

Basisprincipes van de kustwaterbouw, deel 6

Strandhoofden

ir. H.J. Verhagen, rijkswaterstaat, dienst weg- en waterbouwkunde

Soorten strandhoofden

Langs de Nederlandse kust zijn een groot aantal strandhoofden en een kleiner aantal paalschermen gebouwd. Daarnaast zijn, met name in Zeeland, vaak combinaties toegepast, die de naam paalhoofd hebben gekregen. Dit zijn strandhoofden met daarop palen geplaatst, of paalschermen met daarnaast een steenbestorting.

De aanleg van hoofden is de klassieke methode van kustverdediging. Het doel van hoofden is het verminderen van de kusterosie. Lange tijd is dit het enige middel geweest om iets aan kustverdediging te doen. De effectiviteit van hoofden op lange termijn is nauwelijks onderwerp van studie geweest. De vormgeving van de hoofden is historisch bepaald, gebaseerd op lokale ervaring. Goede ontwerprichtlijnen hebben nooit bestaan; men bouwde voort op ervaring. Het gevolg van deze historie is dat veel hoofden in de verkeerde richting zijn geoptimaliseerd. Door een kustbeheerder kan heel simpel de schade aan een hoofd waargenomen worden evenals de ontgroningen langs de koppen van de hoofden. Men probeerde het hoofd steeds zo aan te passen dat de onderhoudsgevoeligheid minder werd, en dat er weinig lokale ontgroningen optraden. Het hoofddoel werd daarbij vaak uit het oog verloren.

Het hoofddoel is het tegengaan van langzame, doorgaande erosie. Voor de kustbeheerder is dat wat moeilijker direct waar te nemen, en daardoor werden strandhoofden vaak niet in deze richting geoptimaliseerd.

De werking van hoofden

Het is gebruikelijk om de zandbewegingen in het kustgebied te splitsen in een component evenwijdig aan de kust en een component dwars op de kust. Ook wordt vaak aangenomen dat deze beide componenten elkaar niet beïnvloeden. Deze aanname zal ook in dit hoofdstuk gedaan worden.

Er zijn geen theoretische concepten beschikbaar waarmee de invloed van strandhoofden op het transport dwars op

de kust beschreven wordt. Wellicht hebben hoofden behalve door het vastleggen van muiën enige invloed op de vorm van het dwarsprofiel.

Wel zijn er concepten beschikbaar voor het beschrijven van de invloed van hoofden op de transporten in langsrichting. Primair hebben hoofden een invloed op de stroming langs de kust. Dit kan op een drietal manieren gebeuren:

- ze belemmeren de brandingsstroom en zijn als zodanig weerstandselementen in de stroming;
- ze leggen het circulatiepatroon vast; muiën zullen zich concentreren ter plaatse van het hoofd;
- ze houden een getijstroom weg van de kust, en geven daardoor ook iets meer weerstand tegen de getijstroom.



Strandhoofden hebben dus invloed op de stroom. De getijstroom wordt afgeleid, de brandingsstroom geremd. Zandtransport is een functie van de stroomsnelheid en de opwoeling; opwoeling wordt veroorzaakt door golven, lokale stroomturbulenties en, in mindere mate, door de gemiddelde stroomsnelheid.

De invloed van strandhoofden op de opwoeling door golven is vrij beperkt. Als golven reflecteren tegen vrijwel verticale hoofden kan er sprake zijn van enige invloed. Verticale flanken komen in Nederland echter niet veel voor bij strandhoofden.

Extra opwoeling kan ook ontstaan doordat water over een stenen berm heen stroomt. Dit verschijnsel treedt echter alleen op bij bermen met taluds steiler dan 1:1 tot 1:2 en een zekere hoogte. Bij wat flauwe taluds kan wel benedenstrooms enige verdieping optreden (vorming van een „ontgrondingskuil”).

Bij paalschermen kan tussen de palen erosie ontstaan door stroomcontractie. De stroomsnelheid tussen de palen is vaak twee maal de stroomsnelheid tussen de hoofden, de zandtransportcapaciteit is dan vele malen groter.

Bij een vaste waterstand of bij een vaste stroomsnelheid zijn deze verdiepingen wel te bepalen, voor een oscillerende beweging is e.e.a. uiterst moeizaam (doordat de stroom omkeert).

Wel kunnen (hogere) strandhoofden bepaalde delen van het strand beschermen tegen golfaanval. Dit is overigens alleen het geval als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- de hoofden zijn hoog (minstens $\frac{2}{3}$ van de diepte)
- de hoofden zijn breed (ca. 10 m of breder, want op een te smal hoofd breekt de golf niet)
- de golven zijn lang ten opzichte van de onderlinge afstand van de hoofden
- de golven vallen scheef in.

De getallen in bovenstaand overzicht zijn grotendeels bepaald uit ervaringen van de kustbeheerders

Over het algemeen zal door strandhoofden de opwoeling nauwelijks beïnvloed worden. De stroomsnelheid wordt wel minder. Zandtransport is een functie van opwoeling en stroomsnelheid. Het zandtransport wordt dus verminderd door strandhoofden.

Het feit dat strandhoofden het zandtransport kunnen verminderen hoeft niet te betekenen dat zij de aanzanding bevorderen. De aanzanding is nl niet afhankelijk van de grootte van het zandtransport, maar van het verschil in zandtransport in langsricting langs de kust. Dit betekent dat aan het begin van een hoofdenveld (aan de bovenstroomse kant) het zandtransport afneemt. Er zal daardoor aanzanding optreden. Aan de benedenstroomse kant neemt het zandtransport weer toe. Hier ontstaat dan de zogenaamde lij-erosie. Zie figuur 6.1. Dit is bijvoorbeeld heel goed waar te nemen ten zuiden van Zoutelande. Ook bij strandhoofden blijken het 5e, 6e en 8e Gebod voor de Kustverdediging hun waarde te hebben.

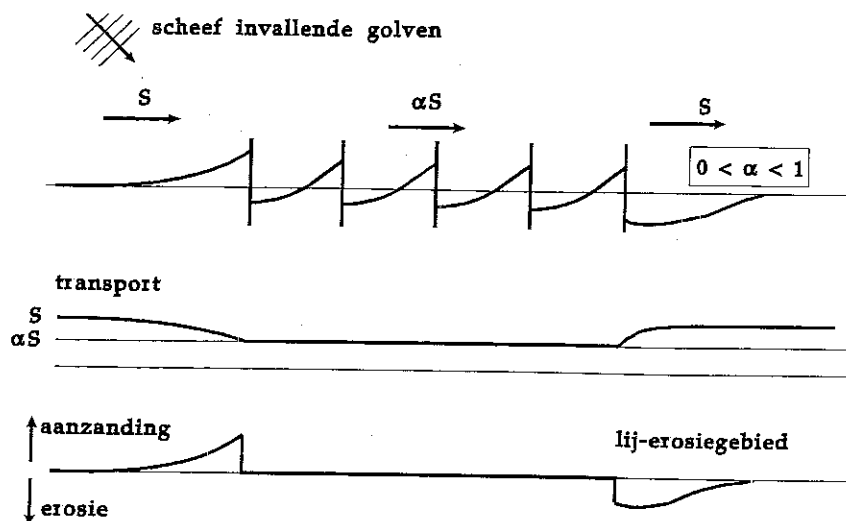
Benadrukt moet worden dat strandhoofden geen enkele invloed hebben op het proces van duinafslag.

Hoofden die de getijstroom uit de kust houden werken dus als stroomkribben. Er zal dus per definitie contractie optreden ter plaatse van de koppen. Deze zullen in dat geval dus zodanig uitgevoerd moeten worden dat zij:

- of weerstand bieden tegen de ontgronding
- of de ontgronding tot grote diepte kunnen volgen.

