

Kust en Kennis

de resultaten van het
Kust 2000 onderzoeksprogramma



Uitgave oktober 2001

Inhoudsopgave

KUST EN KENNIS

Beleid, beheer en kennis

Een natuurlijke kustbescherming
Beleid en beheer van de kust
Kennis voor de kust
Leeswijzer voor de brochure



KUST ALS SYSTEEM

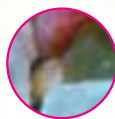
Grootschalig kustonderhoud

Kustbescherming voor de lange termijn
Doel bepaalt aanpak
Secties en systemen
Compenseren door suppleren

ZEEBODEM

Zand uit zee

Zand moet
Geulen, putten en pc's
Afmetingen, vorm, oriëntatie en locatie
Kust, leidingen en ecologie



KUSTNABIJE ZONE

Zand in zee

In zee of op het strand?
Kijken naar wat de golven vertellen...
Zand in de branding
Hoe, waar en wanneer?



Bergen en Egmond geholpen?

Bolwerk van zand
Golven of getij? Banken of muien?
Grote lokale zandverplaatsingen
Maatwerk met meer kuubs

EILANDEN EN ZEEGATEN

Ameland: een spel in tijd en ruimte

Afwisselend aangroei en afslag
Kustgedrag ontrafelen
Een optelsom van tijdschalen
Begrijpen om in te grijpen



Texel: nooit meer suppleren?

De Noorderhaaks nog in zee
Geul, drempel of dam?
Niet ingrijpen...
...maar blijven suppleren op ZW Texel



Westerscheldemonding: varen, veiligheid en natuur

Rivier en monding
Inhaalslag kennis
Inzicht in de monding
Varen, veiligheid en natuur



BEGRIPPENLIJST



ZEVEN KEER KUSTKENNIS

Beleid, beheer en kennis

Een natuurlijke kustbescherming

De kust met onderwateroever, strand, duinen en dijken beschermt ons tegen overstroming. De kust biedt echter meer. De duinen zijn van groot belang voor drinkwatervoorziening en recreatie. Het stuivende zand zorgt op bepaalde plaatsen voor grote natuurwaarden. Zandige stranden trekken miljoenen toeristen en recreanten. Op de onderwateroever en zeebodem liggen telefoonkabels en olie- en gasleidingen. De zeebodem is een bron voor winning van grondstoffen.

De kustlijn, de grens tussen water en land, is door de eeuwen heen voortdurend in beweging. Deels als gevolg van natuurlijke krachten, deels als gevolg van menselijke ingrepen. Jaarlijks bewegen miljoenen kubieke meters zand onder invloed van getij, golven en wind heen en weer in het kuststelsel. De ligging van de kustlijn is het zichtbare resultaat van deze aan- en afvoerende krachten. Als de aanvoer van zand achterblijft bij de afvoer, resulteert dit in structurele achteruitgang: erosie van de kust.

Ons zandige kuststelsel is een dynamisch stelsel. Het past zich aan zonder dat kenmerkende eigenschappen verloren gaan als de randvoorwaarden veranderen. Als er ingegrepen moet worden om het verlies aan zand te compenseren, kan dit het beste worden gedaan op een wijze die aansluit bij de natuurlijke krachten.

De kust is onze zorg. Het Rijk, de provincies, waterschappen, gemeentes en burgers dragen deze zorg gezamenlijk. Dit is bijvoorbeeld te zien in kustvisies van de provincies Noord- en Zuid-Holland, visies van de gemeentes, beleid van Rijkswaterstaat (RWS) en dagelijks beheer van waterschappen. De verantwoordelijkheden ten aanzien van de kustverdediging zijn vastgelegd in de Wet op de waterkering. Twee zaken springen daarbij in het oog: het beheer van de primaire waterkering en de bestrijding van de structurele erosie. De eerste is de taak van de waterkeringbeheerder, meestal een waterschap. De tweede is de taak van het Rijk en wordt verzorgd door het ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Beleid en beheer van de kust

Veiligheid tegen overstroming is een bestaansvoorwaarde en een collectief belang.

Dit besef heeft er in 1990 (1^e Kustnota, Kustverdediging na 1990) toe geleid dat de regering koos voor duurzaam handhaven van de kust. Daarmee wordt structurele erosie bestreden. Doel is om, naast een goede bescherming tegen overstroming, functies en waarden in het duingebied blijvend te behouden. Hierbij geldt de Basis Kustlijn (BKL) als referentie. De BKL is de vertaling van "de kustligging van begin 1990" en is het resultaat van technische en bestuurlijke afwegingen. "Dynamisch handhaven" is het devies. De belangrijkste beheersmaatregel is het aanvullen van de zandverliezen in de ondiepe kustzone; aanvankelijk alleen door strandsuppleties, vanaf 1993 steeds vaker ook door onderwatersuppleties.

De 2^e Kustnota, Kustbalans 1995, bevestigt het beleid van 1990. Toegevoegd wordt het doel om ook de zandverliezen in de diepere kustzone aan te vullen.

In de 3^e Kustnota, Traditie, trends en toekomst, wordt het grootschalig kustonderhoud benadrukt. Om mee te groeien met de zeespiegel worden vanaf 2001 alle zandverliezen in het kuststelsel gecompenseerd. Het suppletiebudget is daartoe verhoogd van 60 naar 90 miljoen gulden per jaar. De totale suppletie-inspanning zal toenemen van 6 naar 12 miljoen m³ per jaar.

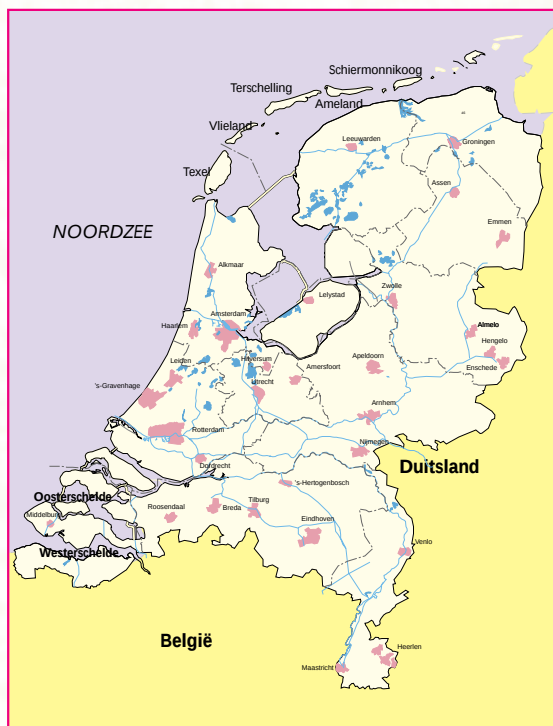


Kennis voor de kust

Rijkswaterstaat doet onderzoek om het beleid, beheer en onderhoud van de kust te ondersteunen. Dit gebeurt ook voor specifieke projecten zoals een tweede Maasvlakte of een mogelijk vliegveld in zee. Veel kustonderzoek wordt door RWS georganiseerd en uitgevoerd in achtereenvolgende programma's:

- in het programma Kustgenese (1986 – 1995) voor de 1^e en 2^e Kustnota,
- in het programma Kust 2000 (1996 – 2000) voor de 3^e Kustnota en voor een reeks regionale beheersproblemen
- vanaf 2001 in het programma Kust 2005.

