rijkswaterstaat

deltadienst

nota DDMI-84.13

ADVIES
OEVERVERDEDIGINGEN
BENINGER SLIKKEN

titel: Advies oeververdedigingen Beninger Slikken

auteur(s): C.A. Visser, L.A. Adriaanse, P.F. Lindenberg.

datum: 840608

bijlagen: 4

samenvatting: De Beninger Slikken vormen een belangrijk natuurgebied in het Haringvliet. In 1985 zal de eroderende oever van dit gebied van een verdediging worden voorzien. De hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst is als adviseur betrokken bij de voorbereiding van deze verdediging. Op grond van biologische, landschappelijke, hydraulische en financiële ontwerpcriteria wordt een voorstel gedaan voor het ontwerp van deze oeververdediging.

10 000 - 77

INHOUD

		Pag.
1.	INLEIDING	1
2.	BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	2
3.	DE UITGANGSSITUATIE	4
4.	MILIEUKUNDIGE ASPECTEN	6
	4.1. Biologische aspecten	6
	4.1.1. Beschrijving oeverzone	6
	4.1.2. Biologische waarden en functies van de oeverzone	8
	4.1.3. Biologische aspecten van directe verdedigingen	8
	4.1.4. Biologische aspecten van indirecte verdedigingen	9
	4.1.5. Waterkwaliteit en botulisme	12
	4.1.6. Het beheer	12
	4.1.7. Conclusies	13
	4.2. Landschappelijke aspecten	14
5.	HYDRAULISCHE ASPECTEN	17
	5.1. Peilregime	17
	5.2. Windgolven	18
	5.3. Stroming	22
	5.4. Scheepvaartgolven	22
	5.5. IJsgang	23
6.	FINANCIËLE ASPECTEN	24
7.	HET ONTWERP	25
	7.1. Type constructies	25
	7.2. Het tracé	27
	7.3. Dwarsprofielen	30
8.	UITVOERING	33
9.	AANBEVELINGEN	34
10.	REFERENTIES	36

BIJLAGEN

1. Grafieken van over- en onderschrijdingsfrequenties bij respectievelijk HW- en LW-stand.

2. Diagrammen voor golfgroeiberekeningen.

3. Tekening situatie oeververdedigingen Beninger Slikken, nr. 84 M 53.

4. Tekening dwarsprofielen oeververdedigingen Beninger Slikken, 84 M 143.

1. INLEIDING

Na de afsluiting van het Haringvliet zijn grote delen van de voormalige platen, gorzen en slikken permanent droog gevallen. Al vrij snel bleek dat de oevers van deze gronden aan erosie onderhevig waren. In 1979 is op verzoek van Staatsbosbeheer de Werkgroep Oeverafslag Haringvliet geformeerd. In 1980 rapporteerde deze werkgroep over de mate van erosie langs de diverse oevergebieden in het Haringvliet (ref. 1). Uit de rapportage blijkt dat de oeverafslag plaatselijk aanzienlijk is (tot ca. 10 meter per jaar) en dat nog steeds geen natuurlijke stabilisatie is opgetreden, danwel op korte termijn te verwachten is. Door deze voortdurende oeverafslag gaan waardevolle buitendijkse gronden, veelal belangrijke natuurgebieden, voorgoed verloren. Daarom is begin 1983 in gezamenlijk overleg tussen het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en het Ministerie van Landbouw en Visserij het standpunt ingenomen dat de eroderende oevers van, in verband met de natuurfunctie, waardevolle gebieden in het Haringvliet-Hollandsch Diep verdedigd dienen te worden. In de komende jaren zullen dan ook een aantal oevers in het Haringvliet van een verdediging worden voorzien. In 1984 wordt hiermee een start gemaakt. De Korendijkse en Beninger Slikken zullen het eerst worden verdedigd. In deze nota wordt ingegaan op het ontwerp van de oeververdedigingen voor de Beninger Slikken.
In hoofdstuk 2 wordt een globale beschrijving van het gebied gegeven, waarna in hoofdstuk 3 de uitgangssituatie van de oeverzone wordt beschreven. In hoofdstuk 4 worden biologische en landschappelijke aspecten van diverse typen oeverbeschermingen beschreven. Hoofdstuk 5 gaat in op hydraulische ontwerpcriteria en de dimensionering van de constructies. In hoofdstuk 6 worden beknopt enkele financiële aspecten behandeld. Op grond van biologische, landschappelijke, hydraulische en financiële aspecten c.q. ontwerpgegevens, wordt in hoofdstuk 7 voor de diverse oevertrajecten aangegeven naar welke constructies de voorkeur uitgaat. Aan de uitvoering van de te maken oeververdedigingen wordt aandacht besteed in hoofdstuk 8. In hoofdstuk 9 worden nog een aantal algemene aanbevelingen gedaan.

10.000-82

2. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

De Beninger Slikken zijn eigendom van Staatsbosbeheer. Het beheer van het gebied is in handen van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland.

Voor de afsluiting van het Haringvliet maakten de Beninger Slikken (zie fig. 1) deel uit van een grootschalig getijdelandschap. Tegen de hoogwaterkering had de natuur uitgestrekte gorzen gevormd. Daarvoor lagen grote oppervlaktes bij laagwater droogvallende slikken.

Na de afsluiting werd het Haringvliet een (semi-) stagnant zoet bekken, waar nog een schijngetij optreedt van gemiddeld 0,27 m. De voormalige gorzen en platen zijn permanent droog gevallen. Deze veranderingen leidden ertoe dat zich in het gebied een geheel ander milieutype ontwikkelde. De Slikken vervullen een belangrijke functie als natuurgebied. In de winter verblijven hier grote aantallen ganzen. 's Zomers fungeert het gebied als broedplaats voor veel soorten (weide-) vogels. Het beheer van het gebied is hoofdzakelijk gericht op het functioneren als overwinteringsgebied voor ganzen. Dit beheer houdt in

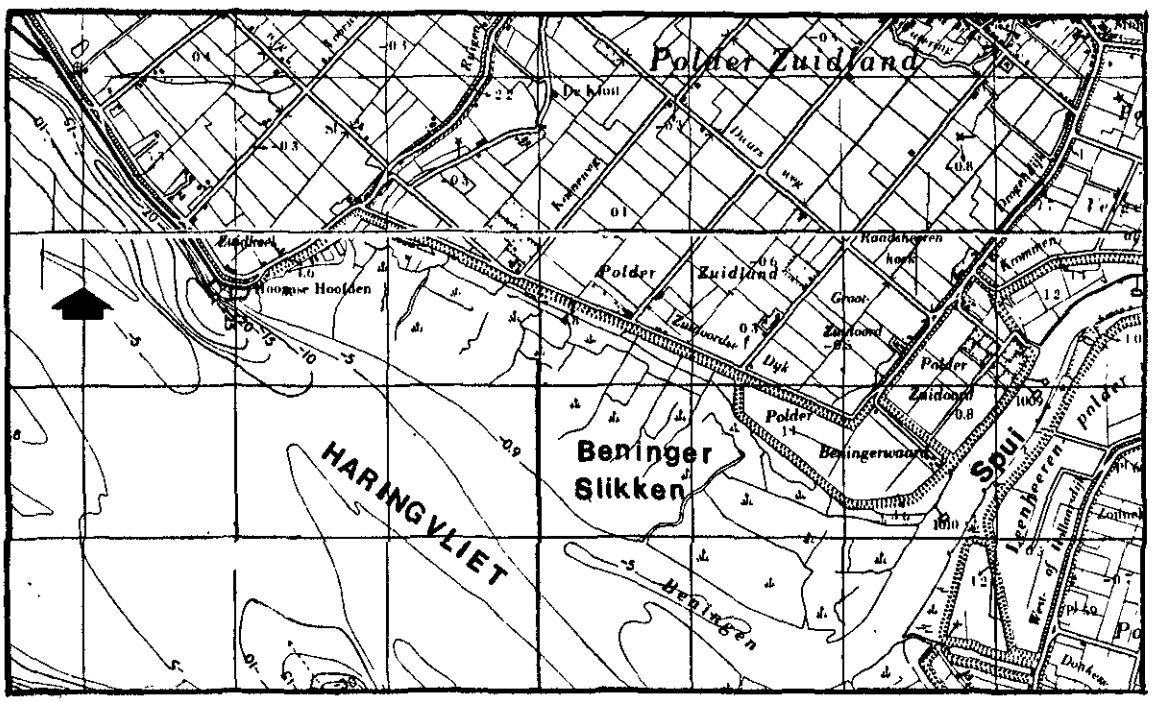


fig. 1. Situatie Beninger Slikken.

dat het landschap zo open mogelijk wordt gehouden door middel van beweiding en maaibeheer. Hierdoor is een grootschalig open weidelandschap ontstaan. De oude kreken zijn nog steeds in het gebied terug te vinden. Langs de oever is over een grote lengte een onbeweide strook aanwezig met ruigtekruiden, riet en biezen. Een ander deel van het gebied wordt beweid tot aan de oeverlijn.

Het centrale deel van de Beninger Slikken heeft een vrij brede ondiepe oeverzone. Bij lage waterstanden valt hier een tegen de oeverlijn gelegen strook slikkig gebied droog, waardoor het een functie vervult als foerageergebied voor steltlopers.

Het gebied heeft geen belangrijke nevenfuncties. Recreatie vanaf de oever en vanaf het water wordt zo veel mogelijk geweerd. Er wordt niet van uitgegaan dat het gebied in de toekomst nieuwe nevenfuncties of medegebruik zal krijgen. Wel vindt enige oeverrecreatie plaats ten noordwesten van het gebied bij de Hoornse Hoofden.

De vooroevers van het gebied hebben een functie voor de beroeps- en sportvisserij.

10.000-82

3. DE UITGANGSSITUATIE

Voor het ontwerp van een oeververdediging is het belangrijk te beschikken over een aantal representatieve, gemeten dwarsprofielen over de oeverzone. Ten behoeve van de aanleg van de verdedigingen zijn door de Directie Benedenrivieren peilingen over de natte oeverzone uitgevoerd. Aansluitende waterpassingen over de droge oeverzone zijn niet uitgevoerd. De hoogte van het gors is geschat uit visuele waarnemingen. In fig. 2 is schematisch een dwarsprofiel weergegeven.

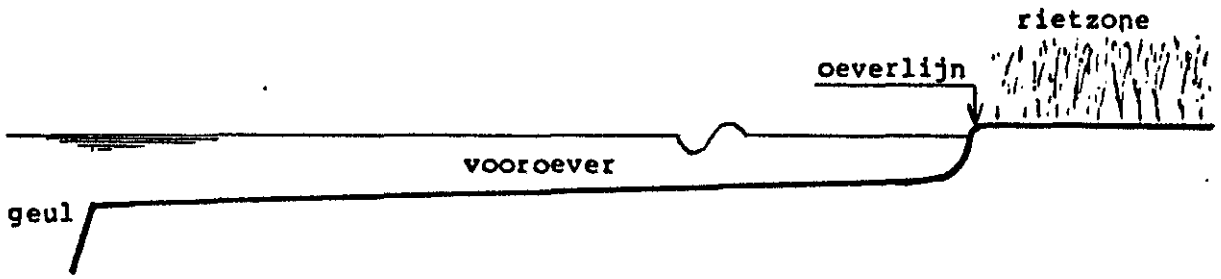


Fig. 2. Schematisatie uitgangsprofiel.

Het dwarsprofiel wordt veelal gekenmerkt door een steile afslagrand ter plaatse van de oeverlijn en door een (plaatselijk) brede ondiepe vooroever. Niet overal is een steile afslagrand aanwezig. De oever van het middengebied heeft een flauw hellende oeverzone. Hier is een gebied aanwezig wat periodiek (bij lage waterstanden) droogvalt.

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de oever varieert van ca. N.A.P. + 0,60 m tot N.A.P. + 1,00 m.

De vooroever van het gebied is vrij breed en ondiep. De breedte van de vooroever is van plaats tot plaats verschillend. Langs het Haringvliet is de breedte gemiddeld ca. 200 meter. In het middengebied is de vooroever zelfs 400 meter breed. Langs de oevers van het Spui wordt de breedte snel minder en bedraagt hier slechts enkele tientallen meters. De hoogteligging van de vooroever verloopt geleidelijk van ca. N.A.P. tot ca. N.A.P. - 1,00 m.