De getijstroom wordt „uitwendig” aangedreven, d.w.z. de aandrijving vindt plaats doordat er een verhang langs de kust staat. Door dit verhang ontstaat een stroming, die in evenwicht is met de gemiddelde weerstand in het kustvak. Door de weerstand te verhogen (bijv. door de aanleg van hoofden) wordt de gemiddelde snelheid lager ($v = \chi$); h en i blijven gelijk en C wordt verlaagd. Hierdoor neemt de zandtransportcapaciteit langs het gehele kustvak gemiddeld af.

De brandingsstroom wordt „inwendig” aangedreven door brekende golven. Deze stroomsnelheid past zich zeer snel aan de variërende condities aan. Bij tamelijk recht invallende golven veranderen tussen twee hoofden in deze condities nauwelijks, en



figuur 6.1 Aanzanding en erosie bij een hoofdenstelsel

blijft de brandingsstroom z'n oorspronkelijke snelheid houden.

Door de aanleg van hoofden wordt de brandingsstroom, en dus ook het zandtransport niet gelijkmatig langs de gehele kust verminderd, maar alleen lokaal ter plaatse van het hoofd. Het gevolg is een aanzanding bovenstrooms en een erosie benedenstrooms van het hoofd, waardoor de kenmerkende vertanding kustlijn ontstaat. Een dergelijke vertanding ontstaat nauwelijks als alleen getijstroom geremd wordt.

Als instrument om een geheel kustvak te laten aangroeien kunnen strandhoofden eigenlijk theoretisch nooit goed functioneren, omdat alle zandwinst per definitie ten koste gaat van het gebied benedenstrooms. De lij-erosie in m^3 is gelijk aan de zandwinst in het beschermde gebied. Slechts in enkele bijzondere gevallen (bijvoorbeeld aan de benedenstroomse zijde van eilanden of bij duidelijke hoeken in de kustlijn) is er voor een kustvak echt zandwinst te boeken. Als zuiver defensief instrument zijn er wel theoretische overwegingen volgens welke een strandhoofd kan functioneren. Hun taak is dan het lokaal verminderen of voorkomen van erosie. Dit heeft soms het gevolg dat aan de lijzijde de erosie versterkt of de sedimentatie vermindert. Het eerste kan vaak niet getolereerd worden, het tweede is soms wel acceptabel.

De aanleg van een hoofdenstelsel beïnvloedt de evenwichtsligging van de kust. Meestal ontstaat na vele tientallen jaren van aanleg en verplaatsing van hoofden een nieuwe evenwichtsligging met een dynamisch evenwicht. Het voorspellen van een dergelijke verstoring is moeilijk omdat er een aantal tegengestelde factoren zijn

Theoretische modellen

Voor een theoretische benadering van de werking van strandhoofden wordt meestal uitgegaan van het door golven aangedreven langtransport. Door Bakker [1967, 1971] zijn op basis van de Pelnard-Considère methode (zie hoofdstuk 4) een aantal modellen ontwikkeld voor de berekening van kustlijnligging bij strandhoofden. Hij bouwt hierin door op de gedachtenvorming van Van Bendegom [1949]. In deze methode moet een „kustconstante” worden ingevoerd, die in een aantal gevallen niet zo constant is, maar echter wel aan de hand van analyses van kustlijnverplaatsingen in het verleden te bepalen is. Hindcast-berekeningen met deze methode blijken voor de Nederlandse kust, over een beperkt aantal jaren goed mogelijk. Forecast-berekeningen zijn een stuk moeilijker in verband met problemen bij het bepalen van de kustconstante. De oorzaak van dit probleem is te vinden in het feit dat er in Nederland een zeer variabel golfklimaat is, waar bij vaak de resulterende golf ongeveer loodrecht op de kust staat. Het resulterende zandtransport langs de kust is het verschil tussen twee grote transporten. De fout die in de berekening gemaakt wordt is daarom relatief groot.

Bovendien gaat de methode er vanuit dat het hoofd een groot deel van het brandingsstroomtransport blokkeert. Doordat de brekerzone bij stormen vaak veel breder is dan de lengte van de hoofden is dat geenszins het geval. Hiervoor moet een correctie-term ingevoerd worden, die ook weer een bron van onnauwkeurigheden is.

Toepassing van deze methode langs oceaankusten met een redelijk constante golf-aanval en weinig getijstroom hebben wel tot zeer goede forecasts geleid.

Bij deze methode gaat men uit van een globale zandtransport-formule voor brandingsstroom transport, zoals de CERC-formule (zie hoofdstuk 3). Uit deze formule volgt dat bij loodrechte golfinval het zandtransport nul is. Als de golven onder een hoek invallen ontstaat een transport. Als langs zo'n kustvak strandhoofden gebouwd worden, wordt het zand van het bovenstroomse hoofd naar het benedenstroomse hoofd getransporteerd. Het zand wordt daar afgezet, omdat het zand het hoofd niet (of slecht) kan passeren. De kustoriëntatie tussen de hoofden verandert daardoor. De kustlijn tussen de hoofden gaat steeds meer loodrecht op de invallende golven staan, waardoor het zandtransport minder wordt. In theorie wordt het zandtransport in het hoofdenveld uiteindelijk nul. Aan de bovenstroomse zijde zal aanzanding ontstaan, aan de benedenstroomse zijde ontstaat lij-erosie.

In een situatie als in figuur 6.2 geschetst kan doorgaande erosie van het gebogen kustvak (kustvak A) voorkomen worden. Wel zal dan ook kustvak B van hoofden voorzien moeten worden, omdat er anders ook

Muistromen worden geconcentreerd bij een strandhoofd. Er zijn wat aanwijzingen dat door de aanwezigheid van strandhoofden, deze muistromen wat sterker zijn dan zonder strandhoofden. Het gevolg hiervan kan zijn dat er een extra zandtransport in dwarsrichting optreedt. Dit geeft een verlies van zand. In hoeverre dit mogelijke extra zandverlies bezwaarlijk is, is niet duidelijk. De theoretische beschouwingen geven hierover niet echt uitsluitsel.

Als er langs een kustvak een overheersende getijstroom staat, wordt het zandtransport hierdoor gedomineerd. Het theoretische brandingsstroom-concept is dan niet goed bruikbaar. Een goed theoretisch concept om het effect van strandhoofden bij een overheersende getijstroom te beschrijven is niet beschikbaar. Het is duidelijk dat het feit dat de hoofden de getijstroom van de kust afhouden, en dat hierdoor de erosie minder zal worden. Kwantificering hiervan is echter uitermate moeilijk.

Onderzoek

In Nederland is op beperkte schaal modelonderzoek naar strandhoofden gedaan

hoofden tot 1980 is samengevat in een publikatie van Hydraulic Research in Wallingford [Tomlinson, 1983]. In deze publikatie wordt een groot aantal strandhoofdprojecten in de wereld geëvalueerd, en aan de hand van deze evaluatie worden een aantal algemene criteria voor hoofden geponeerd. Het onderzoek is na 1980 in Engeland voortgezet, maar heeft zich vooral gericht op het aldaar gebruikelijke type strandhoofd (kort hoofd, veelal op grindstrand, bestaande uit palen met daartussen een beplanking; een schutting). Een samenvatting van dit onderzoek is gegeven door Fleming [1990]. Deze situatie is niet vergelijkbaar met de situatie in Nederland. Uit het literatuuronderzoek bleek dat er veel theoretisch-mathematische modellen in laboratoria getoetst zijn, maar zelden aan prototype gegevens. Bij het onderzoek in laboratoria is overigens de nadruk gelegd op hoofden aan kusten met duidelijk scheef invallende golven uit een richting, zonder getijstroom, gelegen langs lange rechte kusten met een flauw onderwatertalud. De invloed van het hoofd op de langjarige morfologische ontwikkeling werd daarbij nooit bestudeerd.