RWS doet dit werk samen met voornamelijk Nederlandse bedrijven en instituten. Zij staan vermeld in het colofon. Het onderzoek is ingebracht in samenwerkingsverbanden zoals het NCK (Nederlands Centrum voor Kustonderzoek) en in Europese projecten. Op het gebied van kustonderzoek is het werk van deze instituten internationaal toonaangevend. Deze kennis komt ten goede aan het beleid, beheer en onderhoud van de Nederlandse kust.



Leeswijzer voor de brochure

Om dit alles te illustreren wil deze brochure een beeld geven van de resultaten van het onderzoeksprogramma Kust 2000.

Het Kust 2000 programma bevatte zeven onderwerpen, gegroepeerd in vier thema's. Het onderwerp vormt de titel van ieder hoofdstuk, het thema vormt de voettekst. De kleur van de titel geeft aan bij welk thema ieder onderwerp hoort.

Elk van de zeven onderwerpen wordt op een dubbele pagina weergegeven. De vier kolommen illustreren de vraag, het onderzoek, de resultaten en het advies.

Elk onderwerp is een op zichzelf staand verhaal.

Samen vormen ze een beeld van de samenhang in het Kust 2000 programma.

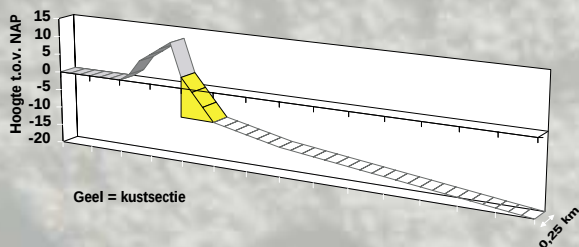
Voor een verklaring van de technische woorden kan de lezer gebruik maken van de begrippenlijst in de omslag.



Grootschalig kustonderhoud

Kustbescherming voor de lange termijn

Rijkswaterstaat heeft sinds 1990 de kustlijn succesvol gehandhaafd. Zandsuppleties blijken te werken. Tot nog toe is echter alleen rekening gehouden met zandverliezen in de ondiepe kustzone. Ook in de diepere kustzone blijft zand te verdwijnen. Lange termijn processen zoals zeespiegelstijging zijn hierbij belangrijk. Om kusthandhaving de komende decennia te kunnen volhouden, heeft de regering daarom besloten vanaf 2001 ook deze verliezen te compenseren. **Waarom eigenlijk? Hoeveel zand is daarvoor dan nodig? Waar en hoe kan dat het best worden aangebracht?**



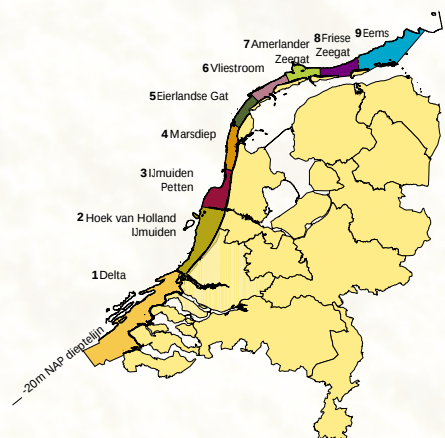
Kustsectie, afgebeeld op een schematische dwarsdoorsnede van de kust. De Nederlandse kust is opgedeeld in kustsecties van 250 m breed. De secties beslaan de ondiepe kustzone (globaal van NAP + 3m tot NAP - 6m). In elk van deze secties wordt de zandvoorraad op peil gehouden met zandsuppleties.



Doel bepaalt aanpak

Voor het handhaven van de kustlijn gedurende de afgelopen 10 jaar is een kleinschalige aanpak gebruikt. De kust is opgedeeld in secties van 250 m breed. De secties beslaan de ondiepe kustzone (globaal tussen NAP+3 en - 6 m). De trend in de zandinhoud wordt bepaald over een periode van 10 jaar. Dynamisch handhaven heeft vorm gekregen door per kustsectie de zandvoorraad op peil te houden in de ondiepe zone.

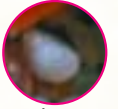
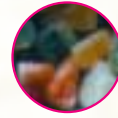
Duurzaam handhaven van de kustzone vergt echter een benadering op een grotere schaal. Geleidelijke ontwikkelingen zoals zeespiegelstijging, die zich op een grotere tijd- en ruimteschaal afspelen, dwingen hiertoe. Een relevante tijdschaal reikt tot enige decennia (20-50 jaar). De aandacht richt zich dan op een groter kuststelsel, met een breedte van enige tientallen kilometers langs de kust en een dieptezone tot ongeveer 20 m beneden gemiddeld zeeniveau. Hiervan uitgaande kunnen langs de Nederlandse kust negen kustsystemen worden onderscheiden. De potenties voor alle functies in de kustzone kunnen op gelijk niveau duurzaam worden gegarandeerd door de totale zandhoeveelheid per kuststelsel gelijk te houden.



De Nederlandse kust opgedeeld in negen kustsystemen.

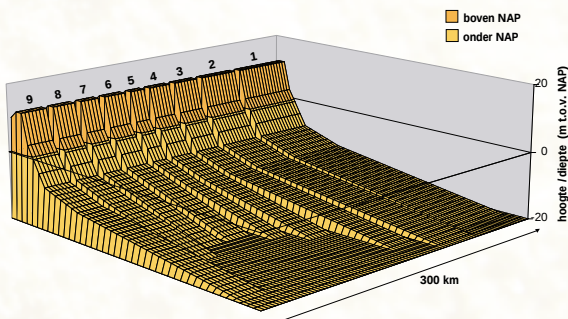
In deze kustsystemen zal de totale zandinhoud gelijk moeten blijven. Dit is de basis voor duurzaam handhaven.





Secties en systemen

Suppleren lijkt de oplossing. De totale hoeveelheid zand die hiervoor nodig is, hangt af van ontwikkelingen op het niveau van de kustsystemen. Een versnelde zeespiegelstijging is hierbij een belangrijke factor. Bij een gelijkblijvende zeespiegelstijging van 20 cm/eeuw varieert de totale suppletiebehoefte van 12 - 16 miljoen m³/jaar. Versnelt de stijging tot 60 cm/eeuw, dan kan deze toenemen tot een jaargemiddelde van 19 - 30 miljoen m³. Bij de jaarlijkse toedeling van suppleties blijft eerste prioriteit de handhaving van de kustlijn. Trends in de zandinhoud van de ondiepe kustzone per kustsectie wijzen de secties aan die primair voor suppletie in aanmerking komen. Op de tweede plaats komt de zorg voor het grotere kuststelsel: waar sectiesuppleties niet toereikend zijn om ook de zandinhoud van het omhullende kuststelsel op peil te houden, wordt dit verder aangevuld met systeemsuppleties.

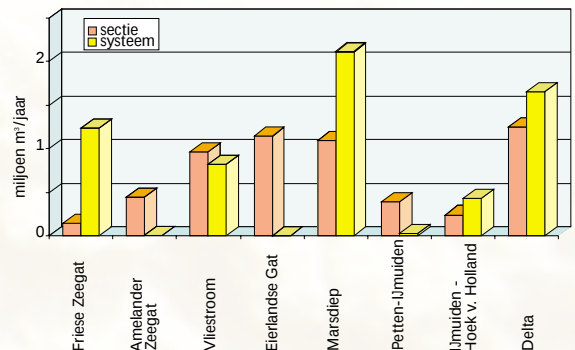


Schematische driedimensionale weergave van onze kust, onderverdeeld in deelsystemen. De cijfers geven de gebiedsaanduiding aan op de kaart van Nederland.

