

In opdracht van:

Provincie Noord Holland

Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland

De zwakke schakels:

- de Kop van Noord-Holland
- de Hondsbossche en Pettemer zeekering

Mark van Koningsveld

Rapport

14 december 2004



OPDRACHTGEVER:	Provincie Noord-Holland Postbus 3007 2001 DA Haarlem				
TITEL:	Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland. De Zwakke Schakels: de kop van Noord Holland en de Hondsbossche en Pettemer zeekering				
SAMENVATTING:	<p>In het kader van de Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland, zijn voor de Noord-Hollandse zwakke schakels enkele alternatieve oplossingen uitgewerkt en vergeleken. Dit rapport vat de resultaten van de in deze Planstudie uitgevoerde activiteiten samen.</p> <p>Voor de kust van Noord-Holland zijn de volgende zwakke schakel locaties aan de orde gekomen:</p> <ul style="list-style-type: none">- de Helderse zeekering,- de Kop van Noord-Holland, met daarbij in het bijzonder aandacht voor:<ul style="list-style-type: none">- het Botgat, en- de smalle duinenrij tussen Groote Keeten en Callantsoog- en de Hondsbossche en Pettemer zeekering. <p>Voor elk van deze locaties is de veiligheidsproblematiek nader bestudeerd en is waar nodig een aantal alternatieve oplossingen uitgewerkt. Conform de doelstellingen van de Planstudie zijn de alternatieve oplossingen, voor de boven beschreven probleemgebieden, uitgewerkt tot een detail niveau dat nodig was voor het maken van een afweging. Detaillering van de uiteindelijk gekozen oplossing komt in het dijkversterkingsplan aan de orde.</p> <p>Dit rapport behandelt het voor de planstudie gevolgde proces in hoofdlijnen en bevat de voornaamste conclusies.</p>				
REFERENTIES:	Opdrachtnummer Provincie Noord-Holland: 4500009970				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
v25	Van Koningsveld <i>mc</i>	14-12-2004		Roelvink <i>ML</i>	Schilperoort <i>ML</i>
PROJECTNUMMER:	Z3725.50				
TREFWOORDEN:	Planstudie Veiligheid, Zwakke Schakels, Eind rapport				
AANTAL BLADZIJDEN:	37				
VERTROUWELIJK:	<input type="checkbox"/> JA, tot (datum)		<input checked="" type="checkbox"/> NEE		
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF

Inhoud

1	Aanleiding en inleiding	1—1
1.1	Beknopte probleem beschrijving.....	1—2
1.1.1	De Helderse zeewering	1—2
1.1.2	De Kop van Noord-Holland.....	1—2
1.1.3	Hondsbossche en Pettemer zeewering	1—3
2	Aanpak van de studie.....	2—1
2.1	Uitgangspunten technische berekeningen	2—1
2.1.1	Dijken.....	2—2
2.1.2	Duinen.....	2—3
2.2	Uitgangspunten kostenschatting (aanleg en onderhoud).....	2—4
3	Resultaten Kop van Noord-Holland	3—1
3.1	Beschrijving basis varianten	3—2
3.2	Kustmorfologische analyse	3—3
3.3	Detailontwerp.....	3—6
4	Resultaten Hondsbossche- en Pettemer zeewering.....	4—1
4.1	Beschrijving basis varianten	4—1
4.2	Kustmorfologische analyse	4—3
4.3	Detail ontwerp.....	4—6
5	Discussie en conclusies	5—1
5.1	Discussie	5—1
5.2	Conclusies	5—1
6	Bronnen.....	6—1

I Aanleiding en inleiding

Discussies in de jaren 90 over klimaatverandering en zeespiegelstijging hebben geleid tot extra aandacht voor de kwetsbaarheid van de kust. In combinatie met de toenemende druk van ontwikkelingen op de kust wordt de ruimte om veiligheidsmaatregelen in te passen in de kust steeds meer beperkt. Via de zogenaamde Beleidsagenda voor de Kust (RIKZ, 2002) en het eerste rapport van de kustvisie (Provincies Noord- en Zuid-Holland, Arcadis, Nieuwe Gracht en Alkyon, 2002) is op nationaal respectievelijk provinciaal niveau een aanzet gegeven tot een duurzame aanpak van de zwakke schakels in de kust. Hierbij is het streven om met de aanpak van de zwakke schakels tegelijk ook de ruimtelijke kwaliteit te versterken. Met de nieuwe inzichten in de zwaardere golfbelasting is deze problematiek alleen nog maar urgenter geworden. Het landelijk gevolgde proces om deze zwakke schakels aan te pakken bestaat ruwweg uit twee fasen (zie ook de beschikking en het Procesplan Zwakke Schakels):

1. allereerst een planstudiefase waarin principe-keuzes voor landwaarts, consolideren of zeewaarts worden gemaakt; en
2. vervolgens een dijkversterkingsplan-fase waarin één van de drie eerder genoemde oplossingsrichtingen nader wordt uitgewerkt.

De Planstudie Veiligheid voor de Provincie Noord-Holland, waar dit rapport over gaat, moet dus in deze context worden gezien. Voor de kust van Noord-Holland zijn de volgende zwakke schakel locaties aan de orde gekomen:

- de Helderse zeevering,
- de Kop van Noord-Holland, met daarbij in het bijzonder aandacht voor:
 - het Botgat, en
 - de smalle duinenrij tussen Groote Keeten en Callantsoog
- en de Hondsbossche en Pettemer zeevering.

Voor elk van deze locaties is de veiligheidsproblematiek nader bestudeerd en is waar nodig een aantal alternatieve oplossingen uitgewerkt. Conform de bovenbeschreven fasering in het aanpakken van zwakke schakels zijn de alternatieve oplossingen, voor de boven beschreven probleemgebieden, uitgewerkt tot een detail niveau dat nodig was voor het maken van een afweging. Detaillering van de uiteindelijk gekozen oplossing komt in het dijkversterkingsplan aan de orde. Dit rapport behandelt het voor de planstudie gevolgde proces in hoofdlijnen en bevat de voornaamste conclusies. Voor meer gedetailleerde beschrijvingen wordt verwezen naar de relevante onderliggende rapporten.

Dit rapport begint met een beknopte beschrijving van de problematiek en van de gevolgde route naar oplossing (Hoofdstuk 2). Vervolgens worden per bekeken zwakke schakel de belangrijkste conclusies opgesomd. Allereerst voor de Kop van Noord-Holland (in Hoofdstuk 3), daarna voor de Hondsbossche- en Pettemer zeevering (in Hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 bevat een beknopte discussie en de belangrijkste conclusies. In de nu volgende paragraaf wordt de problematiek op de bovengenoemde locaties nog even kort ingeleid.

1.1 Beknopte probleem beschrijving

1.1.1 De Helderse zeewering

De Helderse zeewering was bij toetsing met de randvoorwaarden uit het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 1996 in eerste instantie aangemerkt als zwakke schakel. Er werd toen wel aangegeven dat deze randvoorwaarden niet echt realistisch waren omdat de afscherming door Texel en de invloed van de Razende Bol niet goed werden meegenomen. Bij de latere verzwaarde golfrandvoorwaarden (2003) werd deze afscherming wel goed verwerkt. Nadere studie in het beheedersoordeel van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en de planstudies veiligheid voor de Provincie Noord-Holland wees uit dat de eerder als zwakke schakel aangemerkte Helderse zeewering bij de nieuwe (voor deze kering meer realistische) randvoorwaarden niet langer als zwakke schakel hoeft te worden aangemerkt. De dijk voldoet voor de komende 50, en mogelijk zelfs 200, jaar aan de randvoorwaarden uit het beheedersoordeel (zie voor meer details Van Nieuwenhuijzen (2004)). Als gevolg van deze constatering is er geen verder onderzoek naar de Helderse zeewering uitgevoerd. Dit rapport zal er ook niet verder op ingaan.

1.1.2 De Kop van Noord-Holland

In het gebied van de Kop van Noord-Holland, zoals het gebied tussen de Helderse zeewering en de Hondsbossche en Pettemer zeewering wordt genoemd, is sprake van twee bekende zwakke plekken, te weten het Botgat (raai 928) en de smalle duinenrij tussen Groote Keeten en Callantsoog (raai 1123 – 1360). Deze plekken zijn in het beheedersoordeel van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier naar aanleiding van de verzwaarde golfrandvoorwaarden ook expliciet aan de orde gekomen.

Om te kijken of er naast deze vanuit het beheedersoordeel bekende plekken nog andere elementen in de kustverdediging op de wat langere termijn (50 – 200 jaar) aandacht behoeften, zijn in de planstudies veiligheid aanvullende afslagsommen gemaakt voor de hele Kop van Noord-Holland. Op basis van die berekeningen zijn ruwweg vier wat grotere probleemgebieden en drie kleine probleemgebieden aangewezen (zie voor meer details Van Koningsveld en Boot (2004)):

De grotere gebieden liggen rondom het Botgat (raai 928 – 968), tussen Groote Keeten en Callantsoog (raai 1123 – 1360), rondom ECN (raai 1880 – 1940) en net ten noorden van de Pettemer zeewering (raai 1955 – 2023). De eerste twee probleemgebieden spelen op de korte termijn en zijn als zodanig dan ook expliciet behandeld in het beheedersoordeel 2003 van Hollands Noorderkwartier. Bij de laatste twee gebieden maakt de aard van het duinprofiel een definitieve toetsing met het standaard instrumentarium uit de Leidraad Duinafslag lastig. Beide gebieden zijn erg laag, met over het algemeen een smalle eerste duinregel waardoor doorbraak van deze eerste duinregel waarschijnlijk is. Gebaseerd op de gemaakte berekeningen wordt een nadere analyse aanbevolen. Het is echter de vraag of het duinafslaginstrumentarium uit de Leidraad Duinafslag 1984, zelfs een met een doorbraakroutine uitgebreide versie daarvan, wel zo geschikt is voor een dergelijke complexe analyse. Ook in het beheedersoordeel wordt in vergelijkbare gevallen geavanceerdere studie aanbevolen waarin ook rekening gehouden wordt met de tijdseffecten van stormduur en afslag.