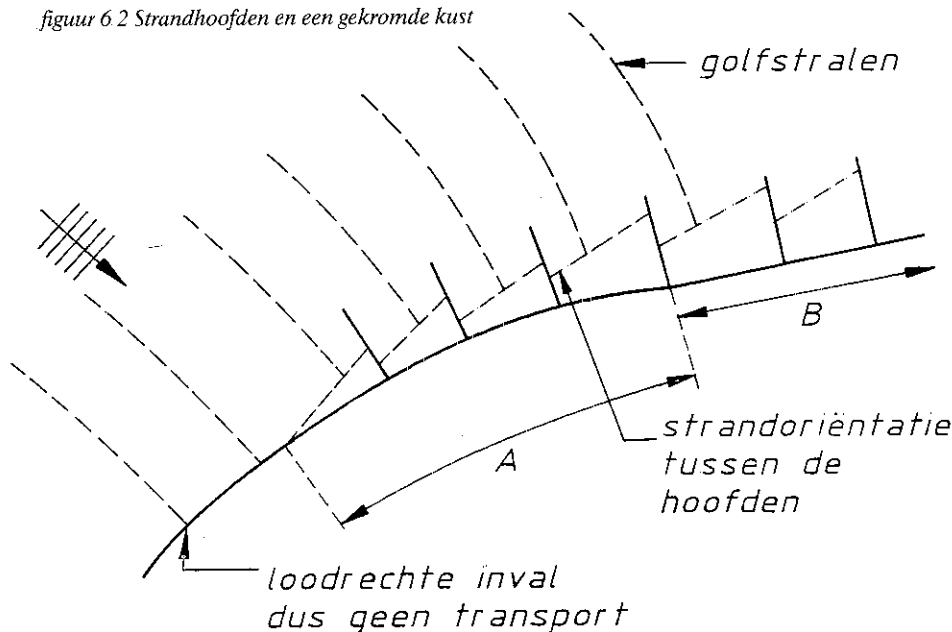
Bij de beschrijving van prototype-situaties wordt veelal een beschrijving gegeven van de bestaande, niet bevredigende situatie en van het ontwerp van de nieuwe situatie. Publikaties waarin na een groter aantal jaren de werking van een hoofdenstelsel wordt beschreven zijn er nauwelijks.

Ten aanzien van de werking van paalschermen is door Svasek [1975] onderzoek gedaan. Ook hier is doorgebouwd op het Bakkerconcept, en worden de paalschermen als een weerstandselement in de langstransportberekening ingevoerd. Ook voor deze methode geldt het bezwaar dat toepassing bij de variabele golfcondities in Nederland tot relatief onbetrouwbare resultaten zal leiden.

Evaluatie bestaande strandhoofden en paalschermen

Ten behoeve van de discussienota „kustverdediging na 1990” is in Technisch Rapport 12 („Strandhoofden en Paalrijen; evaluatie van hun werking”) onderzocht hoe effectief strandhoofden en paalrijen in de Nederlandse situatie geweest zijn. Deze analyse zal hier niet herhaald worden. De belangrijkste conclusies van dit rapport zijn, dat is gebleken dat op die plaatsen waar strandhoofden de getijstroom van de kust afhouden (dus als krib werken), zij over het algemeen goed tot zeer goed functioneren. Dit zijn vrij kostbare hoofden, omdat door de

figuur 6.2 Strandhoofden en een gekromde kust



erosie zal gaan optreden direct rechts van de beëindiging van het hoofdenveld. Om te werken zoals hier aangegeven zullen de hoofden vrijwel al het transport moeten blokkeren. Ze zullen dus voldoende hoog en voldoende lang moeten zijn. Verder moet het zandtransport door de getijstroom van ondergeschikt belang zijn. Tot slot moet er sprake zijn van één duidelijk overheersende golfrichting.

[Waterloopkundig Laboratorium, 1979] Bij deze proeven in een bassin van 20 x 40 m onder invloed van scheef invallende, regelmatige golven is het effect van strandhoofden bestudeerd. Deze proeven bevestigden kwalitatief de theoretische concepten van Bakker voor de effecten van een brandingsstroomtransport. De invloed van het getij is niet onderzocht. Het buitenlandse onderzoek naar strand-

stroming contractiekuilen voor de koppen van de hoofden ontstaan, die op hun beurt weer een zware kopbestorting van het hoofd vereisen. Het handhaven van deze hoofden is noodzakelijk. Afbreken zal automatisch tot kusterosie gaan leiden.

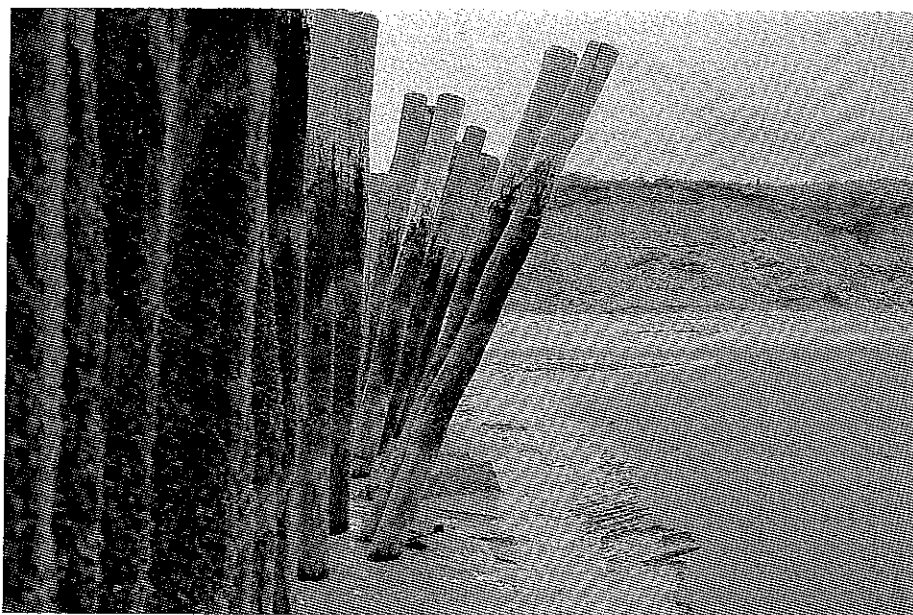
Op veel plaatsen waar strandhoofden als brandingsstroom-remmers zouden moeten werken, is hun werking minder goed. In veel van die gevallen is de resulterende brandingsstroom klein (t.g.v. golfval uit vele verschillende richtingen). Dan blijken strandhoofden nauwelijks te functioneren in het tegengaan van doorgaande erosie. De indruk bestaat dat door de bouw van deze hoofden het strand en de onderwateroever iets steiler is gaan staan. Afbraak van deze hoofden leidt wellicht tot verflauwing van de kust, en dientengevolge tot tijdelijke erosie. Bij de meeste kustvakken waar dit soort hoofden liggen is een dergelijke tijdelijke erosie niet toelaatbaar; afbraak van hoofden mag dus alleen plaatsvinden na een zeer gedegen studie over de morfologische gevolgen van het verwijderen van de hoofden.

In die gevallen waar duidelijk wel een overheersende golfrichting is, blijken strandhoofden de doorgaande erosie (boven de laagwaterlijn) te verminderen. Dit leidt wel altijd tot grote lij-erosie, die bestreden kan worden door de bouw van nog meer hoofden. In deze gevallen is het doel wel min of meer bereikt, de kosten zijn echter zeer hoog, door de noodzaak om „lijerosiehoofden” te bouwen. Afbraak van deze hoofden moet afgeraden worden, omdat de kust zich inmiddels aan de nieuwe situatie aangepast heeft (is een stuk steiler geworden). Hierdoor zal afbraak altijd leiden tot versterkte erosie. Een voorbeeld van een kustvak met een duidelijk overheersende golfrichting is de kust van zuid-west Walcheren.