Compenseren door suppleren

De locatie, de vorm en het tijdstip van suppleren worden primair bepaald door de kleinschalige eisen vanuit kustlijnhandhaving. Een duurzaam behoud van de potenties voor alle functies stelt alleen een grootschalige eis aan de totale zandvoorraad per kuststelsel. Zandverliezen in de diepere kustzone hoeven niet ter plekke te worden gecompenseerd; voor de herverdeling van het zand kunnen we vertrouwen op natuurlijke processen.

Voor de uitvoering van suppleties kan worden voortgebouwd op de gunstige ervaringen uit de afgelopen tien jaar. Als richtlijnen volgen daaruit: Suppleer waar het kan onder water, waar het moet op het strand en laat natuurlijke processen het zand herverdelen binnen het kuststelsel.



Sectie- en systeemsuppleties.

De grafiek toont de toekomstige suppletiebehoefte per kuststelsel in miljoen m³ per jaar, over de periode 2000 tot 2040 bij zeespiegelstijging van 20 cm per eeuw. Aangegeven zijn de suppletiebehoefte ter compensatie van het verlies in de ondiepe kustzone gericht op kustlijnhandhaving (sectie) en de aanvullende suppletiebehoefte ter compensatie van de totale zandinhoud per kuststelsel (systeem).

Kust als systeem

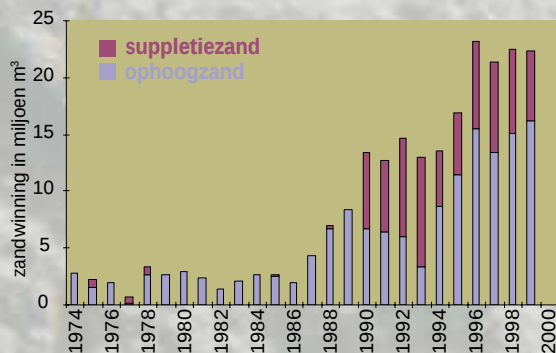
Zand uit zee

Zand moet

Zeezand is nodig. Kustonderhoud en ophoogzand op het land eisen jaarlijks circa 22 miljoen m³ uit de Noordzee. En de vraag naar zand neemt toe. Grootschalig kustonderhoud vanaf 2001, mogelijk toekomstige winning van beton- en metselzand en projecten als een 2^e Maasvlakte kunnen in kort tijdsbestek de vraag naar zeezand flink doen toenemen.

Zeezandwinning vindt plaats op de Noordzeebodem: zeewaarts van de 20 m diepteliijn met een maximale ontgrondingsdiepte van 2 m. Dit is zo vastgelegd in het Regionaal Ontgrondingenplan Noordzee (RON). Aanpassing van het RON in 2001 voorziet in een verruiming van de maximale windiepte voor een eventuele landaanwinning of voor mogelijke winning van beton- en metselzand.

Wat zijn de effecten van diepe zandwinning op andere functies als kustlijnhandhaving, de ligging van kabels en leidingen en ecologie?



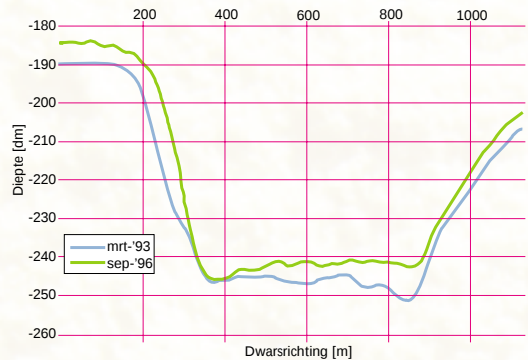
Hoeveelheid gewonnen zeezand tussen 1974 en 1999.

De totale zandwinning is nu ongeveer 22 miljoen m³ per jaar, waarvan 7 miljoen voor kustonderhoud is en 15 miljoen voor ophoogzand op land. Door grootschalig kustonderhoud en eventuele landaanwinning zal de vraag naar zand in de toekomst nog verder toenemen.



Geulen, putten en pc's

Bestaande verdiepingen als Maas- en IJgeul leveren aanwijzingen voor het gedrag van diepe zandwinplaatsen. Dieptegegevens van de vaargeulen tonen de snelheid en omvang van vormveranderingen van de verdieping. Modelberekeningen laten de invloed van stroming en golven op deze veranderingen zien.



Doorsnede van de Maasgeul op 4,65 km uit de kust.

Vaargeulen zijn in zekere zin te vergelijken met zandwinplaatsen. Aan de ontwikkeling van een vaargeul door de tijd is te zien hoe een kleine winplaats zich zal gedragen.

Of de modelinzichten juist zijn wordt verder getest aan de hand van metingen bij een tijdelijke diepe put op de stortlocatie voor havenslib uit Rotterdam, de verdiepte Loswal Noord. De onderzochte put had afmetingen van 500 bij 1300 m, met een diepte van 10 m beneden het zeebed. Gedurende een half jaar is hier een meetprogramma uitgevoerd, gericht op stroomsnelheden van het getij, temperatuur, zout- en zuurstofgehalte. Resultaten komen eind 2001 beschikbaar.



Metingen in de verdiepte Loswal Noord.

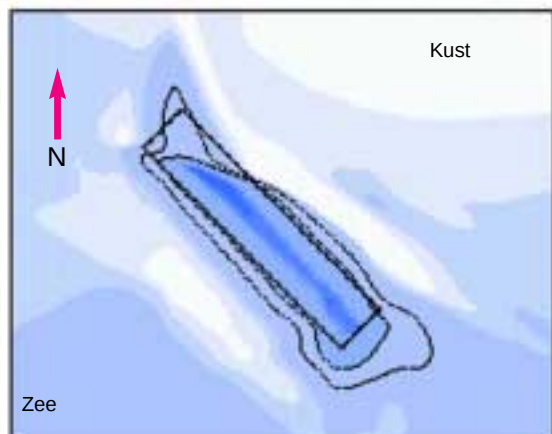
De verdiepte Loswal Noord is een tijdelijke diepe put ongeveer tien kilometer voor de kust van Hoek van Holland en vijf kilometer ten noorden van de Maasgeul. Met veldmetingen in de verdiepte Loswal Noord worden de effecten van een put op de waterbeweging onderzocht. De metingen zullen worden uitgewerkt in het onderzoeksprogramma dat KUST 2000 opvolgt.



Afmetingen, vorm, oriëntatie en locatie

De Maasgeul vormt een langgerekte verdieping in het zeebed die loodrecht staat op de hoofdrichting van het getij. Getijstrooming veroorzaakt sedimentatie in de geul en erosie van de geulwanden. De geul als geheel wil zich naar het noorden verplaatsen. Op 20 m waterdiepte, waar de zeebodem ongeveer 5 m is verdiept, blijkt dat deze verplaatsing ongeveer tien meter per jaar kan zijn. Een langgerekt wingebied, evenwijdig aan de overheersende stroomrichting, lijkt een tegengesteld beeld te tonen. Modelberekeningen wijzen dat er meer stroom door gaat, waardoor juist een tijdelijke verdere verdieping optreedt.