10.000-82

Omdat geen bodemonderzoek is verricht kunnen slechts op grond van visuele waarnemingen uitspraken omtrent de bodemgesteldheid worden gedaan. De bovenste laag van de gorzen, is kleiachtig van samenstelling. Daaronder bevindt zich een laag zand. De vooroever bestaat voornamelijk uit vrij slibrijke grond.

Op het Haringvlietbekken zijn vrij grote peilvariaties mogelijk. Hiervoor wordt verwezen naar tabel 1 (blz. 18).

De geschetste uitgangssituatie is in sterke mate bepalend voor het ontwerp van een oeververdedigingsconstructie. Zo wordt in verband met de peilwisselingen op het bekken de bovenbegrenzing van een verdediging bepaald door de maaiveldhoogte ter plaatse. De breedte van de vooroever bepaalt of het toepassen van vooroeververdedigingen mogelijk of wenselijk is.

10.000-82

4. MILIEUKUNDIGE ASPECTEN

4.1. Biologische aspecten

Een oever kan in principe op de volgende wijzen worden verdedigd:

a. directe verdediging

b. indirecte- of vooroeververdediging

Een directe verdediging bevindt zich op de scheidingslijn tussen land en water en beschermt het achterliggende gebied direct tegen de aanval van golven en eventueel stroming.

Indirecte oeververdedigingen worden aangelegd op enige afstand uit de oeverlijn. Tussen de verdedigingsconstructie en de oeverlijn wordt een luwe zone gecreëerd waardoor de golfaanval op de oeverlijn sterk afneemt. Biologisch gezien zijn tussen deze typen oeververdedigingsconstructies een aantal duidelijke verschillen aan te geven. Na een korte beschrijving van de huidige biologische situatie in de oeverzone en de biologische waarden van de oeverzone wordt in dit hoofdstuk achtereenvolgens ingegaan op biologische aspecten van directe- en indirecte verdedigingen.

Daarnaast wordt aandacht besteed aan waterkwaliteit en aan botulismegevaar.

Ook het beheer van de oeverzone komt aan de orde. Tot slot worden een aantal conclusies getrokken die kunnen dienen als biologische ontwerpcriteria.

4.1.1. Beschrijving oeverzone

De huidige oeverlijn van de Beninger Slikken heeft een onder invloed van erosie ontstaan grillig verloop en wordt voor het grootste deel (uitgezonderd het middengedeelte) gekenmerkt door een steile afslagrand. De oeverlijn wordt op verschillende plaatsen onderbroken door kreken die een afwateringsfunctie voor het gebied hebben. Er is, behalve langs het Spui en het meest westelijk deel van het gebied bij de Hoornse Hoofden, overal een brede ondiepe vooroever aanwezig. Vooral het middengedeelte heeft een zeer geleidelijk oplopende vooroever.

10.000-82

De Beninger Slikken bestonden vroeger voor een groot deel uit biezengors. Nu bestaat het gebied voor een deel uit rietgors dat naar de dijk toe overgaat in grasgors. Door erosie onder invloed van de golfslag is van de strook biezengors aan de waterlijn weinig meer over. Botanisch is het gebied waardevol door het voorkomen van typisch estuarine soorten planten, waaronder met name brakke vegetaties. De bodem en de vegetatie bevinden zich ten gevolge van de afsluiting (1970) nog steeds in een overgangstoestand. Zo vindt bijvoorbeeld verruiging van de rietgorzen plaats, waardoor de natuurwaarden ervan verminderen.

Ornithologisch is het gebied van zeer grote betekenis. Het fungeert als pleisterplaats en overwinteringsgebied voor vele ganzen, eenden en steltlopers en als broedgebied voor weide- en moerasvogels. De biezengorzen (voor zover nog aanwezig) en ondiepten hebben vooral betekenis als foerageer-, rust-, rui- en slaapgebied. De rietgorzen vormen vooral een broedgebied voor riet- en moerasvogels. De grasgorzen zijn van betekenis voor broedende weidevogels en voor doortrekkende en overwinterende ganzen en eenden.

Gezien de aard van het gebied (openheid) en de overgangstoestand waarin de bodem en de vegetatie zich bevinden, wordt het beheer vooral gericht op het behoud en de verdere ontwikkeling van de ornithologische betekenis van het gebied. In het kader hiervan wordt een groot gedeelte (met name het westelijk deel) van de Beninger Slikken tot aan de waterlijn beweid, waardoor de verruigde rietvegetaties zijn overgegaan in grasgors. De betekenis van het gebied als pleisterplaats voor ganzen en als weidevogelbiotoop wordt hierdoor vergroot.

Onder de huidige extreme omstandigheden (golfaanval en daardoor optredende oeverafslag en bodemerosie) kan op de ondiepe vooroever vrijwel geen vegetatie tot ontwikkeling komen en blijft de vooroever zich verdiepen. Daardoor heeft de vooroever een relatief lage biologische betekenis, omdat zonder een vegetatie de meest structurerende factor voor de ontwikkeling van een oeverlevensgemeenschap ontbreekt. Ook het

gedeelte van de vooroever dat geschikt is voor het foerageren van steltlopers (tot ca. 10 cm waterdiepte) is, behalve in het middengedeelte, vrijwel overal verdwenen.

Over het bodemdierenleven in de ondiepe oeverzone is nog weinig bekend. Hiernaar wordt momenteel onderzoek verricht door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke.
Dit bodemdierenleven is o.a. van belang voor de vogels van zoetwaterslikken en grondelende eenden, die op de onbegroeide ondiepe delen foerageren.

4.1.2. Biologische waarden en functies van de oeverzone

Biologisch belangrijke waarden en functies van de oevers van de Beninger Slikken, die bij het ontwerp van een oeververdedigingsconstructie behouden en/of zo mogelijk vergroot dienen te worden, zijn:

- de ten opzichte van het waterpeil laaggelegen vegetaties zoals restanten van de biezenbegroeiing en de natte riet- en graslandvegetaties;
- de langzaam oplopende vooroever met de geleidelijke overgang land-water (vooral het middengedeelte van de Beninger Slikken);
- de foerageerfunctie voor vogels, met name steltlopers en eenden, die de oeverzone, de droogvallende slikken en de ondiepten (tot een waterdiepte van ca. 30 cm) vervullen;
- de slaapplaatsfunctie voor ganzen en de functie als vluchtgebied voor watervogels, die rustig water op enige afstand (enkele honderden meters) van de oever (diepte niet belangrijk) kan vervullen.

4.1.3. Biologische aspecten van directe verdedigingen

In het algemeen kan gesteld worden dat, gezien de (actuele en potentiële) biologische waarden van een oever, bij het aanbrengen van een oeververdediging getracht moet worden de natuurlijkheid van de oever zoveel mogelijk in tact te laten. De grootste potentiële natuurwaarde van een oever ligt daar, waar zich de gradiëntsituatie tussen land en

water voordoet. Hoe geleidelijker deze gradiënt verloopt des te meer mogelijkheden zijn er voor de ontwikkeling van waardevolle oeverlevensgemeenschappen. De grens land-water is echter ook de meest vanzelfsprekende plaats voor het aanleggen van een (directe) oeververdediging. Daarbij gaan dan echter in grote mate de natuurlijkheid en de potentiële natuurwaarden van de oeverzone verloren omdat bij het toepassen van een directe oeververdediging de grens land-water wordt gefixeerd en gereduceerd tot een scherpe lijnvormige grens, meestal bestaand uit van nature niet aanwezig materiaal. Door de golfwerking zal een eventueel aanwezige ondiepe vooroever zich gaan verdiepen, zodat uiteindelijk een zeer abrupte overgang van dieper water naar hogere oever ontstaat.

De ontwikkeling van een oevervegetatie in het water voor de directe verdediging is door de diepte en de extreme milieu-omstandigheden (golfaanval) niet mogelijk. Op het verdedigde deel van de oever zijn de mogelijkheden voor plantengroei door de extreme omstandigheden en de aard van het substraat eveneens gering. Door de relatief grote waterdiepte ervoor en de ontoegankelijkheid ervan biedt een directe oeververdediging weinig mogelijkheden voor steltlopers en watervogels.

Bij het toepassen van een directe oeververdediging gaat dus de natuurlijkheid van de gradiëntzone land-water voor het overgrote deel verloren. Alleen het eventueel onverdedigde hogere deel van de oever vormt nog een fractie van deze natuurlijke gradiënt. Het verdient daarom aanbeveling de oever bij het toepassen van een directe oeververdediging tot op zo gering mogelijke hoogte te verdedigen.

4.1.4. Biologische aspecten van indirecte verdedigingen

Bij het aanbrengen van een vooroeververdediging blijft de grens land-water ongemoeid en kan zich een dynamisch evenwicht tussen land en water instellen met de mogelijke ontwikkeling van een oevervegetatie met bijbehorend dierenleven in de gecreëerde luwe ondiepe zone tussen de oever en de (voor)oeververdediging.

Als waardevolle aspecten van zo'n oeverlevensgemeenschap, waarin de vegetatie de meest structurerende factor vormt, kunnen worden genoemd:

10.000-82

- de vegetatie zelf en de zonering daarvan langs de gradiënt land-water;
- de beschutting (rust- en ruigelegenheid), broed- en foerageergelegenheid voor vele vogelsoorten;
- de mogelijkheden van een ondiepwaterzone als paaiplaats voor vissen, de beschutting voor jonge vis die een begroeide oeverzone biedt en het voedselaanbod voor vissen;
- de micro- en meioflora en fauna, die tussen en op de oevervegetatie groeit, waardoor het zelfreinigend vermogen van het water in de ondiepe zone wordt vergroot (de invloed hiervan op de waterkwaliteit van het gehele Haringvlietbekken zal door de korte verblijftijd van het water in het bekken - één tot enkele maanden - zeer gering zijn);
- de verdere bescherming van de oever tegen erosie die de oevervegetatie biedt door golfdemping, vermindering van de stroomsnelheid en het vasthouden van de bodem door haar wortelstelsel.

Bij het toepassen van een vooroeververdediging wordt de golfaanval op de oever sterk gereduceerd en zal na verloop van tijd door afvlakking van de nu aanwezige steile afslagrand een meer flauw oplopende oever ontstaan.
Wat voor soort oevervegetatie op de ondiepe vooroever tussen oever en vooroeververdediging te verwachten is, is moeilijk te voorspellen en is afhankelijk van vele factoren, waarvan het peilbeheer en de waterkwaliteit de belangrijkste zijn.
Het water van het Haringvliet-Hollandsch Diep is zoet en voedselrijk en is verontreinigd ten gevolge van de grote toevoer van Rijnwater. De waterstanden fluctueren zeer onregelmatig, hetgeen betekent dat gebieden nu eens enkele uren onder water (of droog) kunnen liggen, dan weer dagen of weken droog (of onder water).
Bij de Sassenplaat, waar door het aanbrengen van een puindam als vooroeververdediging luwe vooroeverzones rond de oude plaat zijn gecreëerd, worden vrijwel geen hogere waterplanten aangetroffen. Plaatselijk is alleen Zannichellia gevonden, een soort uit het verbond Rup-

pion maritimae, bestand tegen een instabiele waterhuishouding. Verder bestaat de waterflora er voornamelijk uit groenwieren.
De oevervegetatie onder invloed van het schijngetij bestaat er voornamelijk uit soorten van voedselrijke plaatsen met wisselende waterstand (orde Bidentalia tripartiti) en uit soorten van storingsmilieus met een onbestendig en wisselvallig karakter (verbond Agropyro-Rumicion crispi) met overgangen naar soorten van min of meer eutrofe moerassen (klasse Phragmitetea, riet en biezen). Op plaatsen waar gedurende het grootste deel van de vegetatieperiode de bodem plas-dras is komt o.a. Slijkgroen voor (verbond Nanocyperion flavescentis).

