgevoerd. Het betreft de verbinding tussen de Mochdijk en de Ballumerstuifdijk over een afstand van 150 meter. In totaal is hiervoor 5.000 m<sup>3</sup> zand gebruikt.

### Vlieland

In 2007 en 2008 is de jachthaven van Vlieland uitgediept. Een deel van het zand is gebruikt voor de versterking van een dijklichaam die het aangrenzende bedrijventerrein Oosterseveld beschermt. Verder is er 90.000 m<sup>3</sup> zand gebruikt voor een versterking van de zeereep aan de Noordzeekust.

### Texel

In Texel is in 2010 een versterking uitgevoerd aan de waterkeringen in de Mokbaai op Texel opgeleverd. 't Molwerk en de Westelijke Overgangsdijk zijn verbeterd en op sterkte gebracht. Aan de andere waterkeringen Duin Magere Witte, Overslagdijk Magere Witte en Bolwerk Stuifdijk is onderhoud gepleegd.

### Noord – Holland

In Noord – Holland bevinden zich de zwakke schakels Kop van Noord – Holland en Hondsbossche- en Pettemer Zeewering. Deze twee zwakke schakels worden integraal versterkt door zeewaarts de kust uit te breiden met zand. Eventueel wordt ook de dijk versterkt. De verwachting is dat in 2013 kan worden begonnen met de uitvoering van deze versterking.

### Rijnland

- In 2007 en 2008 is de waterkering bij Noordwijk versterkt. Hierbij is een dijk in het duin aangebracht over een lengte van 1.100 meter. Daarnaast is de kust over een lengte van 3 kilometer zeewaarts uitgebreid met 1.550.000 m<sup>3</sup> zand.
- Bij Katwijk is de sterkte van de duinwaterkering eveneens onvoldoende. Voor dit deel van de kust worden versterkingsmaatregelen voorbereid.

### Delfland

- In Scheveningen wordt een zwakke schakel versterkt tussen RSP 99.85 en 100.75 (noordelijke pier Scheveningen haven). Hiervoor is een ontwerp gemaakt door de Spaanse architect Manuel De Sola-Morales. Dit gebeurt in de periode 2010 – 2013. Onderdeel van de versterking is een dijk met een lengte van 1 kilometer.
- Voor de Delflandse kust tussen Scheveningen haven en Hoek van Holland zijn op verschillende plaatsen versterkingsmaatregelen gerealiseerd. De werkzaamheden hiervoor zijn in 2008 gestart en in 2011 afgerond. Het gaat hierbij om de volgende versterkingsmaatregelen:
  - Bij Kijkduin is het duin zeewaarts uitgebreid over een lengte van 30 meter. Daarnaast is het strand verbreed tot een lengte van 200 meter. Ten noorden ervan, bij het Westerpark is alleen het strand verbreed.
  - Voor de lage duinen van Solleveld is een voorliggende duinenrij aangebracht.

- Bij Ter Heijde is de zeereep zeewaarts uitgebreid en verhoogd. Het strand was hier in 2004 en 2005 reeds verbreed met twee keer 1.000.000 m<sup>3</sup> zand.
- Verder zijn er langs de Delflandse kust nog twee grote werken uitgevoerd:
  - Bij Vlugtenburg heeft een kustuitbreiding van 35 ha plaatsgevonden voor natuurontwikkeling. Het betreft een natuurcompensatie project voor de uitbreiding van de Maasvlakte.
  - In het duingebied Solleveld, tussen Kijkduin en Ter Heide, wordt in 2011 een megasuppletie van 21.000.000 m<sup>3</sup> uitgevoerd binnen het project zandmotor.

#### Maasvlakte

Er wordt een tweede Maasvlakte aangelegd ten behoeve van uitbreiding van de Rotterdamse haven. De zeewering van de tweede Maasvlakte is ongeveer 11 kilometer lang en bestaat uit twee delen. Ten noorden is een verharde waterkering met een lengte van 3,5 kilometer. Deze kering bestaat uit een kern van zand met een laag stenen van 5 – 10 cm. Aan de voet liggen betonblokken van 40 ton. Het zuidelijk deel bestaat uit een duinwaterkering over een lengte van 7,5 kilometer.

#### Voorne

In 2009 en 2010 is bij de Punt van Voorne een kustsuppletie van 2.400.000 m<sup>3</sup> uitgevoerd over een afstand van 3,9 kilometer. Het doel van deze suppletie betrof herstel van het verloren duinareaal waardoor de waterveiligheid in het geding was. Naar verwachting is na 20 jaar opnieuw een duinsuppletie noodzakelijk.