Afmeting, vorm en oriëntatie van een zandwinput bepalen in grote mate hoe een zandwinput zich gedraagt. De locatie langs de Nederlandse kust is ook een factor; de plaatselijke verhouding tussen vloed- en ebstrooming (de getij asymmetrie) bepaalt de grootte van de verplaatsing. Naar gelang de getij asymmetrie in noordwaartse richting langs de kust toeneemt, zal de verplaatsing van de winplaats ook toenemen.



Kust, leidingen en ecologie

Een grootschalig wingebied, zeewaarts van de 20 m dieptelijn zal op een termijn van vijftig jaar de morfologie over een afstand van enkele kilometers tot maximaal tien kilometer beïnvloeden. Wanneer een winplaats op meer dan tien kilometer van de kust ligt, is van een rechtstreekse aantasting van de kustlijn dus geen sprake. Wel beïnvloedt het de zandinhoud van het gehele kuststelsel en dus de omvang van het grootschalige kustonderhoud. Natuurlijk beïnvloedt het ook de mogelijke locatie van kabels, leidingen en andere infrastructuur. Het ontwerp moet hierop afgestemd worden.

Het effect van diepe zandwinning op de ecologie lijkt vooral bepaald te worden door vertroebeling tijdens de win-activiteiten en de kans op het voorkomen van zuurstofloosheid en van sedimentatie van slib in de put. De metingen in de verdiepte Loswal zullen ons hierover meer indicaties kunnen leveren.



Computersimulatie van een grootschalige zandwinplaats.

Om het gedrag van een winplaats onder andere condities dan die gemeten zijn te begrijpen, worden modelstudies gebruikt.

De figuur toont een 'virtuele winplaats' van 25x5 km, 10 m diep op een waterdiepte van 20 m. De oriëntatie onder een hoek van 45° met de getijstroom veroorzaakt een aantrekken van de strooming. Gevolgen zijn een lokale verdieping (meer dan 30 m) en sedimentatie aan weerszijden van de put.

De winplaats kan zich op lange termijn handhaven.

Zeebodem

Zand in zee

In zee of op het strand?

Suppleer waar het kan onder water, waar het moet op het strand en laat natuurlijke processen het zand herverdelen binnen het kuststelsel...

In 1993 is er op Terschelling een eerste proef gedaan met een onderwatersuppletie. Deze proef was succesvol. Sinds 1993 zijn verschillende onderwatersuppleties uitgevoerd: Delfland (1997), Katwijk (1998), Noordwijk (1998), Ameland (1998), Scheveningen (1999), Egmond (1999) en Bergen (2000). Het ziet er naar uit dat op veel plaatsen de structurele erosie op de lange termijn (jaren) met onderwatersuppleties kan worden gecompenseerd. Maar zijn er ook richtlijnen te ontwikkelen over wanneer, waar en hoe onder water te suppleren?



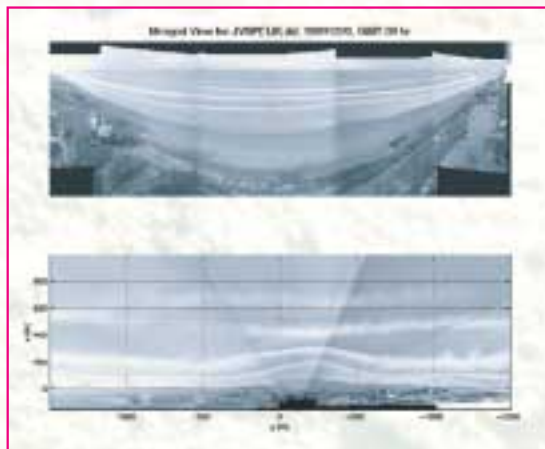
De WESP is een frame op wielen dat nauwkeurige bodemmetingen kan verrichten. Op de foto is de WESP te zien bij een vaste meetpaal.



Kijken naar wat de golven vertellen...

Voorlopig lijken onderwatersuppleties de zandvoorraad in de ondiepe zone op peil te kunnen houden. De ervaringstijd is echter nog te kort om te weten hoe ze precies werken. Om dit beter te begrijpen zijn twee belangrijke instrumenten ontwikkeld: de ARGUS en de WESP.

ARGUS, "de god van de honderd ogen" is de naam van een wereldwijd netwerk van videocamera's die continu op de branding zijn gericht. Elke dag volgen "honderd ogen" de beweging van de brandingsbanken. Golven vertellen hoe de kust zich gedraagt. In Nederland staan videocamera's bij Noordwijk en Egmond. Tijdopnames laten de schuimlaag zien die brekende golven maken op de brandingsbanken en die zo de positie van de banken verraden. Het systeem vormt een waardevolle aanvulling op de momentopname van jaarlijkse lodingen (JARKUS)



Met ARGUSogen.

De figuur toont een ARGUS beeld bij Egmond (van 20 december 1999). De schuimlaag verraadt de locatie van de onderwatersuppletie (tussen 600 en 800 m uit de kust).

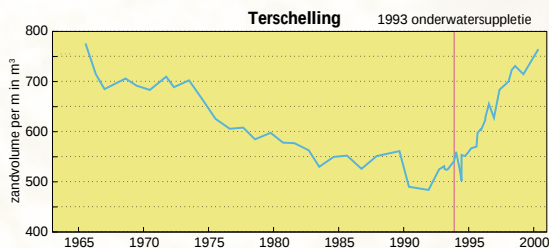
De WESP (Water En StrandProfiler) is een frame op wielen dat nauwkeurige bodemmetingen kan verrichten. Met de WESP kan tot een diepte van acht meter de bodemligging worden gemeten. Nauwkeurige metingen van de bodemligging zijn nodig om te weten hoe een kuststelsel werkt. De WESP meet de bodemligging met een precisie van ongeveer 10 cm. Ook onder ruwe weersomstandigheden kan de WESP zijn taak nog uitvoeren.



Zand in de branding

Uit de dieptemetingen is te zien dat het zandvolume in de ondiepe, zogenaamde BKL zone door onderwatersuppleties toeneemt. Onderwatersuppleties dragen bij aan het handhaven van de kustlijn. Hoe verder een suppletie van de kust ligt, hoe langer het duurt eer het aan de kust ten goede komt. In het geval van Delfland heeft het een jaar geduurd, hetgeen redelijk snel is.

Onder water suppleren is veel goedkoper maar er is wel meer zand nodig om de lokale achteruitgang van de BKL te compenseren. Per saldo compenseert dit elkaar. Belangrijk is dat de zandhoeveelheid die niet ten goede komt aan de lokale kustlijnhandhaving wel grotendeels in de actieve zone blijft. Op deze manier dragen onderwatersuppleties bij om de zandinhoud van het hele kuststelsel op peil te houden. Andere redenen om onder water te suppleren zijn een flexibeler uitvoeringswijze en minder hinder voor de recreatie. Dit alles geeft de doorslag om vaker onder water te suppleren.



Door onderwatersuppleties neemt het volume van de BKL toe.

De grafiek laat de ontwikkeling zien van het zandvolume per meter in de ondiepe zone bij Terschelling. Hier is in 1993 de eerste onderwatersuppletie uitgevoerd. Het is duidelijk te zien dat het zandvolume toeneemt.

Hoe, waar en wanneer?

Als een onderwatersuppletie overwogen wordt, dan is het belangrijk om te weten:

Hoe:

Met sleephopperzuigers die het zand op de juiste locatie brengen. Op basis van vuistregels worden volume, plaats en korrelgrootte bepaald. Er wordt ongeveer twee keer zo veel zand neergelegd als bij een strandsuppletie voor eenzelfde doel.