Gezien de ontwikkeling op de Sassenplaat is het niet te verwachten dat de vooroever geheel zal dichtgroeien en verlanden, hiervoor is er een te dynamisch milieu. Vanuit de oeverlijn zullen riet en biezen zich waarschijnlijk weer uitbreiden en voornamelijk de structuur en het aanzicht van de oeverzone gaan bepalen. Plaatselijk zal wellicht een onderwatervegetatie van Schedefonteinkruid (Potamogeton pectinatus) en/of Zannichellia (Zannichellia palustris) kunnen ontstaan.
De begroeide ondiepe delen van de oeverzone kunnen als voedsel- en leefgebied voor water- en moerasvogels fungeren en de onbegroeide ondiepe en bij lage waterstand gedeeltelijk droogvallende delen als foerageergebied voor steltlopers.
De met waterplanten begroeide delen van de oeverzone vormen waarschijnlijk goede paaiplaatsen voor vissen (afzetmogeljkheden voor eitjes in een zuurstofrijke omgeving) en bieden dekking en voedsel (o.a. perifyton) aan het visbroed.

Begroeiing vooroeververdediging

De begroeiing van een vooroeververdediging in de vorm van stortsteendammen zal altijd een zeer dynamisch en gestoord karakter houden. Waarschijnlijk zal de verdediging voor het grootste deel zelfs onbegroeid blijven. De voornaamste oorzaken hiervan zijn de lage kruinhoogte van de dam, het feit dat de dam vrijwel voortdurend onderhevig is aan golfaanval, de optredende onregelmatige peilfluctuaties en de aard van het toe te passen materiaal (steen).

10.000-82

- Vooroeververdediging met zandvang tussen oever en vooroeververdediging

In het middengedeelte van de Beninger Slikken is over ongeveer $^1/_3$ deel van de totale oeverlengte van het gebied een zeer geleidelijk oplopende vooroever aanwezig. Een groot deel van dit ondiepe oevergebied kan worden aangemerkt als periodiek droogvallend gebied en heeft daardoor een belangrijke functie als foerageergebied voor steltlopers. Het is dan ook gewenst om hier een zo groot mogelijke oppervlakte van de vooroever te behouden en tegen voortgaande verdieping te beschermen. De vooroeververdediging komt dan op ca. 200 tot 300 meter uit de oeverlijn te liggen. Om verdergaande bodemerosie achter deze vooroeververdediging te voorkomen is het noodzakelijk om een zandvang (in de vorm van een steenmatras) tussen de oever en de vooroeververdediging aan te brengen. Hierdoor zal de vooroever door terrasvorming in een wat dieper en een ondieper deel gescheiden worden. Het ondiepe deel kan dan als foerageergebied voor steltlopers en eenden behouden blijven en kan tevens dienen voor de eventuele ontwikkeling van een oevervegetatie; het diepere deel kan dienen als slaapgebied voor ganzen en als vluchtgebied bij verstoring.

4.1.5. Waterkwaliteit en botulisme

Om eventuele verslechtering van de waterkwaliteit en kans op botulisme in de luwe ondiepe oeverzones zoveel mogelijk te voorkomen zal voldoende wateruitwisseling tussen de oeverzone achter de vooroeververdedigingen en het Haringvlietbekken moeten plaatsvinden.
Gezien het optredende schijngetij met een amplitude van ca. 0,30 m zal de watermassa achter de verdediging in enkele dagen volledig ververst zijn, mits voldoende openingen aanwezig zijn om deze waterbeweging te volgen. De kans op verslechtering van de waterkwaliteit en het optreden van botulisme in oeverzones zal dan waarschijnlijk niet wezenlijk worden vergroot.

4.1.6. Het beheer

Het beheer van de oeverzone is, gezien de functie van het achterliggende gebied, erop gericht de rust van het gebied te handhaven. Ver-

storing zal dan ook zoveel mogelijk geweerd moeten worden.
Verder verdient het aanbeveling een beheer te voeren dat erop gericht is de diversiteit in de oeverzone te vergroten door bijvoorbeeld delen tot in de oeverzone extensief te beweiden en in andere delen de beheervorm "niets doen" toe te passen. Hierbij wordt opgemerkt dat bij beweiding tot in de oeverzone de ontwikkeling van een oevervegetatie niet mogelijk is, omdat de veelal sappige planten die hier groeien de voorkeur van het vee genieten en vertrapping van de met water verzadigde bodem plaatsvindt.
Voor plankzeilers en andere watersporters dient de grens van toegankelijkheid minimaal bij de buitenteen van de vooroeververdediging gelegd te worden. In verband met verstorende invloeden is een grens op de lijn van N.A.P.-1,25 m (bleesbebakening) te prefereren.

4.1.7. Conclusies

- Een vooroeververdediging geniet uit biologisch oogpunt bezien veruit de voorkeur, omdat de natuurlijkheid van het oevermilieu hierbij behouden blijft en ontwikkeling mogelijk is naar een waardevol dynamisch evenwicht met bijbehorende oeverlevensgemeenschap.

- Het plaatselijk (in het middengedeelte), bij aanwezigheid van een zeer brede en geleidelijk oplopende vooroever, toepassen van een zandvang tussen de vooroeververdediging en de oever wordt aanbevolen. Hierdoor ontstaat een grotere en voor watervogels belangrijke diversiteit in waterdiepte in rustig gelegen water en kan de vooroeververdediging zeer ver uit de oever aangelegd worden, waardoor de brede ondiepe vooroever geheel behouden kan blijven.

- Een directe oeververdediging moet alleen toegepast worden, wanneer dit niet anders kan en dan zodanig dat de oever tot zo gering mogelijke hoogte verdedigd wordt.

- Een combinatie van vooroeververdediging en (summiere) directe verdediging moet bij voorkeur niet toegepast worden, omdat dan toch de natuurlijkheid van de grens land-water wordt aangetast.

- Gezien de bestemming van het gebied als overwinterings- en broedgebied voor vele soorten vogels, dient het beheer erop gericht te zijn de rust te handhaven. Hiervoor dienen de aan te leggen oeververdedigingen zodanig te worden afgewerkt, dat betreding - door b.v. recreanten en sportvissers - niet aantrekkelijk is. De grotere kreken blijven in verband met de afwatering en de geomorfologie van het gebied in open verbinding met het Haringvliet.
- Tijdens de uitvoering van het werk zal de oeverstrook zoveel mogelijk ontzien moeten worden in verband met het mogelijk kapot rijden van de ondergrond en daardoor optredende langdurige verstoring.

4.2. Landschappelijke aspecten

De Beninger Slikken kunnen worden gekenschetst als een grootschalig weidelandschap. Aan de ene zijde wordt het gebied begrensd door de voormalige zeewering. De andere begrenzing van het gebied wordt gevormd door de scheidingslijn tussen land en water. Het gebied is nog steeds herkenbaar als voormalig gorsland omdat de oude kreken in tact zijn gebleven. Deze oude kreken vervullen overigens voor de waterhuishouding van het gebied nog steeds een belangrijke functie. Bij een stijgend peil op het Haringvliet stroomt via de kreken water naar het land toe. Bij dalende waterstanden kan via de kreken water afstromen.

Vanaf het water wordt het landschapsbeeld bepaald door de vegetatie in de oeverzone. Voor een groot deel van het gebied wordt langs de oever een strook hoogopgaande kruiden en grassen gehandhaafd. Deze vegetatiegordel beperkt het uitzicht over het gebied vanaf het water. Het weideachtige karakter van het gebied is daardoor vanaf het water niet overal als zodanig herkenbaar.
Daar waar beweiding plaatsvindt tot aan de oeverlijn is de oeverzone begroeid met een grazige vegetatie. Het uitzicht over het weideachtige landschap wordt hier niet beperkt.

De oeverzones hebben na de afsluiting voortdurend blootgestaan aan de eroderende werking van tegen de oever brekende golven. Verschillen in

- begroeiing en grondsamenstelling van de oeverzone hebben ertoe geleid dat de mate van oeverafslag vrij sterk fluctueerde hetgeen resulteerde in de thans aanwezige vrij grillig gevormde oeverlijn. Daar waar de oeverzone minder weerstand tegen erosie bood zijn inscharingen van de oeverlijn ontstaan. Over een grote lengte is de oeverlijn (onder normale peilcondities) vrij scherp afgetekend omdat door de oevererosie de grens tussen land en water van een flauw glooiende oeverzone is omgevormd tot een steile afslagrand. Deze afslagrand vormt een abrupte overgang van land naar water. Alleen in het middengebied is de oeverlijn door de lage maaiveldligging en de aanwezigheid van een strook intergetijdegebied minder scherp afgetekend. De afslagrand vormt op de meeste plaatsen tevens de begrenzing van de begroeiing.

Een te maken oeververdediging langs de Beninger Slikken dient zo veel mogelijk te worden ingepast in het bestaande landschapsbeeld. Om dit te bereiken kunnen een aantal aanbevelingen worden geformuleerd, waarmee bij het ontwerp van een oeververdediging rekening dient te worden gehouden:

- Een directe verdediging dient de huidige oeverlijn zoveel mogelijk te volgen. Het plaatselijk afgraven en elders aanvullen van de oeverzone, waardoor een meer strakke oeverlijn ontstaat, wordt afgeraden.
- Voor een vooroeververdediging geldt dit in mindere mate. Aanbevolen wordt om zo veel mogelijk de oeverlijn te volgen. Het toepassen van strakke wiskundige tracélijnen is niet in overeenstemming met het bestaande landschapsbeeld en wordt daarom ontraden.
- Vooroeververdedigingen vormen een functionele eenheid met de zich er achter bevindende oeverzone. Om deze eenheid visueel herkenbaar te maken worden afstanden van meer dan 100 meter tussen oeverlijn en vooroeververdediging in het algemeen ontraden. Dit kan in strijd zijn met de wens de ondiepe oeverzone volledig in te sluiten achter een vooroeververdediging teneinde deze waardevolle oeverzone volledig te behouden.

10.000-82

- Oeververdedigingen dienen bij voorkeur niet hoger te worden aangelegd dan de maaiveldhoogte ter plaatse van de oever. Bij toepassing van hogere constructies ontnemen deze het zicht op het achterliggende land.
- De bestaande kreken dienen in stand te worden gehouden. Deze kreken maken het gebied herkenbaar als zijnde voormalig gorsland. Bovendien vervullen zij een functie voor de waterhuishouding van het gebied. Het toepassen van openingen in verdedigingsconstructies ter plaatse van de bestaande kreken versterkt dit beeld. Daarom wordt hieraan de voorkeur gegeven boven het "afschermen" van de kreken.
- Om enige diversiteit in oeverzones te creëren wordt aanbevolen zoveel mogelijk in te spelen op de plaatselijke situatie. Hiermee wordt een landschappelijke diversiteit bewerkstelligd.

10.000-82

5. HYDRAULISCHE ASPECTEN

Voor het ontwerpen van een effectieve en technisch volwaardige oeververdedigingsconstructie zijn de volgende aspecten van belang:

- peilregime
- windgolven
- stroming
- scheepvaart
- ijsgang

5.1. Peilregime

Het peil op het Haringvliet wordt bepaald door de volgende factoren:

- invloed van het (schijn)getij;
- rivierafvoeren;
- mogelijkheden om te spuien (afhankelijk van de weersomstandigheden).
- wind (op- en afwaaiing)

Op het bekken zijn grote peilvariaties mogelijk. Een combinatie van hoge rivierafvoeren en hoge waterstanden op de Noordzee t.g.v. storm, kan leiden tot hoge waterstanden op het Haringvliet omdat spuien in dat geval onmogelijk is. Onder dergelijke omstandigheden komen de gorzen onder water te staan. Aan de te maken oeververdedigingen dient dan ook de eis te worden gesteld dat deze de toe- en afstroming van water naar en vanaf de gorzen niet mogen belemmeren.

Het gemiddeld hoogwater bij meetpunt Zuidland komt overeen met een peil van N.A.P. + 0,65 m (zie BER/LTT 83.06.03). Het gemiddeld laagwater komt overeen met N.A.P. + 0,38 m. De hoogst bekende waterstand is N.A.P. + 2,03 m. De laagst bekende waterstand is N.A.P. -0,49 m. In tabel 1 zijn, op basis van waarnemingen gedurende 10 jaar, voor diverse overschrijdingsfrequenties de bijbehorende waterstanden gegeven (meetpunt Zuidland).

10.000-82

Bijlage 1 geeft een grafische voorstelling van het aantal malen dat een hoogwaterstand wordt overschreden c.q. een laagwaterstand wordt onderschreden.

