

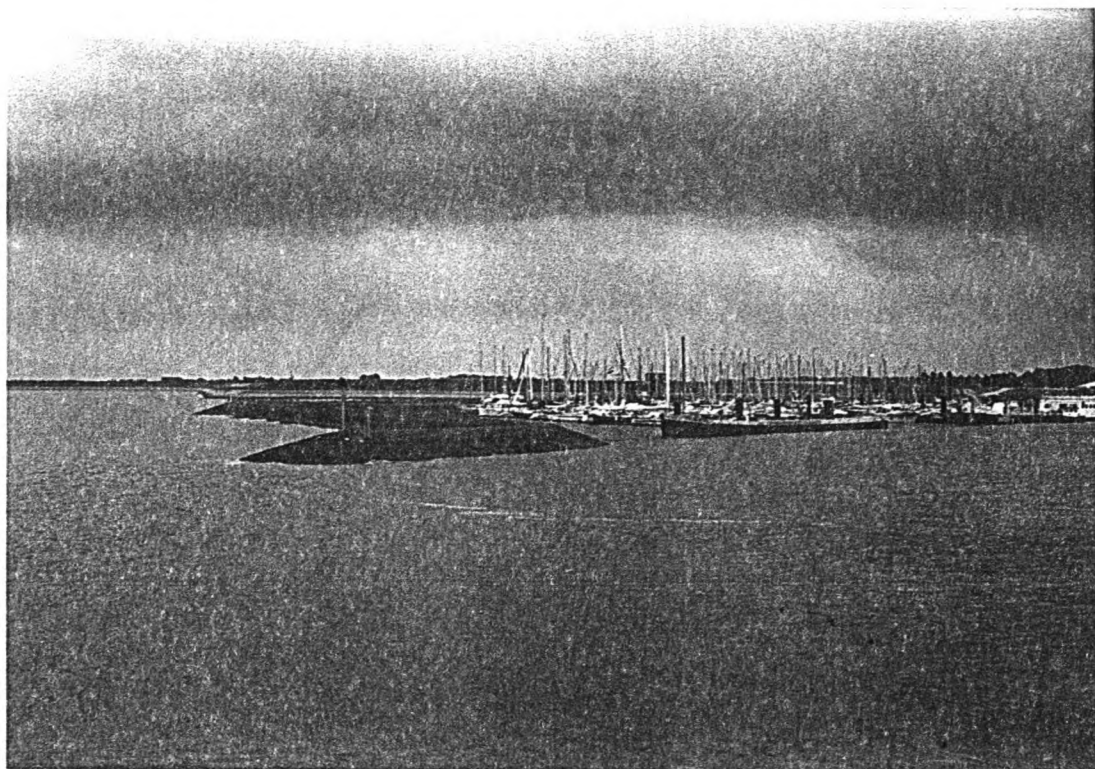
744.

Ontwerp Uitbreiding Jachthaven Breskens

afstudeerrapport

augustus 1988

C. Boer, F. Schroten



ONTWERP UITBREIDING

JACHTHAVEN BRESKENS

C. BOER
F. SCHROTEN

Augustus 1988

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroepen Waterbouwkunde en
Planning, Ontwerpen en Organisatie

VOORWOORD

Na drie jaar lang in de proeftuin van het projektonderwijs te hebben rondgewandeld, werden wij in het vierde jaar losgelaten op de belangrijkste opdracht van onze studie: het afstudeerprojekt.

In het rapport, dat U nu in handen heeft, doen wij verslag van onze bevindingen van ruim een half jaar studie naar de mogelijkheden voor uitbreiding van de jachthaven van Breskens. Met de plaatselijke jachthavenvereniging als opdrachtgever hebben wij onder begeleiding van de vakgroepen Waterbouwkunde (sectie Kustwaterbouwkunde) en Planning, Ontwerpen en Organisatie (sectie Civiele Bedrijfskunde) gewerkt aan het ontwerp van een golfbreker en aan de modellering van de steigerindeling.

In het kader van de vierjarige opleiding bestond de begeleidende examen-commissie uit vier personen, te weten prof. dr. ir. E.W. Bijker, ir. W.H. Tutuarima, dr. ir. J.W. van der Meer en ir. D.J. Sweeny, aan wie wij onze dank willen uitspreken voor de bereidwilligheid en belangstelling die zij in deze periode hebben getoond.

Verder willen wij de opdrachtgever, in de persoon van de heer A.J. Verstraeten, danken voor de gastvrijheid en openheid, waarmee hij ons op onze 'zakelijke' bezoeken is tegemoet getreden.

Tenslotte dient nog vermeld, dat wij zonder de hulp van ir. Schmidt bij de modellering van de steigerindeling niet tot het nu bereikte resultaat hadden kunnen komen.

augustus 1988

Kees Boer
Folkert Schroten

INHOUD

	blz.
Lijst van Tabellen	iii
Lijst van Figuren	iv
INLEIDING	1
Hoofdstuk 1. PROBLEEMBESCHRIJVING	
1.1. Voorgeschiedenis	4
1.2. Situatieschets	5
1.3. Doelstelling en uitgangspunten	10
Hoofdstuk 2. VERZAMELING HYDRAULISCHE GEGEVENS	
2.1. Inleiding	12
2.2. Golf- en stormgegevens	13
2.3. Frequentie-verdelingen	17
Hoofdstuk 3. GOLFREDUCTIE DOOR GOLFBREKERS	
3.1. Algemeen	28
3.2. Diffractie	28
3.3. Golftransmissie	32
3.4. Interferentie van golven	49
Hoofdstuk 4. ONTWERP GOLFBREKER	
4.1. Algemeen	54
4.2. Ontwerp golfbreker - nieuwe deel	75
4.3. Ontwerp golfbreker - bestaande deel ..	119
4.4. Ontwerp terreinophoging en taludbescherming	123
4.5. Uitvoerings- en kostenaspecten	129
Hoofdstuk 5. ONTWERP STEIGER-INDELING	
5.1. Inleiding	142
5.2. Modelopzet	143
5.3. Ontwikkeling oplossingen	152
Hoofdstuk 6. AANBEVELINGEN	
6.1. Inleiding	160
6.2. Punten voor nader onderzoek	160
6.3. Kostenbesparingen	161

BIJLAGEN

LIJST VAN TABELLEN

2-1	Stormvloedstanden tussen 1874 en 1970	18
2-2	Overschrijdingsfrequenties van stormvloedstanden	18
2-3	Frequentie-verdeling golfhoogten bij Breskens	21
2-4	Vergelijk tussen ENDEC en golfmetingen	25
3-1	Ruwheid van bekledingsmaterialen i.v.m. golfoploop	34
3-2	Coëfficiënten in golfoploopformule van Franzius	36
3-3	Coëfficiënten in formule van Ahrens en McCartney	36
4-1	Schadecoëfficiënten	90
4-2	Globale kostenraming conceptoplossingen	95
4-3	Porositeit van golfbrekertypen	96
4-4	Resultaten kruinhoogte-bepaling	97
4-5	Mogelijke schade-niveau's	99
4-6	Invloed golfperiode	105
4-7	Invloed maximale golfhoogte	106
4-8	Globale kostenraming	138

LIJST VAN FIGUREN

1-1	Ligging jachthaven Breskens	4
1-2	Overzicht van de Westerschelde-mond	6
1-3	Plattegrond huidige jachthaven	6
1-4	Ophoging oostdam met perkoenpalen	7
1-5	Afgezonken bak in ingang jachthaven	7
1-6	Voorstel voor uitbreiding van jachthaven	8
2-1	Overschrijdingsfrequentie van windkrachten bepaald uit metingen verricht op lichtschip Goeree	15
2-2	Omgeving van Breskens	17
2-3	Overschrijdingsfrequentie-lijn van hoogwaterstanden op Westerschelde	19
2-4	Overschrijdingsfrequentie van hoog- waterstanden volgens Deltacommissie	19
2-5	Golfmetingen bij Nieuwe Sluis	20
2-6	Overschrijdingsfrequentie-lijn van golfhoogten t.p.v. Breskens	22
2-7	Golf- en windmetingen t.p.v. Wielingen	25
3-1	Wijzen waarop golven haven binnendringen	28
3-2	Gedrag haven t.o.v. diffractie	29
3-3	Spiraal van Cornu	30
3-4	Definitie van transmissie-begrippen	33
3-5	Golfploop volgens formule van Ahrens en McCartney	37
3-6	Getransmitteerde golfhoogte als functie van het overschrijdingspercentage p	38
3-7	Invloed kruinbreedte	39
3-8	Hoogteligging voorland en golfbreker	40
3-9	Dwarsdoorsneden van beproefde golfbrekers	41
3-10 en 11	Verband transmissie-coëfficiënt en relatieve overhoogte R_c/H_s	44
3-12 en 13	Verband transmissie-coëfficiënt en relatieve overhoogte R'_s	45
3-14	Effekt van porositeit op transmissie- coëfficiënt	46
3-15 en 16	Ontwerpgrafieken voor golftransmissie	48
4-1	Funkties van golfbrekers	55
4-2	Tracé toekomstige golfbreker	56
4-3	Waterdiepten Westerschelde t.o.v. LLWS	57
4-4	Dieptelijnen t.p.v. jachthaven Breskens	58
4-5	Overzicht bodemprofielen in West-Zeeuws- Vlaanderen	58
4-6	Doorsnede bodemopbouw Zeeuws-Vlaanderen	59
4-7	Sommatiecurven van de korrelgrootte- verdeling van monsters jong zeezand	59
4-8	Sommatiecurven van de korrelgrootte- verdeling van de afzettingen van Duinkerke	60
4-9	Langsprofiel waarbij een zettingsvloeiing waarschijnlijk is	61
4-10	Langsprofiel na optreden zettingsvloeiing	62
4-11	Dwarsprofiel t.p.v. jachthaven Breskens	63
4-12	Overschrijdingsfrequenties van windsnelheden gemeten op het lichtschip Goeree	64