Waar:

De gesloten delen van de Hollandse kust en de Waddeneilanden zijn de meest aangewezen plaatsen. Dit zand wordt ruim langs het eroderende kustvak geplaatst en strekt zich aan weerszijden nog honderden meters verder uit. Dwars op de kust wordt onderwatersuppletie op enige afstand van de laagwaterlijn, maar zo hoog mogelijk in het profiel, geplaatst.

Is er een stroomgeul voor de kust aanwezig, dan ligt het minder voor de hand om daar onder water te suppleren om de BKL op de korte termijn te handhaven.

Wanneer:

Onder water suppleren moet ruim op tijd gebeuren, dus één tot enkele jaren voordat zich ergens kustproblemen zouden kunnen voordoen. Bij acute veiligheidsproblemen is een strandsuppletie nodig.

Monitoren en evalueren

Verder behoort bij elke onderwatersuppletie een adequaat monitoring- en evaluatieprogramma. Alleen door over een aantal jaren en op vele locaties gegevens te verzamelen zullen we ook begrijpen hoe onderwatersuppleties werken en welke effecten ze op het kuststelsel hebben. Dit zal ons in staat stellen om de ontwerpregels te verbeteren.

Kustnabije zone

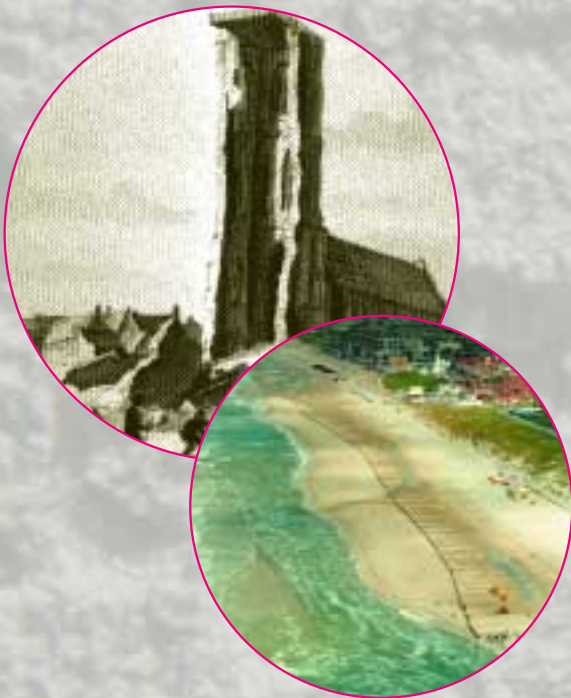
Bergen & Egmond geholpen?

Bolwerk van zand

Bij Bergen en Egmond is, evenals bij andere kustplaatsen, de strijd tegen de zee al eeuwen zichtbaar. Bebouwing ging verloren en resten van de oude kern staan bijna letterlijk aan het randje van de zee. In 1990, bij het vaststellen van de BKL, is hiermee uitdrukkelijk rekening gehouden. Om voor deze kustplaatsen een voldoende zandbuffer te garanderen is de BKL meer zeewaarts gelegd dan bij de aangrenzende kustvakken. Handhaven van de BKL voor Bergen en Egmond vraagt het in stand houden van een zandbolwerk in zee. De vooruitgeschoven positie van dit bolwerk brengt echter een relatief sterke erosie met zich mee. Zo sterk dat vrijwel jaarlijks suppleties nodig zijn. Een dure en hinderlijke operatie. Zijn er alternatieven denkbaar?

Afslag bij Egmond vroeger.

Op 27 november 1741 stortte de toren van de kerk van Egmond aan Zee in. Behalve de kerktoren vielen ook zesendertig huizen ten prooi aan de zee.



Afslag bij Egmond nu.

Op 27 april 1990, 250 jaar later, zijn delen van het duin van de kust bij Egmond door een zware storm afgeslagen. Om de schade van de storm te herstellen wordt een suppletie tegen het duin aangebracht.



Golven of getij? Banken of muien?

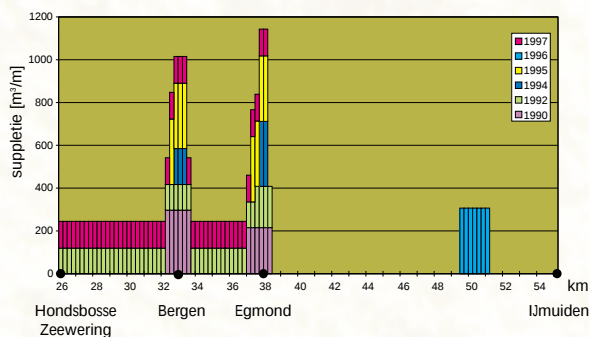
De zandige bolwerken moeten gehandhaafd blijven. Voor alternatieven wordt daarom gezocht naar mogelijke oorzaken van de snelle erosie. De jaarlijkse frequentie van suppleties geconcentreerd in enkele kustvakken geeft aan dat oorzaken gezocht moeten worden in fenomenen op een relatief kleine schaal: wat is het effect van een stormseizoen, welke rol spelen veranderingen in het patroon van zandbanken, in hoeverre zijn muien verantwoordelijk voor het afvoeren van zand uit de kust?

Om deze vragen te beantwoorden zijn uitgebreide veldwaarnemingen (onder andere tijdens een stormrijke periode in 1998) en modelonderzoek gedaan.



Bij Egmond zijn veel veldmetingen gedaan.

De meetinstrumenten worden in een meetframe geplaatst. Het frame wordt door de WESP (op de achtergrond zichtbaar) op de gewenste locatie geplaatst.



Jaarlijkse suppleties langs de Noord-Hollandse kust.

Bergen en Egmond hebben bijna ieder jaar een zandsuppletie nodig.



Suppleren van de vooroever bij Egmond.

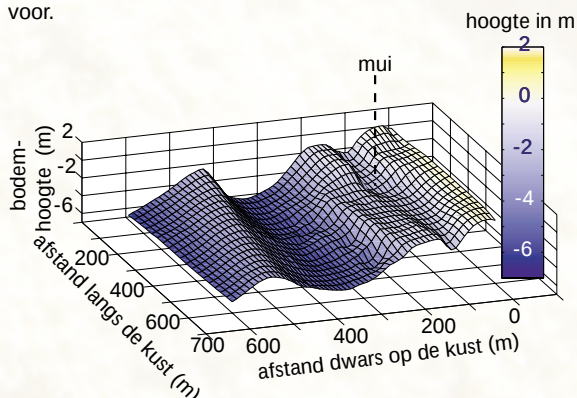
In 1999 is een onderwatersuppletie bij Egmond aangebracht.

Grote lokale zandverplaatsingen

Uit het onderzoek blijkt dat er voor de kust veelal twee zandbanken liggen. De buitenste bank is op de ene plaats stabiel maar verschuift op de andere plaats in enkele weken 30 tot 50 m zeewaarts. Deze verschuiving kan iets te maken hebben met het ontstaan van een mui in de buitenste bank.

In de binnenste bank ontstaat in enkele dagen tijdens een gematigde storm een mui. De mui heeft een breedte van 200 tot 300 m, een diepte van 0,5 tot 1 m en verplaatst zich 100 m noord- of zuidwaarts. Uit metingen blijkt dat het zandtransport door deze mui tijdens grote stormen zeewaarts gericht is. Gedurende rustige periodes is het landwaarts gericht. Het zeewaartse transport is wel vijftig keer meer dan het landwaartse transport. Het herstel van het strand na een stormperiode zal dan ook ongeveer 2 maanden van rustig weer vragen. Daarbij is het belangrijk dat er aanvoer van zand langs de kust is. De stroming langs de kust van Egmond vertoont een slingerend patroon. Dit moet het zandtransport langs de kust beïnvloeden. Hôe is echter nog niet duidelijk.