De kleinere probleemgebieden liggen rond Groote Keeten (raai 1000 – 1016) en Het Zwanenwater (raai 1483, 1688 en 1748 – 1763). Ook in deze gebieden is sprake van een laag duingebied. Nadere analyse suggereert dat deze raaien voor 'nu' net voldoen. Er is echter nauwelijks sprake van enige restveiligheid en een nadere analyse wordt dus aanbevolen.

Navraag bij Hollands Noorderkwartier bevestigt het beeld voor de beschreven probleem gebieden: net aan veilig voor 'nu' maar met weinig restveiligheid. Overigens kunnen eventuele versterkingswerkzaamheden voor deze gebieden waarschijnlijk gewoon binnen het bestaande duingebied worden uitgevoerd.

1.1.3 Hondsbossche en Pettemer zeewering

Derde en laatste zwakke schakel in dit gebied is de combinatie van de Hondsbossche en Pettemer zeewering.

De Hondsbossche en Pettemer zeeweringen verbinden de duinen bij Camperduin en bij Petten. De twee zeeweringen vormen één doorgaand dijklichaam. De zeeweringen liggen erg naar voren ten opzichte van de naastgelegen duinen. De Pettemer zeewering is 1,6 km lang, de Hondsbossche zeewering is 4,4 km lang. Voor de dijkvakken liggen strandhoofden.

Belangrijkste zwakke plek is de te grote overslag tijdens de normcondities (1/10.000). Daarnaast is de veiligheid van de aansluitingsconstructies van de keringen met het aangrenzende duingebied een aandachtsgebied.

In verband met het huidige veiligheidsniveau is besloten om op korte termijn enkele maatregelen uit te voeren. Bij Petten is eind 2004 als noodmaatregel een stalen damwand op de kruin van de dijk geplaatst. De wand is ongeveer 1200 meter lang en steekt zo'n 70 centimeter uit boven de kruin. In 2005 wordt ook de Hondsbossche zeewering onder handen genomen. Bij dit dijkvak wordt het grasdek aan de bovenzijde vervangen door een stenen mat van zogeheten basalt.

De bovenbeschreven ingrepen zijn bedoeld om het veiligheidsniveau op korte termijn te verhogen. Dit maakt het zoeken naar oplossingen voor de lange termijn, zoals dat in deze planstudie gebeurt, geenszins overbodig.

2 Aanpak van de studie

Om uit te zoeken hoe de verschillende zwakke schakels het beste kunnen worden aangepakt zijn verschillende fasen doorlopen, te weten:

1. een inceptiefase (geen rapport);
2. een planform design fase (WL Z3725.20);
3. een morfologische analyse (WL Z3725.30) en een globaal ontwerp (RH 9P4791.A0)
4. een integratie fase (WL Z3725.50).

In de inceptiefase zijn per zwakke schakel de te onderzoeken oplossingsvarianten op een rij gezet. In de tweede stap, de zogenaamde planform design fase, zijn deze oplossingsvarianten zo veel mogelijk in hun basisvorm uitgewerkt. Dit hield bijvoorbeeld in dat voor een zeewaartse zandige oplossing eerst gekeken werd naar een ontwerp met alleen maar zand. In de daarop volgende fasen is vervolgens gekeken naar het (besparende) effect van ondersteunende maatregelen (bijvoorbeeld strekdammen) op deze basisvarianten. In de laatste fase is de informatie uit de voorgaande fasen geïntegreerd om in beeld te krijgen hoe de verschillende varianten zich tot elkaar verhouden. Het detail niveau van de analyses is afgestemd op het hoofddoel van de studie namelijk het ondersteunen van de afweging van de verschillende varianten. Voor een uiteindelijk uit te voeren dijkversterkingsplan is een meer gedetailleerd ontwerp nodig. In de nu volgende paragrafen wordt in hoofdlijn beschreven welke uitgangspunten bij de analyses zijn gehanteerd. Voor details over de bij de verschillende analyses gehanteerde uitgangspunten, wordt verwezen naar de rapporten van de planform design fase (Van Koningsveld en Van Nieuwenhuijzen, 2004), de morfologische analyse (Van Kessel, Aarninkhof en Van Koningsveld, 2004) en de detailanalyse (Van Nieuwenhuijzen, 2004).

2.1 Uitgangspunten technische berekeningen

Conform de voorschriften is bij de analyse van de basisvarianten gekeken naar een veilig ontwerp voor een periode van 50 jaar en de benodigde ruimtereservering voor een periode van 200 jaar. Daarnaast is gekeken naar de veiligheidssituatie onder de huidige toetsomstandigheden.

Tabel 2-1: Aanbevolen waarden voor randvoorwaarden op de lange termijn

Jaar	2050	2100	2200
Minimumscenario:			
- zeespiegel	+0,10 m	+ 0,20 m	+ 0,40 m
- extra stormopzet	-	-	-
- golfhoogte ¹	-	-	-
- verhoging dwarsprofiel ²	+0,10 m	+ 0,20 m	+ 0,40 m
Middenscenario:			
- zeespiegel	+ 0,30 m	+ 0,60 m	+ 1,20 m
- extra stormopzet	-	-	-
- golfhoogte ¹	-	-	-
- verhoging dwarsprofiel ²	+ 0,30 m	+ 0,60 m	+ 1,20 m
Maximumscenario:			
- zeespiegel	+0,45 m	+0,85 m	+1,70 m
- extra stormopzet	+0,40 m	+0,40 m	+0,40 m
- golfhoogte ¹	5%	5%	5%
- verhoging dwarsprofiel ²	+0,45 m	+0,85 m	+1,70 m

¹: De golfhoogte in deze tabel is de golfhoogte op diep water.

²: De in deze tabel genoemde profiel verhoging geldt niet voor dijken.

Er is bij het ontwerp gebruik gemaakt van de hydraulische toetsrandvoorwaarden zoals die zijn gebruikt in het beheerdersoordeel kust. Deze randvoorwaarden zijn aangeleverd aan de beheerders door Rijkswaterstaat DWW. Hierbij is aangegeven dat deze randvoorwaarden voor de zachte kust mogelijk te zwaar zijn en voor de harde waterkeringen in de kust waarschijnlijk te licht. Ten behoeve van het later op te stellen dijkversterkingsplan is het de bedoeling gebruik te maken van nieuwe randvoorwaarden.

Om tot ontwerpen voor 50 en 200 jaar te komen is voor de benodigde klimaatscenario's gebruik gemaakt van door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) aanbevolen getallen (TAW, 2002). Deze zijn samengevat in Tabel 2-1. Deze tabel is ook opgenomen in Hoofdstuk 7 van de Leidraad Zandige Kust (TAW, 2003). De relevante ontwikkelingen voor een ontwerp voor 50 jaar zijn gebaseerd op het middenscenario. De ruimtereservering wordt gebaseerd op het maximumscenario voor 200 jaar. In de te beschouwen kustgedeelten zijn zowel dijken als duinen aanwezig. In de volgende subparagrafen wordt kort ingegaan op de aanpak van de analyse van beide.

2.1.1 Dijken

Zoals gezegd is voor de analyse van de basisvarianten gekeken naar een veilig ontwerp voor een periode van 50 jaar en de benodigde ruimtereservering voor een periode van 200 jaar. Voor dijken is voor beide ontwerplevensduren op eenvoudige wijze een robuust ontwerp gemaakt door te kijken naar het overslagdebiet. Gekeken is of de kans dat het toelaatbaar overslagdebiet wordt overschreden (de overbelasting), kleiner was dan een vooraf gestelde norm. Waar dit niet het geval was is een, in eerste instantie met name op hoogte gebaseerd, nieuw ontwerp gemaakt. Vanuit de benodigde hoogte is vervolgens de rest van het dijkprofiel afgeleid. De kans op falen van de kering als gevolg van overige faalmechanismen als geen overbelasting optreedt moet verwaarloosbaar klein zijn. Andere faalmechanismen zijn in de nadere uitwerking bekeken.

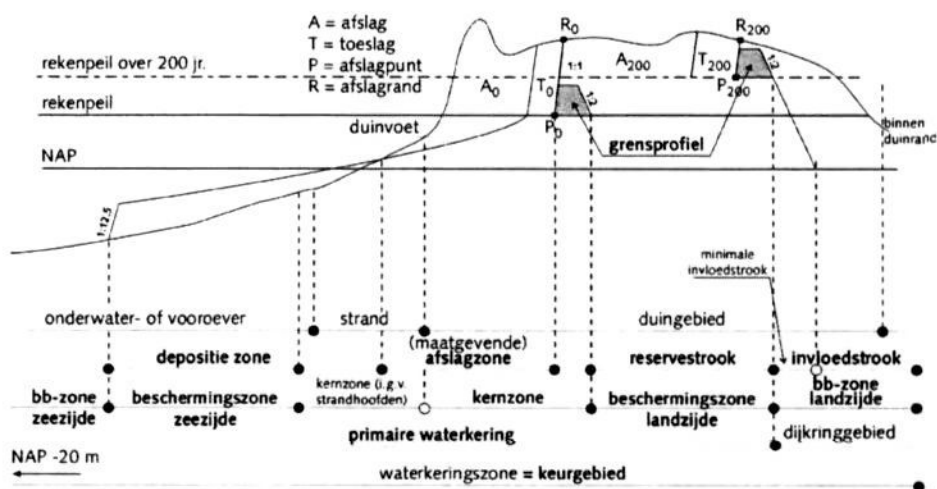
Zoals gezegd is bij de ontwerpen rekening gehouden met door de TAW aanbevolen scenario's voor zeespiegelstijging en klimaatverandering. De profielaanpassing in Tabel 2-1 is afgeleid van het uitgangspunt dat het suppletiebeleid in de toekomst zal worden doorgezet. Het betreft een verhoging van het dwarsprofiel van duinen en aansluitingsconstructies. Als conservatief uitgangspunt is ervoor gekozen deze aanpassing niet voor dijken te hanteren.