LIJST VAN FIGUREN vervolg

4-13	Verband golfhoogte en golfperiode voor de Noordzee	65
4-14	Overschrijdingsfrequentie-lijn golfhoogte Breskens	66
4-15	Getijkromme Breskens	67
4-16	Meetraaien Westerschelde	67
4-17	Stroomsnelheden Vlissingen-Breskens	68
4-18	Overschrijdingslijn hoogwaterstanden langs Noordzeekust volgens Deltacommissie	68
4-19	Vergelijking golfbrekertypen	71
4-20	Plattegrond toekomstige jachthaven	74
4-21	Dwarsdoorsnede huidige havendam	78
4-22	Basaltonzuilen	79
4-23	Golfbelasting op gezette steen	81
4-24	Sterkte van een glooiing uitgezet in een grafiek	82
4-25	Stabiliteitsgetallen volgend uit proeven in de Deltagoot	83
4-26	Mogelijke schadelijnen voor basaltonzuilen	83
4-27	Dwarsprofiel golfbreker met steenzetting	85
4-28	Golfoploopcurven voor regelmatige golven	87
4-29	Golfoploopcurven voor stortsteentaluds t.p.v. Breskens voor taludhellingen 1 : 1½ respectievelijk 1 : 2	88
4-30	Transmissie-coëfficiënt voor doorlatende constructies	89
4-31	Dwarsdoorsnede van de golfbreker uitgevoerd in stortsteen	93
4-32	Verschillende typen brekers	99
4-33	Doorlatendheidswaarden voor diverse constructies	100
4-34	Invloed taludhelling op stabiliteit	101
4-35	Invloed schadeniveau op stabiliteit	102
4-36	Invloed golfperiode	105
4-37	Waterdrukvariaties aan de bodem	108
4-38	Natuurlijk filter	111
4-39	Hydraulische belastingen golfbreker Breskens	112
4-40	Opbouw zinkstuk	113
4-41	Schematisatie bodemprofiel	114
4-42	Definitief ontwerp stortstenen havendam met taludhelling 1 : 1½	117
4-43	Definitief ontwerp stortstenen havendam met taludhelling 1 : 2	118
4-45	Dwarsprofiel opgehoogde oostdam	122
4-46	Dwarsprofiel taludbescherming	125
4-47	Deponeren van het stort	128
5-1	Invloedsfactoren op grootte van keuken	145
5-2	Klasseverdeling zeiljachten Breskens	147
5-3	Verdeling boten over de typen	147
5-4	Logisch model	149
5-5	Wijzen van afmeren	151
5-6	Schematische voorstelling van de ontwikkeling van een oplossing	152
5-7	Invloed orientatie op te gebruiken oppervlak	154
5-8	Afmetingen eenheidsbox	155
5-9	Voorbeeld steiger-indeling	157

LIJST VAN FIGUREN vervolg

6-1	Sproeiponton	161
6-2	Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van zandophoging onder de dam	162

HOOFDSTUK 1

PROBLEEMBESCHRIJVING

INLEIDING

In een rapport dat handelt over de uitbreiding van een jachthaven is het niet meer dan logisch eerst even stil te staan bij de vraag: "Wat is nu eigenlijk precies een jachthaven?".

Op deze vraag zijn veel antwoorden mogelijk; waarschijnlijk bestaan er net zo veel omschrijvingen als jachthavens. Onderstaande definitie is dan ook slechts een voorbeeld; maar wel één die goed aanduidt waar het in een jachthaven om draait.

Definitie:

Een jachthaven is een plaats:

- waar boten blijven drijven ongeacht de waterstand,
- waar zij zonder gebruikt van een sloep bereikt kunnen worden,
- waar zij bevoorraad, onderhouden, in een dok gelegd en gerepareerd kunnen worden,
- waar auto's dicht bij het water geparkeerd kunnen worden en
- waar orde en doelmatigheid heersen

(vrij naar Denys Session in 'The Yachtsman')

Uit deze definitie blijkt al, dat er bij een jachthaven meer komt kijken dan het bieden van alleen gelegenheid tot aanleggen. Een moderne jachthaven vereist een bepaald niveau aan voorzieningen. Al naar gelang het doel van de haven kan dit voorzieningen-niveau variëren van 'minimaal' (alleen steiger en trailerhelling) tot 'uitgebreid' (met winkels en restaurant etc). Recente ontwikkelingen gaan zelfs in de richting van complete dorpen rond de jachthaven.

Wat betreft de jachthaven van Breskens hoeven we ons over het voorzieningen-niveau geen zorgen te maken. Het gaat in dit rapport niet om een ontwerp van een geheel nieuwe haven, maar om een reeds bestaande, goed funktionerende haven, die plannen tot uitbreiding heeft. De aanleiding en motivatie van deze plannen worden beschreven in hoofdstuk 1, de probleembeschrijving. Daarin worden ook enkele problemen in de huidige situatie aan de orde gesteld, die met het oog op de uitbreiding moeten worden aangepakt. De doelstelling die hieruit voortvloeit besluit dit hoofdstuk.

Een van de belangrijkste redenen voor de uitbreiding is de wens tot vergroting van de capaciteit. De hiermee gepaard gaande vergroting van het havenbekken maakt de aanpassing van enkele voorzieningen noodzakelijk. Het gaat hier met name om:

- aanpassing van de golfbreker
- aanpassing van de steiger-indeling

Ter voorbereiding op het ontwerp van de golfbreker heeft een gegevensverzameling plaatsgevonden. Belangrijke gegevens die van invloed zijn op de ontwerp-eisen betreffen stormvloedstanden, golfhoogten en windsnelheden. Het resultaat van deze informatie-verzameling staat beschreven in hoofdstuk 2, verzameling hydraulische gegevens.

Een andere onmisbare schakel in het vooronderzoek is een studie naar het effect van de golfbreker op de plaatselijke hydraulische omstandigheden. In een literatuuronderzoek zijn de mechanismen bestudeerd, die het meest relevant bleken, namelijk golfoverslag en golfdoordringing. Hierbij is het raadzaam gebleken een onderscheid te maken tussen (water)doorlatende en ondoorlatende golfbrekers. In hoofdstuk 3 wordt hiervan verslag gedaan.

Hoofdstuk 4 beschrijft vervolgens het eigenlijke ontwerpproces. Met behulp van de overige gegevens van bodem- en constructie-materialen, worden enkele conceptoplossingen ontwikkeld en met elkaar vergeleken. De oplossing, die na selectie als meest geschikt naar voren kwam, is tot in detail uitgewerkt. Een beschrijving van de mogelijke uitvoeringswijze en enkele opmerkingen over het kostenvraagstuk ronden dit hoofdstuk af.

De aanpassing van de steiger-indeling wordt kort behandeld in hoofdstuk 5. Hierbij zijn methoden toegepast, die afkomstig zijn uit het vakgebied van het functioneel ontwerpen. Wegens de korte tijd die ons hierbij tot de beschikking stond, hebben we ons moeten beperken tot een aanzet voor een meer systematische aanpak van dit type lay-out problemen middels een logisch model.

Tot slot worden in hoofdstuk 6 enkele aanbevelingen gedaan. Dit betreft enerzijds onderwerpen voor nader onderzoek en anderzijds voorstellen voor kostenbesparende ontwerpen.

Inhoudsopgave hoofdstuk 1 PROBLEEMBESCHRIJVING

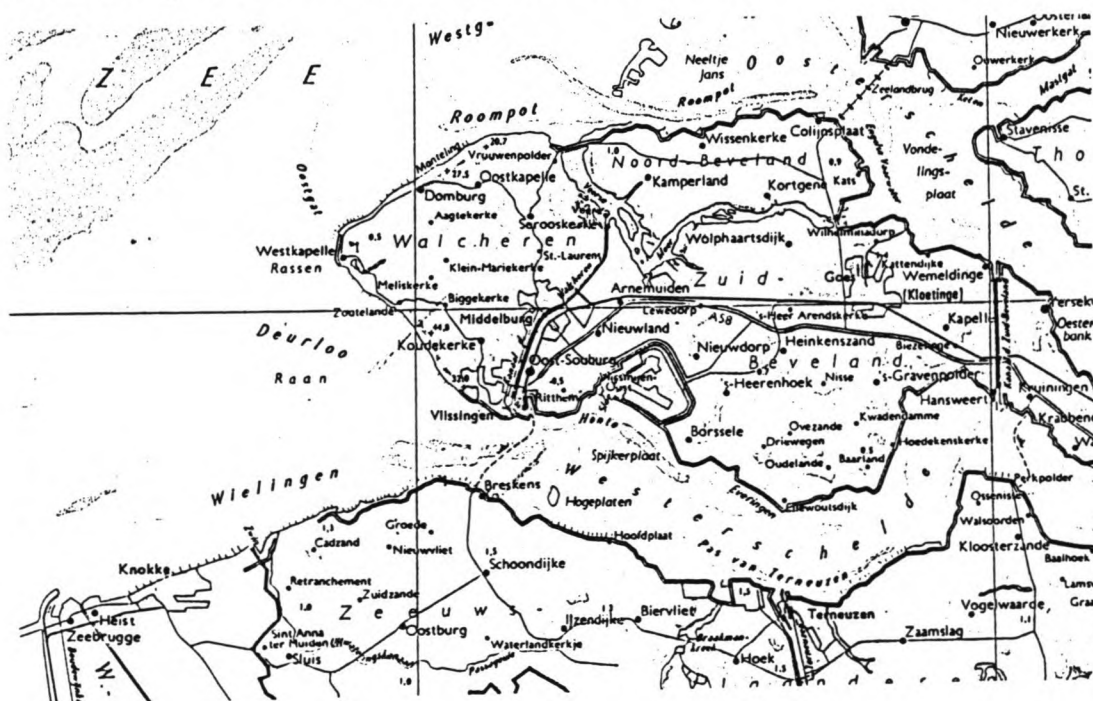
- 1.1. Voorgeschiedenis
- 1.2. Situatieschets
- 1.3. Doelstelling en uitgangspunten

1.1. VOORGESCHIEDENIS

In het zuiden van Zeeland, in Zeeuws-Vlaanderen, ligt aan de mond van de Westerschelde vrijwel recht tegenover Vlissingen de plaats Breskens (zie fig.1-1). Bekend is de drukke veerboot-verbinding tussen deze twee plaatsen.