Ondanks de grote veranderingen die het bankensysteem in een maand vertoont, blijkt de totale zandinhoud van het proefgebied nauwelijks te veranderen. Grote interne zandverplaatsingen kunnen weliswaar lokaal tot (tijdelijke) problemen leiden, op grotere schaal (met name in het kustvak van Petten tot IJmuiden) doen deze zich niet voor.



Driedimensionale bodemopname van de WESP nabij Egmond aan Zee.

De opname reikt 400 m in zee en 600 m langs de kust. Zeewaarts van de gele top van de duinen zijn de twee brekerbanken duidelijk te zien. De binnenste brekerbank heeft een gat. Dit is een mui waardoor water zeewaarts stroomt.

Maatwerk met meer kuubs

De hoeveelheid zand dat naar de kust verplaatst wordt door het gat tussen de buitenste en binnenste bank is erg klein. Dit betekent dat zand uit een onderwatersuppletie op de buitenste bank pas op langere termijn kan bijdragen aan de zandinhoud van het strand. Dergelijke onderwatersuppletie alleen is niet voldoende om het bolwerk in stand te houden. Maar samen met een strandsuppletie zou de zandinhoud zowel op korte als op langere termijn wel op peil kunnen blijven. In 1999 heeft RWS dit als zodanig uitgevoerd.

De onderzoekresultaten bieden echter nog meer aanknopingspunten voor het beheer.

Tijdens rustige zomeromstandigheden met lage golven zijn zeewaarts gerichte muistromingen van 0,6 m/s geen uitzondering en dus gevaarlijk voor badgasten.

De hoogte en de breedte van het strand lijken samen te hangen met de hoogte van de binnenste bank. Als iets bedacht kan worden om de binnenste brekerbank te beheren, kan dit ook helpen om de gewenste strandbreedte in stand te houden. Kansen dus voor de recreatie!

In twee gevallen vormde zich een mui op een locatie waar veel meetinstrumenten stonden. Is dit toeval of kan de positie van muinen gemanipuleerd worden? Wellicht kan dit onderdeel uitmaken van een gericht beheer van de binnenste brekerbank.



Kustnabije zone

Ameland: een spel in tijd en ruimte

Afwisselend aangroei en afslag

De noordwestkust van Ameland bestaat uit duinen met zeewaarts een strandvlakte. Aangroei en afslag wisselen elkaar af. Bij kustafslag lijkt het vaak nodig om direct maatregelen te nemen. Maar is het eigenlijk wel altijd nodig om meteen in te grijpen? Misschien is het mogelijk om bepaalde verschijnselen te accepteren, bijvoorbeeld als ze van tijdelijke aard zijn.



Een proces op kleine tijdschaal: de strandhaak en meanderende geul bij het Ballumerstrand. Boven de situatie in januari 1999: de meander bevindt zich bij Rijksstrandpaal 7 (strandovergang bij Ballum). Onder de situatie in oktober 1999. In minder dan één jaar is er één kilometer naar het oosten een tweede meander gekomen die tegen het duin bij Rijksstrandpaal 8 ligt.

Kustgedrag ontrafelen

Om de kustontwikkeling in Ameland beter te begrijpen is het gedrag van de kust op drie verschillende tijdschalen bestudeerd:

Op een tijdschaal van jaren door de analyse van de jaarlijkse JARKUS raaien (raaien loodrecht in zee waarlangs de bodemdiepte wordt gemeten). Langs de kust van noordwest Ameland wisselen erosie en aanzanding elkaar af.

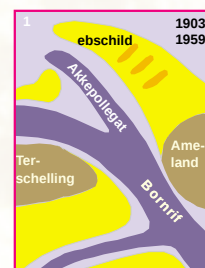
Op een tijdschaal van decennia door het analyseren van dieptekaarten vanaf halverwege de negentiende eeuw. De ontwikkeling van geulen en platen in het Amelanders zeegat doorlopen een cyclus van zestig jaar.

Op een tijdschaal van eeuwen op basis van geologisch onderzoek. De verplaatsing van het Amelanders zeegat naar het oosten is gerelateerd aan het inpolderen en afsluiten van een oude binnenzee in de Middeleeuwen. Dit was de zogenaamde Middelzee.

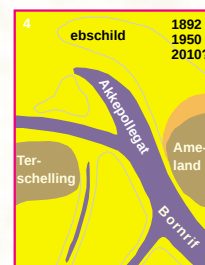
Zeegat van Ameland door de eeuwen heen.

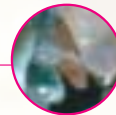
Uit de analyse van historische dieptekaarten blijkt dat het zeegat van Ameland een cyclisch gedrag vertoont. De duur van deze cyclus is vijftig à zestig jaar en wordt gekenmerkt door vier verschillende situaties.

Het Akkepollegat wijst in westnoordwestelijke richting. Zand afkomstig uit het ebschild, wordt door de golven (in de vorm van zandbanken) richting de kust van Noordwest Ameland verplaatst.



De uitstromingsrichting van het Akkepollegat heeft zich weer naar het westen verlegd. Zand uit het ebschild wordt door de golven richting Ameland verplaatst. De cyclus kan opnieuw beginnen.





Een optelsom van tijdschalen

De ontwikkeling van het Amelanders zeegat is uit te leggen als een optelsom op verschillende tijdschalen.

Op een tijdschaal van jaren zorgt de meanderende geul tussen de strandhaak en de kust voor lokale stranderosie.

Op een tijdschaal van decennia is het cyclische gedrag van het zeegat het meest belangrijk. De periodieke aanlanding van grote zandplaten beïnvloedt de kustlijnontwikkeling van Noordwest Ameland.

Op een tijdschaal van eeuwen staat de kop van Ameland onder invloed van de oostwaartse verplaatsing van het Amelanders Zeegat. Hierdoor is het Borndiep tegen de zuidwestkust van Ameland komen te liggen en veroorzaakt daar erosie.

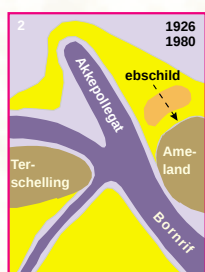
Begrijpen om in te grijpen

Door meer begrip van het samenspel van processen wordt het beheer maatwerk per kilometer. Dit maatwerk houdt in dat het niet nodig is om bij elke vorm van erosie direct in te grijpen, maar alleen bij acute veiligheidsproblemen en bij structurele overschrijding van de BKL.

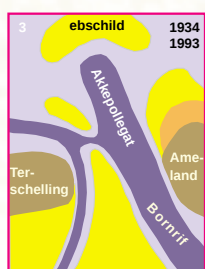
Op een tijdschaal van jaren heeft de geul erosie veroorzaakt. Aan deze erosie is recent een einde gekomen door het dichtslibben van de geul. Hoewel ingrijpen niet nodig is, wordt dit proces nauwlettend gevolgd.

Op een tijdschaal van decennia zorgt de oostwaartse uitbouw van de strandhaak, die is ontstaan uit een aangelande zandplaat, voor een natuurlijke suppletie van de noordkust van Ameland. Naast deze natuurlijke suppletie blijven kunstmatige zandsuppleties nodig om de BKL te handhaven.