Voor het dimensioneren van een oeververdediging is het peil waarbij de golfaanval maximaal is maatgevend. Maximale golfaanval treedt op bij een peil dat overeenkomt met de constructiehoogte van de verdediging. Bij een lager peil kunnen door de geringere waterdiepte alleen minder hoge golven de oeververdediging bereiken.

Bij een hoger peil zal een groot deel van de golfenergie over de oeverbeschermingsconstructie heen doorlopen.

Voorlopig wordt hierbij uitgegaan van een constructiehoogte van N.A.P. + 1,00 m.

Tabel 1. Waterstanden voor diverse overschrijdingsfrequenties.

Frequentie	Waterstand in meters ten opzichte van N.A.P.
100 maal per jaar	+ 0,90
10 maal per jaar	+ 1,40
1 maal per jaar	+ 1,85
1 maal per 5 jaar	+ 2,10
1 maal per 10 jaar	+ 2,20
1 maal per 100 jaar	+ 2,65

5.2. Windgolven

Bij het ontwerpen van een oeververdediging moet worden uitgegaan van golfgegevens die ter plaatse van de aan te brengen constructie, over een langere periode zijn gemeten. Beschikbaar zijn slechts de gegevens van golfmeetpaal C II (2 km ten oosten van de Haringvlietsluizen). Deze golfgegevens zijn echter voor het beschouwde gebied niet relevant. Daarom moet voor het ontwerp worden uitgegaan van theoretisch berekende golven.

Na het aanleggen van een oeververdediging zal de vooroever aan de meerzijde van de verdediging zich onder invloed van golfwerking blijven verdiepen. Dit proces verloopt aanvankelijk vrij snel doch naarma-

te de vooroever dieper wordt krijgen kleinere golven en in een later stadium ook de grotere golven steeds minder invloed op de bodemligging en zal de verdere verdieping langzamer verlopen. Op grond van periodieke metingen in het Veerse Meer en het Grevelingenmeer wordt aangenomen dat de evenwichtsdiepte ca. 1,00 m onder het waterpeil zal liggen. Uitgaande van een gemiddelde laagwaterstand op het Haringvliet van N.A.P. + 0,38 m betekent dit dat de evenwichtsligging van de bodem hier ca. N.A.P. -0,60 zal zijn. Voor het ontwerp van een oeververdediging is dit van belang. Dit betekent namelijk dat bij verhoogde waterstanden en ook in de eindsituatie het merendeel van de golven die in de diepere geulen worden opgewekt niet op de vooroever (brekerzone) zullen breken maar de oeverlijn ongebroken zullen bereiken. Alleen zeer hoge golven zullen dan nog enigszins door de bodem worden beïnvloed en eventueel worden gebroken.
Bij een waterstand van N.A.P. + 1,00 m zal de golfaanval op de oeververdedigingsconstructie maximaal zijn (uitgaande van een constructiehoogte van N.A.P. + 1,00 m). De waterdiepte voor de oeververdediging bedraagt in dat geval (in de evenwichtsituatie) 1,60 meter.

De oever van de Beninger Slikken is geëxponeerd op het zuidwesten. De strijklengte voor wind uitzuidwestelijke richting bedraagt 3 km. Omdat voor scheef invallende golven de strijklengte groter is kan het zijn dat golfaanval uit een andere dan de zuidwestelijke richting maatgevend is. Daarom zijn golfgroeiberekeningen uitgevoerd voor verschillende windsectoren (zuid, zuidwest en west). Hierbij wordt met zuid bedoeld de sector tussen 170 en 190°, met zuidwest de sector tussen 215 en 235° en met west de sector tussen 260 en 280° ten opzichte van het noorden.
Berekeningen van windgolven zijn uitgevoerd voor windsnelheden welke gemiddeld gedurende 0,1 uur per jaar worden overschreden. Voor de verschillende windrichtingen bedragen deze: zuid 23 m/s, zuidwest 25 m/s en west 27 m/s. Hierbij is uitgegaan van windgegevens uit nota DDWT-80014 "Golfrandvoorwaarden voor de Oesterdam".

20.000-81

Golfgroeiberekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van de in bijlage 2 gegeven diagrammen (ref.9). Hierbij is het gebied tussen de geulen ook beschouwd als diep water. Deze veronderstelling is niet geheel juist, maar vereenvoudigt de golfgroeiberekeningen waarbij de afwijking in de uitkomsten slechts van ondergeschikte betekenis is. Grafiek A van de bijlage toont de relatie tussen strijklengte, windsnelheid en de daarbij behorende golfhoogte op diep water. Als een diepwatergolf een ondiepe oeverzone bereikt "voelt" de golf de bodem. Het gevolg is dat de golfhoogte afneemt. De gereduceerde golfhoogtes zijn berekend volgens grafiek B van de bijlage (voor een diepte d van 1,60 m). Als de golfhoogte groot is ten opzichte van de waterdiepte, breken de golven

Tabel 2. Golfgroeiberekeningen

Grootheid	Windrichting (^{0} t.o.v. N)		
	170-190 (Z)	215-235 (ZW)	260-280 (W)
Strijklengte F (km)	4	3	6
Windsnelheid w (m/s) overschrijding 0,1 uur per jaar.	23	25	27
Invalshoek φ(°)	- 45	0	45
Golfhoogte op diep water H_o (m)	1,30	1,30	1,90
Periode T (s)	3,0	3,0	3,7
Golflengte op diep water $L_o = 1{,}56\ T^2$ (m)	14	14	21
Gereduceerde golfhoogte Hr op ondiep water (d=1,60)(m).	1,20	1,20	1,80
Maximale golfhoogte i.v.m. breken H_b=0,78 d (m)	1,23	1,23	1,23
Maximale significante golfhoogte i.v.m. breken $H_s = 0{,}52d$ (m)	0,83	0,83	0,83
Ontwerpgolfhoogte (m). (significante waarde)	0,85	0,85	0,85

op de vooroever. Uit onderzoek (ref.11) blijkt dat voor ondiepe zones de maximale significante golfhoogte ongeveer gelijk is aan de halve waterdiepte (H_s = 0,52d). De maximale golfhoogte H_b blijkt dan gelijk te zijn aan H_b = 0,78 d. Als voorwaarde geldt dat de ondiepe zone een minimale breedte heeft van ca. 5 maal
de golflengte. Aan deze voorwaarde wordt voor de Beninger Slikken voldaan. In tabel 2 zijn de resultaten van de golfgroeiberekening samengevat.
Uit tabel 2 blijkt dat bij hogere windsnelheden de golfhoogte ter plaatse van de oeverzone niet wordt bepaald door strijklengte en windsnelheid maar door de waterdiepte ter plaatse (criterium van breken: H_s = 0,52 d). Bij een evenwichtsdiepte van 1,60 m bedraagt de maximale significante golfhoogte H_s = 0,83 m. Deze golfhoogte is voor loodrecht invallende golven en scheef invallende golven gelijk.
Bij de berekening van de benodigde steenzwaartes is verder uitgegaan van loodrecht invallende golven met een significante ontwerpgolfhoogte van 0,85 m.

Voor het bepalen van de minimum steengrootte wordt meestal het stabiliteitscriterium van Hudson gebruikt (ref. 7):

$$G = \frac{\rho H_s^3}{K_D \Delta^3 \cot \alpha}$$

waarin: G = steengewicht in kg
ρ = soortelijke dichtheid van de steen in kg/m^3
H_s = significante ontwerp-golfhoogte in m
α = taludhoek
Δ = relatieve dichtheid
K_D = stabiliteitscoëfficient

De coëfficiënt K_D is onder andere afhankelijk van het schadeniveau D en van de dikte van de steenlaag. Berekeningen zijn uitgevoerd voor de schadeniveaus 0 - 5%, 5 - 10% en 10 - 15%.

20.000-81

Bij een laagdikte van 2 maal de diameter van de steen bedragen de bijbehorende K_D-waarden respectievelijk 4,0 - 4,9 en 6,6 (Ref. 7).
Deze K_D-waarden gelden voor niet brekende golven. Voor brekende golven moet op de K_D-waarden een correctiefactor van 0,87 worden toegepast. Voorts is in de berekening uitgegaan van ρ = 2650 kg/m^3 en Δ = 1,65. De resultaten van de berekeningen voor de theoretisch benodigde steengewichten zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Theoretisch berekende minimale steenzwaartes (in kg) voor H_S = 0,85 m (= ontwerpgolfhoogte).

Schadeniveau D	Taludhoek		
	1 : 3	1 : 4	1 : 5
0 - 5%	35	26	21
5 - 10%	28	21	17
10 - 15%	21	16	13

Omdat de ontwerpomstandigheden (storm gecombineerd met peil van N.A.P. + 1,00 m) slechts incidenteel zullen optreden en omdat de evenwichtssituatie van de vooroever pas over geruime tijd zal zijn bereikt, wordt een schadeniveau van 5 - 10% acceptabel geacht. In dat geval kan worden volstaan met een taludbekleding van losgestorte stortsteen 10 - 60 kg van 0,50 m dik onder een helling van 1:3. De G_{50} van stortsteen 10 - 60 bedraagt ca. 30 kg (ref.12).

5.3. Stroming

Langs de oevers van het Spui dient rekening te worden gehouden met de daar optredende stroomsnelheden die ontstaan door de werking van het getij. Geschat wordt dat de maximale stroomsnelheid in het Spui 1 m/s bedraagt. Uit berekeningen blijkt dat dit geen aanleiding geeft om in de monding van het Spui zwaardere steen toe te passen. Op het Haringvliet zelf is de getijstroom dermate verkleind dat de invloed hier te verwaarlozen is. Ook tijdens het spuien via de Haringvlietsluizen zullen er langs de Beninger Slikken slechts geringe stroomsnelheden optreden.

5.4. Scheepvaartgolven

Voor de dimensionering van de verdediging langs de zuidwestoever van het gebied behoeft geen rekening te worden gehouden met door de scheepvaart geïnduceerde waterbewegingen. De scheepvaartgeul ligt hier namelijk op grote afstand van de oever, waardoor de scheepvaartgolven hier ver ondergeschikt zijn aan de maximale door de wind opgewekte golven. Langs de oevers van het Spui is het mogelijk dat scheepvaartinvloeden bepalend zijn voor de dimensionering van de oeververdediging. Op grond van elders verrichte metingen wordt geschat dat de maximale hoogte van de scheepsgolf ca. 0,50 m zal zijn. Volgens het in het kader van het M-1115 onderzoek afgeleide criterium (ref. 10):

$$\frac{H}{\Delta D_{50}} \leqslant 3$$

betekent dit een D_{50} van minimaal 0,10 m, wat overeenkomt met een steengewicht van ongeveer 1,6 kg.

5.5. IJsgang

Het Haringvliet is een zoet bekken. Tijdens strenge winters kan het bekken geheel dichtvriezen. Indien tijdens een dergelijke situatie wordt gespuid door de Haringvlietsluizen, zal het ijs breken en bestaat de kans dat het ijs gaat kruien. Ter plaatse van de Beninger Slikken wordt kruiend ijs hoofdzakelijk door de wind aangedreven. De stroming in het Haringvliet zal hierop weinig invloed uitoefenen. De richting waarin het ijs wordt opgestuwd wordt dan ook hoofdzakelijk bepaald door de overheersende windrichting in een vorstperiode en de daar op aansluitende dooiperiode. De krachten die ten gevolge van kruiend ijs op een oeververdedigingsconstructie worden uitgeoefend zijn zeer groot en kunnen uit diverse richtingen komen. In dergelijke gevallen kan de constructie gedeformeerd raken. Het toepassen van zwaardere stortsteen is hiervoor geen afdoende oplossing. Een gezette steenconstructie zou in dit geval meer weerstand bieden, doch deze wordt in verband met de hoge kosten afgeraden. Bij toepassing van een op golfaanval ontworpen constructie zal men in het onderhoudsbudget dan ook rekening moeten houden met eventuele schade ten gevolge van ijsgang. De kans op schade wordt echter niet groot geacht.