Daarnaast is rekening gehouden met bodemdaling. De bodemdaling is het gevolg van verschillende natuurlijke processen. De belangrijkste oorzaak van bodemdaling in de kustzone is de verticale beweging van pleistocene zandlagen en oudere aardlagen. Hierdoor 'kantelt' Nederland. De kanteling vindt globaal plaats langs de lijn Emmen – Bergen op Zoom: het noordwesten daalt, het zuidoosten stijgt. Het effect van bodemdaling is dus van belang in het noordwesten van Nederland en dus voor deze planstudie. Volgens een door RWS RIZA uitgegeven bodemdalingskaart bedraagt de bodemdaling voor de Helderse, Hondsbossche en Pettemer Zeewering 5-10 cm over een periode van 50 jaar volgens de ongunstigste scenario's (scenario 4, 5 en 6). Het achterland van deze keringen heeft een grotere verwachte bodemdaling. Voor de planperiode van 200 jaar wordt uitgegaan van 40 cm, dit is een conservatief uitgangspunt. De bodemdaling wordt meegenomen in de berekeningen door het gehele dijkprofiel te laten dalen met 10 cm voor de periode van 50 jaar, met 40 cm voor 200 jaar. Als conservatief uitgangspunt is ervoor gekozen om ervan uit te gaan dat ook de vooroever de bodemdaling volgt.

Voor de uiteindelijke berekeningen is gebruik gemaakt van het computerprogramma PC-Overslag, zoals dat door RWS DWW is ontwikkeld. Voor details omtrent de uitgevoerde berekeningen en de uiteindelijk gehanteerde randvoorwaarden wordt verwezen naar Van Koningsveld en Van Nieuwenhuijzen (2004).

2.1.2 Duinen

Ook voor het planform design van duinen is op eenvoudige wijze een robuust ontwerp gemaakt. Waar bij dijken werd gekeken naar het overslagdebiet als faalmechanisme, is bij duinen vooral gekeken naar de hoeveelheid duinafslag onder de ontwerpcondities. Wanneer een duin onvoldoende sterk is om de ontwerpcondities te weerstaan (doorbraak), wordt een duinversterking ontworpen. Bij het ontwerp is met name gekeken naar de positie van het afslagpunt P en de ligging van het grensprofiel. Als basis voor de veiligheidsbeoordeling van duinwaterkeringen dient de Leidraad Duinafslag (TAW, 1984). De beoordeling wordt uitgevoerd aan de hand van jarenlange reeksen profielmetingen (JARKUS). De voor deze studie belangrijke elementen van duinafslagberekeningen zijn terug te vinden in Figuur 2-1.



Figuur 2-1. Samenhang tussen de waterkeringstechnische laag en de juridische laag (uit: TAW (2003))

Eenvoudig gezegd wordt een evenwicht afslagprofiel (bestaande uit een talud van 1:12,5 aan de zeewaartse kant, een parabolische vorm bepaald door Rekenpeil, H_0 s, D_{50} in het middengedeelte en een talud van 1:1 aan de landwaartse kant) met de bovenkant van het parabolische deel op het rekenpeil door een duinmassief geschoven tot het afgeslagen volume even groot is als het op de vooroever gedeponeerde deel. Vervolgens wordt nog een toeslagvolume T in rekening gebracht in verband met enkele te verwachten onzekerheden (bui oscillaties, onzekerheden in het model etc.). Het meest landwaartse punt van het toeslagvolume op het rekenpeil wordt het afslagpunt P genoemd. Verder moet voor de veiligheid nog een bepaald grensprofiel tussen het toeslagvolume en de achterkant van het duinmassief passen. Figuur 2-1 laat bovendien nog zien wat het effect is van veranderende randvoorwaarden en hoe de verschillende zones afgeleid zijn van de berekeningsuitkomsten.

Per JARKUS raai kan voor bepaalde randvoorwaarden het afslagpunt worden bepaald met behulp van de methode zoals die is beschreven in de Leidraad Duinafslag (TAW, 1984). Voor de technische details van deze methode wordt verwezen naar het Basisrapport Zandige Kust (TAW, 1995) waarin deze Leidraad Duinafslag integraal is opgenomen.

De (toets)methode uit de Leidraad Duinafslag gaat uit van een piekperiode T_p van 12 sec. Veranderende inzichten in de golfrandvoorwaarden leren dat deze piekperiode in werkelijkheid waarschijnlijk zo'n 4 à 5 seconden groter is. De daarmee gepaard gaande grotere hoeveelheid energie die het strand bereikt zorgt naar verwachting voor een grotere duinafslag. Om dit effect mee te nemen zou dus met een andere piekperiode moeten worden gerekend. Op dit moment, echter, is er geen rekeninstrument beschikbaar waarmee de effecten van een dergelijke verandering in de golfrandvoorwaarden goed kunnen worden meegenomen. Om toch al wat over de effecten te kunnen zeggen is in de beheerdersoordelen 2003 een pragmatische rekentruc gebruikt. In het kort komt die er op neer dat in de berekeningen de korreldiameter, de belangrijkste invoerparameter die invloed heeft op de profiel vorm, zodanig wordt aangepast dat boven rekenpeil een vooraf bepaald percentage extra afslag is bereikt. Voor details over deze methode wordt verwezen naar de beheerdersoordelen kust (zie o.a. HHNK (2003)). Verwacht wordt overigens dat deze voor duinen gehanteerde aanname aan de veilige kant is.

Hoewel de rekenregels redelijk eenvoudig zijn is berekening met de hand onbegonnen werk, mede met het oog op het grote potentiële aantal te bestuderen raaien. De bovenbeschreven duinafslag rekenregels zijn ondermeer geïmplementeerd in de Universal Coastal Intelligence Toolkit (UCIT) die door WL|Delft Hydraulics wordt ontwikkeld.

2.2 Uitgangspunten kostenschatting (aanleg en onderhoud)

Op basis van de ontwerpen gemaakt volgens de hiervoor beschreven methoden, zijn ramingen gemaakt van aanleg- en onderhoudskosten. Deze kostenramingen maken een belangrijk onderdeel uit van het afwegingsproces.

Er zijn verschillende manieren om de kosten te presenteren. Om een eenduidige vergelijking te kunnen maken van verschillende kostenstromen (in de tijd) wordt bij haalbaarheidsstudies vaak uitgegaan van de zogenaamde Netto Contante Waarde (NCW). Hierbij worden alle kosten (en bij kostenbaten analyses ook de baten) door middel van 'discontering' naar één enkel referentiejaar, veelal het huidige jaar, teruggerekend. De gedachte achter deze methode is als volgt: het *nu* financieren van een *toekomstige* investering kost minder naar mate de investering verder in de toekomst ligt. De reden is natuurlijk dat langer rente kan worden getrokken over het financieringsbedrag. In NCW termen ligt de contante waarde van een toekomstige uitgave is dus lager dan dezelfde uitgave nu.

In deze planstudie worden aanleg- en onderhoudskosten beschouwd. De aanlegkosten vinden in of kort na het referentiejaar plaats, de onderhoudskosten vormen een gestage stroom uitgaven door de jaren heen. De netto contante waarde van de aanleg, gedaan in het referentiejaar, is in feite gelijk aan de aanlegkosten zelf. De netto contante waarde van het onderhoud is een optelsom van de verdisconteerde onderhoudskosten. Het onderhoud dat het eerste jaar na de investering plaats vindt telt hierbij het zwaarst mee, het onderhoud na zo'n 50 jaar speelt vrijwel geen rol meer.

De overheid is verantwoordelijk voor kustonderhoud, niet alleen nu maar ook in de toekomst. Ook al vallen de onderhoudskosten in de verre toekomst weg in de netto contante waarde, toch is de hoogte van de jaarlijkse onderhoudskosten waarschijnlijk een belangrijk

besliscriterium. Daarom wordt niet alleen de netto contante waarde van de kosten beschouwd maar ook de absolute omvang van de jaarlijkse kosten. Hiertoe kunnen ook eventuele financieringskosten van de investeringen worden gerekend.

In de volgende hoofdstukken wordt eigenlijk alleen het eindresultaat van de kostenramingen besproken. Deze ramingen zijn gebaseerd op eenheidsprijzen, zoals verkregen van onder andere Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. Voor nadere details over de kostenramingen en de daarbij gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar Van Nieuwenhuijzen (2004). Het is belangrijk om te realiseren dat de projectkosten slechts een indicatie vormen! De hoeveelheden en aantallen zijn zeer globaal bepaald. Benodigde hoeveelheden materiaal zijn per maatregel veelal bepaald op basis van enkele dwarsprofielen. De te verwerven bebouwing is globaal geïnventariseerd aangezien gedetailleerde informatie niet beschikbaar was. De nu geraamde kosten zijn dus globaal. Zij zullen bij nadere detaillering van individuele maatregelen zeker nog wijzigen! Voor het afwegen van de alternatieven, echter, is de nu gehanteerde mate van detail naar verwachting wel voldoende.