In Nederland zal nieuwbouw zelden nog in aanmerking komen. Nieuwbouw kan overwogen worden bij kustvakken met een sterke aanval door de getijstroom. De kustvakken waar een dergelijke aanval is, zijn echter overal al met hoofden verdedigd.

In geval van brandingsstroom kan de bouw van strandhoofden alleen overwogen worden in die gevallen waar een duidelijk overheersende golfrichting is. Het ligt echter in de rede dat voor die gevallen het alternatief (uitvoeren periodieke zandsuppletie) een goedkopere oplossing is.

Indien er geen overheersende golfrichting is, moet de bouw van strandhoofden worden afgeraden.



Een algemeen bezwaar van strandhoofden is, dat niet ingespeeld kan worden op de dynamiek van het kustgebied, zoals bijv. de voorbijtrekkende zandgolven.

De effectiviteit van paalschermen is zeer minimaal gebleken. Slechts in die gevallen waar een overheersende golfrichting is, blijken zij in staat te zijn om de gevolgen van lij-erosie te beïnvloeden. De inscharing achter een harde verdediging wordt door het aanbrengen van paalschermen minder diep, maar zal zich over een grotere lengte uitstrekken. Aanleg van nieuwe paalschermen en instandhouding van bestaande schermen moeten derhalve met de nodige terughoudendheid beschouwd worden.

Samenvattend kan gesteld worden dat in principe geen nieuwe paalschermen meer aangelegd moeten worden en dat ook vraagtekens gezet moeten worden bij het instandhouden van de bestaande schermen. Ook de aanleg van nieuwe strandhoofden wordt in principe niet aangeraden, behalve ter plaatse van sterke getijstroom. Op deze plaatsen liggen echter meestal al strandhoofden. Ten aanzien van de afbraak van strandhoofden is terughoudendheid op z'n plaats. In de loop der jaren is versteiling van de kust opgetreden. Na afbraak van het strandhoofd zal de kust zich relatief snel willen aanpassen, hetgeen ten koste zal gaan van de zeereep. Gedurende enige jaren zal dit versnelde erosie van de duinvoet tot gevolg hebben.

Aanleg van hoofden

Traditioneel bestaat een strandhoofd uit rijshouten zinkstukken, daarop stortsteen

en afwerklaag van zetsteen (bijv. basalt). Op zich is dit een goede constructie, maar de uitvoering is vrij kostbaar, evenals het onderhoud. Als het strand verlaagt, moeten de flanken van de hoofden uitgebreid worden. Bij dit type constructies is dat heel moeilijk. Bovendien is het onderhoud van stormschade moeizaam, omdat de hoofden niet berijdbaar zijn met zwaar materieel. Vaak wordt het zetwerk vervangen door gepenetreerde stortsteen. Dat geeft een aanzienlijke besparing bij de bouw, maar het onderhoud verandert daardoor niet veel.

Het waterschap Walcheren is recentelijk begonnen met een nieuw type strandhoofd. Dit bestaat uit twee houten damwandjes, met daartussen betonblokken op filterdoek. Om ontgronding langs de flanken te voorkomen is daar wat stortsteen aangebracht. Zoals gebruikelijk in Zeeland zijn op het hoofd palen aangebracht, die een extra weerstand bieden aan de getijstroom. Dit hoofd is berijdbaar en eenvoudig aan te passen of te herstellen.

In Engeland doet men het nog simpeler. Daar plaatst men een rij palen en brengt tussen de palen een beplanking aan. Men stelt zich daar op het standpunt dat het hoofd altijd zo'n 75 cm boven het strand uit moet steken, dus ieder jaar wordt de hoogte van de schutting aangepast door het toevoegen of weghalen van planken. Over de effectiviteit van dit type hoofden bij zand (in Engeland staan ze vaak op grindstranden) is niet erg veel bekend. Toepassing in Nederland wordt niet aangeraden.

Bij koppen van strandhoofden ontstaan meestal ontgrondingskuilen. Vooral als er een aanzienlijke getijstroom staat kunnen

deze kuilen vele meters diep worden. Er wordt dan ook bij de kop van het strandhoofd een aanzienlijke bestorting toegepast. Door peilingen moet deze bestorting voortdurend bewaakt worden. Normaliter ligt er een meetraai over het hart van het hoofd en twee raaien direct langs de flanken van het hoofd. Deze raaien moeten regelmatig (één à twee keer per jaar) over een korte afstand gemeten worden om te controleren of de bestorting nog in voldoende mate aanwezig is. Bij zwaar aangevallen kusten kunnen deze bestortingswerken aanzienlijke omvang krijgen. Het onderhoud aan deze bestortingswerken is essentieel. Op die plaatsen waar hoofden feitelijk als stroomkribben werken (en dat is de plaats waar hoofden het meest effectief zijn) is met name het onderwater deel van de kop van het hoofd het werkzame onderdeel. Feitelijk zou het voldoende zijn om alleen maar verzwaarde koppen aan te brengen. Een verbinding tussen de koppen en de vaste wal is echter wel wenselijk voor het beheer en ter voorkoming van achterloopsheid.

Achterloopsheid is een probleem bij hoofden aan een eroderende kust, waarbij de erosie niet gestopt wordt door de aanleg van de hoofden. Bij voortgaande kusterosie kan een „gat” ontstaan tussen de achterkant van het hoofd en het duinfront. Vooral als langs de kust een flinke getijstroom staat, is er een groot risico, dat achter het hoofd om een stroomgeul gevormd wordt. Een dergelijke stroomgeul zal zich over het algemeen snel ingraven in het duinfront, en daardoor extra erosie veroorzaken. Achterloopsheid moet daarom te allen tijde voorkomen worden. Dit gebeurt door, na kustachteruitgang, het hoofd landwaarts te verlengen.

Op een aantal plaatsen in Nederland is dit zelfs de standaard manier om een hoofd aan te leggen. Er wordt dan eerst op het strand een kop gebouwd. Deze kop wordt verbonden met het duinfront. In eerste instantie is dit hoofd niet erg effectief, en zal erosie optreden. Het hoofd wordt dan steeds naar achter toe verlengd, en gaat daardoor relatief steeds verder in zee steken. De effectiviteit neemt daarbij toe. Het voordeel van deze manier van werken is dat de kosten erg laag zijn. De totale effectiviteit van dit soort hoofden op de lange duur is overigens niet overal even duidelijk.

Renovatie van strandhoofden

Uit de evaluatie is gevolgd dat bij de aanleg van nieuwe hoofden grote terughoudendheid betracht moet worden, omdat strandhoofden slechts in bepaalde gevallen

werken. Langs kustvakken waar deze condities in Nederland optreden liggen vrijwel overal hoofden.

De aandacht zal zich dus veel meer toe spitsen op de instandhouding van de bestaande hoofdenstelsels. Dit temeer omdat ook de afbraak van bestaande hoofdenstelsels afgeraden wordt.

De beheerder zal daarom niet voor de vraag komen te staan of hij een nieuw hoofd moet bouwen, maar veeleer voor de vraag hoe hij bij groot onderhoud de geometrie van het hoofd kan optimaliseren. De belangrijkste parameters in dat geval zijn:

- de lengte van het hoofd
- de hoogte
- de flankhellingen
- het al-dan-niet plaatsen van palen op het hoofd

In dit kader zullen alleen rechte hoofden besproken worden. Hoofden met een T-vorm zijn in de Nederlandse situatie over het algemeen te kostbaar.