#### Goeree – Overflakke

Op het eiland Goeree – Overflakke is de zwakke schakel Het Flaauwe Werk versterkt in de periode 2007 - 2009. Het betreft een versterking van de dijk die achter de duinenrij ligt. Deze dijk is 3 meter opgehoogd tot een niveau van 12,60 m + NAP, en voorzien van nieuw asfalt.

#### Schouwen

Op Schouwen is de duinwaterkering het Noorderstrand onveilig. Daarom is besloten tot versterking van de kust. Hiervoor is een MER – procedure gestart. De versterking zal volgens planning in 2012 worden uitgevoerd.

#### Noord – Beveland

In Noord – Beveland is de zeedijk in 2008 versterkt ter plaatse van de Onrustpolder. Aan de zeezijde is een nieuwe laag breuksteen ingegoten met gietasfalt aangebracht. Aan de landzijde is een laag open steenasfalt aangebracht om de dijk overslagbestendig te maken.

#### Walcheren

Op het eiland Walcheren zijn verschillende versterkingswerkzaamheden uitgevoerd:

- Ten noorden van Westkapelle is de Westkapelse zeewering en de aansluitende duinwaterkering versterkt over een afstand van 1,6 kilometer. Hierbij is het landwaartse talud van de zeewering versterkt als bescherming tegen golfoverslag. Over het bestaande zeewaartse talud is een nieuwe bekleding aangebracht. Voor de dijk en het strand is 2.500.000 m<sup>3</sup> zand aangebracht om de golfbelasting op de dijk te reduceren.
- Bij Zoutelande is in 2009 de dijk versterkt. Het betreft hierbij een verlenging van de dijk achter de aansluitende duinwaterkeringen ten westen en ten oosten. Ook is de bestaande bekleding vervangen.
- In 2009 en 2010 is de Nollodijk en het Westduin versterkt. Hierbij is de bestaande dijk overslagbestendig gemaakt en de zeewaartse bekleding versterkt. Het bestaande duin is verbreed met 550.000 m<sup>3</sup> zand.

- In 2009 is de bekleding van de Boulevards Bankert en Evertsen versterkt.

## Zeeuws – Vlaanderen

Tussen Breskens en Cadzand ligt de Zwakke Schakel Zeeuws – Vlaanderen die wordt versterkt in de periode 2009 - 2014. Deze zwakke schakel is opgedeeld in vijf deelgebieden:

- Bij Cadzand – Bad komt er een nieuwe duinenrij voor de bestaande duinwaterkering. Ook worden de bestaande strekdammen van het uitwateringskanaal verlengd en versterkt. Mogelijk is er plaats voor een haven. De versterking is voorzien in 2013 – 2014.
- De Herdijkte Zwarte Polder is in 2011 versterkt. Het betreft een duinverzwarende ten westen van de Zwarte Polder met ongeveer 700.000 m<sup>3</sup>. Een nieuwe strekdam zorgt ervoor dat dit zand niet in de Zwarte Polder terecht komt. De dijk op de overgang van de Zwart Polder is versterkt.
- Het traject Nieuwvliet – Groede is over ongeveer 3 kilometer versterkt in de periode 2009 -2010. Er is in totaal 2.800.000 m<sup>3</sup> zand gesuppleerd. Met dit zand is nieuw duin gevormd, voor de bestaande dijk. In het westelijk deel, bij het Kruishoofd is een erosie berm van zand aangebracht. Er wordt verwacht dat dit zand ten goede komt aan het totale kustvak.
- Tussen Groede en Breskens dient de bestaande zeewering te worden versterkt. Vanwege een diepe getijgeul is hierbij gekozen voor een landwaartse oplossing. Hierbij wordt tevens het achterliggend gebied opnieuw ingericht met de focus op natuur en recreatie. Naar verwachting gaan de versterkingmaatregelen in 2012 van start.
- Rond Breskens wordt de kust op drie plaatsen versterkt. Bij het Fort Frederik Hendrik vindt een dijkversterking plaats in de vorm van een verhoging en een verbeterde bekleding. Bij het Veerplein wordt de dijk verhoogd en in zeewaartse richting verbreed. Bij Hotel De Milliano wordt er een berm voor de dijk die wordt overdekt met een zandbuffer. De werkzaamheden zijn nog niet begonnen.