3 Resultaten Kop van Noord-Holland

Het plangebied voor de Kop van Noord-Holland strekt zich uit van Petten in het zuiden tot Huisduinen in het Noorden, zie onderstaande figuur (Figuur 3-1).



Figuur 3-1: Overzicht van de Kop van Noord-Holland met jarkusraaien.

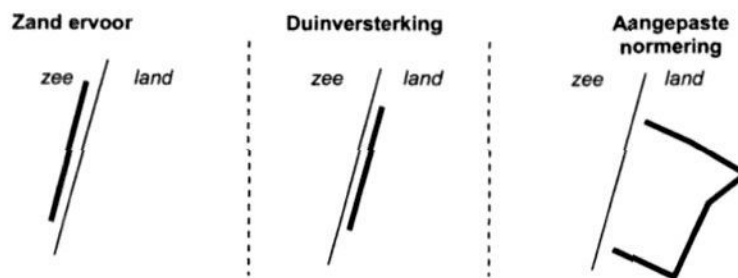
3.1 Beschrijving basis varianten

Uit het beheerdersoordeel van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is gebleken dat Jarkus raaien 928 en 1123 t/m 1381 het oordeel onvoldoende veilig hebben gekregen in de toetsing. Het betreft hier een duinenkust.

Het gebied bij raai 928 (het Botgat) kan worden opgelost in het duingebied zelf. In de kostenschattingen is deze ingreep meegenomen, maar zij zal hier verder niet apart worden beschreven. Voor het gebied tussen Groote Keeten en Callantsoog (van raai 1123 t/m 1381) is gekeken naar de volgende basisvarianten (zie Figuur 3-2):

- Zand ervoor (onder water/op het strand/tegen de duinen aan)
- Landwaartse duinversterking (grensprofiel moet er in passen)
- Callantsoog dijkkring/aangepaste normering

Figuur 3-2 zet, in sterk geschematiseerde vorm, de verschillende oplossingen nog eens op een rijtje.



Figuur 3-2. Kop van Noord-Holland: Schematisch overzicht van de uit gewerkte varianten.

Zand ervoor

Het duinmassief in het gebied tussen Groote Keeten en Callantsoog is smal en voldoet niet aan de norm. In de basis variant 'zand ervoor' wordt de benodigde veiligheid gerealiseerd door het duinmassief aan de zeewaartse kant te versterken door zand aan te brengen tegen het duin, op het strand of op de vooroever (in de depositiezone). De benodigde hoeveelheid wordt als volgt bepaald. Eerst wordt het dwarsprofiel zodanig aangepast dat de afslagsommen de gewenste resultaten geven. Door het verschil tussen het aangepaste en het uitgangsprofiel te bepalen kan de benodigde hoeveelheid zand worden vastgesteld. Het aan de zeezijde aangebrachte zand staat, echter, wel bloot aan de invloed van stroming en golven. Een deel van het aangebrachte zand zal voor de veiligheidsdoelstelling dus verloren gaan. Een belangrijk element van deze basisvariant is dan ook het onderhoud.

Landwaartse duinversterking

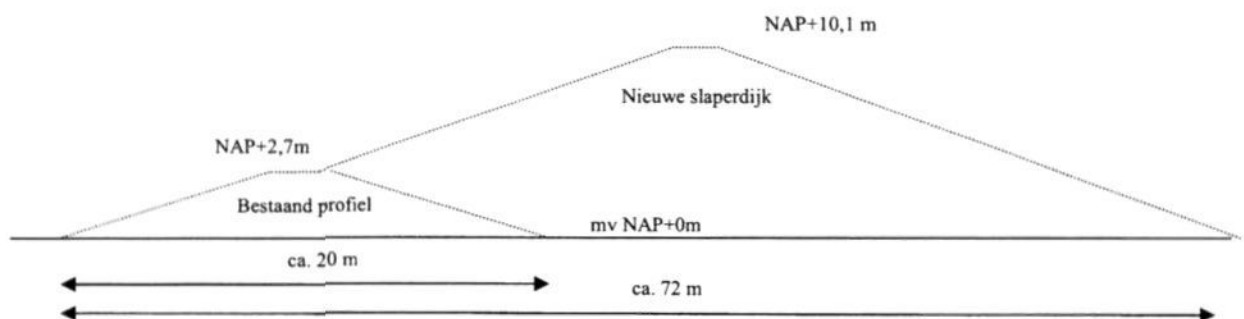
In de basisvariant 'landwaartse duinversterking' wordt de benodigde veiligheid gerealiseerd door het duinmassief aan de landwaartse kant te versterken. De benodigde versterkingshoeveelheid wordt op vergelijkbare wijze bepaald bij de oplossing 'zand ervoor'. Voordeel van een landwaartse versterking is dat er geen zeewaartse zandverliezen optreden. Onderhoudskosten zullen hier dus een veel minder belangrijke rol spelen. Belangrijk nadeel, echter, is dat landwaartse versterking ten koste gaat van bestaande bebouwing. Vastgoedkosten zijn een belangrijk element van deze basisvariant.

Aangepaste normering

Bij de basisvariant 'aangepaste normering' is de mogelijkheid bekeken om wat betreft de duinenrij voor Callantsoog een lagere normering te accepteren. Het dorp Callantsoog zelf zou dan een lagere veiligheidsnormering krijgen, namelijk 1/4.000, vergelijkbaar met Texel. De 1/10.000 norm voor het achterland zou dan door achter het dorp lopende slaperdijken moet worden gegarandeerd. De voornaamste ingreep ligt bij deze variant in het aanpassen van de achter het dorp lopende slaperdijken.

Voor het ontwerp van de slaperdijken is als volgt geredeneerd. Bij de maatgevende superstorm, zal het duinmassief zeker doorbreken. Door de bres in het duinmassief zullen water en golven het achterliggende gebied gaan binnendringen. Na enige tijd zal zich zoveel water in het gebied hebben verzameld dat de slaperdijken belast zullen worden. Het betreft hier, echter, duidelijk niet dezelfde randvoorwaarden als direct aan zee. Golven in het gebied zullen door de beperkte diepte gedeeltelijk worden gebroken en ook de aanwezige bebouwing zal de kracht van de golven wel breken. Om niet te optimistisch te rekenen is uitgegaan van het rekenpeil op zee en dieptebepaalde golven in het gebied (significante golfhoogte ongeveer de helft van de aanwezige waterdiepte).

Het volgen van de bovenbeschreven benadering resulteert in een benodigde verhoging van de slaperdijken. De Zijperzeedijk en de Noordschinkeldijk moeten respectievelijk zo'n 8 meter en 7,5 meter worden verhoogd en daarmee dus ook verbreed. De uiteindelijke kruinhoogtes komen daarmee op respectievelijk 12,5 m en 10,1 m boven NAP. De breedtes aan de voet van de slaperdijken komen op respectievelijk ca. 85 en 70 m (waarbij wel zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van de bestaande slaperdijk structuren).



Figuur 3-3. Voorbeeld van de slaperdijkaanpassing (Noordschinkeldijk).

3.2 Kustmorfologische analyse

Van de drie bovenbeschreven basisvarianten heeft alleen de 'zand ervoor' variant een kustmorfologische impact. Bij de overige twee varianten vinden de ingrepen plaats aan de landwaartse kant van het duinmassief. In de kustmorfologische analyse is voor de basisvariant 'zand ervoor' gekeken naar twee aspecten. Allereerst is bekeken hoe groot het zandverlies naar zee, en dus de te verwachten onderhoudsinspanning, zou zijn zonder ondersteunende maatregelen. Daarna is gekeken naar de onderhoudsbesparende effecten van één lange dam en van een serie kortere dammen.

Effectiviteit van zandige maatregelen

Een belangrijk eerste element in de analyse is de effectiviteit van zandige maatregelen. Kort gesteld is bij het bepalen van de effectiviteit de volgende redenering gehanteerd. Wanneer het zand 100% effectief zou zijn, zou het aanbrengen van een bepaalde hoeveelheid zand X leiden tot een kustuitbouw¹ met exact dezelfde hoeveelheid X. In de praktijk weten we, echter, dat het zand niet 100% effectief is, een deel verdwijnt naar de duinen, naar dieper water en naar aangrenzende kustvakken. Wanneer een bepaalde hoeveelheid gesuppleerd zand slechts leidt tot een MKL volumetoename van 45 % van die gesuppleerde hoeveelheid, oftewel een zeewaartse verschuiving van de kustlijn, heeft het zand dus maar voor 45% bijgedragen aan de kustuitbreidingsdoelstelling. Het zand is dan dus 45 % effectief; of 55 % ineffectief als je juist meer in het zandverlies geïnteresseerd bent. Met behulp van deze analyse van de effectiviteit van het zand kan wat worden gezegd over de verwachte onderhoudsinspanning die zal moeten worden geleverd.

Op basis van data analyse (suppletiedata en gemeten bodemprofielen) en model onderzoek kan een eerste indruk worden verkregen van de effectiviteit van suppletiezand. Van Kessel, Aarninkhof en Van Koningsveld (2004) geven de volgende effectiviteitschattingen voor de Kop van Noord-Holland (zie Tabel 3-1).