Het blijkt dat (ook in de literatuur) de hoofd- en bijverschijnselen vaak door elkaar gehaald worden. Strandhoofden die bijv. vrijwel geheel onder het zand verdwenen zijn, zijn onderhoudstechnisch heel aantrekkelijk. Deze mate van aanzanding is echter nooit het gevolg van het hoofd, maar van andere factoren. Dergelijke hoofden zijn dus niet nuttig.

Aangezien de theoretische modellen niet goed bruikbaar zijn voor de optimalisatie, zal naar een meer pragmatische methode gezocht moeten worden. Hierbij kan dankbaar gebruik gemaakt worden van het feit dat de effecten van de bestaande hoofden bekend zijn. Lokaal kan dan die ervaring gebruikt worden.

Men kan verschillende hoofden in een kustvak in hydraulisch opzicht met elkaar vergelijken. Omdat het effect van de bestaande hoofden ook bekend is, kan men de effectiviteit koppelen aan de hydraulische parameters. Hiermee wordt de moeilijkheid omzeild om golfklimaten en dergelijke te bepalen. De noodzakelijke aanpassingen kunnen aan de hand van de hydraulische parameters van de aangepaste hoofden beoordeeld worden. Het achterliggende idee is dat de morfologische werking van een strandhoofd (de reductie van de langstransport capaciteit en de nadelige invloed op het zeewaartse zandverlies) te beschrijven is aan de hand van afzonderlijke hydraulische factoren. Zo wordt bijvoorbeeld het langstransport bepaald door de factoren: getijstroomsnelheid, brandings-

stroom, turbulentie ten gevolge van brekende golven in de brandingszone (indirect de luwte achter een hoofd). Door voor alle hoofden langs een kustvak deze factoren te verzamelen zou het mogelijk moeten zijn een uitspraak te doen over de wenselijke en toelaatbare grootte voor deze factoren voor een bepaald hoofd.

Er zijn zes factoren gedefinieerd, waarvan geacht wordt dat ze samen de morfologische werking van een strandhoofd beschrijven. Ze zijn gesplitst naar de hoofdfuncties „stroomkrib” en „strandhoofd”.

Stroomkrib

factor 1 De stroomsnelheidsreductie

De aanwezigheid van een hoofd, met eventueel paalrijen, heeft een directe remmende werking op de getijstroom in deze zone en daardoor een reducerend effect op het zandtransport langs de kust.

factor 2 Het kopeffect

Ten gevolge van de stroomsnelheidsreductie over de lengte van het hoofd ontstaat er een stroomcontractie voor de kop. Dit kan een verdieping voor de koppenlijn veroorzaken, en daardoor een groter zandverlies.

factor 3 De stroomturbulentie

Door stroming tussen de palen en over de kruin van het hoofd kan er, ten gevolge van een verschil in zandtransport en zandtransportcapaciteit en door extra opwoeling, een ontgrondingskuil aan de benedenstroomse zijde ontstaan.

Strandhoofd

factor 4 De brandingsstroom reductie

De aanwezigheid van een hoofd veroorzaakt een extra weerstand in der brandingszone tegen de brandingsstroom. Dit heeft directe invloed op de grootte van het langstransport.

factor 5 De golfturbulentie

Ligt een hoofd vrij hoog boven het strand, dan zal er door golfreflectie tegen dit hoofd een verhoogde turbulentie aan de loefzijde ontstaan. Samen met een zeewaarts gerichte brandingsstroom langs het hoofd, kan dit tot belangrijke ontgrondingen aan de loefzijde leiden.

factor 6 De luwte factor

Ligt een hoofd schuin ten opzichte van de invallende golfrichting, dan zal er een schaduwgebied achter het hoofd ontstaan. De golf-aanval binnen dit gebied zal verminderen. Dit heeft een reducerend effect op het langstransport

Voor de zes maatgevende factoren zijn theoretische parameters opgesteld. De variabelen in deze parameters volgen allemaal uit de geometrie van het hoofd: de hoogte boven het strand, het aantal paalrijen, de oriëntatie ten opzichte van de invallende golfrichting, enzovoorts. De parameters zijn zodanig gekozen dat de berekende waarden liggen tussen 0 en 1, waarbij 0 een „slecht” hoofd voorstelt (geen stroomreductie, een erg groot kopeffect) en 1 een „goed” hoofd (maximale stroomreductie, geen kopeffect)

De wiskundige beschrijving van deze parameters zal hier niet besproken worden. Nadere informatie hierover is te vinden in nota WWKZ-85V016 van de DGW in Middelburg en in Flemming [1990], Principles and effectiveness of groynes. In de DGW-nota is ook een computerprogramma beschreven om de parameters uit te rekenen

Van ieder willekeurig hoofd kan men de geometrie opmeten en zo met het computerprogramma de factoren 1 t/m 6 bepalen

De direct hierop volgende vraag is hoe groot die factoren dan minimaal moeten zijn. Dit is niet zonder meer te beantwoorden. Het is niet mogelijk om op theoretische gronden de minimale grootte van deze factoren te bepalen. Zij moeten dus in de praktijk waargenomen worden. De methodiek om dit te doen is door voor een bepaald kustvak de factoren voor alle hoofden in dat kustvak te berekenen. Daarna kunnen de factoren vergeleken worden met een aantal verschijnselen die in het verleden opgetreden zijn bij deze hoofden. Dat betekent dat voor ieder hoofd bepaald moet worden of het in het verleden effectief geweest is t.a.v. het verminderen van de erosie, of er grote kopeffecten opgetreden zijn, of de stabiliteit van de flanken gewaarborgd was, etc. Door deze verschijnselen voor ieder strandhoofd nu te relateren aan de berekende waarden bij dat hoofd, kan een beeld verkregen worden hoe groot de minimale waarde van de verschillende factoren moet zijn. Natuurlijk is deze interpretatie alleen voor dat kustvak geldig.

Dit geeft direct de beperking van de methodiek aan. Het is alleen mogelijk deze methodiek toe te passen bij kustvakken waar reeds hoofden liggen. Het is niet mogelijk om met deze methodiek een nieuw hoofdenstelsel te dimensioneren.

Voorbeeld

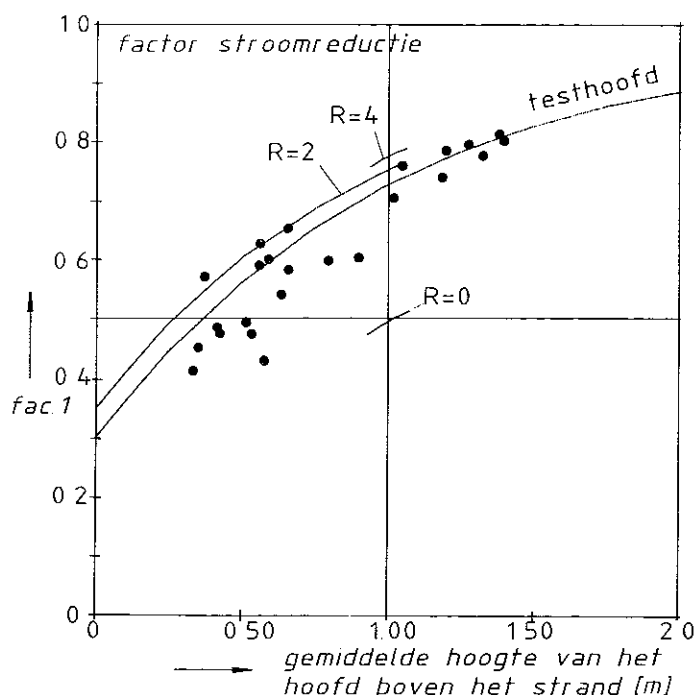
In figuur 6.3 is factor 1 weergegeven voor een aantal hoofden nabij Breskens, als

functie van de hoofdhoogte boven het strand (de zwarte punten). Bovendien is een genormaliseerd „testhoofd” weergegeven. Dit testhoofd heeft één rij palen. In de figuur is tevens aangegeven wat het effect is van geen palen ($R=0$) en van 2 of 4 paalrijen ($R=2$ en $R=4$). Uit deze figuur blijkt reeds dat één rij palen een flink rendement heeft, maar dat het plaatsen van meer rijen palen steeds minder effectief is. Figuur 6.4 geeft hetzelfde weer voor de factoren 4 (brandingsstroom) en 6 (luwtefactor).