Behalve een veerhaven is Breskens sinds 1976 ook in het gelukkige bezit van een jachthaven. De term gelukkig is niet overdreven, want een beter geschikte plaats voor een jachthaven is nauwelijks voor te stellen. Vanuit Breskens heeft de zeilliefhebber de beschikking over twee uitgestrekte wateroppervlakken, de Noordzee en de Westerschelde. Is het door een harde wind te gevaarlijk om op zee te zeilen, dan biedt de relatief beschut gelegen Westerschelde een uitstekende uitwijkmogelijkheid.

Dat deze bijzondere ligging de liefhebbers van de zeilsport niet is ontgaan, blijkt wel uit de gestaag groeiende vraag naar ligplaatsen in Breskens. De vraag is inmiddels zo groot, dat deze het aanbod ruim overtreft. Vanuit een wijde omgeving is er belangstelling voor vaste ligplaatsen. En sinds het gereedkomen van de Oosterschelde-dam is dit alleen nog maar toegenomen. Veel jachthavens in andere delen van Zeeland hebben door het gereedkomen van de Deltawerken langzamerhand hun directe verbinding met open zee verloren. Er zijn - in héél Nederland - nog maar weinig jachthavens die hierop kunnen bogen (Scheveningen en Den Helder). De jachthavenvereniging Breskens is zich goed bewust van deze unieke situatie en doet daarom alle moeite om een antwoord te vinden op deze alsmaar groeiende vraag.



figuur 1-1 Ligging jachthaven Breskens

.....

Een deel van de inspanning is gericht op het wegwerken van een aantal knelpunten in het functioneren van de huidige jachthaven. Zo hebben gebruikers van de haven te maken met nogal hoge liggelden. Een ander en belangrijker bezwaar is het onrustige golfklimaat in de havenbekken. Vooral in de winter kan het er aardig spoken. Dit maakt het noodzakelijk om in de herfst alle schepen weg te halen, om daarmee te voorkomen dat ze ernstige schade zouden oplopen.

Ook het op diepte houden van de jachthaven, en met name van de havenmond, stelt de vereniging voor problemen. De aanslibbing is zo sterk, dat het bekken eenmaal per twee jaar moet worden uitgebaggerd. Voor dit baggerwerk is het nodig om alle schepen, en zelfs de steigers, uit het bekken te verwijderen om ruimte te maken voor het baggermaterieel. Dat ook de steigers moeten worden weggehaald, ligt aan het feit dat de steigers met kettingen op hun plaats worden gehouden. Deze kettingen lopen over de bodem en vormen zo een ernstige belemmering bij het baggeren. Dat dit een kostbare operatie is, spreekt voor zich.

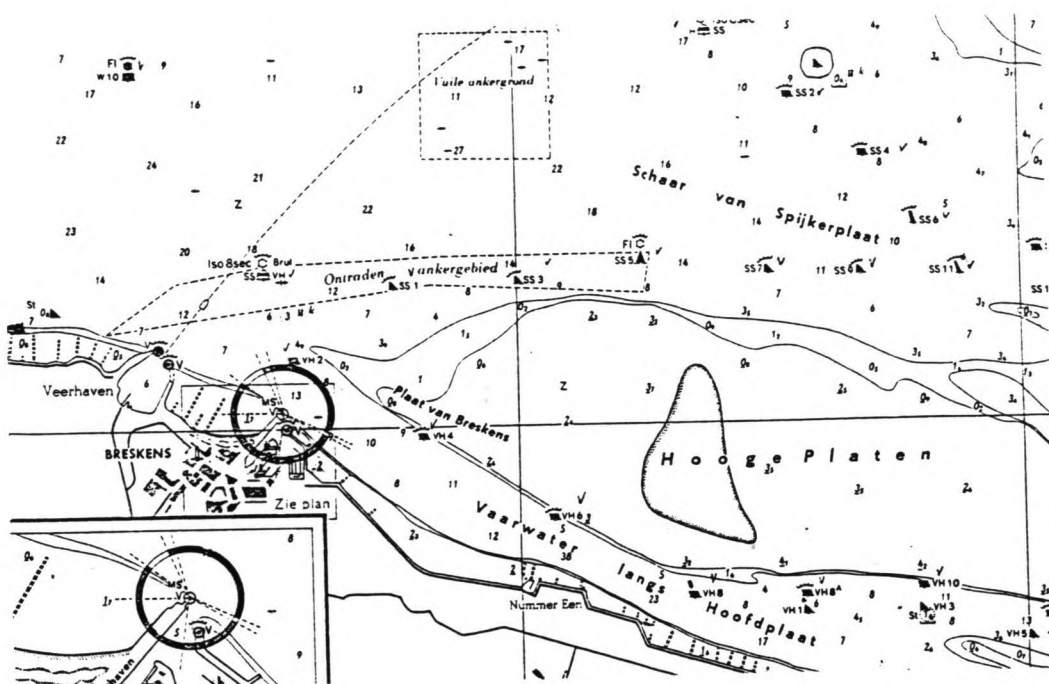
Om tegemoet te komen aan de groeiende vraag naar ligplaatsen en om bovengenoemde bezwaren te ondervangen, is de jachthavenvereniging Breskens, die de haven exploiteert en beheert, op zoek naar oplossingen die aanpassingen combineren met een uitbreiding. Al vanaf 1981 is men bezig plannen te ontwikkelen. In 1987 is hiervoor de hulp ingeroepen van de faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft.

1.2. SITUATIESCHETS

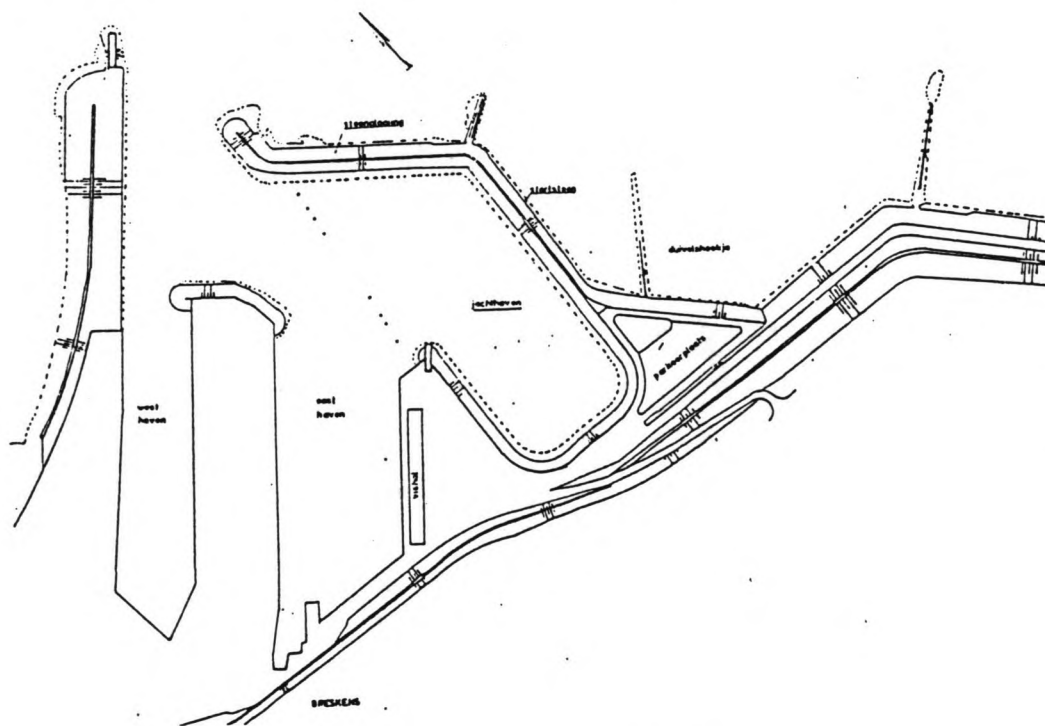
Zoals in de vorige paragraaf al is aangegeven, ligt de jachthaven van Breskens aan de mond van de Westerschelde. De geschiktheid van de haven als uitvalsbasis voor tochten op zee of op de Westerschelde is dan ook overduidelijk.

Wanneer we de nabije omgeving eens wat beter verkennen, zien we in figuur 1-2, dat vlak voor de haven een ondiepe plaat in de Westerschelde ligt, de Hoofdplaat. Bij laag water vallen delen van deze zandplaat droog. Tussen de Hoofdplaat en de oever loopt een vaargeul, die met name voor de pleziervaart van belang is. Deze vaargeul is vanuit de jachthaven gemakkelijk te bereiken.

Het terrein van de jachthaven vormt eigenlijk één geheel met de naastgelegen vissershaven; beide maken gebruik van dezelfde havenmond (zie figuur 1-3).



figuur 1-2 Overzicht van de Westerschelde-mond



figuur 1-3 Plattegrond huidige jachthaven

De havens worden aan de zuidzijde begrensd door de zeedijk en door twee havendammen aan noordzijde; een hoge westelijke dam (ca. N.A.P. +6.0 m) en een lagere oostelijke dam (N.A.P. +3.90 m). De lage kruin van de oostdam heeft al verscheidene malen tot problemen in de

jachthaven geleid. Meer dan eens was het golfklimaat in de haven zo onrustig, dat afmeren aan de steigers en zelfs lopen op de steigers een onmogelijke opgave was. Jaarlijks kan worden waargenomen, dat tijdens een noordwester-storm de golven ongestoord over de dam lopen. De combinatie van hoge waterstand en golven heeft zelfs meermalen het parkeerterrein aan de voet van de zeedijk onder water gezet, zodat het eveneens daar gelegen clubgebouw met schotten tegen indringing moest worden beschermd. Met behulp van perkoenpalen heeft men wel geprobeerd de golfbreker enigszins op te hogen om op die manier de overslag te verminderen (zie fig.1-4), maar deze maatregel heeft niet zoveel effect gehad als wellicht was gewenst.