Tabel 3-1: Effectiviteit van strand- (ϵ_S) en onderwatersuppleties (ϵ_{OW}) in de Kop van Noord-Holland. $\Delta V_{KUSTLANGS}$ is de lokale langstransportgradient, $\Delta V_{UITBOUW}$ is het volume kustuitbouw, V_{strand} is het volume strandsuppletie en V_{OW} het volume onderwateroversuppletie. Voor verdere details zie Van Kessel, Aarninkhof en Van Koningsveld (2004)

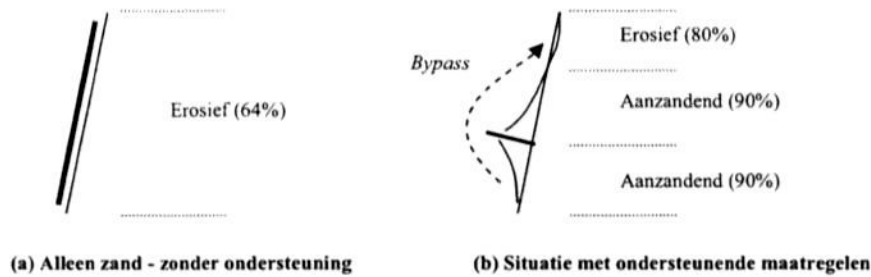
Kustvak	RSP- Noord	RSP- Zuid	$\Delta V_{KUSTLANGS}$ (m ³ /jr)	$\Delta V_{UITBOUW}$ (m ³ /jr)	V_{strand} (m ³ /jr)	ϵ_S (%)	V_{OW} (m ³ /jr)	ϵ_{OW} (%)
Den-Helder	0	7.000	33.000	63.600	214.000	45.2%	0	18.1%
Callantsoog	7.000	14.000	33.000	77.000	127.000	64.1%	111.000	25.6%
Petten	14.000	21.000	33.000	39.200	149.000	48.4%	0	19.4%

Met behulp van deze effectiviteitpercentages is ingeschat hoe vaak en hoeveel onderhoud moet worden gepleegd. Een analyse over een ontwerplevensduur van 50 jaar liet zien dat bij een zandige oplossing zonder ondersteunende maatregelen de aanlegkosten weliswaar laag zijn maar de onderhoudsinspanningen en daarmee uiteindelijk ook de kosten enorm oplopen (zie Tabel 3-2).

Besparing met ondersteunende maatregelen

Als een belangrijk tweede element is onderzocht of het verwachte zandverlies beperkt kon worden met behulp van ondersteunende maatregelen, in dit geval strekdammen. Om de mogelijke onderhoudsbesparende werking van strekdammen te kunnen begrijpen is het handig om ook weer in termen van de effectiviteit van zand te denken (zie Figuur 3-4).

¹ Let op: kustuitbouw wordt in dit geval beschouwd in termen van verschuivingen in de Momentane Kustlijn (MKL). Voor de definitie van de MKL wordt verwezen naar de Leidraad Zandige Kust (TAW, 2003).



Figuur 3-4. Werking van ondersteunende maatregelen. Getallen tussen haakjes geven een indicatie van de effectiviteit van het zand.

Figuur 3-4a laat zien dat voor zand zonder ondersteunende maatregelen het eerder besproken effectiviteitverhaal opgaat. Wanneer een kustdwarse dam wordt aangelegd zal de kustlijn daar uiteindelijk in evenwichtsbogen tegenaan gaan groeien (zie Figuur 3-4b); de kust rondom de havendammen van IJmuiden is daarvan een goed voorbeeld. Deze kustbogen ontstaan vanzelf als gevolg van natuurlijke processen, zij het zeer geleidelijk. Met het oog op onderhoudsbesparing is het beter om de evenwichtsbogen (in elk geval gedeeltelijk) al meteen aan te leggen. Door de nieuwe oriëntatie van de kustlijn en de gedeeltelijke golfafscherming door de dam is het zand dat in de kustbogen licht erg stabiel. Het zand voor initiële aanleg van de bogen heeft dan ook een hoog effectiviteitspercentage. In feite zullen de kustbogen blijven groeien totdat het zand op een gegeven moment op natuurlijke wijze om de dam heen kan ‘stromen’.

Doordat de dam het langtransport (geheel of gedeeltelijk) blokkeert, zal het gebied ‘benedenstrooms’ van de dam te maken krijgen met een zandtekort, met erosie als gevolg. Het tegengaan van die erosie wordt beschouwd als noodzakelijk onderhoud. Wanneer het voor dit onderhoud benodigde zand van ‘bovenstrooms’ van de dam komt spreken we van het ‘bypassen’; dit bypassen kan op natuurlijke of kunstmatige manier gebeuren. Tot er sprake is van natuurlijke bypassing, moet dit kunstmatig plaatsvinden. Een bypass-installatie kan bestaan uit een permanente constructie met een zandvang, een pomp en een persleiding. Ook kan worden gekozen voor tijdelijke constructie die enkele keren per jaar wordt geïnstalleerd. Het ontwerp van de bypass-installatie moet voor het benodigde volume worden geoptimaliseerd.

Doordat het bypassen geleidelijker gebeurt dan bijvoorbeeld een strandsuppletie is de effectiviteit van het bypass zand naar verwachting ook groter. Zo kan het dus zijn dat over het geheel genomen het aanbrengen van een strekdam een onderhoudsbesparende werking kan hebben. Bij het aanbrengen van kortere strekdammen zal eerder natuurlijke bypass plaatsvinden. Dit komt de onderhoudsbesparing logischerwijs nog verder ten goede. In Tabel 3-2 zijn de resultaten van de kustmorfologische analyse voor dit kustvak samengevat. De tabel laat duidelijk zien dat ‘alleen zand’ veel onderhoudskosten geeft. Gebruik van dammen vergt meer initiële aanleg maar minder onderhoud.

Tabel 3-2: Resultaten kustmorfologische analyse voor de Kop van Noord-Holland: basisvariant ‘zand ervoor’.

Omschrijving	alleen zand	lange dam	korte dammen
Aantal dammen	-	1	7 – 9
Lengte per dam	-	1000 – 1500	150 – 200
Totale damlengte (m)	-	1000 – 1500	1400
Investerings- en onderhoudskosten dammen	-	ja	ja
Initiële suppleties (Mm ³)	1.1	10 – 20	2.2
Onderhoudssuppleties over 50 jaar (Mm ³)	20	11.1	4.5

3.3 Detailontwerp

Op basis van de planform designs en de kustmorfologische analyse kan nu een meer gedetailleerd ontwerp worden gemaakt. Van Nieuwenhuijzen (2004) beschrijft dit proces in meer detail. Per basisvariant beschrijft hij hoe tracekeuzes zijn gemaakt en hoe de voor veiligheid benodigde aanleg- en onderhoudhoeveelheden zijn bepaald. Daarnaast is gekeken naar eventueel benodigde waterhuishoudkundige maatregelen, benodigde aanpassingen in de infrastructuur (verleggen van wegen etc.) en eventueel te verwerven grond en onroerend goed.

Kostenschatting

Voor de verschillende varianten zijn alle bovengenoemde elementen tezamen genomen waarna een kostenschatting is gemaakt (zie ook Paragraaf 2.2). De voornaamste resultaten zijn samengevat in Tabel 3-3.

Tabel 3-3: Groeitabel voor de Kop van Noord-Holland.

		Aangepaste normering	Landwaartse duinverbreding	Zand ervoor		
				geen	enkele dam	serie dammen
Ondersteunende maatregelen		geen	geen	geen		
Aanlegkosten	M€	72,5	95,2	18	146	36,8
Gemiddeld jaarlijks onderhoud	M€/jaar	2,0	1,8	3,4	0,9	0,4
NCW totaal [4%]	M€	115	135	92	166	46
NCW totaal [7%]	M€	100	121	65	159	43
Ruimtebeslag/winst 50 jaar	ha.	31 landwaarts	32 landwaarts	42 zeewaarts	180 zeewaarts	68 zeewaarts
Te verwijderen bebouwing	stuks	0	231	n.v.t	n.v.t	n.v.t

De variant ‘aangepaste normering’ was oorspronkelijk in beeld gekomen vanuit de gedachte dat het accepteren van een lagere veiligheidsnorm tot een aanzienlijke beperking van de kosten zou kunnen leiden. De gebleken benodigde versterking van de achter het dorp langslappende slaperdijken levert toch nog aanzienlijke aanleg- en onderhoudskosten op. De verhoging van de slaperdijken vormt een aanzienlijke ingreep in het landschap. Bovendien ligt het verlagen van de veiligheidsnorm in sociaal opzicht bijzonder gevoelig.

De variant ‘landwaartse duinverbreding’ is het goedkoopste wat betreft het benodigde *materiaal* voor aanleg en onderhoud. De duinverbreding aan de landwaartse kant gaat echter ten koste van de net achter het duin gelegen bebouwing. Compensatie van te verwijderen bebouwing veroorzaakt het grootste deel van de extra kosten, waardoor deze variant toch duurder uitvalt. Bovendien is de situatie dusdanig dat juist de strook te verwijderen bebouwing belangrijk is voor het economisch functioneren van Callantsog.