Op een tijdschaal van eeuwen zorgt de beweging van het Borndiep naar het oosten voor continue erosie van de zuidwestkant. Langs dit kustgedeelte houden harde verdedigingswerken dit proces gedeeltelijk tegen. Deze kustverdediging zal ook in de toekomst gehandhaafd moeten blijven.

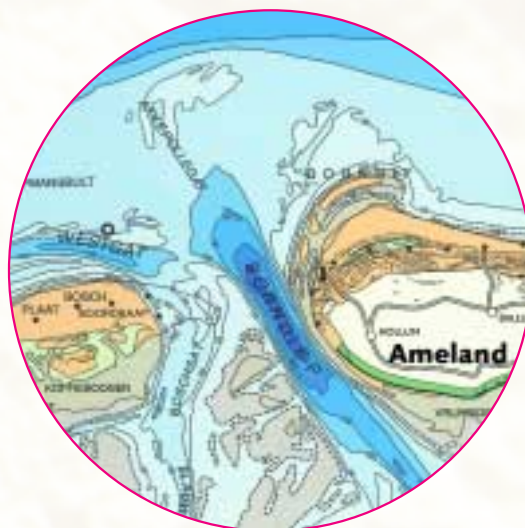


De uitstromingsrichting van het Akkepollegat heeft zich naar het noordwesten verlengd. Uit de zandbanken is één grote zandplaat ontstaan, die vlak onder de kust van Ameland ligt.



Het Akkepollegat ligt in het verlengde van het Borndiep. Zand dat vanuit het zeegat, via het Akkepollegat, naar buiten wordt gevoerd, zorgt voor de opbouw van het ebschild.

De grote zandplaat is samen gesmolten met de kust van Ameland.



Eilanden en zeegaten

De Noorderhaaks nog in zee

Texel erodeert. Regelmatig grote hoeveelheden zand suppleren blijft nodig om de kustfuncties te behouden. Dit is de aanleiding om te zoeken naar mogelijkheden om op een efficiëntere wijze de erosie voor langere tijd te bestrijden.

Verschillende ideeën zijn overwogen, steeds met als uitgangspunt: 'slim meewerken met de natuur'. De onderzochte oplossingsrichtingen gaan uit van een interne herverdeling van zand binnen het Marsdiep-kuststelsel. De oplossingsrichtingen maken gebruik van de Noorderhaaks. De Noorderhaaks is een zandplaat die zich langzaam in de richting van Texel verplaatst om daar aan te landen. Nu wordt het nog van het eiland gescheiden door een geul: het Molengat. Kan het zand van deze zandplaat ten goede komen aan de kust?



Noorderhaaks bij zuidwest Texel.

Bij zuidwest Texel lag vroeger al een zandplaat: de Onrust. Oude kaarten laten zien hoe in 1908 deze plaat aanlandde bij de kust. De zandplaat die er vandaag de dag ligt, de Noorderhaaks, verplaatst zich ook in de richting van Texel. Door dit proces te versnellen zou het zand eerder ten goede kunnen komen aan de kust.

Geul, drempel of dam?

Om de speelruimte voor oplossingen af te tasten, heeft RWS een aantal theoretische mogelijkheden onderzocht om het proces van aanlanding te versnellen.

Allereerst de mogelijkheid om zand te winnen uit het Molengat door verruiming van de geul aan de zeezijde en met dit zand de kust te suppleren.

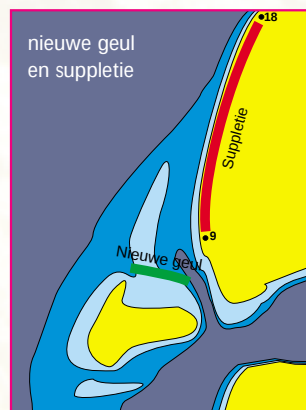
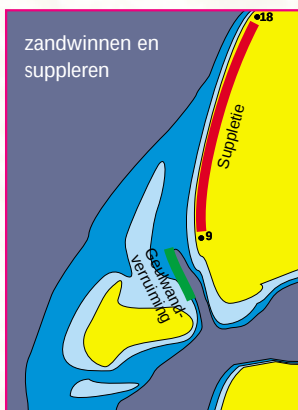
Daarnaast drie mogelijkheden die gebruik maken van zandwinning uit een nieuw te graven geul ten noorden van de Noorderhaaks. Dit zand kan vervolgens ingezet worden voor de volgende opties:

- de kust suppleren;
- een drempel bouwen in het Molengat;
- de kust suppleren en daarnaast met een dam het Molengat afsluiten

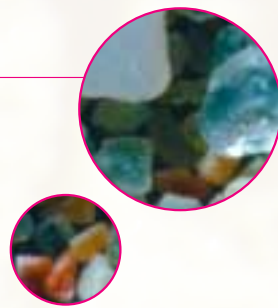
Met modellen is een voorspelling gedaan naar de gevolgen van de ingrepen voor de komende drie tot vijf jaar.

Vier mogelijkheden voor zuidwest Texel.

Er zijn vier theoretische mogelijkheden onderzocht om het proces van verhuizing van de Noorderhaaks te versnellen.



?



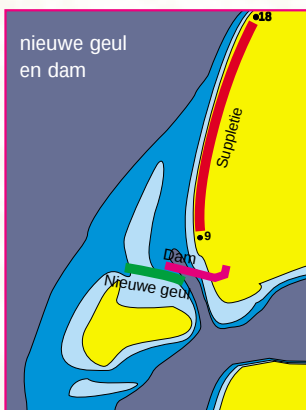
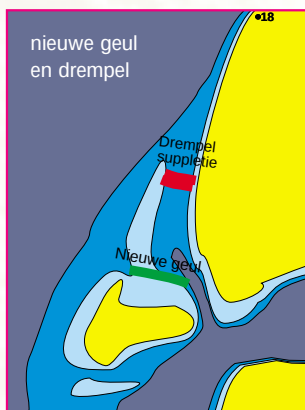
Niet ingrijpen...

De onderzochte ingrepen in het Molengat lijken het erosieprobleem van ZW Texel niet voor langere tijd op te lossen. Dat is de conclusie uit voorspellingen met de huidige stand van morfologische modellen. Binnen een termijn van vijf jaar lijken de gevolgen van ingrijpen verdwenen en is de oude situatie min of meer hersteld. Ook het aanleggen van een drempel heeft nauwelijks lange termijn gevolgen voor de erosie. Het aanbrengen van een dam heeft zelfs negatieve gevolgen omdat onder andere het getij bij Den Helder hierdoor wordt beïnvloed.

...maar blijven suppleren op ZW Texel

Een versnelling van het verhelingsproces van de Noorderhaaks met Texel lijkt met de onderzochte opties niet te worden gestimuleerd. Misschien speelt het verhelingsproces zich op een grotere tijdschaal af dan de onderzochte vijf jaar; misschien zijn de huidige modellen nog onvoldoende in staat om op de juiste schaal het verhelingsproces weer te geven. In ieder geval is duidelijk dat de vier onderzochte theoretische ingrepen geen efficiënte manier zijn om de erosie op zuidwest Texel te bestrijden.

Suppleren blijft vooralsnog de beste oplossing.