figuur 1-4 Ophoging oostdam met perkoenpalen



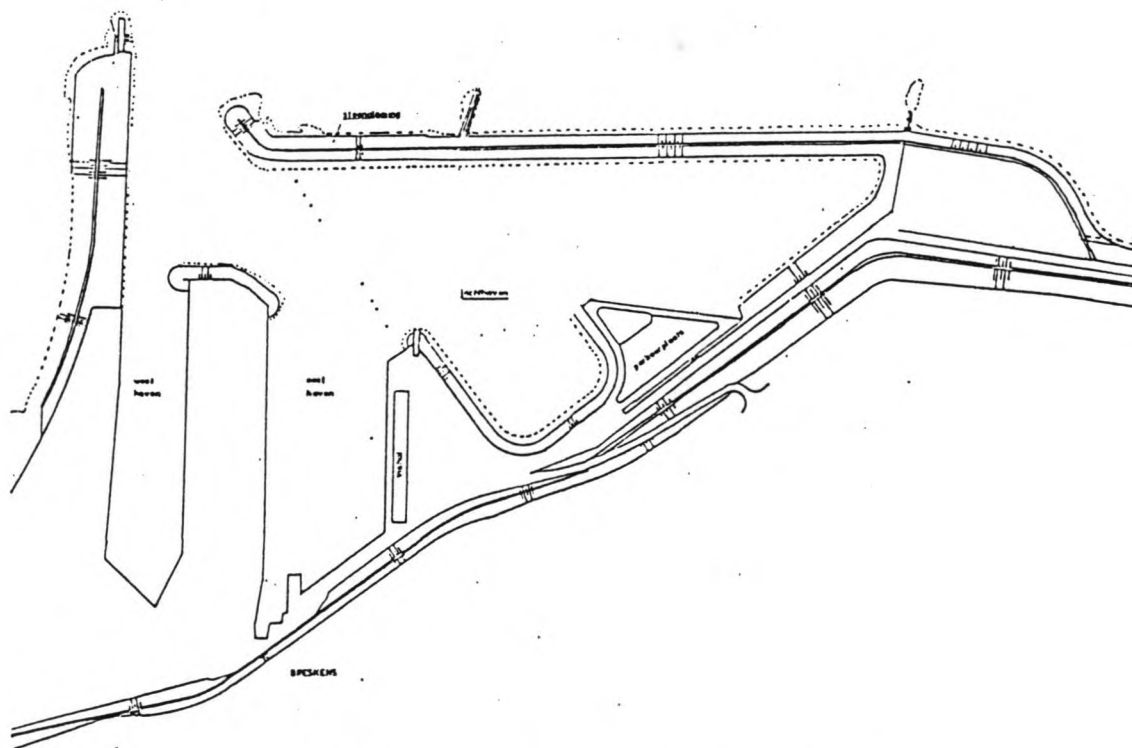
figuur 1-5 Afgezonken bak in ingang jachthaven

Het steigerwerk in de jachthaven is drijvend uitgevoerd om de watestandsschommelingen door de getijbeweging te kunnen volgen. De steigers worden (in horizontale zin) op hun plaats gehouden door in de grond verankerde kettingen. Dit is een nogal ongelukkige constructie-wijze, die vooral hinderlijk is bij de baggerwerkzaamheden, maar ook bij de afmeer-manoeuvres van de schepen. Deze raken gemakkelijk met hun schroef of kiel verstrikt in de kettingen. Door dit soort 'ongelukken' en door aantasting van het zoute water moeten ook de kettingen regelmatig worden vernieuwd.

Hieronder volgt nog een korte beschrijving van de overige voorzieningen die de jachthavengebruiker ten dienste staan.

Het clubgebouw van de jachthavenvereniging, waarin ook het kantoor van de havenmeester, het restaurant en de sanitaire voorzieningen zijn gevestigd, bevindt zich op het terrein, waar de golfbreker aansluit op de zeedijk (zie fig.1-3). Zoals reeds is verteld, zijn op dit terrein ook de parkeerplaatsen aangelegd.

Andere belangrijke faciliteiten voor het functioneren van de haven, zoals een scheepslift, trailerhelling en droogdok bevinden zich op het terrein van de scheepswerf, dat tussen de jachthaven en het oostbekken is gelegen (zie fig.1-3). Hier bevindt zich tevens een verkooppunt van brandstof en zeilbenodigdheden.



figuur 1-6 Voorstel voor uitbreiding van jachthaven

Al deze voorzieningen voldoen uitstekend, en hoeven waarschijnlijk niet te worden aangepast aan de situatie na uitbreiding. Een voorbeeld van een plan voor uitbreiding, dat enkele jaren geleden is opgesteld is afgebeeld in figuur 1-6. Dit plan bevindt zich nog in de concept-fase, maar geeft goed aan op welke wijze aan de uitbreiding vorm gegeven kan worden.

Een opvallend onderdeel in dit plan is de terreinophoging. In het plan moet dit terrein in de toekomst een appartementen-complex met parkeerplaatsen gaan bevatten. Voor deze appartementen zijn onderhandelingsen gevoerd met diverse projekt-ontwikkelaars, die graag de bouw en de financiering op zich willen nemen. De appartementen zijn in eerste instantie niet bedoeld als opvang van bezoekers aan de haven, maar meer als permanente huisvesting. Wegens de grote kans op realisatie van dit plan, zal hiermee bij het ontwerp in dit rapport terdege rekening worden gehouden.

Hoewel formeel ook de plaatselijke hydraulische en grondmechanische omstandigheden tot de beschrijving van de bestaande situatie behoren, wordt in dit hoofdstuk niet hierop ingegaan. Deze komen in hoofdstuk 2 respectievelijk in hoofdstuk 4 uitgebreid aan de orde.

Tenslotte volgen nog enkele opmerkingen over de bestuurlijke situatie. Tot voor kort was het terrein van de jachthaven eigendom van de gemeente Oostburg, die ook de aanleg in 1976 onder haar hoede had. De jachthavenvereniging Breskens huurde het terrein van de gemeente en trad ook op als beheerder. Onlangs (voorjaar 1988) heeft de vereniging het bezit overgenomen van de gemeente. In zoverre is zij nu dus eigen baas. Initiatieven voor uitbreiding worden gecoördineerd door de Stichting Jachthavenbelangen Breskens. Plannen die langs deze weg zijn opgesteld, moeten door de gemeente worden goedgekeurd.

Niet alleen de gemeente wordt bij dit soort plannen betrokken. Ook het Rijk als beheerder van de Westerschelde en de zeedijken speelt een belangrijke rol (i.c. Rijkswaterstaat als eigenaar van de havendammen) evenals het waterschap "Het Vrije van Sluis", dat de zorg draagt voor het beheer van de dijk en het daarachter liggende gebied.

Al deze belangen moeten tot hun recht komen in de wettelijk vastgestelde vergunningstelsels. Het gaat hier om de volgende vergunningen:

- gemeentelijke aanlegvergunning
- vergunning op grond van Ontgrondingswet
- vergunning op grond van Rijkswaterwegenreglement voor werken in en aan dijken langs rijkswateren
- vergunning op grond van de Scheepvaartwet
- vergunning van het waterschap voor diverse onderdelen van het werk.

1.3. DOELSTELLING EN UITGANGSPUNTEN

In het voorgaande is geprobeerd een beeld te schetsen van de problemen waar de jachtthavenvereniging Breskens mee te maken heeft. Samenvattend kan dit worden vertaald in een probleemstelling of, in positieve zin, in een of meer doelstellingen. Dit heeft voor deze studie geresulteerd in de volgende doelstelling:

Doelstelling:

- het maken van een ontwerp voor de golfbreker, zodanig dat de haven 12 maanden per jaar kan functioneren
- het maken van een ontwerp voor de steiger-indeling

Bij het ontwerp zal worden uitgegaan van het plan, dat in figuur 1-6 is afgebeeld. Dit betekent, dat ook aandacht zal worden besteed aan de terreinophoging met de bijbehorende taludverdediging. Een andere belangrijke consequentie van deze uitgangspositie is, dat het tracé van de toekomstige golfbreker reeds vast ligt.

Een tweede uitgangspunt komt voort uit eerdere studies die aan de TU Delft in dit verband zijn verricht. Dit onderzoek handelde over het minimaliseren van de baggerkosten na uitbreiding. Onderdeel van deze studie was een onderzoek naar de effecten van splitsing en verplaatsing van in- en uitgang van de haven. De conclusie hieruit luidde, dat de bestaande ingang (en uitgang) het beste gehandhaafd kon blijven. Deze conclusie wordt overgenomen als uitgangspunt bij onze studie; plaats en vorm van de havenmond blijven dus buiten beschouwing.

HOOFDSTUK 2

VERZAMELING HYDRAULISCHE GEGEVENS

Inhoudsopgave Hoofdstuk 2 VERZAMELING HYDRAULISCHE GEGEVENS

- 2.1. Inleiding
- 2.2. Golf- en stormgegevens
 - 2.2.1. Geraadpleegde bronnen
 - 2.2.2. Overzicht meetinstrumenten
 - 2.2.3. Algemeen overzicht meetlokaties
 - 2.2.4. Verband golfhoogte aan de kust en op diep water
 - 2.2.5. Keuze maatgevende windrichting
 - 2.2.6. Windkracht
 - 2.2.7. Verband golfhoogte en windsnelheid
 - 2.2.8. Verloop golfhoogte langs kust
- 2.3. Frequentie-verdelingen
 - 2.3.1. Waterhoogten Breskens
 - 2.3.2. Golfhoogten Breskens
 - 2.3.3. Controle met ENDEC-programma

Literatuurlijst

2.1. INLEIDING

Een van de problemen die in de probleembeschrijving naar boven is gekomen, betreft het vaak onrustige golfklimaat in het jachthavenbekken. De golfbreker, die de haven begrenst, is kennelijk niet in staat de haven voldoende te beschermen. Het belang van deze bescherming is groot, en met de plannen voor uitbreiding voor ogen zal dit belang nog toenemen.

Een ontwerp voor een nieuwe, hogere golfbreker voor de jachthaven van Breskens is dan ook een van de hoofdpunten van dit projekt. Om een gedegen ontwerp van de golfbreker te kunnen maken is het absoluut noodzakelijk kennis te hebben van de hoogte van de (mogelijk) optredende waterstanden en golven. In dit hoofdstuk zal daarom worden besproken welke hydraulische omstandigheden er zoal te verwachten zijn ter plaatse van Breskens.