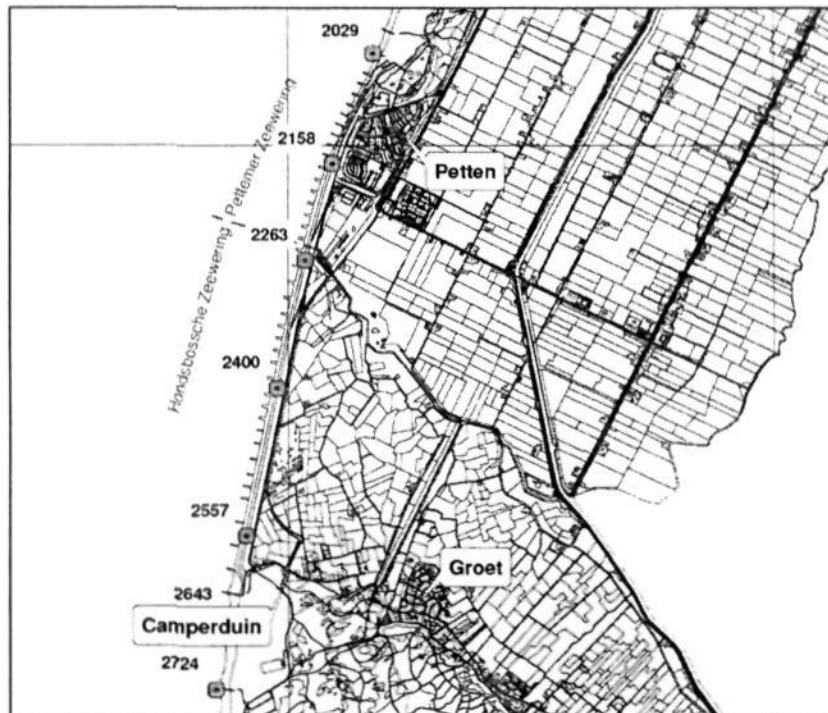
De variant zand ervoor leek vanwege de verwachte zandverliezen in eerste instantie veel te duur uit te pakken. De variant zonder ondersteunende maatregelen is ook relatief gezien vrij duur, met name vanwege het hoge terugkerende onderhoud. Met ondersteunende maatregelen is het zoals gezegd mogelijk te besparen op de onderhoudskosten. De vraag is of de verwachte besparing opweegt tegen aanlegkosten van de maatregelen. Voor één lange dam is dit duidelijk niet het geval. Dit komt met name door de sterke stijging van de kosten naarmate op dieper water moet worden gewerkt. De variant met een serie kortere strekdammen komt in deze analyse wat kosten betreft als het meest voordelige uit de bus.

Combinatie van maatregelen

Voor het gebied tussen Groote Keeten en Callantsoog ligt een opdeling van het plangebied in kleinere locaties waarvoor verschillende oplossingen gecombineerd zouden kunnen worden, zoals bijvoorbeeld wel het geval is bij de Hondsbossche en Pettemer zeewering, niet echt voor de hand.

4 Resultaten Hondsbossche- en Pettemer zeewering

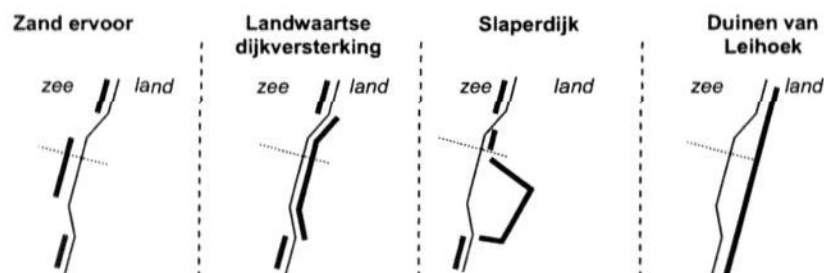
De Hondsbossche en Pettemer zeeweringen verbinden de duinen bij Camperduin en bij Petten (zie Figuur 4-1). De twee zeeweringen vormen één doorgaand dijklichaam. De zeeweringen liggen erg naar voren ten opzichte van de naastgelegen duinen. De Pettemer zeewering is 1,6 km lang, de Hondsbossche zeewering is 4,4 km lang. Voor de dijkvakken liggen strandhoofden.



Figuur 4-1: Overzicht Pettemer en Hondsbossche zeewering met Jarkusraaien.

4.1 Beschrijving basis varianten

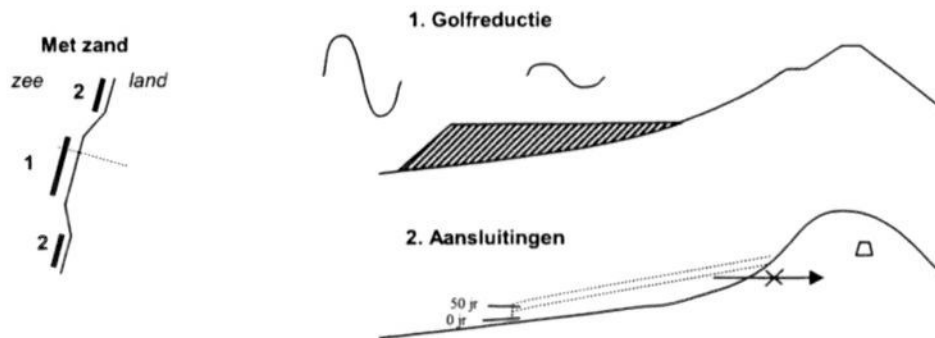
Voor de Hondsbossche en Pettemer zeewering, die als prioritaire zwakke schakel zijn aangemerkt, zijn de volgende basisvarianten uitgewerkt (zie ook Figuur 4-2): met zand ervoor, landwaartse dijkversterking, een slaperdijk variant en de Duinen van Leihhoek.



Figuur 4-2. Hondsbossche zeewering: Schematisch overzicht van de uit te werken varianten.

Zand ervoor

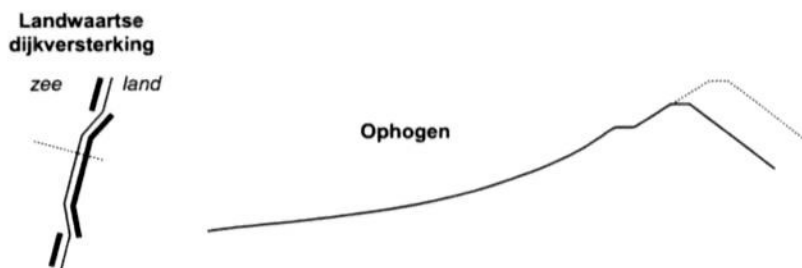
In de eerste variant wordt de kering veilig gemaakt met alleen zand. Onderstaande figuur laat zien dat dit alternatief uit twee onderdelen bestaat. Enerzijds is gekeken naar de hoeveelheid zand die nodig is om de golven dermate te reduceren dat de dijk in zijn huidige status veilig is (reductie van het overslag debiet). Daarnaast is gekeken naar het veilig maken van de aansluitingsconstructie.



Figuur 4-3. Hondsbossche en Pettemer zeekering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'met zand'.

Landwaartse dijkversterking

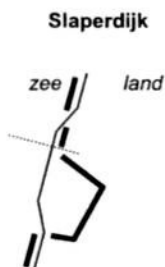
In deze variant is de kering veilig gemaakt door de dijk op de benodigde hoogte te brengen. De kruinverhoging heeft natuurlijk effect op de rest van het dijkprofiel. De benodigde aanpassingen van het dwarsprofiel worden aan de landwaartse kant uitgevoerd. Naast de aanpassing van de dijken is ook hier gekeken naar de aansluitingsconstructies. Hiervoor geldt dezelfde berekening als in onderdeel één van de variant met zand.



Figuur 4-4. Hondsbossche en Pettemer zeekering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'landwaartse versterking'.

Slaperdijk variant

De derde basisvariant is de Hondsbossche slaperdijk variant. Hoewel in de loop van het project is gebleken dat de slaperdijk in deze variant een veel minder grote rol speelt dan oorspronkelijk verwacht, is de naam gebleven. In deze variant wordt de Hondsbossche zeekering overslagbestendig gemaakt. Het gebied krijgt dus af en toe te maken met wateroverlast door overslag. Om de wateroverlast te beperken is het voldoende om enkele wegen in het gebied op te hogen. Verder moeten er enkele aanpassingen aan de waterhuishouding in het gebied worden gedaan.



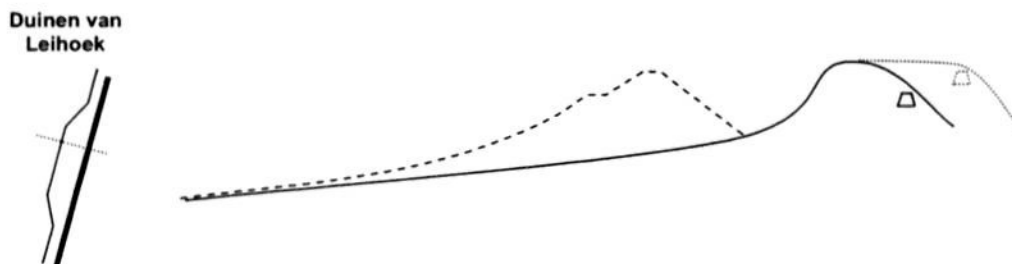
Figuur 4-5. Hondsbossche en Pettemer zeewering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'Slaperdijk'.

Naast de bovenbeschreven maatregelen moet de Pettemer zeewering ook nog worden versterkt. Hiervoor is dezelfde benadering gehanteerd als bij de landwaartse dijkversterking. Tot slot moeten ook de aansluitingsconstructies in deze variant worden versterkt. Hiervoor geldt dezelfde berekening als in onderdeel één van de variant met zand.

Naast deze overslagbestendige variant is in de categorie slaperdijkoplossingen ook nog een slufvariant uitgewerkt. Hierbij is de mogelijkheid onderzocht om het gebied achter de Hondsbossche zeewering via een open verbinding met de Noordzee onder invloed van getij te stellen. Voornaamste achtergrond van dit alternatief is de natuurwaarde die zo naar verwachting gecreëerd kan worden.

Duinen van Leihoek

Bij de variant Duinen van Leihoek is (1) een duin ontworpen, landwaarts van de (te verwijderen) huidige Hondsbossche en Pettemer zeewering, dat breed genoeg is om zwaardere golfcondities te weerstaan (volgens de methode uit het beheerdersoordeel). Daarnaast is een schatting gemaakt van de kosten van het verwijderen van de huidige Hondsbossche en Pettemer zeewering en de verwachte besparing in de onderhoudskosten.