10.000-82

6. FINANCIËLE ASPECTEN

Uiteraard dient ernaar te worden gestreefd met minimale kosten een optimaal resultaat te bereiken. Dit betekent echter niet dat een technisch volwaardige constructie waarvan de aanlegkosten laag zijn, zonder meer dient te worden toegepast. Naast aanlegkosten spelen ook onderhoudsaspecten een rol. Gezien de slechte bereikbaarheid (zowel vanaf het land als vanaf het water) en de verstoring van de natuurfunctie die periodiek onderhoud met zich mee brengt verdient een constructie met zo min mogelijk onderhoud in principe de voorkeur.
Gezien de natuurlijke waarden die aan de Beninger Slikken worden toegekend dienen de milieukundige aspecten bij de keuze van de toe te passen constructie een belangrijke rol te spelen. Een duurdere maar meer op het plaatselijke ecosysteem afgestemde oeververdedigingsconstructie kan op grond daarvan te prefereren zijn.

10.000-82

7. HET ONTWERP

Bij de ontwikkeling van de toe te passen constructies kunnen de volgende stadia worden onderscheiden:

1. ontwikkeling mogelijke constructies op basis van technische eisen;
2. keuze respectievelijk bijstelling op basis van ecologische aspecten (biologie, landschap);
3. minimalisering van de kosten.

Hoewel de aangegeven volgorde in grote lijnen is gevolgd, is er in feite sprake van een iteratief proces waarin voortdurend wordt teruggekoppeld op de voorgaande stadia. Voor de diverse oevertrajecten leidt dit tot de aanbeveling de constructies toe te passen zoals aangegeven op de bijlagen 3 en 4. De overwegingen zijn in het vervolg van dit hoofdstuk aangegeven. Op grond van ecologische overwegingen is zo veel mogelijk gestreefd naar het toepassen van vooroeververdedigingen. De mogelijkheden voor fuikenvisserij en sportvisserij blijven buiten de aan te leggen oeververdedigingen gehandhaafd.

7.1. Type constructies

Wat betreft het type constructie is het gehele gebied van de Beninger Slikken verdeeld in een zestal deelgebieden:

Het meest westelijke deel van het gebied (grenzend aan de Hoornse Hoofden).

Voor dit deel van de oever wordt een directe verdediging voorgesteld. Ter plaatse van de Hoornse Hoofden vindt oeverrecreatie (plankzeilen) plaats. Door het toepassen van een vooroeververdediging zou een luwe zone worden gecreëerd die mogelijk recreanten aantrekt waardoor de rust van het achterliggende gebied kan worden verstoord.

Het westelijk deel van het gebied

Voor dit oevertraject wordt aanbevolen een vooroeververdediging toe te passen. De vooroever is hier voldoende breed en ondiep, zodat het toe-

passen van een vooroeververdediging niet stuit op technische problemen. Bij deze oplossing behoudt de eigenlijke oeverlijn min of meer haar dynamische karakter. In de beginfase zal de oever zich nog enigszins aanpassen aan de nieuwe situatie, maar na stabilisatie ontstaat een flauwe overgang land-water, waarna de vegetatie zich vanaf de oever waterwaarts kan ontwikkelen. Tussen de vooroeververdediging en de oeverlijn zal (mits de onderlinge afstand niet te groot is) een vrij rustige ondiepe waterzone ontstaan die grote aantrekkingskracht zal uitoefenen op watervogels als rust- en foerageergebied.

Het middengebied

Dit deel van het gebied wordt gekarakteriseerd door een zeer brede ondiepe vooroever. Deze ondiepe zone is vooral van belang voor foeragerende vogels. Teneinde deze ondiepe oeverzone zo veel mogelijk te behouden wordt aanbevolen met de oeververdediging de lijn van ca. N.A.P. -0,30 m te volgen. De afstand van de verdediging tot de oeverlijn bedraagt dan ca. 200 tot 300 m. Achter de primaire dam kunnen echter nog zodanige golven worden opgewekt dat een vervlakking van de vooroever op zal treden. Teneinde diversiteit in waterdieptes te behouden wordt aanbevolen tussen de primaire verdediging en de oever een zandvang aan te brengen welke tevens een golfdempende werking heeft. Verwacht wordt dat op deze wijze de oever voldoende tegen erosie zal zijn beschermd.

Het oostelijk deel van het gebied

Voor dit gebied wordt een vooroeververdediging voorgesteld. Verwacht wordt dat de combinatie van vooroeververdediging en vegetatie rond de oeverlijn de oever voldoende tegen erosie zal beschermen.

Het oostelijk deel (grenzend aan het Spui)

De diepere geul loopt hier betrekkelijk dicht onder de oever, zodat slechts een vrij smalle vooroever aanwezig is.
Geadviseerd wordt voor dit gebied een directe verdediging toe te passen.

10.000-82

- De oever langs het Spui

Uit oeverlijnenkaarten blijkt dat dit deel van de oever nauwelijks aan afslag onderhevig is. Het wordt daarom niet zinvol geacht deze oever van een verdediging te voorzien. Wel zal er voor gewaakt moeten worden dat de aanwezige oeverbegroeiing niet aangetast wordt door het afmeren van recreatievaartuigen.

7.2. Het tracé

Directe verdediging

Het tracé van de directe verdediging dient op visueel-landschappelijke gronden de bestaande oeverlijn zo veel mogelijk te volgen. Het plaatselijk ontgraven en elders aanvullen van de oeverzone moet dan ook zo veel mogelijk worden voorkomen. De bestaande kreken mogen door een directe oeververdediging niet worden afgesloten. De verdediging dient hier tot in de monding van de kreek te worden meegebogen.

Vooroeververdediging

Het tracé van de vooroeververdediging en de plaats van de daarin op te nemen openingen kan het best in het werk worden bepaald. Ten aanzien van de bepaling van het tracé kunnen de volgende aanbevelingen worden gevolgd:

1. De gemiddelde afstand van de verdediging tot de oever dient ca. 80 à 100 meter te zijn. Deze afstand tot de oever komt veelal overeen met de dieptelijn van N.A.P. -0,30 m. Grotere afstanden beperken de effectiviteit van de constructie, omdat zich dan achter de constructie opnieuw grotere golven kunnen vormen die de oever toch nog kunnen aantasten. Voorts zou een grotere afstand in visueel opzicht afbreuk doen aan de eenheid tussen de vooroeververdediging en de erachter gelegen oeverzone. Kleine afstanden zijn uit biologisch

10.000-82

oogpunt minder gewenst omdat de diversiteit sterk kan verminderen indien de waterplas volledig dicht groeit. Dit houdt echter niet in dat plaatselijk bij vooruitstekende landtongen niet van deze maat mag worden afgeweken.

2. De vooroeververdediging dient de oeverlijn zo veel mogelijk te volgen. Het toepassen van een strakke tracélijn is om landschaps-visuele redenen minder gewenst en wordt dan ook afgeraden.
3. In de vooroeververdedigingen dienen onderbrekingen te worden aangebracht teneinde wateruitwisseling mogelijk te maken en bij grotere peilveranderingen een vlotte toe- en afstroming te verzekeren. De onderlinge afstand van de openingen dient gemiddeld ca. 200 à 300 meter te bedragen. Voor de openingen kan een breedte van maximaal 20 meter op de hoogwaterlijn worden aangehouden. De bodem dient ter plaatse tegen uitschuring te worden beschermd door middel van een drempel, waarvan de kruin op ca. N.A.P. + 0,25 m is gelegen. Ten behoeve van de aan- en afvoer van het water bij grotere peilschommelingen kunnen enkele grotere openingen, met een breedte op de hoogwaterlijn van ca. 30 à 40 meter, in het tracé worden opgenomen. Deze openingen dienen op de bodem verdedigd te worden door middel van een steenmatras, waarvan de kruin op gelijke hoogte ligt met het maaiveld ter plaatse. Bij de onderbrekingen ter plaatse van de uitmonding van de grote kreken dienen geen bodemvoorzieningen tegen uitschuring te worden getroffen. Indien hier enige uitschuring optreedt, is dit morfologisch gezien een logische voortzetting van het kreekverloop naar dieper water.
4. Om eventuele verdere inscharing van de oeverlijn achter de openingen in de vooroeververdediging te voorkomen, dienen voorzieningen te worden getroffen. Daarbij kan zo veel mogelijk worden ingespeeld op de aanwezige vormen in de oeverlijn. In principe zijn daarbij de volgende oplossingen mogelijk (zie figuur 3).

10.000-82

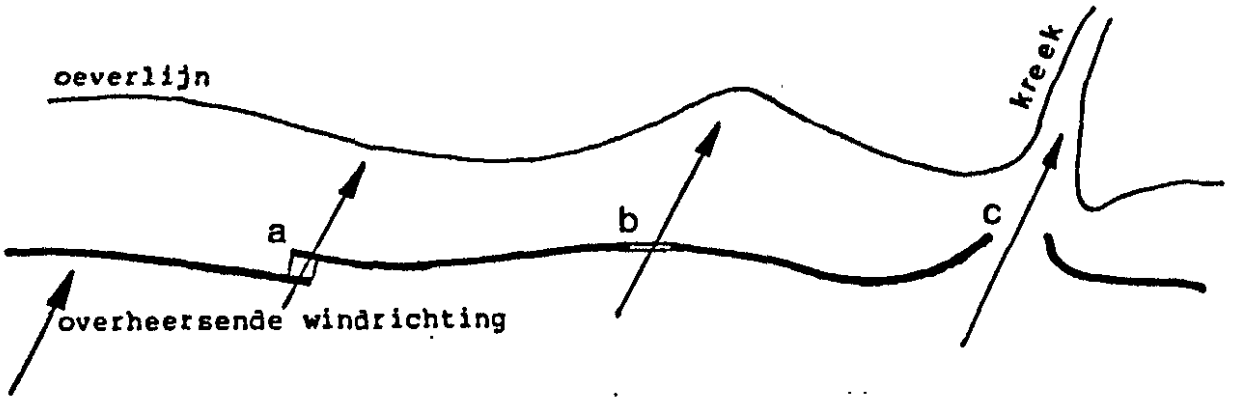


Fig. 3. Mogelijke oplossingen van openingen in de vooroeververdediging.

Variant a

Door het toepassen van een overlap kunnen verreweg de meeste golven (zeker die uit de overheersende windrichting) niet tot de oeverlijn doordringen. In verband met uitschuring door stroming moet wel een steenmatras in de opening worden aangebracht. Deze oplossing kan het beste worden toegepast op locaties waar de oeverlijn een vrij regelmatig verloop heeft en waar verdere inscharing ongewenst is. Incidentele golven uit andere richtingen zullen veelal evenwijdig aan de oever lopen en praktisch geen erosie langs de oeverlijn veroorzaken.

Variant b

Bij deze oplossing wordt de opening in de verdediging voorzien van een drempel die hoge golven doet breken en kleinere golven (bij hoog water) min of meer ongehinderd laat passeren. Om hierbij zo veel mogelijk in te spelen op de natuurlijke ontwikkelingen dienen de openingen zodanig geprojecteerd te worden dat zij ten opzichte van de overheersende windrichting corresponderen met reeds in de oeverlijn aanwezige inhammen.

Variant c

Deze openingen kunnen worden toegepast bij de mondingen van grote kreken. Bij de bepaling van de plaats van de opening dient ook weer rekening te worden gehouden met de overheersende windrichting. De opening zelf behoeft niet verdedigd te worden, daar eventuele uitschuring van de bodem past bij het karakter van een kreekmonding.

10.000-82

Het toepassen van de beschreven openingen in de vooroeververdediging houdt in dat zoveel mogelijk wordt ingespeeld op de aanwezige vormen in de oeverlijn. De exacte plaats van de openingen zal dan ook in het werk bepaald moeten worden. De onderlinge afstand van de openingen vertoont hierbij geen vaste maat, waardoor het geheel minder mathematisch overkomt. Bij een dergelijke werkwijze sluit het ontwerp van de verdediging goed aan bij de aanwezige vormen in het landschap en zijn de onderlinge relaties tussen verdediging en oevervorm beter herkenbaar.