De Zeeuwse kust verkeert wat betreft de optredende golfhoogten in gunstiger omstandigheden dan de 'open' kust van Noord- en Zuid-Beveland. Dit heeft de volgende oorzaken:

- De relatief ondiepe ligging van het banken- en platengebied voor en tussen de eilanden zorgt voor vernietiging van golfenergie door breking en wrijving.
 - De golfenergie-flux¹ komende van diep water wordt via refractie- en diffractieverschijnselen over een grotere kustlengte verdeeld dan bij de open kust.
- Opgemerkt dient te worden dat hierdoor tevens plaatsen ontstaan, waar veel golfenergie is geconcentreerd.

Bijlage 2.1 geeft de situatie weer van het Zeeuwse kustgebied. Door de bovengenoemde effecten zijn de maatgevende golfhoogten voor de Zeeuwse duinkust over het algemeen aanmerkelijk lager dan voor de kust van Noord- en Zuid-Holland.

In het kader van dit afstudeerprojekt voert het te ver om de golfhoogte aan de Zeeuwse kust te bepalen middels uitvoerige refractie- en diffractieberekeningen. Daarom beperken wij ons tot een meer algemene beschrijving van de veranderingen die golven ondergaan, wanneer zij van diep naar ondiep water voor de kust lopen. Hierbij gaat het om:

- a) verandering van hoogte en snelheid
- b) verandering van richting
- c) energieverlies door wrijving met de bodem
- d) diffractie om bijvoorbeeld landhoofd
- e) breking ten gevolge van ondiepte (=branding)

In deze studie naar golven voor de kust van Breskens is het mogelijk gebleken gebruik te maken van uitgebreide

¹) Golfenergieflux = product van de verplaatsingssnelheid en de hoeveelheid energie per eenheid van oppervlakte

golfmetingen langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen, waardoor berekeningen van al deze veranderingen min of meer overbodig zijn geworden.

Ten behoeve van het formuleren van ontwerp-eisen (zie hoofdst.4) kunnen deze meetresultaten worden verwerkt tot een frequentie-verdeling van de golfhoogten (par.2.3.2.). Gebruikmakend van gegevens over stormvloedstanden van de jaren 1874 tot en met 1970 wordt ook een frequentielijn van de stormvloedstanden bepaald (2.3.1.).

Tenslotte worden deze frequentie-lijnen onderworpen aan een vergelijking met de resultaten van berekeningen met het computer-model ENDEC, dat de veranderingen kan berekenen van golven die van diep naar ondiep water lopen.

2.2. GOLF- EN STORMGEGEVENS

2.2.1. Geraadpleegde bronnen

Golfgegevens uit de omgeving van Breskens zijn verkregen via de Dienst Getijdewateren van Rijkswaterstaat. Gedurende 1985 en 1986 zijn in opdracht van deze dienst metingen verricht, waarvan de resultaten zijn gegeven in de tabellen van bijlage 2.2. Deze tabellen geven een overzicht van golf-windrelaties, frequenties van golfhoogten en golfperioden bij verschillende waterstanden op diverse lokaties uit de Zeeuwse kust. De voor Breskens meest relevante lokatie is Wielingen. Van dezelfde dienst zijn ook de stormvloedgegevens over de periode van 1825 t/m 1970 afkomstig (zie bijlage 2.3). De nota Golfrandvoorwaarden duinwaterkeringen in Zeeland, geschreven ten behoeve van het op Deltahoogte brengen van de Zeeuwse duinwaterkeringen, bevat de belangrijkste golfmetingen langs de Zeeuwse kust.

2.2.2. Overzicht meetinstrumenten

Op de diverse meetlokaties langs de kust zijn verschillende meetmethoden toegepast. Als gevolg van verschillen in methoden zijn waarnemingen niet zonder meer vergelijkbaar, terwijl ze ook een afwijking ten opzichte van de werkelijk optredende golf kunnen geven. De voornamelijk toegepaste meetinstrumenten zijn:

- a) visuele golfmeetbaak
- b) elektrische stappenbaak
- c) golfamplitudeschrijver

Bij de visueel afgelezen golfmeetbaken zijn de toppen en de dalen genoteerd. Ter controle hiervan zijn tijdens een beperkt aantal metingen simultane filmopnamen gemaakt. Uit een vergelijking tussen de visuele waarnemingen en de filmbeeldjes blijkt een bepaald systematisch verschil op te treden. Bijlage 2.4 geeft de vergelijking van de

dominerende golfhoogten $H_{1/3}$ volgens beide genoemde meetmethoden. Indien wordt aangenomen, dat de uit de filmbeeldjes afgelezen golfhoogte overeenkomt met de werkelijke opgetreden golven dan moeten de visueel waargenomen golfhoogten vermenigvuldigd worden met een factor 1,11.

Uit een vergelijking van de registraties met een golfamplitude-schrijver en een stappenbaak blijkt geen significant verschil (zie bijlage 2.5). Aangenomen wordt derhalve, dat de uit de registraties bepaalde waarden de werkelijk optredende golfhoogten zijn.

2.2.3. Algemeen overzicht meetlokaties

Op bijlage 2.1 zijn de betrokken golfmeetlokaties voor de Zeeuwse kust aangegeven. Een vereiste voor betrouwbare metingen is, dat de golfmetingen ver buiten de brandingszone worden verricht. Afhankelijk van de bodemtopografie worden de visuele golfbaken geplaatst op een diepte van N.A.P. -2.5 à -5.0 meter. Met het oog op de voor ontwerpomstandigheden maatgevende windrichting zijn over het algemeen slechts de gegevens van noordwester-stormen in beschouwing genomen.

2.2.4. Verband tussen golfhoogte aan de kust en op diep water

Op bijlage 2.6 zijn voor een aantal golfmeetstations de aan de kust gemeten golfhoogten ($H_{1/3}$) uitgezet tegen de golfhoogten op de Noordzee. Voor de laatste zijn de golfhoogten (H_s) ter plaatse van het lichtschip "Goeree" aangehouden. Breskens behoort niet tot de plaatsen waar een dergelijk golfmeetstation is gevestigd. Het station Nieuwe Sluis ligt het dichtste bij, en zal waarschijnlijk de voor Breskens meest betrouwbare informatie verschaffen. Uit de grafieken kan worden afgelezen, dat voor het op het Noordwesten gelegen kustvak van Zeeuws-Vlaanderen de golfhoogten gemiddeld 25 à 50 % (Cadzand, respectievelijk Nieuwe Sluis) kleiner zijn dan op de Noordzee. Hoewel een aanzienlijke spreiding optreedt, is hier sprake van een vrij duidelijk lineair verband door de oorsprong.

2.2.5. Keuze maatgevende windrichting

In het algemeen geldt dat de richting loodrecht op een kustvak de meest ongunstige richting is, wat windrichtingen betreft. De barriere die een kust voor het water vormt, komt voor wind uit die richting het sterkst tot uiting, middels de zogenaamde windopzet. Hoe groter het open oppervlak voor de kust is, hoe groter die windopzet kan worden. Wetende dat hoge golven makkelijker tot ontwikkeling komen naarmate de waterdiepte groter is,

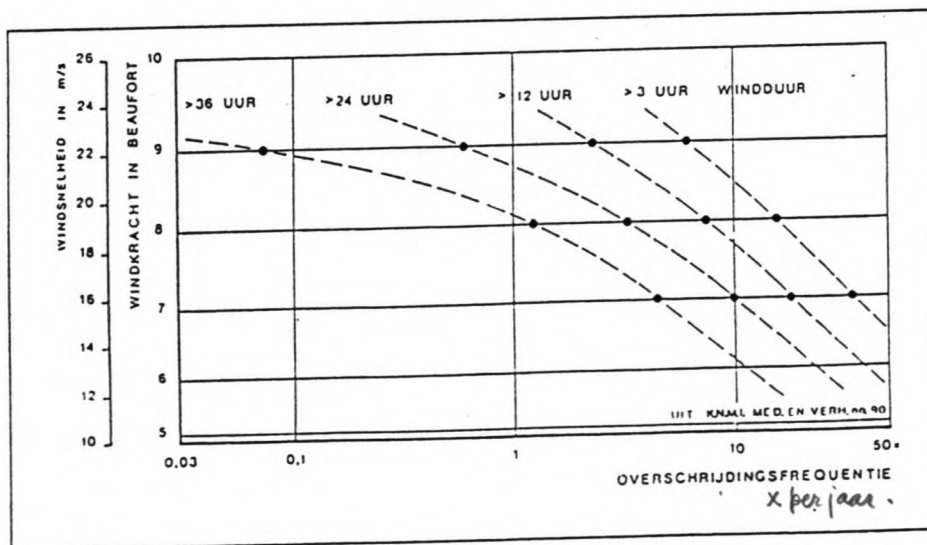
wordt het duidelijk dat de normaalrichting op een kust de meest ongunstige richting is.

Omdat Breskens aan een sterk gekromde kust ligt, zijn meerdere normaalrichtingen mogelijk. Ten eerste is dat Noordoost; door de relatief korte 'fetch' van de wind en de aanwezigheid van de ondiepe 'Hoofdplaat' vlak voor de kust, kan worden gesteld dat windopzet en golfhoogte geen grote waarden aan zullen nemen. Als tweede mogelijke richting valt Noordwest op; wind uit deze richting staat pal op de kust van Zeeuws-Vlaanderen, en heeft vrij spel over de Noordzee. Voeg daarbij de trechterachtige vorm van de Noordzee, en het is duidelijk geworden dat wind uit het Noordwesten bijzonder zware condities kan opwekken.

Uit de overschrijdingsfrequentie-verdelingen van de windsnelheid, gemeten aan boord van het Nederlandse lichtschip Goeree (bijlage 2.7) blijkt bovendien, dat de kans van optreden van grote windsnelheden (> 20 m/s) uit de richting Noordwest groter is dan uit andere richtingen. Ter verduidelijking zij vermeld, dat de overschrijdingsfrequentie wordt uitgedrukt in aantal malen overschrijding per jaar.

Geconcludeerd kan worden dat het kustvak Zeeuws-Vlaanderen het minst gunstig is gesitueerd voor wind uit het Noordwesten.