Eilanden en zeegaten

Westerscheldemonding: varen, veili

Rivier en monding

De Westerschelde vormt de toegang tot de haven van Antwerpen en is daarmee de enige zeearm die met de Deltawerken helemaal open is gebleven. De Westerschelde heeft nu veel functies; het is belangrijk voor scheepvaart en natuur, maar ook de veiligheid langs de kust moet op Deltanorm blijven. RWS wil een beleid voeren waarin deze functies zo goed mogelijk zijn te combineren. Is onze kennis hiervoor voldoende?



De Westerschelde en de Westerscheldemonding zijn sterk beïnvloed door natuurlijke fenomenen zoals het gedrag van het Oostgat bij zuidwest Walcheren en door menselijke activiteiten, waaronder baggeren en storten. Tussen 1960 en 1992 is uit de Schelde en uit de havens ruim 600 miljoen m³ specie gebaggerd en aan de rand van de monding gestort.



Inhaalslag kennisvlek

In de loop der jaren hebben onderzoekers veel studies gewijd aan de Westerschelde. Deze studies hebben zich gericht op het binnengebied tot aan de denkbeeldige lijn tussen Vlissingen en Breskens. Over de monding van de Westerschelde en over de interactie met de rivier de Schelde is nog weinig bekend. Natuurlijke fenomenen, zoals het gedrag van het Oostgat bij zuidwest Walcheren, en menselijke activiteiten zoals baggeren en storten, zijn van invloed op de monding. Als de kennis van de monding even groot is als die van de Schelde, kan in de toekomst een flinke stap gezet worden naar een meer integraal beheer voor varen, veiligheid en natuur.

De relatieve kennisachterstand over de Westerscheldemonding is met een brede aanpak ingehaald. Eerst is de aanwezige kennis over de geschiedenis van de Westerscheldemonding systematisch op een rij gezet. Daarna heeft KUST 2000 het gedrag van de monding op verschillende tijdschalen met verschillende onderzoeken bestudeerd:

- 1 De geologische samenstelling van de ondergrond, om te weten of er gebieden zijn die moeilijk eroderen.
- 2 Een zandbalans van de monding over een periode van dertig jaar, om te weten of het zandvolume binnen het gebied verandert en of er onderlinge zanduitwisseling is tussen de verschillende deelsystemen van het gebied.
- 3 Modelberekeningen om de rol van het getij in het gebied te analyseren.
- 4 Golfmetingen op een specifiek deelgebied gedurende één winterseizoen om te bestuderen of stormen een belangrijke rol spelen in het erosiegedrag van het systeem van de geul het Oostgat, de zandbank Bankje van Zoutelande en de kust van Walcheren.





Inzicht in de monding

Op grote schaal is de werking van de monding als volgt te beschrijven.

De zandbalans van de hele monding laat zien dat het zandvolume op een tijdschaal van dertig jaar afneemt. De ligging van platen en geulen, zoals de huidige twee geulensysteem, de Wielingen en het Oostgat, is redelijk stabiel. Ook de locatie van de tussenliggende vlakte van de Raan is stabiel. Op een aantal plaatsen bevindt zich een erosiebestendige kleilaag, de Boomse klei, die maakt dat de diepte van deze gebieden constant blijft. Het Oostgat is niet, zoals eerst gedacht, de geul die de Ooster- en Westerschelde verbindt, maar een geul die de Westerschelde met de Noordzee verbindt. Dit betekent dat ingrepen in de Oosterschelde (zoals de bouw van de stormvloedkering) minder invloed hebben op het Oostgat en de Westerscheldemonding dan aanvankelijk gedacht.

Varen, veiligheid en natuur

De kennis van het mondingsgebied van de Westerschelde is bruikbaar voor het beheer.

Het is belangrijk om de erosiebestendige laag niet af te graven. Deze werkt als een soort dekking waardoor het zand eronder bewaard blijft.

Heel lokaal heeft de aanzanding van de Paardenmarkt, ten zuiden van de Wielingen, een beschermende werking op de kust van Zeeuws Vlaanderen. De zandbalans laat wel zien dat de stortlocatie mogelijk verzadigd is.

Met dit soort kennis over de monding kan gekeken worden hoe beheersingrepen de belangen van scheepvaart, veiligheid en natuur het beste kunnen dienen. Hierdoor kan een stap vooruit worden gezet naar een integraal beheer van scheepvaart, veiligheid en natuur.





Colofon

Deze brochure is samengesteld door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut van Kust en Zee/RIKZ. Het Kust 2000 programmateam bestond uit: M. Boers, D.W. Dunsbergen, M.J. van Endt, S.E. Hoogewoning, C.G. Israël, R.B. Kalf, J.P.M. Mulder, G.J.M. Nijland, R. Spanhoff, J.M.T. Stam en A.M. Walburg. Bijdragen aan diverse Kust 2000 studies zijn geleverd door: A.A. Arends, J. Cleveringa, M.A.G. van Helvert, B. Kornman, A. Langerak, B.B. van Marion, H.P.J. Mulder, A.P. Oost en P. Roelse.

Met dank aan: A.H. Akkerman, J. Dronkers, G.J. Drost, F.P. Hallie, H.J. de Kruijk, P. Noordstra, A. Prakken, H.D. Rakhorst, J. Rousel, J.H. Vroon en D.I.O. van der Zwart voor hun bijdragen aan deze brochure.

Bij het ontwerp van Kust 2000 en bij de kwaliteitsborging tijdens de uitvoering is nauw samengewerkt met het Nederlands Centrum voor Kustonderzoek (NCK).

Het Kust 2000 onderzoek heeft van 1996 tot en met 2000 plaatsgevonden.

Opdrachtgevers vanuit Rijkswaterstaat waren het Hoofdkantoor van de Waterstaat en de volgende regionale kustdirecties: Noord-Nederland, Noord-Holland, Zeeland en Noordzee.

Delen van het onderzoek zijn uitgevoerd met mede-financiering van het EU Marine Science and Technology Programme (MAST II en MAST III) in de projecten Nourtec (contract nr. MAS 2-CT93-0049), PACE (contract nr. MAS 3-CT95-002), SAFE (contract nr. MAS 3-CT95-004) en COAST 3D (contract nr. MAS 3-CT97-0086).

Instellingen, bedrijven en adviseurs die delen van het Kust 2000 programma hebben uitgevoerd zijn:

Alkyon b.v., Aquavision, ARGOS, DHV, F. Gerritsen, Haecon, Hydrest inc., Infram, Ingenieursbureau S.D. Kamminga b.v., Maris, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, PRC Bouwcentrum, Rijksuniversiteit Groningen, T. Pieters, Sepra, Svasek, TNO-Bouw, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Twente, Universiteit van Amsterdam, Universiteit Utrecht, Instituut voor Marien Atmosferisch Onderzoek, WL/Delft Hydraulics, Witteveen en Bos, Xi visualisatie.

Vormgeving: RWS RIKZ Visuele vormgeving.

Druk: Artoos Nederland, Rijswijk.

Opplage: 1000 exemplaren.

Fotoverantwoording: RWS Meetkundige Dienst.

Exemplaren zijn aan te vragen bij de bibliotheek van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, tel. 070-3114272, e-mail: bibliotheek@rikz.rws.minvenw.nl

Voor vragen naar aanleiding van deze brochure kunt u zich wenden tot de RIKZ Stafafdeling Directiesecretariaat en Facilitaire Zaken, afdeling Communicatie, tel. 070-3114422.

Informatie over de activiteiten van het Rijksinstituut voor Kust en Zee kunt u vinden op: www.rikz.nl