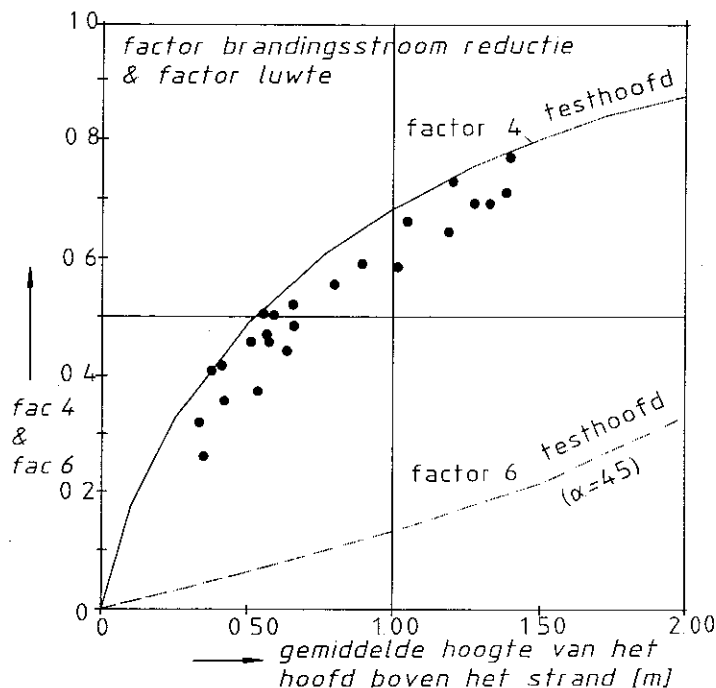
Voor het ontwerpen van een reconstructie van strandhoofden kunnen met deze techniek een aantal alternatieve ontwerpen doorgerekend worden. Als voorbeeld zal de reconstructie van een hoofd bij Breskens beschouwd worden. Van dit hoofd zijn met behulp van het computerprogramma, de hydraulische factoren voor de huidige geometrische situatie berekend.

In figuur 6.5 is factor 1 weergegeven voor het huidige hoofd. De dikkere lijn geeft aan wat het effect is als het bestaande hoofd iets lager op het strand geplaatst wordt. De lange, doorgetrokken lijn geeft het effect van een „standaard hoofd”. Zo’n standaard hoofd heeft:

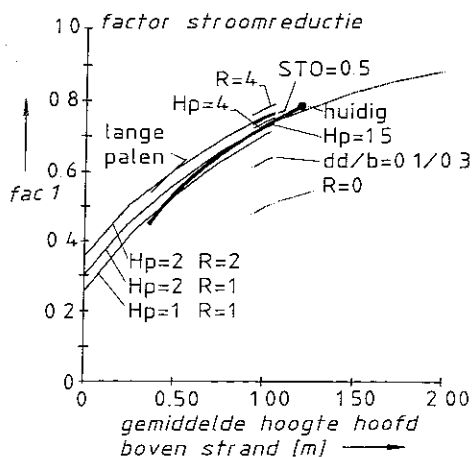
- $R=1$: één paalrij
- $HP=2$: paallengte 2 m
- $dd/b=2/2$: verhouding paaldiameter/dagwijdte 20cm/20cm
- $FI=10$: flankhelling 1:10
- $TOE=0$: teenhoogte 0 m boven het strand



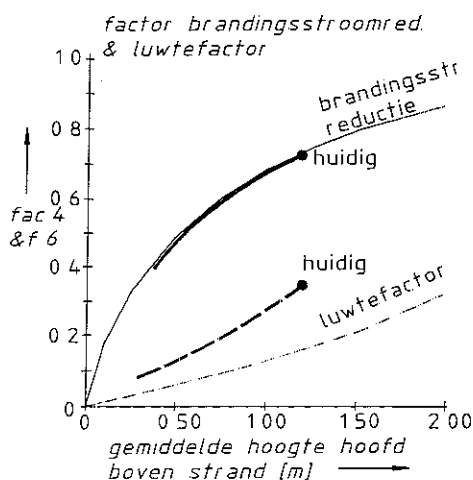
figuur 6.3 Factor stroomreductie als functie van de hoofdhoogte



figuur 6.4 Factor brandingsstroomreductie en de luwtefactor als functie van de hoofdhoogte



figuur 6.5 Factor stroomreductie voor een aantal alternatieve ontwerpen



figuur 6.6 Factor brandingsstroomreductie en luwtefactor voor een aantal alternatieve ontwerpen

STO=0 : flankbestorting van 0 m breedte

In de figuur is tevens aangegeven wat het effect is als één van de bovengenoemde variabelen een andere waarde krijgt. Figuur 6.6 geeft hetzelfde voor factor 4 en 6 (brandingsstroomreductie en luwtefactor). Hier zijn niet alle varianten weergegeven. In figuur 6.7 zijn de „neveneffecten”, de factoren 3 (stroomturbulentie), 5 (golfturbulentie) en 2 (kopeffect) weergegeven. Vergelijking van fig 6.5 en 6.6 enerzijds en figuur 6.7 anderzijds laat duidelijk zien dat de neveneffecten minder worden naarmate het hoofd verlaagd wordt. Daartegenover staat dat bij hoofdverlaging de primaire effecten ook verminderen.

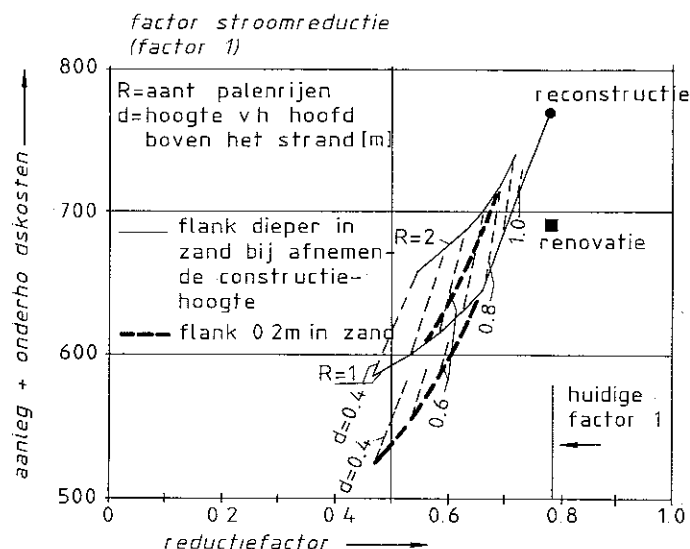
Om de constructieve aspecten in rekening te brengen, zijn de kosten van reconstructie plus het gekapitaliseerde onderhoud bepaald: ten eerste voor het geval van reno-

vatie van het bestaande hoofd binnen het huidige profiel (f 690 000,—), ten tweede voor reconstructie op verschillende kruinhoogtes. Reconstructie, met behoud van de huidige kruinhoogte (gemiddeld 1,20 m) kost f 770 000,—. Reconstructie tot een (gemiddelde) kruinhoogte van 0,50 m boven het strand, zou f 555 000,— bedragen. Hierbij is verondersteld dat de flanken tot 20 cm onder het strand doorgezet worden. Voor de tussenliggende kruinhoogtes kunnen de kosten lineair geïnterpoleerd worden.