Vooroeververdediging met zandvang

Voor het middengebied wordt om redenen van biologische aard geadviseerd een vooroeververdediging toe te passen op grote afstand uit de oever (gemiddeld 200 tot 300 meter). De tracélijn hiervan volgt ongeveer de lijn van N.A.P. -0,30 m. Door de grote afstand tot de oeverlijn is het mogelijk dat achter de primaire oeververdediging opnieuw golven worden opgewekt (golfhoogte wordt geschat op ca. 30 cm). Door deze golfwerking kan de oever nog worden aangetast en zal een vervlakking van de vooroever optreden waardoor de diversiteit in bodemligging wordt verkleind. Teneinde deze effecten te beperken wordt aanbevolen tussen de primaire verdediging en de oever een zandvang, die tevens dient als golfbreker, aan te brengen. Het tracé van deze zandvang volgt ongeveer de dieptelijn van N.A.P. De afstand tot de oever bedraagt ca. 100 tot 150 meter.

7.3. Dwarsprofielen

Op bijlage 4 zijn de dwarsprofielen aangegeven voor de diverse typen oeververdedigingen.

Directe verdediging

De directe verdediging is opgebouwd uit een kern van fosforslakken, afgedekt met een toplaag van stortsteen 10 - 60 kg. Het talud kan worden afgewerkt onder een helling van 1:3. De aanleghoogte van de verde-

10.000-82

diging wordt bepaald door de maaiveldhoogte van de oever ter plaatse. De aanlegdiepte wordt bepaald door de hoogte van de vooroever. De verdediging wordt niet ingegraven in de vooroever. Om eventuele ontgrondingen onder de teen van de constructie op te vangen is een onderwaterberm met een breedte van 3 meter aangebracht. De kern van fosforslakken dient als transportbaan voor het aanbrengen van de verdediging. In verband met het zware transport over deze rijbaan dient rekening te worden gehouden met een zetting van de ondergrond van ca. 15 à 20 cm. Om uitspoeling van zand onder de teen te voorkomen is tussen het maaiveld en de onderwaterberm een filterlaag van kunststofweefsel aangebracht. Aanbevolen wordt de stortsteen en de fosforslakken van de directe verdediging boven de hoogwaterlijn af te dekken met een laag grond. Hiermee wordt bereikt dat de vegetatie zich tot in de verdediging zal vestigen, waardoor de stenen constructie grotendeels uit het zicht zal blijven.

Vooroeververdediging

De vooroeververdediging bestaat uit een trapeziumvormige dam die direct op het maaiveld wordt aangebracht. De buitenste laag bestaat uit stortsteen 10-60 kg. Als taludhelling wordt voor het buitenbeloop 1:3 geadviseerd; voor het binnenbeloop kan 1:2,5 worden aangehouden. Als aanleghoogte wordt N.A.P. + 1,00 m geadviseerd. In principe is elk steenachtig materiaal dat geen invloed heeft op de waterkwaliteit geschikt als kernmateriaal. Onder meer vanwege de geschiktheid als rijbaan bij de uitvoering en de lage kosten in vergelijking met andere steenachtige materialen wordt aanbevolen om ook bij deze constructie fosforslakken als kernmateriaal te gebruiken. Bij het toepassen van fosforslakken zal in geringe mate fluoride worden afgegeven aan het omhullende water. Gezien de afmetingen van het bekken, de regelmatige verversing en de vrij hoge achtergrond concentratie van het Haringvlietwater wordt dit niet als een ecologisch bezwaar gezien (ref. 13). Om eventuele ontgrondingen aan de teen van de constructie op te vangen is ook hier aan de meerzijde een onderwaterberm met een breedte van 3

29-000-01

meter aangebracht. Tussen de bodem en de afdeklaag van stortsteen is als filter een kunststofweefsel aangebracht om uitspoeling van zand te voorkomen. Gezien de draagkracht van de ondergrond en het gebruik van de dam als transportbaan, dient ook bij een vooroeververdediging rekening te worden gehouden met zettingen. Deze zullen voor verreweg het grootste deel reeds tijdens de uitvoering optreden. Het aanbrengen van overhoogtes wordt daarom niet nodig geacht.

Zandvang

De te maken zandvang bestaat uit een steenmatras van fosforslakken met een breedte van 3 meter en een dikte van ca. 30 cm. Uit landschappelijke overwegingen wordt aanbevolen om de kruin iets beneden de gemiddelde laagwaterstand te houden (kruinhoogte ca. N.A.P. + 0,35 m).
Gezien de geringe golfhoogte kan hier worden volstaan met een fijne gradering van een steenachtig materiaal. Het ligt uitvoeringstechnisch voor de hand om hiervoor hetzelfde materiaal te gebruiken als in de kern van de te maken verdedigingen wordt toegepast (fosforslakken).

10.000-82

8. UITVOERING

Het aanbrengen van de oeververdedigingen over land wordt sterk afgeraden. Deze werkwijze stuit op bezwaren in verband met de daaruit voortvloeiende schade aan de aanwezige vegetatie van het gors. De ontstane sporen zullen vele jaren na de uitvoering nog steeds als zodanig herkenbaar zijn. Bij aanvoer van materiaal over het gors wordt de vogelpopulatie meer verstoord dan wanneer aanvoer van materiaal over het water plaatsvindt. Gezien de bodemsamenstelling van het gors is aanvoer via het land ook uitvoeringstechnisch niet aan te bevelen. Het gors zal vooral in natte periodes zeer slecht berijdbaar zijn, hetgeen tot vertragingen in de uitvoering zal leiden.

Omdat de vooroever plaatselijk zeer breed en ondiep is, is het onmogelijk om het materiaal direct uit het schip in het werk te lossen. Aanbevolen wordt op die plaatsen waar de geul het dichtst bij het te maken werk ligt materiaaldepots te maken. Van hier uit kan het materiaal worden uitgereden. In verband met het gebruik van de te maken oeververdedigingen als transportbaan, zal rekening moeten worden gehouden met enige zetting van de ondergrond (materiaalverlies).

Een uitvoeringsmethode waarbij minder materiaal verloren gaat is het aanbrengen met behulp van zolderbakken. In dat geval zal waarschijnlijk een geringere werksnelheid worden gehaald. Vooral in perioden met hoge waterstanden kan deze methode wellicht voordeel bieden.

10.000-82

9. AANBEVELINGEN

Daar bij de planvoorbereiding ter verdediging van de eroderende oevers langs de Korendijkse en Beninger Slikken veel leemtes in gegevens en kennis naar voren kwamen, verdient het aanbeveling om ten behoeve van de toekomstige advisering aanvullend onderzoek te doen. Dit onderzoek heeft met name betrekking op de gegevensinwinning ten behoeve van het vastleggen van de uitgangssituatie en gegevens die benodigd zijn voor de dimensionering van de constructies. Zo dient zo spoedig mogelijk gestart te worden met een onderzoek naar de erosie van oevers (oorzaken en gevolgen) langs zowel het Haringvliet als het Hollandsch Diep. Dit in verband met de afweging van prioriteiten en de eventueel te treffen maatregelen (projectplan oeververdedigingen Haringvliet-Hollandsch Diep). Onderdelen van dit onderzoek kunnen o.a. zijn:

- uitzetten van meetraaien en meten van dwarsprofielen;
- inventarisatie van functies, bestemmingen, eigendommen en beheersituaties;
- verzamelen van gegevens van hydraulische parameters (golf-, wind- en stroommetingen en verloop waterstanden);
- volgen ontwikkelingen van de oeverlijn door het laten uitvoeren van aanvullende luchtkarteringen.

Ook de kennis van het ecosysteem in zoete oeverzones, met bovendien nog wisselende waterstanden, vertoont lacunes. Op dit gebied is eveneens aanvullend onderzoek aan te bevelen. Hierbij kan onder meer gedacht worden aan:

- Peilregiem

  Omdat het peilregiem grote invloed heeft op de ontwikkelingen die in de oeverzone plaatsvinden, verdient het aanbeveling nader onderzoek te doen naar de gevolgen van bepaalde peilregiems voor de oever, de vegetatie en de bodemdieren in de oeverzone. Bij de afweging van de vele factoren (waterstaatkundige-, landbouwkundige-, biologische-, en andere belangen), aan de hand waarvan het in de praktijk nage-

streefde peilregiem wordt vastgesteld, kunnen dan de biologische gevolgen beter beschreven worden.

- IJsvorming
  Invloed op oevervegetatie en oeververdedigingen.
- Botulisme
  Het kunnen optreden van botulisme (of andere ziekten) in de achter de vooroeververdedigingen gelegen watergebieden.

Om de watersport die vaak buiten de betonning vaart attent te maken op de aanwezige ondiepten en de bij verhoogde waterstanden onzichtbare vooroeververdedigingen en kribben, zou in het gehele bekken een bleesbebakening op de lijn van N.A.P. - 1,25 m geplaatst moeten worden. Hiermee kunnen eventuele schadeclaims van ongevallen door aanvaring worden voorkomen. Een bijkomend voordeel van een dergelijke bleesbebakening is, dat watersporters minder snel geneigd zijn om kwetsbare gebieden binnen te dringen.

10.000-82

10. REFERENTIES

1. Staatsbosbeheer, dienstvak natuurbehoud Zuid-Holland.
Oeverafslag in het Haringvliet.

2. Koster, L.M.
De invloed van een wisselende waterstand op de oevervegetatie (zaadplanten en varens), literatuuroverzicht samengesteld in opdracht van Rijkswaterstaat Deltadienst Hoofdafdeling Milieu en Inrichting.
Concept 1975. Pudoc Wageningen.

3. Kuypers, J.W.M.
De Beninger en Korendijksche Slikken.
Rijkswaterstaat Deltadienst afdeling Milieuonderzoek.
Studentenrapport, 1974.

4. Meijers, J.
Vegetatiekartering van de Sassenplaat 1982.
Rijkswaterstaat Deltadienst Hoofdafdeling Milieu en Inrichting.
Studentenrapport 1982 (MI 11-82).

5. Rense, S.
De buitendijkse landschappen van het Hollandsch Diep en het Haringvliet.
Rijkswaterstaat Deltadienst Hoofdafdeling Milieu en Inrichting.
Studentenrapport 1980 (nr. 1-80).

6. Fabritius, H.E.
Beheerschets voor de buitendijkse terreinen aan Haringvliet, Spui en Hollandsch Diep.
Staatsbosbeheer, Consulentschap natuurbehoud in de provincie Zuid-Holland (1979-13).

10.000-82

7. U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
Shore protection manual.

8. Nortier, ir. I.W. en ir. H. van der Velde.
Hydraulica voor waterbouwkundigen.

9. Groen, dr. P. en dr. R. Dorrestein.
Zeegolven.

10. KIVI Symposium 1983.
Nieuwe inzichten in het ontwerpen van oeverbeschermingsconstructies.

11. Marle, J.G.A. van
Het brekercriterium voor het mondingsgebied van de Oosterschelde t.b.v. het filtermodel.
Nota DDWT-79.031.