2.2.6. Windkracht



figuur 2-1 Overschrijdingsfrequentie van windkrachten bepaald uit metingen verricht op lichtschip Goeree

Verschillende onderzoeken geven aan dat stormen met een maximale windkracht, waarbij snelheden optreden van 40 m/s en hoger, kunnen voorkomen, zij het zeer zelden.

.....

In figuur 2-1 zijn aan het K.N.M.I. ontleende gegevens weergegeven, betreffende frequentie van voorkomen van bepaalde windkrachten afhankelijk van de windduur (respectievelijk meer dan 3, 12, 24 en 36 uur) voor het lichtschip Goeree. Deze gegevens gelden voor alle windrichtingen tesamen.

Op grond van bovenstaande informatie kan in zijn algemeenheid het volgende worden gesteld:

- stormen met windsnelheden van 22 tot 24 m/s en een windduur van ongeveer 12 uur komen gemiddeld 1 maal per jaar voor.
- stormen met windsnelheden van 30 tot 35 m/s met een duur van ongeveer 3 uur komen slechts 1 maal per 100 jaar voor.

Het overgrote deel van de tijd blijkt de windrichting te liggen in het kwadrant tussen Zuidwest en Noordwest, en bij hogere windsnelheden voornamelijk tussen west en noordwest, zoals op bijlage 2.7 is af te lezen.

2.2.7. Verband tussen golfhoogte aan de kust en windsnelheid

Om een indruk te verkrijgen van de correlatie, die op kan treden in de relatie tussen golfhoogte en windsnelheid, bij wind uit de richting WNW tot NW, zijn op bijlage 2.8 voor de meetposten Cadzand en Vlissingen de golfhoogten, gemeten tijdens hoogwater, uitgezet tegen de plaatselijke windsnelheid. Uit de weergegeven grafieken kan worden afgeleid, dat bij een grotere windsnelheid de gemeten golfhoogten een grotere spreiding te zien zal geven. Als oorzaken hiervan kunnen worden genoemd: verschillen in waterstand en golfhoogte op de Noordzee, verloop van de windsnelheid tijdens een storm, alsmede mogelijke variatie van de invloeden van golfrichting en stroomsnelheden.

2.2.8. Verloop golfhoogten langs de kust

Tot dusver hebben de golfgegevens slechts betrekking gehad op plaatsen aan de Noorzeekust van Zeeuws-Vlaanderen. Door nu het verloop van de golfhoogten langs de kust te bekijken kan wellicht een (kleine) extrapolatie plaatsvinden voor lokaties aan de mond van de Westerschelde (zoals Breskens). Op bijlage 2.9 zijn van de belangrijkste stormen de golfhoogten langs de kust uitgezet. Daaruit blijkt dat de golfhoogte in het algemeen in oostelijke richting (van links naar rechts) afneemt. In paragraaf 2.3.2. wordt hier verder op ingegaan.

2.3. FREQUENTIE-VERDELINGEN

2.3.1. Waterhoogten Breskens

Gedurende lange tijd zijn en worden waterstanden langs de Nederlandse kust geregistreerd. Er is dan ook voor het beschouwde gebied (zie fig.2-2) voldoende informatie beschikbaar om het verloop van de waterstanden en frequenties van voorkomen vast te kunnen stellen.

Aan het overzicht van de waterhoogten en aan de jaaroverzichten, uitgegeven door Rijkswaterstaat, worden de volgende gegevens ontleend voor de omgeving van Breskens (zie bijlage 2.3).



figuur 2-2 omgeving van Breskens

Voor een beter begrip van de gegevens zal eerst het begrip 'grenspeil' worden gedefinieerd.

Grenspeil = waterstand met een overschrijdingsfrequentie van eenmaal per 2 jaar.

Waterstanden boven het grenspeil worden stormvloedstanden genoemd.

Voor Breskens geldt: $\text{grenspeil} = \text{NAP} + 3.35 \text{ m}$

Uit bijlage 2.3 kan de volgende opsomming van waterstanden boven het grenspeil worden gemaakt:

jaar	dag	waterstand [cm]	jaar	dag	waterstand [cm]
1874	20 mrt	341	1944	26 jan	375
1882	19 feb	346	1948	1 mrt	395
1894	22 dec	381	1949	26 okt	358
1897	29 nov	380	1953	1 feb	480 (am)
1902	26 jan	340	1953	1 feb	375 (pm)
1906	12 mrt	415	1954	23 dec	355
1908	23 nov	354	1958	16 okt	358
1912	11 nov	343	1959	12 jan	350
1916	13 jan	361	1961	21 mrt	375
1917	26 nov	341	1962	15 nov	348
1928	26 nov	380	1965	10 dec	370
1930	23 nov	387	1966	16 nov	375
1932	28 nov	348	1967	28 feb	350
1936	1 dec	380	1967	5 okt	350
1938	3 apr	345	1970	3 okt	336

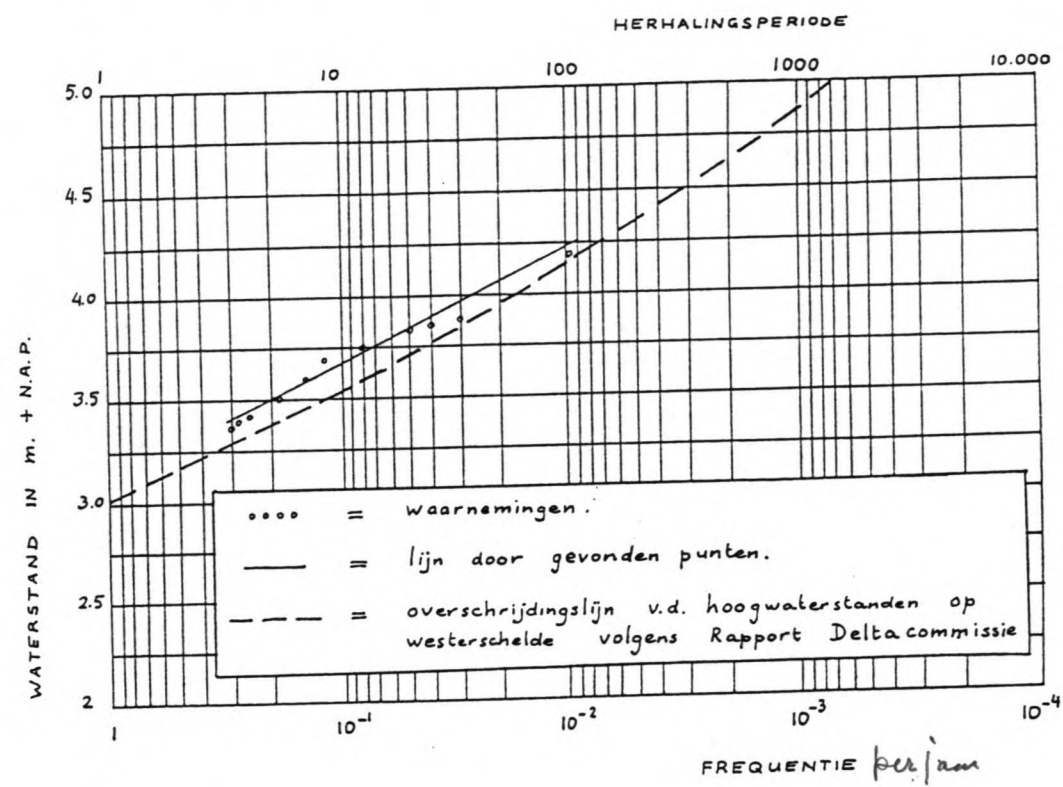
Tabel 2-1 Stormvloedstanden tussen 1874 en 1970

NB. De meting van 1953 is hier verder buiten beschouwing gelaten omdat dit extreem een veel lagere frequentie heeft dan uit deze 96-jarige periode blijkt. Deze waarnemingen in volgorde van grootte gezet, levert het volgende beeld:

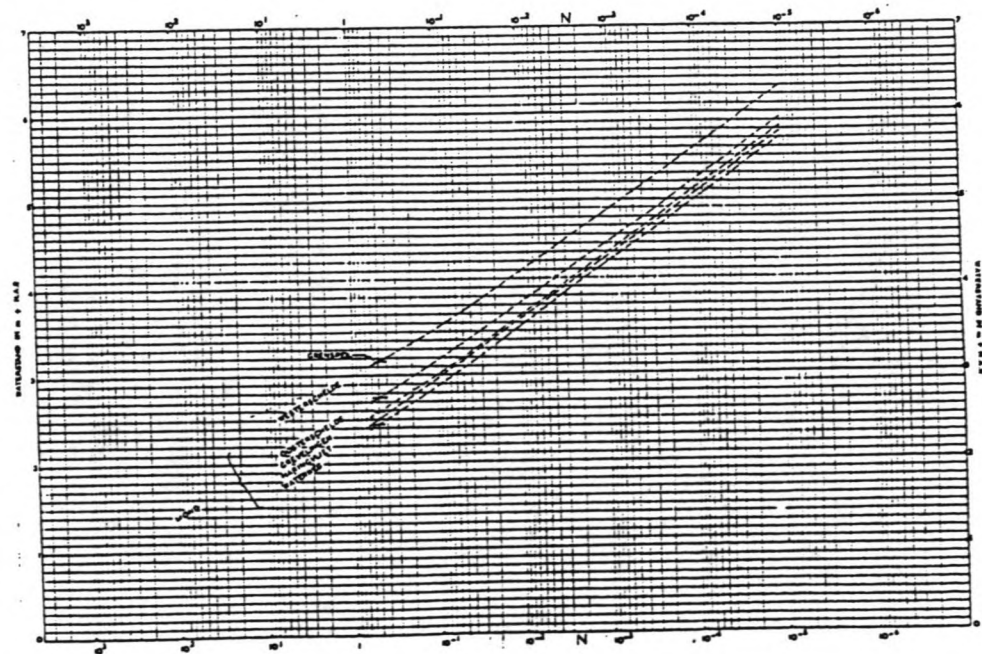
stormvloedstand [cm]	aantal malen overschrijding in 96 jaar	frequentie per jaar
336	29	0.30
340	28	0.29
341	26	0.27
343	25	0.26
345	24	0.25
346	23	0.24
348	21	0.22
350	18	0.19
354	17	0.18
355	16	0.17
358	14	0.15
361	13	0.14
370	12	0.13
375	8	0.08
380	5	0.05
381	4	0.04
387	3	0.03
395	2	0.02
415	1	0.01

Tabel 2-2 Overschrijdingsfrequenties van stormvloedstanden

Voorgaande waarden uitgezet op half-logaritmisch papier geeft de volgende overschrijdingsfrequentie van de hoogwaterstanden te zien:



figuur 2-3 Overschrijdingsfrequentie-lijn van hoogwaterstanden op Westerschelde



figuur 2-4 Overschrijdingsfrequentie van hoogwaterstanden volgens Deltacommissie

Ter vergelijking is bijgevoegd de overschrijdingsfrequentie van de hoogwaterstanden voor o.a. de Westerschelde zoals aangegeven in het rapport Delta Commissie.