Uit deze twee aspecten:

1. de kosten bij variërende hoofdhoogte en
 2. de hydraulische factoren bij variërende hoofdhoogte,
- kunnen grafieken samengesteld worden die de relatie tussen de kosten en de hydraulische factoren weergeven. In de figuren 6.8 t/m 6.12 zijn de kosten weergegeven als functie van de reductiefactor voor een hoofd met één en met twee paalrijen en 0,4-1,0 m boven het strand ($d=0,4$; $d=0,6$;

figuur 6.8 Aanlegkosten voor verschillende stroomreductie factoren

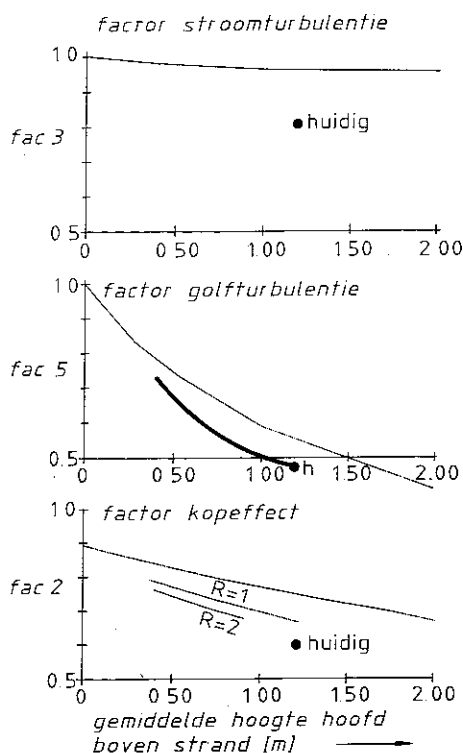


$d=0,8$; $d=1,0$) Deze grafieken tonen, bij een kruinhoogte van 0,80 m, knikken in de vloeiende lijnen, omdat gesteld is dat bij een kleinere kruinhoogte de flanken over een groter diepte in het zand doorgezet moeten worden om rekening te houden met het risico van strandverlaging.

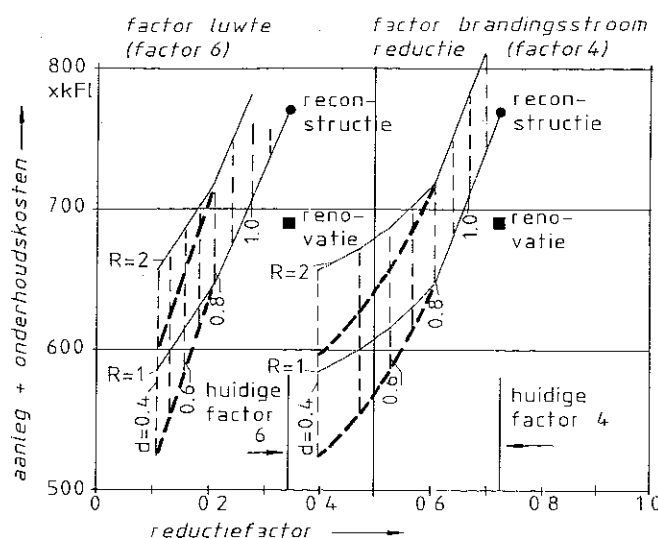
Uit morfologisch onderzoek is gebleken dat de factor stroomreductie de overheersende factor bij het betreffende hoofd is. Deze factor moet, wil het hoofd zijn functie nog goed vervullen, tenminste 0,65 zijn, liever hoger. Uit de grafiek (figuur 6.8) blijkt echter dat de kosten sterk gaan toenemen als geprobeerd wordt deze factor boven de 0,67 te krijgen. Reconstructie van het hoofd op deze hoogte ($d=80$ cm), waarbij factor 1 gelijk is aan 0,66, kost f 645 000,—.

Het aanbrengen van een extra paalrij betekent dat het hoofd 10 cm lager aangelegd kan worden, terwijl factor 1 toch even groot blijft. Financieel is die 10 cm verlaging geen verbetering; het hoofd wordt f 55 000,— duurder. Het bestaande hoofd renoveren (factor 1 = 0,78) kan ook, maar kost f 45 000,— meer dan nieuwbouw.

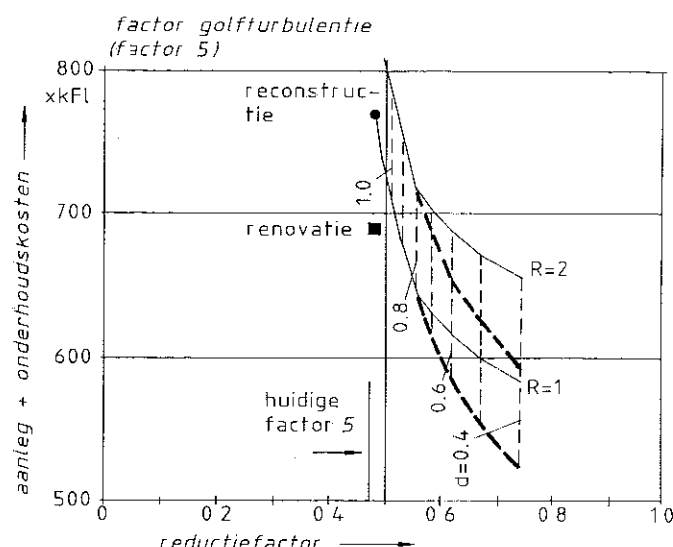
Het zou echter kunnen zijn dat het ,opti-



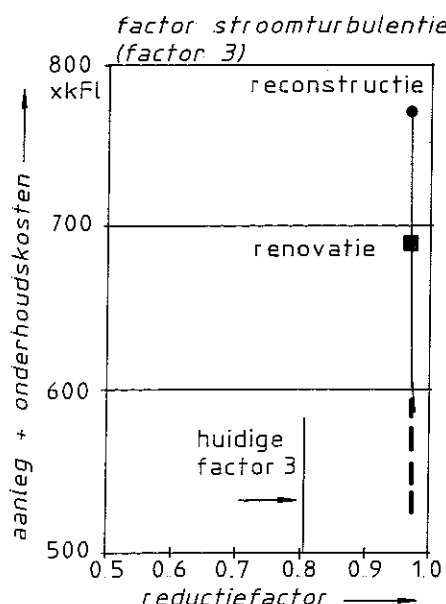
figuur 6.7 Factoren stroomturbulentie, golfturbulentie en kopeffect voor een aantal alternatieve ontwerpen



figuur 6.9 Aanlegkosten voor verschillende brandingsstroom reductie factoren



figuur 6.12 Aanlegkosten voor verschillende golfturbulentie factoren



figuur 6.10 Aanlegkosten voor verschillende stroomturbulentie factoren

male stroomhoofd' erg slecht is ten aanzien van de andere factoren. Uit de grafieken voor de andere factoren blijkt bijvoorbeeld dat ten aanzien van de brandingsstroom (factor 4) het optimale hoofd niet best scoort (zie figuur 6.9). Brandingsstroom reductie is bij Breskens echter van ondergeschikt belang, en daarom is een waarde van 0,6 nog net acceptabel. Een 10 cm lagere aanleghoogte, samen met twee paalrijen blijkt niet alleen duurder te zijn, maar ook slechter ten aanzien van de brandingsstroom reductie. Verdubbeling van het aantal paalrijen blijkt alleen gunstig voor vermindering van de golfturbulentie (figuur

6.12). De hier te behalen verbetering (van 0,55 naar 0,58) weegt echter niet op tegen de nadelen, namelijk f 55 000,— duurder, verlaging factor 4 en verlaging factor 2). Dus niet doen.