Figuur 4-6. Hondsbossche en Pettemer zeewering: Schematisch overzicht van de uitwerking van het alternatief 'Duinen van Leihoek'.

4.2 Kustmorfologische analyse

Van de bovenbeschreven basisvarianten zijn 'zand ervoor' en 'Duinen van Leihoek' verder onderzocht in de kustmorfologische analyse. Bij de overige varianten vinden de ingrepen plaats aan de landwaartse kant. Allereerst is bekeken hoe groot het zandverlies naar zee, en

dus de te verwachten onderhoudsinspanning, zou zijn zonder ondersteunende maatregelen. Daarna is gekeken naar de onderhoudsbeparende effecten van één lange dam en van een serie kortere dammen. Voor de variant Duinen van Leihoek is bovendien bekeken welke effecten op de kustmorfologie en daarmee het kustonderhoud zouden mogen worden verwacht.

Effectiviteit van zandige maatregelen

Uit de JARKUS metingen kan door middel van MKL analyses per raai een schatting gemaakt worden van de kustuitbouw zoals die bijvoorbeeld sinds 1990 heeft plaatsgevonden. De suppletie data verschaffen ons inzicht in de hoeveelheid zand die voor een dergelijke kustuitbouw is gebruikt. Door een bepaald actief profiel aan te nemen kan worden vastgesteld met hoeveel volume de kust is uitgebreid. Delen van dat volume op het suppletievolume geeft een effectiviteitsfactor van het zand, 1 minus die factor geeft de verliesfactor (zie ook Subparagraaf 3.1.2). Het is belangrijk om te realiseren dat deze effectiviteitsfactor zich richt op de effectiviteit van het zand om een bepaalde MKL verschuiving tot stand te brengen. Voor situaties waarin er sprake is van een sterke kustuitbouw gaan deze effectiviteitsfactoren niet zondermeer op omdat er duidelijk ook andere processen een rol gaan spelen.

Een voorbeeld kan wellicht helpen om dit te verduidelijken. Wanneer door middel van het aanbrengen van zand de kust bijvoorbeeld 100 meter wordt uitgebouwd, dan is het eenvoudig in te zien dat niet voor de gehele uitbouw een verlies van bijvoorbeeld 35 % kan worden aangehouden. Een groot deel van de uitbouw staat bijvoorbeeld niet bloot aan stroming en golven, hooguit kan er sprake zijn van enige winderosie van de toplaag. Door voor een dergelijke uitbouw toch 35 % verlies per jaar aan te houden worden de geschatte onderhoudskosten dus onrealistisch hoog.

Het veilig maken van de Hondsbossche en Pettemer zeewering met alleen zand vergt dermate grote hoeveelheden zand dat sprake is van grootschalige kustuitbouw. Om een intuïtief realistisch beeld te krijgen van de verliezen in dergelijke situaties is een extra interpretatieslag uitgevoerd. Op basis van data en model analyses is voor de Hondsbossche en Pettemer zeewering een grofstoffelijke afschatting gemaakt van de te verwachten zandverliezen bij grootschalige kustuitbouw. Op basis van deze analyse werden de volgende conclusies getrokken voor wat betreft de oplossing zand ervoor:

- Bij een grootschalige kustuitbouw kan het verlies niet worden geschat als percentage van het totale aanlegvolume omdat een deel van het zand afgeschermd wordt
- Op basis van een grofstoffelijke balansanalyse, naar analogie van de situatie bij Egmond, is voor de Hondsbossche en Pettemer zeewering een schatting voor een jaarlijks aan te brengen slijtlaag gehanteerd van in totaal zo'n 0.36 Mm^3 per jaar.
- Gegeven de dynamiek die in het kustgebied heerst, herbergt een veiligheidsoplossing met alleen zand een aantal grote onzekerheden in zich. Naast de optredende verliezen laat met name de morfologie van zowel de onderwateroever als het droge strand zich zeer moeilijk voorspellen. Daarmee is dus ook de effectiviteit van dergelijke maatregelen op de golfoploop en de daarmee de veiligheid hoogst onzeker.

Besparing op onderhoud met ondersteunende maatregelen

Als een belangrijk tweede element is onderzocht of het verwachte zandverlies beperkt kon worden met behulp van strekdammen. Naast beperking van het zandverlies kan het gebruik van strekdammen ook helpen om het zand op de juiste plek te houden. Dit is van belang voor een effectieve reductie van de golfploop. In Tabel 4-1 zijn de resultaten van de kustmorfologische analyse voor dit kustvak samengevat. Ook in dit geval laat de tabel duidelijk zien dat 'alleen zand' veel onderhoudskosten geeft. Gebruik van dammen vergt in principe meer initiële aanleg maar minder onderhoud.

Tabel 4-1: Resultaten kustmorfologische analyse voor de Hondsbossche en Pettemer zeekering: basisvariant 'zand ervoor'.

Omschrijving	alleen suppletie	lange dam	korte dammen
Aantal dammen	-	1	7 – 8
Lengte per dam	-	1000 – 1500	250 – 300
Totale damlengte (m)	-	1000 – 1500	2000
Investerings- en onder-houdskosten dammen	-	ja	ja
Initiële suppleties (Mm ³)	10.4	20	8.1
Onderhoudssuppleties over 50 jaar (Mm ³)	18	8.3	5.6

Belangrijkste conclusie is dat ook hier een besparing op onderhoud te verwachten valt als gewerkt wordt met zand en dammen ter ondersteuning. Het gebruik van strekdammen lijkt in elk geval een goed middel om zand voor de Hondsbossche en Pettemer zeekering vast te houden. Punt van zorg in deze oplossing blijft, echter, het bepalen van het effect van dit zand op de golfoverslag over de keringen. Het is op dit moment niet goed mogelijk om deze zorg weg te nemen. Belangrijkste reden hiervoor is het ontbreken van een adequaat toetsingsinstrumentarium. Wanneer deze oplossing in de eindafweging gekozen wordt moet het ontwerp op dit punt nader worden gedetailleerd. Het kan zijn dat hiervoor het toetsingsinstrumentarium geschikt moet worden gemaakt.

Duinen van Leihoek

De variant 'Duinen van Leihoek' was oorspronkelijk in beeld gekomen vanuit de gedachte dat het verwijderen van het Hondsbossche-Pettemer bastion een grote onderhoudsbesparing tot gevolg zou kunnen hebben. Een volledige studie naar deze vraag valt buiten het bestek van de planstudies, maar om toch wat te kunnen zeggen is met een expert judgement een soort bovengrensbenadering uitgewerkt. In het kort werd daarbij als volgt geredeneerd.

Vanaf Callantsoog tot en met Camperduin (orde 17 km) wordt op basis van de suppletie gegevens gemiddeld zo'n 660.000 m³/jaar gesuppleerd met een effectiviteit van 60%. Stel dat de kustlijn zonder het bastion van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering buitengewoon gunstig uit zou pakken en dat een besparing van 75% op de jaarlijkse suppletiehoeveelheden zou kunnen worden gerealiseerd. Dan hoeft er dus circa 500.000 m³/jaar minder te worden gesuppleerd. Wanneer voor de suppletiekosten een prijs van € 6,- per m³ zou worden gehanteerd levert dat een theoretische jaarlijkse besparing op van € 3.000.000,- per jaar. In het detail ontwerp zijn de aanlegkosten van de Duinen van Leihoek ruwweg geschat op zo'n € 400.000.000,- in totaal. Zo geredeneerd zou het dus ruim 130 jaar duren voordat de maatregel is terugverdiend. En dan is de hier gehanteerde 75 % besparing nog tamelijk optimistisch geschat.

De zo gemaakte schatting is natuurlijk wel heel grofstoffelijk. In de toekomst zal, als gevolg van zeespiegelstijging en klimaatverandering, de suppletiebehoefte naar verwachting sterk toenemen. Wanneer de bovenbeschreven onderhoudsbesparing ook op dit toekomstige onderhoud van toepassing is zou de vergelijking mogelijk gunstiger uitpakken. Beoordeling van deze variant op kustmorfologische gronden wordt dus bemoeilijkt doordat het lastig is om de te verwachten besparing nu en in de toekomst daadwerkelijk te kwantificeren.

4.3 Detail ontwerp

Op basis van de planform designs en de kustmorfologische analyse is een meer gedetailleerd ontwerp gemaakt. Van Nieuwenhuijzen (2004) beschrijft dit proces in meer detail. Per basisvariant beschrijft hij hoe tracékeuzes zijn gemaakt en hoe de voor veiligheid benodigde aanleg- en onderhoudhoeveelheden bepaald. Daarnaast is gekeken naar eventueel benodigde waterhuishoudkundige maatregelen, benodigde aanpassingen in de infrastructuur (verleggen van wegen etc.) en eventueel te verwerven grond en onroerend goed. Naast de genoemde varianten is ook nog gekeken naar een slufteer variant.

Kostenschatting

Voor de verschillende varianten zijn alle bovengenoemde elementen tezamen genomen waarna een kostenschatting is gemaakt (zie ook Paragraaf 2.2). De voornaamste resultaten zijn samengevat in Tabel 4-2.

Tabel 4-2: Groeitabel voor de Hondbossche en Pettemer zeekering.