2.3.2. Golfhoogten Breskens

Zoals in paragraaf 2.2.4 is verteld zijn bij Breskens zelf geen golfmetingen gedaan. Daarom worden de meetgegevens van het dichtstbijzijnde meetstation, Nieuwe Sluis, als uitgangspunt genomen bij de bepaling van de overschrijdingsfrequentie voor Breskens.

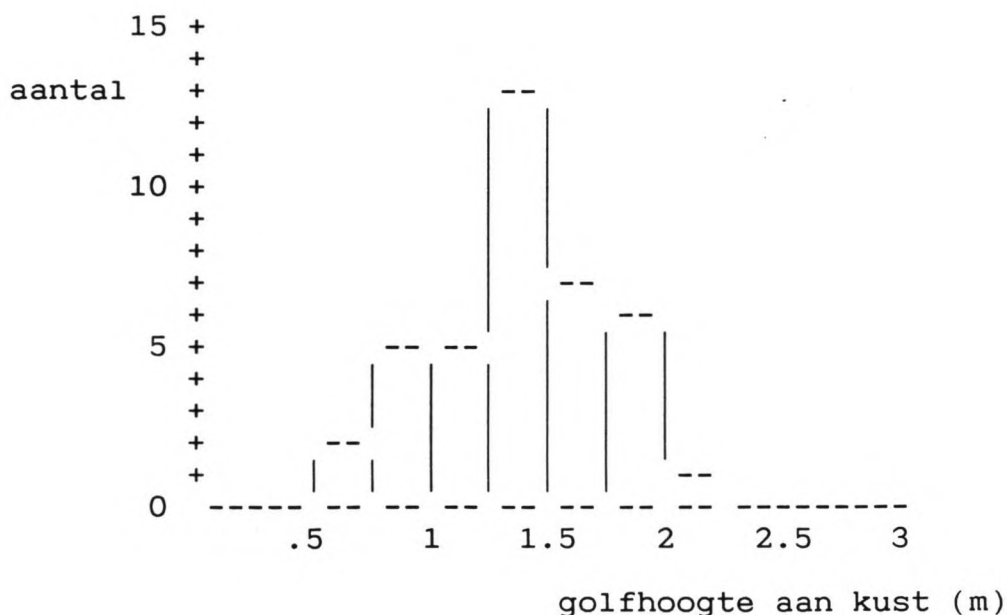
Op bijlage 2.6 zijn golfhoogten H_s (m) op de Noordzee uitgezet tegen de golfhoogte $H_{1/3}$ (m) aan de kust voor windrichtingen WNW en NW. De waarnemingen zijn uit de jaren 1960 t/m 1970.

Een frequentie-verdeling van de golfhoogte aan de kust is te verkrijgen door de waarnemingen in klassen in te delen met een bepaalde klassebreedte. (Aanbevolen wordt het aantal klassen ongeveer gelijk te kiezen aan de wortel van het aantal waarnemingen) Op deze manier kan een histogram worden gemaakt (zie figuur 2-5).

aantal waarnemingen = 39

aantal klassen = $\sqrt{39} = 6$

klassebreedte = 0.25 m



figuur 2-5 Golfmetingen bij Nieuwe Sluis

Van de 39 golfhoogten die opgemeten zijn, zijn de resultaten als volgt in een frequentie-verdeling en een relatieve frequentie-verdeling gegeven. Om veiligheidsredenen is niet zoals in de statistiek vaak gebeurt de overschrijdingsfrequentie aangegeven ten opzichte van de klassemiddens, maar ten opzichte van de klasse-bovengrenzen.

golfhoogte aan kust (m)		aantal golven			
klasse	freq.	rel freq. in %	cumul rel freq. in %	1-P(H) in %	P(H) in %
0-0.25	0	0	0	0	1
0.25-0.50	0	0	0	0	1
0.50-0.75	2	5.13	5.13	0.05	0.95
0.75-1.00	5	12.82	17.95	0.18	0.82
1.00-1.25	5	12.82	30.77	0.31	0.69
1.25-1.50	13	33.33	64.10	0.64	0.36
1.50-1.75	7	17.95	82.05	0.82	0.18
1.75-2.00	6	15.38	97.43	0.97	0.03
2.00-2.25	1	2.56	99.99	1.00	0.00
2.25-2.50	0	0	100.00	1.00	0.00
totaal	39	100			

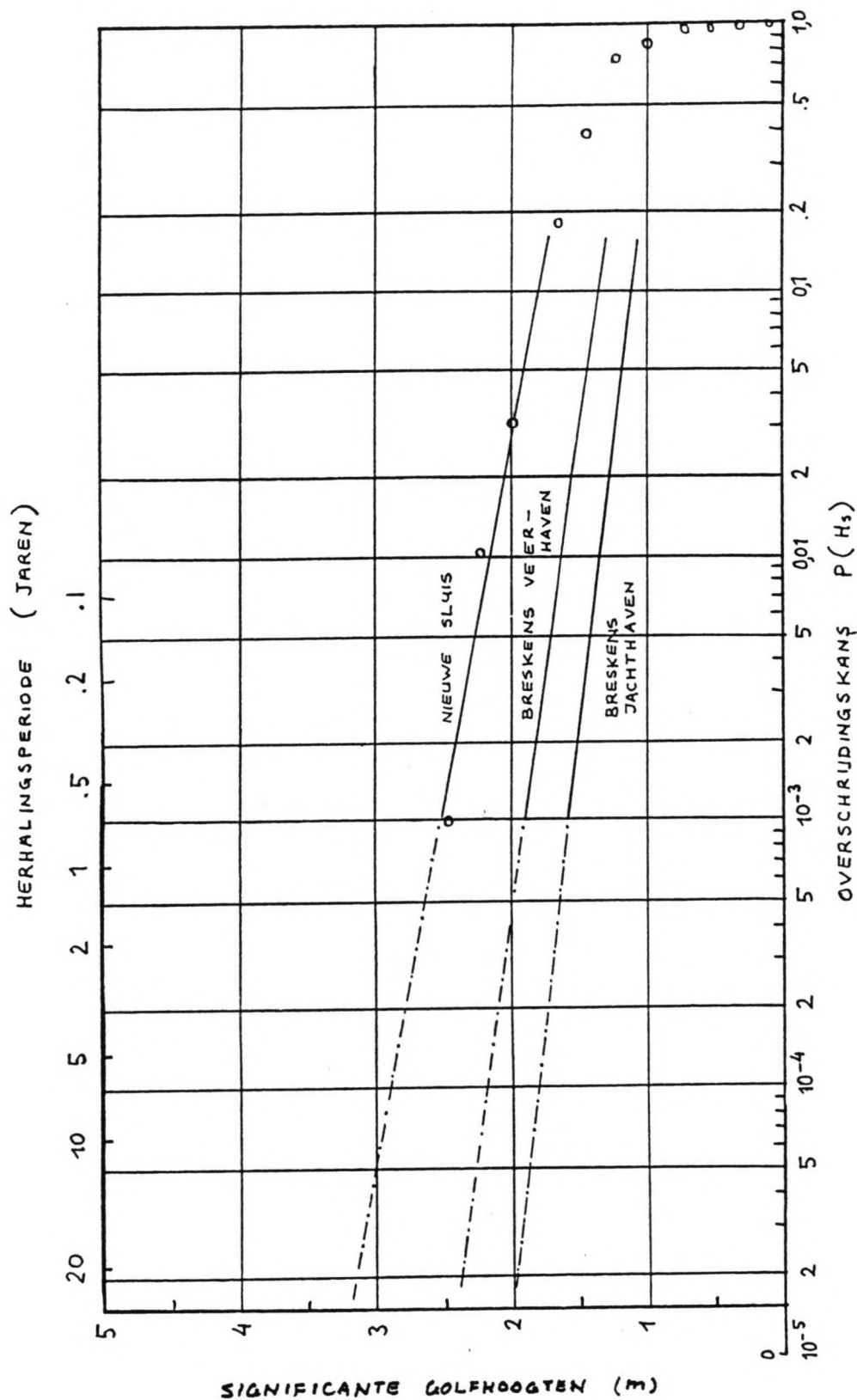
Tabel 2-3 Frequentie-verdeling golfhoogten bij Breskens

NB. De relatieve cumulatieve frequentie geeft aan dat bijv. 64% van de golfhoogten kleiner is dan 1.50 m, en wordt ook wel aangegeven met $\{1-P(H)\}$.
 $P(H)$ = kans van overschrijding van golfhoogte H.

In figuur 2-6 is bovenstaande tabel in een grafiek verwerkt. In deze figuur vertegenwoordigt de bovenste lijn de overschrijdings-frequentie voor de lokatie Nieuwe Sluis.

Van de golfhoogten bij Breskens weten we slechts, dat ze lager zijn dan bij Nieuwe Sluis (zie par.2.2.8.). De vraag is nu: "Hoeveel lager?"