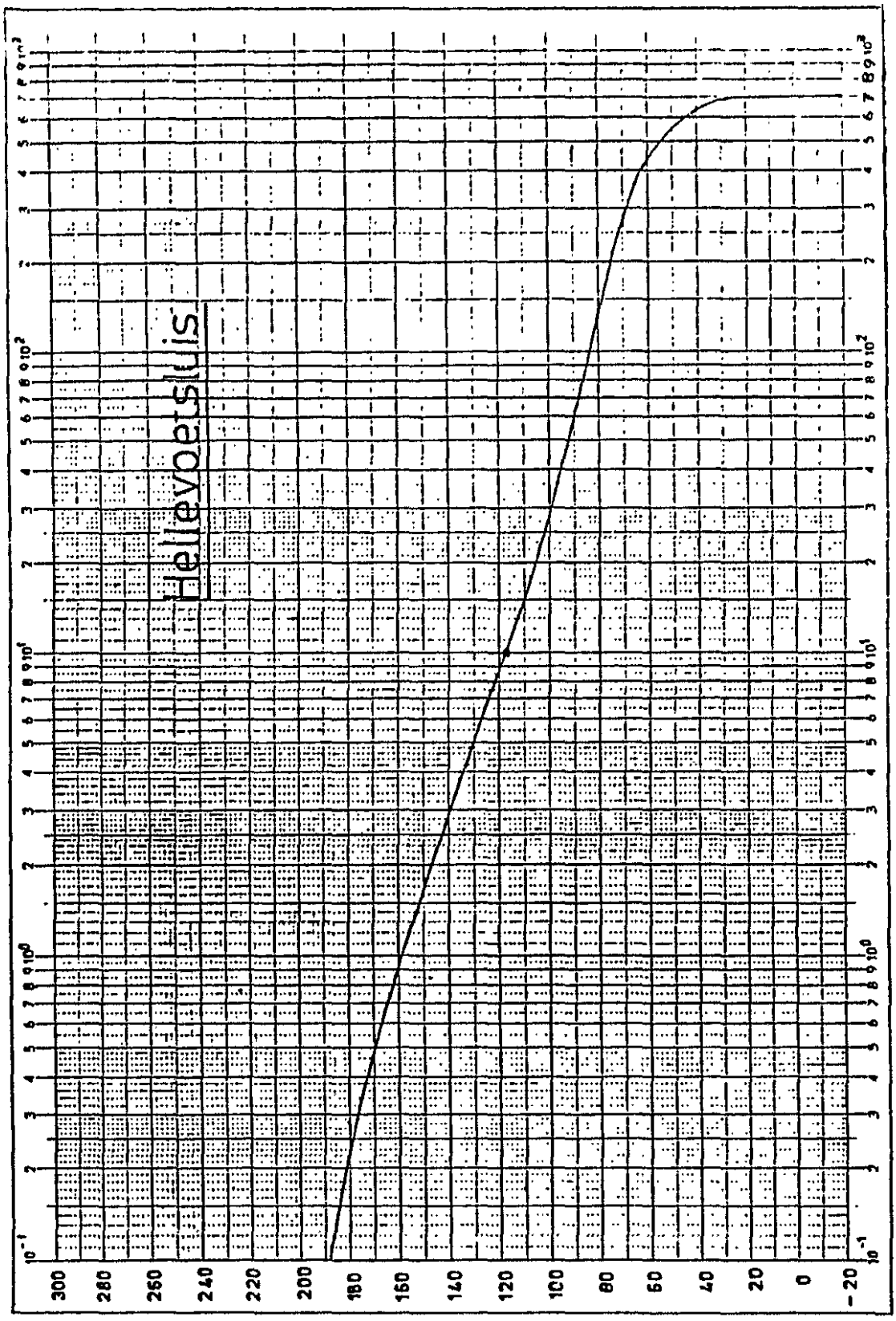
12. Laan.
Kwaliteit en kwaliteitscontrole van breuksteen voor de waterbouw. Deltadienst werkgroep keuring bouwstoffen voor de waterbouw. Nota WKE - R - 82002.

13. Eck, G.Th.M. van
Milieutechnische aspecten toepassing fosforslakken oeververdediging Haringvliet.

14. Parma, S., e.a.
Oecologie van meren en plassen.
Biologische Raad Reeks.
Pudoc Wageningen, 1983.

15. Knöpp, H. en P. Kothé.
Die Bedeutung des biologischen Wasserbaus für Gewässerbiologie und Fischerei.
IN: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen.
Verlag Fugen Ulmer, 1965.

10.000-82



Gemiddeld aantal malen per jaar dat een hoogwaterstand wordt bereikt en/of overschreden

Periode 1971 t/m 1977

OVERSCHRIJDINGSFREKWENTIE HW STAND

rijkswaterstaat
directie benedenrivieren

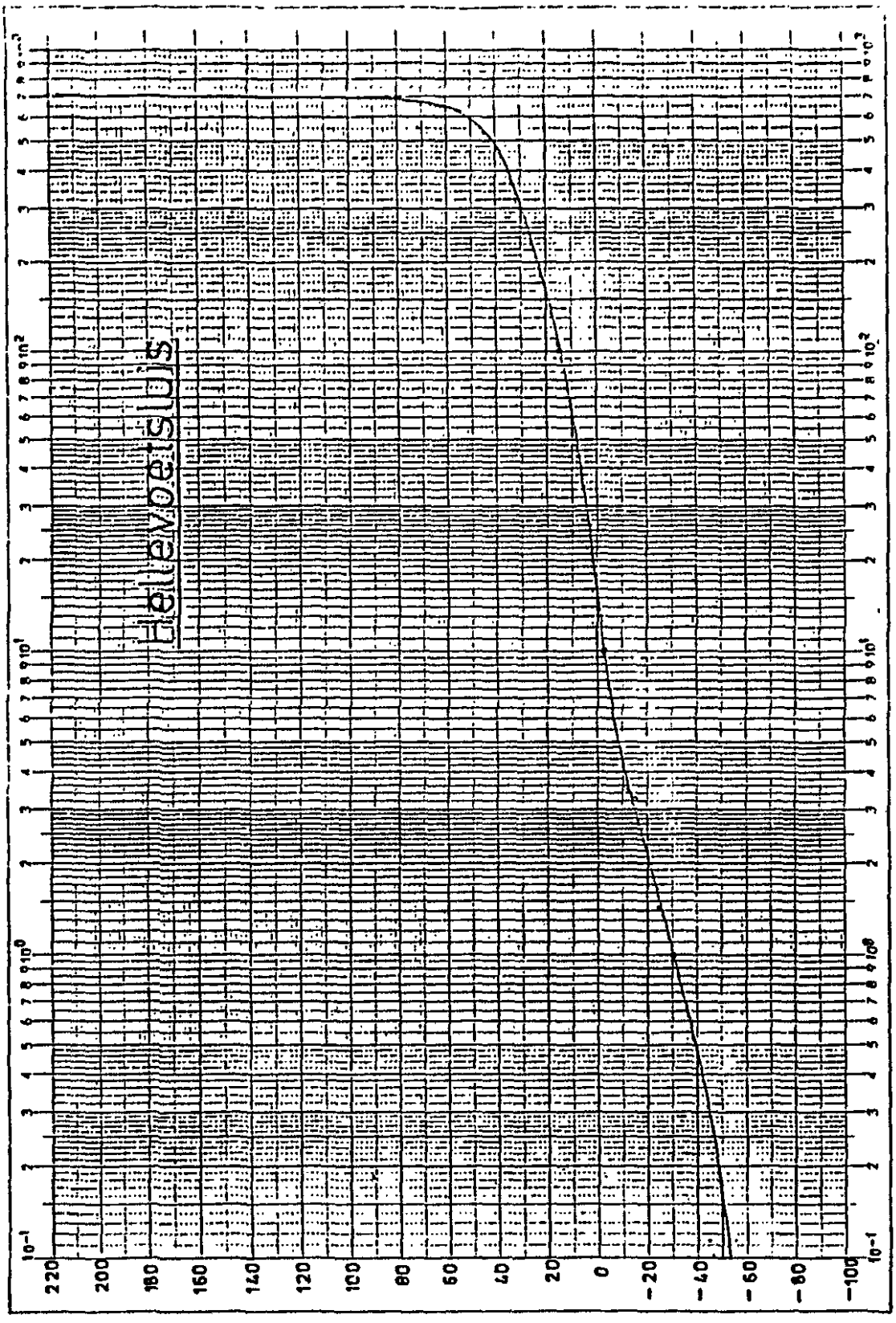
opgen	getek	gezien

Afdeling Rivierkunde - I.V.G.

schaal 1:

Datum: AUGUSTUS 1980

nr.



Gemiddeld aantal malen per jaar dat een laagwaterstand wordt bereikt en/of onderschreden

Periode 1971 t/m 1977

ONDERSCHRIJDINGSFREKWENTIE LW STAND

Afdeling Rivierkunde – I.V.G.

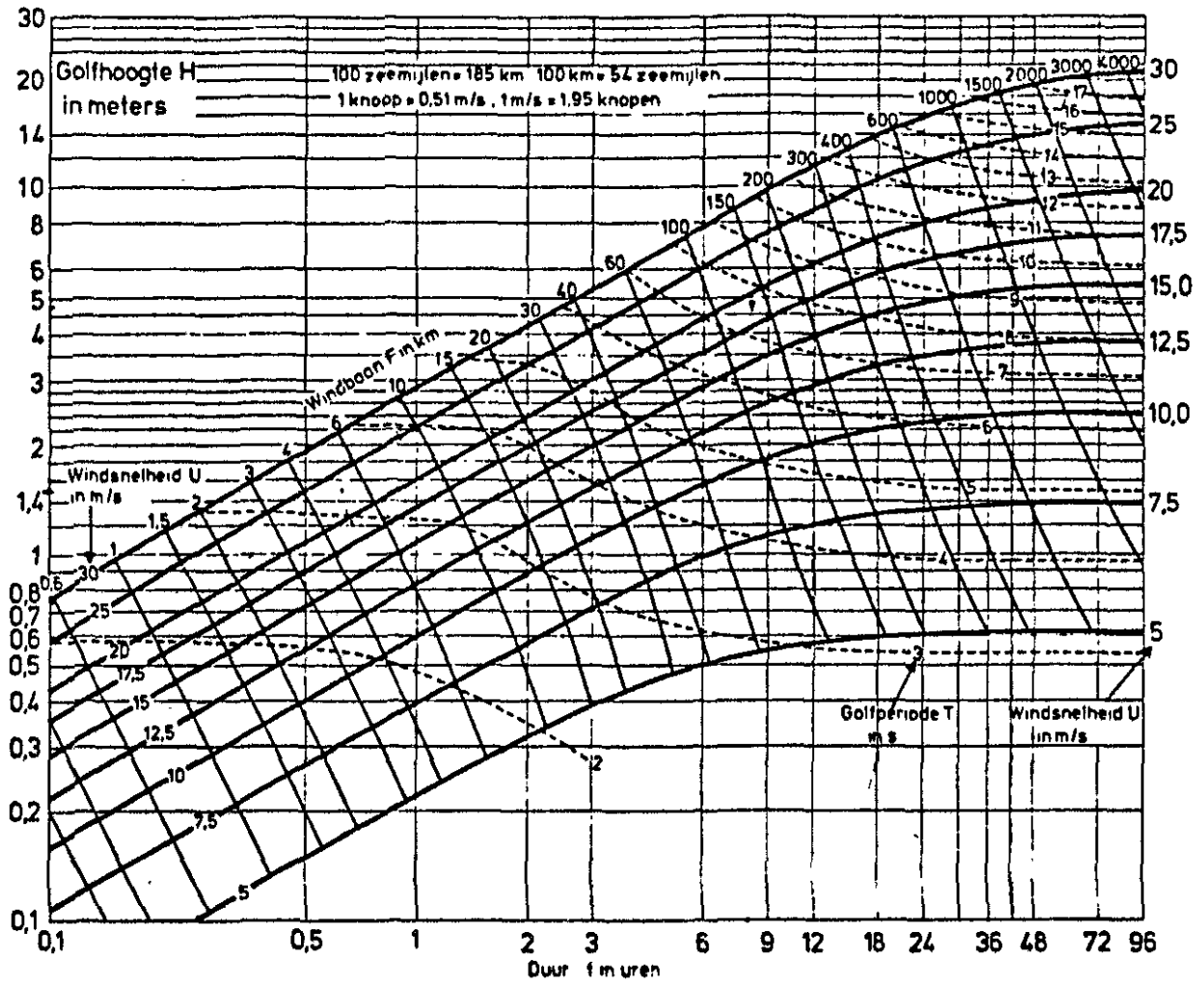
schaal 1:

Datum: AUGUSTUS 1980

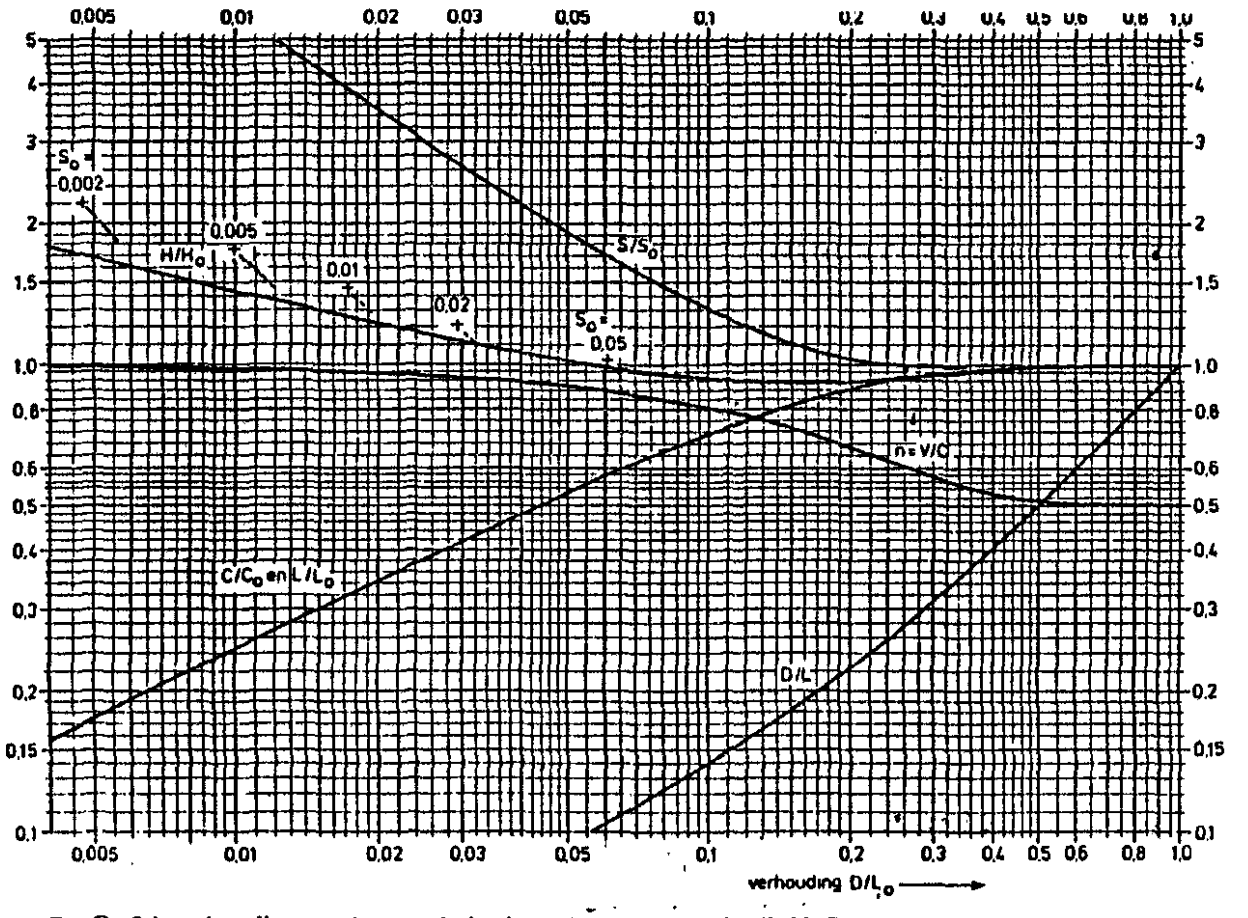
rijkswaterstaat
directie benedenrivieren

opgen	getek	gezien

nr.



A. Grafiek ter bepaling van de significante golfhoogte H en golfperiode T in zeegang uit de windsnelheid U en de duur t of de windbaan F.



B. Grafiek ter bepaling van de verandering in golfhoogte H, golfsnelheid C en golflengte L, steilheid s en energietransportfactor n voor golven die geleidelijk in ondieper water komen. D is de diepte. De index $_0$ duidt „diep water" aan.

VERKLARING

Drempel in opening

Matras in opening

Onverdedigde opening

A _ Vooroeververdediging op ca. N.A.P. -0,30 m

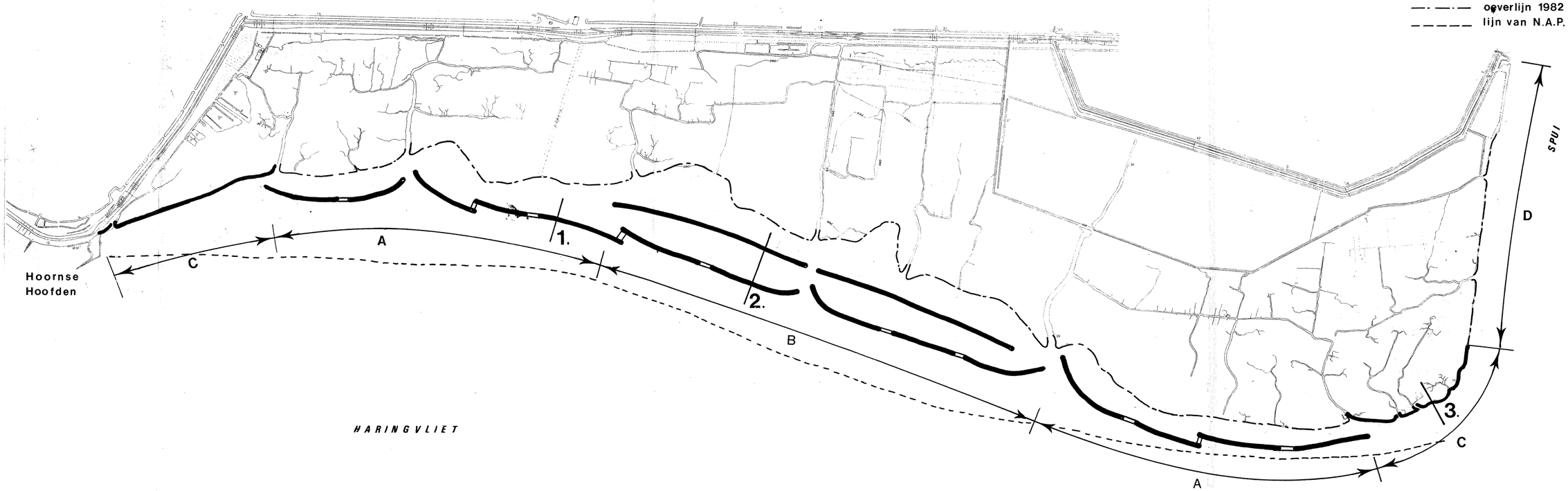
B _ Vooroeververdediging op ca. N.A.P. -0,30 m en zandvang op ca. N.A.P.

C _ Directe oeververdediging

D _ Onverdedigde oever

—·—·— oeverlijn 1982

– – – – – lijn van N.A.P. -1,00 m

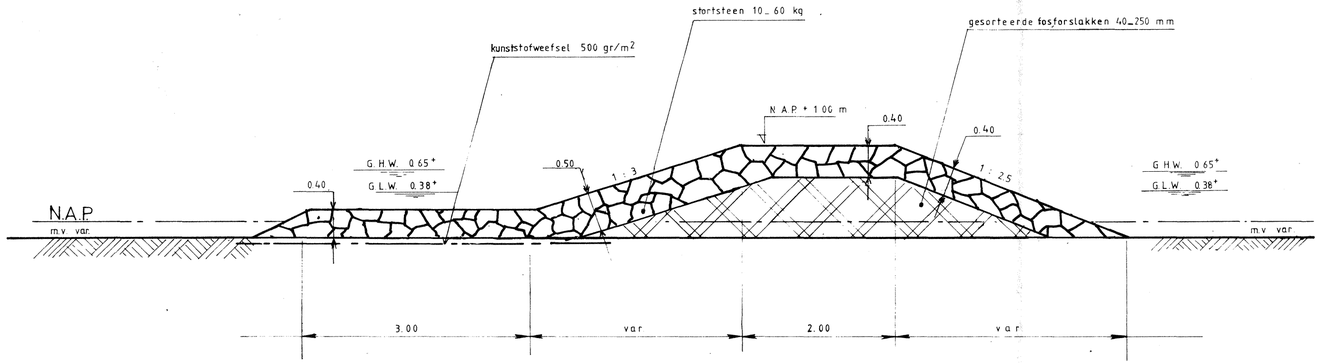


VOORSTEL OEVERVERDEDIGINGEN BENINGER SLIKKEN SITUATIE

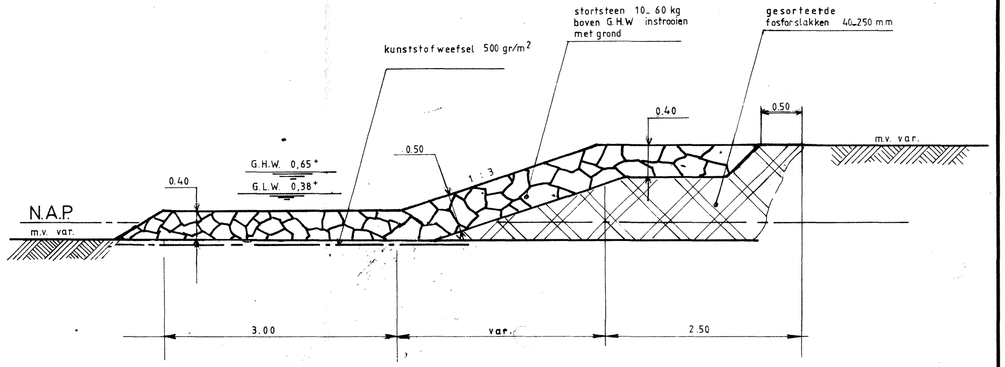
rijkswaterstaat - deltadienst
hoofdafdeling milieu en inrichting
postbus 439 tel.01180-11851 4330 ak middelburg

get.:	schaal: 1:10000
gez.:	
akk.:	formaat: A3
nota: 84-13	code: 130
bijlage: 3	tek.nr.: 84 M 53

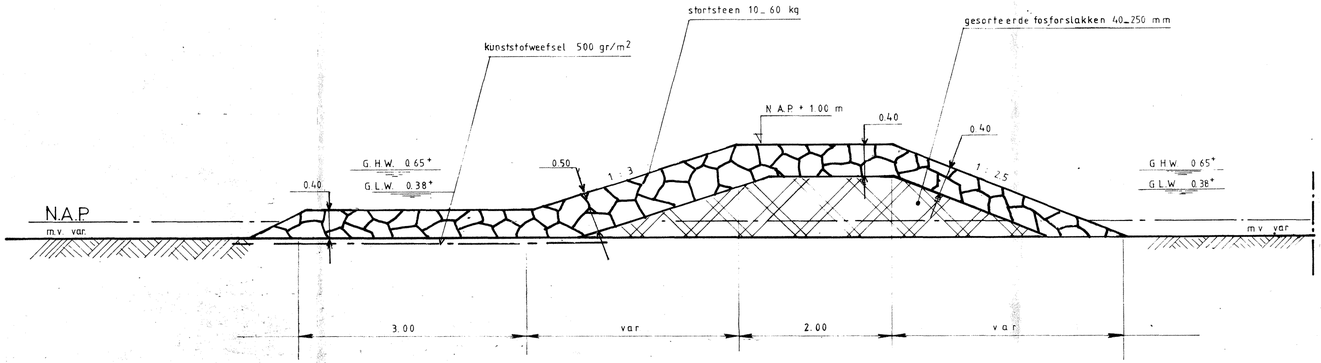
0.78M159



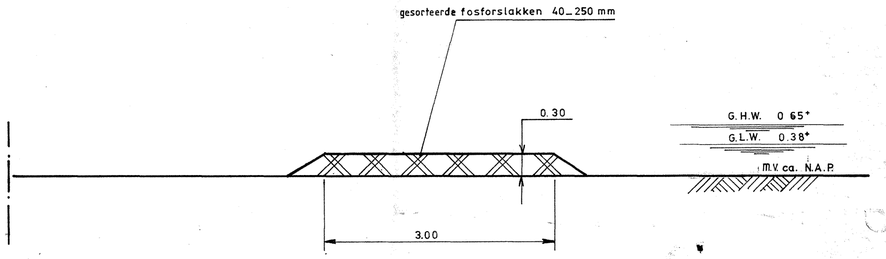
Profiel 1. Indirecte oeververdediging



Profiel 3. Directe oeververdediging



Profiel 2. Indirecte oeververdediging met zandvang



VOORSTEL OEVERVERDEDIGINGEN BENINGER SLIKKEN
DWARSPROFIELEN

rijkswaterstaat - deltadienst hoofdafdeling milieu en inrichting postbus 439 tel.01180 - 11851 4330 ak middelburg	get. : 21.5.84 gez. : akk. :	schaal : 1:50 formaat: A4
	nota : 84_13 bijlage : 4	code : 126 tek. nr. : 84 M 143