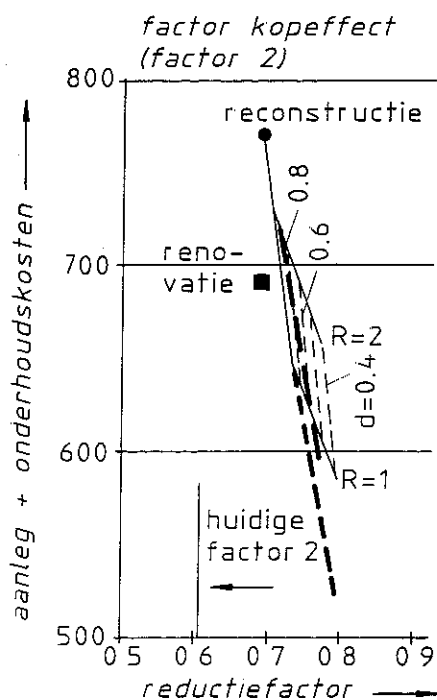
Er blijven twee reële opties over:

1. reconstructie op een gemiddelde kruinhoogte van 80 cm boven het strand (met één paalrij), en
2. renovatie met behoud van de huidige geometrie

Samengevat heeft dit de volgende consequenties: (tabel)

In dit geval is de keuze niet eenduidig te maken; er zijn ongeveer evenveel voordelen als nadelen. Een besluit hierover kan genomen worden door mede de andere hoofden in de buurt te beschouwen. De geometrie van de afzonderlijke hoofden moet namelijk niet te veel variëren. Op deze wijze kan ieder hoofd individueel beoordeeld worden. Als de hele groep zo beoordeeld is, dient nagegaan te worden of er zeer afwijkende vormen bij zitten. Bij deze „uitschieters" moet nagegaan worden of het niet mogelijk is om ze wat meer in de pas te laten lopen.

	huidige situatie	renovatie binnen huidig profiel	reconstructie op d = 80 cm
factor 1 stroomreductie	0,78	0,78	0,66
factor 4 brandingsstr. red	0,72	0,72	0,61
factor 6 luwte factor	0,35	0,35	0,21
factor 3 stroomturbulentie	0,80	0,96	0,96
factor 2 kopeffect	0,61	0,68	0,72
factor 5 golfturbulentie	0,47	0,48	0,55
kosten		f 690.000,—	f 645 000,—



figuur 6.11 Aanlegkosten voor verschillende kopeffect factoren

Referenties

- BAKKER, W.I. (1967) One aspect of the dynamics of a coast partly protected by a row of groynes. Rijkswaterstaat, nota 67-7.
- BAKKER, W.I. (1971) De dynamica van kusten. Rijkswaterstaat, nota WWK 71-22.
- BENDEGOM, L. VAN (1949) Beschouwing over de grondslagen van de kustverdediging. Rijkswaterstaat, Hooft.
- FLEMMING, C.A. (1990) Principles and effectiveness of groynes. In: Coastal Protection, K.W. Pilarczyk, ed. Balkema, Rotterdam.
- SVASEK, (1975) Paalrijen. rapport nr 193.
- TOMLINSON, J.H. (1983) Groynes in coastal engineering. Hydraulics Research, Wallingford, CIRIA technical note 111.
- Waterloopkundig Laboratorium (1979). Invloed van strandhoofden op de kustvorm, rapport M918.

De tien geboden voor kustverdediging

1. Gij zult kust en strand liefhebben.
2. Gij zult het beschermen tegen de erosieduivel.
3. Gij zult het met wijsheid beschermen, ja waarlijk samenwerken met de natuur.
4. Gij zult vermijden dat de natuur zicht met al haar kracht tegen u keert.
5. Gij zult uw plannen voorzichtig maken in uw eigen belang zowel als in het belang van uw buurman.
6. Gij zult uw buurmans strand liefhebben zoals u uw eigen strand.
7. Gij zult uw buurmans eigendom niet stelen noch daaraan schade berokkenen met uw eigen beschermingswerken.
8. Gij zult uw plannen maken in samenwerking met uw buurman en hij met de zijne, enzovoort, enzovoort. Laat het zo gaan.
9. Gij zult instandhouden wat gij hebt opgebouwd.
10. Gij zult vergevingsgezind zijn voor de zonden uit het verleden en ze toedekken met zand.

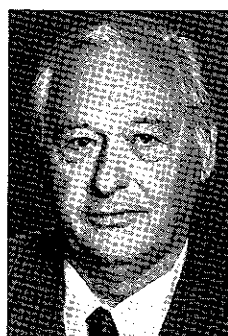
uit: *The history and philosophy of Coastal Protection*, door Per Bruun (1972)

Korte berichten

Minister Maij wil onderzoek naar verbetering treinverbinding Amsterdam - Berlijn

Minister May-Weggen (Verkeer en Waterstaat) wil een onderzoek naar de mogelijkheden voor een snellere spoorverbinding tussen de Randstad, Twente, Hannover en Berlijn. Zij heeft de NS gevraagd om haar binnen een jaar hierover te informeren. Aan de Duitse Minister van Verkeer (de heer Zimmermann) heeft zij gevraagd om wat betreft het Duitse gedeelte zijn medewerking te verlenen. Het is de bedoeling om bij het onderzoek ook de mogelijkheden te betrekken die de trein heeft als vervanger van regionale vliegverbindingen. Het onderzoek sluit aan op de plannen uit het Structuurschema Verkeer en Vervoer om op het Nederlandse trajectgedeelte de infrastructuur te verbeteren met het

oog op een versnelling van de Eurocity/Intercity-treinen. Mede door de ontwikkelingen in Oost-Europa is het nu het juiste moment om de mogelijkheden te bezien voor een snellere verbinding richting Berlijn; dit naast de plannen voor de HSL-verbinding naar Parijs en een snellere spoorverbinding naar Keulen en Frankfurt. De huidige internationale Oost - Westverbinding. Amsterdam - Twente - Hannover (Berlijn) zal de komende dienstregeling al een versnelling ondergaan, maar er zijn mogelijkheden voor verdere verbeteringen. Zo zal er tussen Hannover en Berlijn een hogesnelheids-traject worden aangelegd, waarvan doorgaande treinen naar Berlijn en Warschau gebruik zouden kunnen gaan maken. De Oost - Westtrein speelt ook een belangrijke rol voor de verbindingen tussen de Randstad en de grote steden in Noord Duitsland, omdat men in Osnabrück kan overstappen op de snellere treinen naar Bremen en Hamburg.

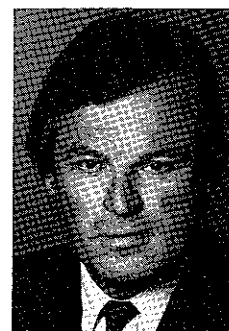


De heer I. ten Bruggencate

K&O

Per 1 oktober 1990 heeft de heer ing. I. ten Bruggencate zijn functie als algemeen secretaris van de Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken, na een dienstverband van 11 jaar, neergelegd, aangezien hij te kennen had gegeven van de vervroegde uittredingsregeling gebruik te willen maken. Hij wordt opgevolgd door drs P.H. Labohm (46) die zich reeds vanaf 1 mei jl. op deze functie heeft kunnen inwerken. Tot dat moment was de heer Labohm voorzitter van het Gewest 's-Gravenhage. Voordien bekleed-

de hij diverse functies in het bedrijfsleven en het openbaar bestuur, onder andere als manager van de Nederlandse Centrale van Hoger Personeel (NCHP) en als wethouder sociale zaken van de gemeente Voorburg. In de afgelopen twee jaar was de heer Labohm tevens lid van de landelijke coördinatiecommissie afvalbeleid (LCCA), die een totaalplan opstelde voor het vraagstuk van de afvalverwerking in ons land. De heer Labohm is bestuurskundige en studeerde in de jaren '70 af op het beleidsproces rond de afsluiting van de Oosterschelde. Hij is getrouwd, heeft drie kinderen en woont in Voorburg.



De heer P.H. Labohm