		Zand ervoor			Landwaartse versterking		Duinen van Leihoeck	Slaperdijk		Slufteer	
		0	1	serie	0	2	nvt	0	2	0	2
Strekdammen		0	1	serie	0	2	nvt	0	2	0	2
Aanlegkosten	M€	56,6	163,3	85,6	34,7	40,5	404,8	28,8	44,1	117	132
Gemiddeld jaarlijks onderhoud	M€/jaar	2	1,1	0,9	1,5	0,5	?	1,6	0,6	1,7	0,8
NCW totaal [4%]	M€	99	187	105	67	52	404	63	57	155	151
NCW totaal [7%]	M€	84	178	98	56	48	405	51	52	141	145
Ruimtebeslag/winst t 50 jaar	ha.	ca 240 a 500 landaanwinst			63 ha landwaarts		415 ha landwaarts	kade: 5,2 ha verterking Pt+Hb: 10 ha wateroverlastgebied: 142 ha		390 ha landwaarts	
Te verwijderen bebouwing	stuks	n.v.t.			1		493	1, mogelijk 7		1, mogelijk 9	

Belangrijke elementen van de aanleg en onderhoudskosten van de varianten 'zand ervoor' en 'duinen van leihoeck' zijn onder het kopje kustmorfologische analyse al aan de orde gekomen. Met name bij de laatste is het uit het detailontwerp naar voren gekomen aantal te verwijderen gebouwen erg groot. In feite loopt het trace van dit nieuwe duingebied over het dorp Petten heen. Naast de hoge kosten en de verwachte relatief beperkte onderhoudsbesparing zal er daardoor waarschijnlijk niet veel draagvlak voor deze oplossing bestaan.

De variant 'landwaartse versterking' blijkt het in de vergelijking wat kosten betreft redelijk goed te doen. Door met twee korte strekdammen de aansluitingen te beveiligen kan nog een besparing in de onderhoudskosten worden gerealiseerd.

De 'slaperdijk variant' is wat kosten betreft vergelijkbaar met het alternatief 'landwaartse versterking'. Wanneer de Pettemer zeewering wordt verhoogd en de Hondsbossche zeewering overslag bestendig wordt gemaakt (de voornaamste kostenpost voor de Hondsbossche), zijn de overige benodigde ingrepen beperkt. Ook hier kan nog een besparing in de onderhoudskosten worden gerealiseerd door met twee korte strekdammetjes de aansluitingen te beveiligen. De in Tabel 4-2 genoemde varianten houden geen rekening met verwerving van het overlastgebied, een extra kosten post van zo'n 15 M€.

De aanvullende variant met de slufteer biedt vooral veel mogelijkheden voor natuur- en recreatieontwikkeling. Deze optie zou vanuit veiligheidsoogpunt misschien niet direct voor de hand liggen, maar met het oog op het stimuleren van natuur en economie in de regio zou deze variant toch interessant kunnen zijn. Voor meer details over deze oplossing wordt verwezen naar Van Nieuwenhuijzen (2004).

Combinatie van maatregelen

Er is logischerwijs nog een tweetal aanvullende combinaties te maken tussen de verschillende basisvarianten:

- 'Zand ervoor' voor de Pettemer zeewering met 'landwaartse dijkversterking' voor de Hondsbossche zeewering; en
- 'Zand ervoor' voor de Pettemer zeewering met de 'slaperdijk variant' voor de Hondsbossche zeewering.

Deze combinaties zouden met name voordelen kunnen bieden wanneer, bijvoorbeeld vanwege de aanwezige bebouwing, de landwaartse oplossing achter de Pettemer zeewering ongewenst is. Er zijn voor de combinaties nog geen kostenschattingen uitgewerkt. Echter, op basis van het reeds beschikbare materiaal kan in elk geval een eerste indruk van de kosten worden gekregen. Met name voor de overgang van de Hondsbossche naar de Pettemer is (beperkte) aanvullende studie nodig.

5 Discussie en conclusies

5.1 Discussie

In de voorgaande hoofdstukken is een beknopt overzicht gegeven van de te beschouwen kustveiligheidsproblemen, de beoogde oplossingsroute en de uiteindelijk uitgewerkt oplossingen. Zonder een oordeel uit te spreken zijn in de voorgaande twee hoofdstukken de voor- en nadelen van de verschillende varianten in beeld gebracht, in termen van aanleg en onderhoudskosten, ruimtelijke impact, kustmorfologische impact, etc. Er is in aanvulling op wat hier besproken is natuurlijk nog veel meer informatie beschikbaar. Op diverse plaatsen in de tekst wordt de lezer naar relevante aanvullende en ondersteunende rapportages verwezen.

Gezegd moet worden dat bij de voor- en nadelen vooral vanuit het oogpunt van veiligheid is geredeneerd; dat was overigens ook nadrukkelijk de bedoeling. De beschikking vraagt nadrukkelijk om bij de afweging van de alternatieven meerdere gezichtspunten te betrekken. In het verloop van het kustvisie project zijn diverse expertworkshops georganiseerd met onder andere economen en ecologen. Hoewel deze rapportage de daar gegenereerde inzichten her en der in de tekst heeft verwerkt, zouden de uiteindelijk uit te werken alternatieven best nog kunnen worden aangepast om aan andere belangen dan alleen veiligheid tegemoet te komen. Een dergelijke beschouwing maakt echter geen deel uit van de planstudie veiligheid.

5.2 Conclusies

Ter afsluiting van deze rapportage worden de volgende conclusies geformuleerd:

- De vooraf beoogde uitwerking tot op een detail niveau waarop de verschillende oplossingsalternatieven met elkaar kunnen worden vergeleken, is succesvol afgerond.
- Bij de uitwerking van varianten is met name gefocussed op het aspect veiligheid. In de uiteindelijke afweging moeten ook andere belangen worden betrokken (ecologie, economie etc.). Het verkregen inzicht in veiligheid, kustmorfologische effecten, aanleg- en onderhoudskosten biedt, echter, belangrijke aanknopingspunten en randvoorwaarden voor een bredere afweging tussen het veiligheidsbelang en andere belangen.
- In de kostenschattingen zijn aannames gehanteerd voor zaken als huizenprijzen, grondprijzen en eenheidsprijzen, maar ook voor zaken als rente- en inflatieniveaus. Bij de uiteindelijke afweging moet aandacht besteed worden aan de gevoeligheid van de kostenschattingen voor deze factoren.
- Strekdammen kunnen worden gebruikt om het onderhoud van zandige maatregelen te optimaliseren. Meerdere korte dammen met voldoende natuurlijke bypass leveren een grotere besparing op dan één of enkele langere dammen.

- De onderlinge kustmorfologische invloed van maatregelen kan worden beperkt wanneer voor voldoende bypass wordt gezorgd, hetzij natuurlijk door een slim ontwerp, hetzij door kunstmatig baggeren en storten.
- De uitwerking van basisvarianten met in aanvulling daarop enkele ondersteunende maatregelen heeft nuttige inzichten opgeleverd voor een nadere afweging.
 - De Helderse zeewering wordt niet langer als zwakke schakel beschouwd.
 - Voor het gebied tussen Groote Keeten en Callantsoog komt de zeewaartse oplossing met zand en een serie korte strekdammen wat kosten betreft als gunstigste alternatief naar voren.
 - Voor de Hondsbossche en de Pettemer zeewering zijn de landwaartse dijkversterking en de slaperdijk variant wat kosten betreft vergelijkbaar en het gunstigst.
- De variant Duinen van Leihoek levert naar verwachting een besparing op in de onderhoudskosten voor een relatief groot kustvak. Het is, echter, de vraag of de zeer hoge aanleg kosten op kunnen wegen tegen de gerealiseerde besparing.
- Voor de in Paragraaf 1.1.2 genoemde plekken met beperkte restveiligheid, zijn in deze planstudie geen oplossingen uitgewerkt. Nader onderzoek van deze locaties wordt aanbevolen.
- De in deze planstudie gegeven morfologische beschouwingen zijn ruw van aard. Voor uiteindelijke gedetailleerde ontwerpen wordt nadere studie ten zeerste aanbevolen!

6 Bronnen

- DWW, 2003. *Consequenties nieuwe golfbelastingen voor de kust. Achtergrondrapport belastingen en duinwaterkeringen*. Dienst Weg- en Waterbouw (DWW). DWW-2003-040
- HHNK, 2003. *Beheerdersoordeel zwaardere golfbelasting Noordzeekering. Beheersgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier*. Achtergrond document. Registratienummer 03.8545
- Min V&W, 2002. *Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van Primaire Waterkeringen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Min V&W, 2004. *Voorschrift Toetsen op Veiligheid*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Provincies Noord- en Zuid-Holland, Arcadis, Nieuwe Gracht en Alkyon, 2002. *Strategische visie Hollandse Kust 2050*.
- RIKZ, 2002. *Naar Integraal Kustzonebeleid. Beleidsagenda voor de Kust*. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ).
- TAW, 1984. *Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van de duinen als waterkering*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 1995. *Basis rapport Zandige Kust behorende bij de Leidraad Zandige kust*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 2002. *TAW Werkgroep Kust: Achtergrond document inzake zeespiegelstijging en klimaatverandering met betrekking tot kustbeheer en kustbeleid*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- TAW, 2003. *Leidraad Zandige Kust*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
- Van Koningsveld, M. en L. van Nieuwenhuijzen, 2004. *Planstudies Veiligheid. Fase 2: Planform designs zwakke schakels*. Rapport in opdracht van de Provincie Noord-Holland. WL rapport Z3725.20.
- Van Kessel, T., S.G.J. Aarninkhof, and M. van Koningsveld, 2004. *Planstudie Veiligheid. Fase 3: Impact analyse morfologische ingrepen*. Rapport in opdracht van de Provincie Noord-Holland. WL rapport Z3725.30.
- Van Koningsveld, M. en G. Boot, 2004. *Aanvullende afslagsommen kop van Noord-Holland*. Memo in opdracht van de Provincie Noord-Holland. WL rapport Z3725.80.
- Van Nieuwenhuijzen, L., 2004. *Prioritaire Zwakke Schakels Noord-Holland Globaalontwerp*. Provincie Noord-Holland. 22 september 2004. RH rapport 9P4791.A0.