Op bijlage 2.9 is het verloop van de golfhoogten langs de kust van Zeeuws Vlaanderen aangegeven. Vooral de lijnen voor de windrichtingen WNW, NW en NNW zijn belangrijk; NW is immers de maatgevende windrichting! Uit deze figuur kan worden afgeleid, dat de golven ter plaatse van de veerhaven Breskens gemiddeld 25% lager zijn dan bij Nieuwe Sluis. Met enige voorzichtigheid kan worden geëxtrapoleerd tot aan de jachthaven Breskens, die nog 1,5 km. verder oostwaarts ligt. In aanmerking nemend dat op dit traject de kustlijn nog wat verder landinwaarts afbuigt, vinden we dan nog eens een golfhoogte-reductie van ca. 14%.



figuur 2-6 Overschrijdingsfrequentie-lijn van
golfhoogten t.p.v. Breskens

- Samengevat:
- golfhoogte veerhaven Breskens = ca. 75% van golfhoogte Nieuwe Sluis.
 - golfhoogte jachthaven Breskens = ca. 61% van golfhoogte Nieuwe Sluis.

Beide bovenstaande stellingen leiden uiteindelijk tot de twee overschrijdingsfrequentie-lijnen voor de veerhaven en de jachthaven van Breskens, zoals in figuur 2-6 wordt getoond.

2.3.3. Controle met ENDEC-programma

Tot nu toe is voor de bepaling van de golfhoogte aan de kust van Zeeuws Vlaanderen uitgegaan van metingen verricht door Rijkswaterstaat.

In deze paragraaf zal de golfhoogte aan de kust op een andere manier worden berekend. Hiermee is het dan mogelijk om op plaatsen, waarvan geen meetwaarden bekend zijn, toch enige zekerheid te hebben omtrent de optredende golfhoogten. Uitgangspunt hierbij is, dat men een golfhoogte kiest op diep water (uit metingen bekend). Om dit te bewerkstelligen, hebben we gebruik kunnen maken van een golfberekeningsmodel "ENDEC" - afkorting van ENergy DEcay - dat beschikbaar is op het Waterloopkundig Laboratorium in De Voorst.

Het model is in eerste instantie ontworpen om het effect van door de diepte geïnduceerde breking van golven nabij de kustlijn te onderzoeken (Stive en Dingemans, 1984). De formulering is gebaseerd op Battjes en Janssen (1978), die de eersten waren om een model te presenteren, waarin met behulp van een energiebalans-methode het effect van een willekeurige bodemtopografie op een golfveld kan worden bepaald.

Ter bevordering van de toepassing van het programma werden later meer termen in de formules verwerkt, o.a. termen aangaande energieverliezen ten gevolge van bodemwrijving en energietoename ten gevolge van wind. Formeel zou het model alleen mogen worden toegepast in situaties met rechte evenwijdige dieptelijnen. Er is echter gebleken, dat het model ook goede resultaten geeft in gevallen, waarbij twee-dimensionale refractie-effecten verwaarloosbaar klein zijn (zoals bijvoorbeeld golfstraal convergentie en divergentie), en waar vooral energieverliezen een rol spelen.

Het programma berekent het energieverlies in een random golfveld dat een kust nadert met evenwijdige, rechte dieptelijnen.

De volgende aspecten zijn in beschouwing genomen:

- shoaling
- refractie t.g.v. bodemveranderingen
- energieverlies t.g.v. breking door diepte geïnduceerd
- energieverlies door bodemwrijving
- energietoename door de lokale wind
- waterstandsvariatie t.g.v. radiation stresses

De gebruiker van het model moet aan het programma informatie verstrekken ten aanzien van de bodemdiepte, golfkarakteristieken bij het beginpunt, hoek van golfinval, windsnelheid en nog verscheidene coëfficiënten met betrekking tot bodemwrijving.

De uitvoer van het programma bestaat uit een overzicht van de golfhoogte en de waterstand langs het golftraject van diep water naar de kust. Tevens is daarin aangegeven hoe de hoek van golfinval varieert langs dat traject.

In het nu volgende worden twee gevallen bekeken voor stormen uit het Noorwesten. Ten eerste wordt nagegaan wat een storm, die eens in de drie jaar voorkomt, als uiteindelijke golfhoogte ter plaatse van de jachthaven oplevert. Ten tweede wordt berekend wat er gebeurt als een storm met een frequentie van 10 maal per jaar als uitgangspunt wordt genomen. Hierna moeten beide uitkomsten worden vergeleken met de golfhoogten-overschrijdingsfrequentie, zoals was afgeleid uit metingen aan de kust, afgebeeld in figuur 2-6.

A) NW-storm 1 x per 3 jaar

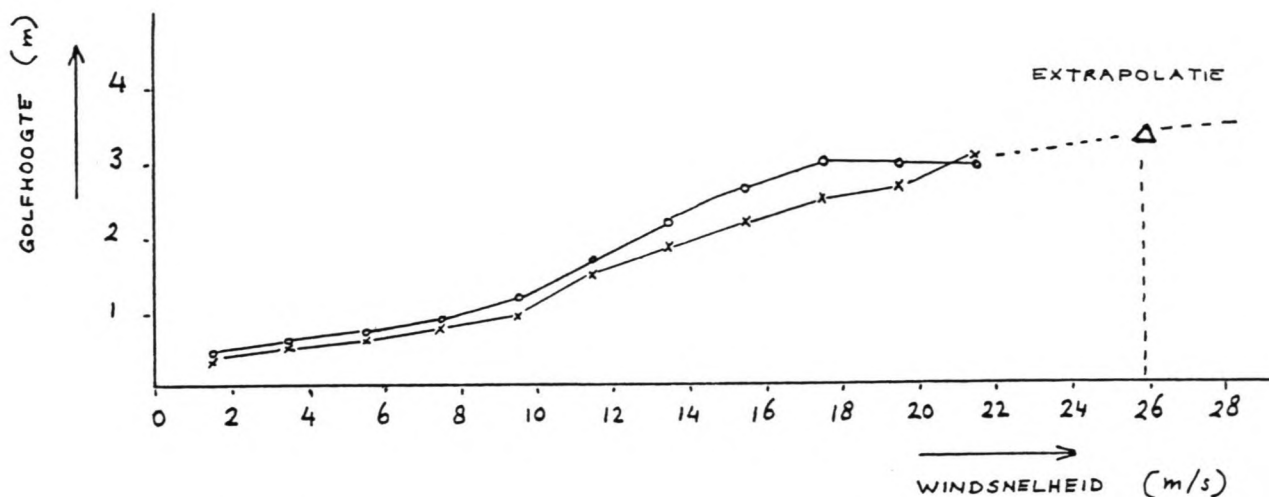
Windsnelheid $W = 26$ m/s (zie bijl.2.7).
 Uit golfmetingen op lokatie Wielingen (jan '85 t/m dec '86) blijkt, dat bij deze windsnelheid geen metingen zijn verricht (zie bijlage 2.2). Daarom moet een extrapolatie plaatsvinden in figuur 2-7, waar de golfhoogte is uitgezet tegen de windsnelheid. Dit punt dient dan als uitgangspunt voor de ENDEC-berekening.
 Het resultaat voor de golf aan de kust:

$$\begin{aligned} H_s &= 1.69 \text{ m} \\ H_{1\%} &= 2.34 \text{ m} \\ L &= 40 \text{ m} \quad (\text{zie bijlage 2.10, ENDEC NW 20}) \end{aligned}$$

B) NW-storm 10 x per jaar

Windsnelheid $W = 17.5$ m/s (bijl.2.7)
 Golfhoogte Wielingen: $H_s = 2.85$ m (bijl.2.2)
 Resultaat ENDEC:

$$\begin{aligned} H_s &= 1.52 \text{ m} \quad (\text{bijlage 2.10, ENDEC NW 3}) \\ L &= 36.4 \text{ m} \end{aligned}$$



figuur 2-7 Golf- en windmetingen t.p.v. Wielingen

Een vergelijk met punten uit de berekende overschrijdingsfrequentie-lijn geeft het volgende te zien:

NW storm	golfmetingen	ENDEC-berekening
10 x per jaar	$H_s = 1.40 \text{ m}$	$H_s = 1.52 \text{ m}$
1 x in 3 jaar	$H_s = 1.70 \text{ m}$	$H_s = 1.69 \text{ m}$

Tabel 2-4 Vergelijk tussen ENDEC en golfmetingen

Conclusie: de overschrijdingsfrequentie-lijn die gegeven is in figuur 2-6 geeft redelijk betrouwbare informatie.

ENDEC-berekening voor stormen uit Noord en Noordoost

Reeds in een eerder stadium (zie par.2.5. Keuze van de maatgevende windrichting) is aangetoond, dat voor de jachthaven van Breskens stormen uit het Noordwesten het meest ongunstig zijn. Hieronder wordt deze bewering kwantitatief onderbouwd, door stormen uit andere richtingen (Noordoost en Noord) te beschouwen. Weer is gebruik gemaakt van het ENDEC-model.

Resultaten:

Stormen uit het Noorden die 1 x in 20 jaar voorkomen leveren een golfhoogte bij de haven van: $H_s = 0.93 \text{ m}$ (bijl.2.10, ENDEC N20).

Stormen uit Noordoostelijke richting die 1 x in 20 jaar voorkomen geven een resulterende golfhoogte t.p.v. jachthaven van: $H_s = 0.91 \text{ m}$ (bijl.2.10, ENDEC NO20).

.....

LITERATUURLIJST bij hoofdstuk 2

1. Ebbens, ir. E.H. en Roelse, ing. P., 1982,
'Golfrandvoorwaarden duinwaterkeringen in Zeeland',
nota Rijkswaterstaat Adviesdienst Vlissingen
2. Soest, ir. J. van, 1983,
'Elementaire Statistiek', collegediktaat DUM Delft

HOOFDSTUK 3

GOLFREDUCTIE DOOR GOLFBREKERS

Inhoudsopgave Hoofdstuk 3 GOLFREDUCTIE DOOR GOLFBREKERS

- 3.1. Algemeen
- 3.2. Diffractie
- 3.3. Golftransmissie
 - 3.3.1. Inleiding
 - 3.3.2. Transmissie bij ondoorlatende dammen
 - 3.3.3. Transmissie bij doorlatende dammen
- 3.4. Interferentie van golven

Literatuurlijst

3.1. ALGEMEEN

In het vorige deel is een overschrijdingsfrequentie-lijn afgeleid voor de golfhoogten buiten de haven. De golfbreker, die is aangelegd met het doel een rustig golfklimaat in de haven te waarborgen, zal verhinderen dat deze golven ongestoord het bekken inlopen. Daarbij reduceert de dam de golfhoogte.

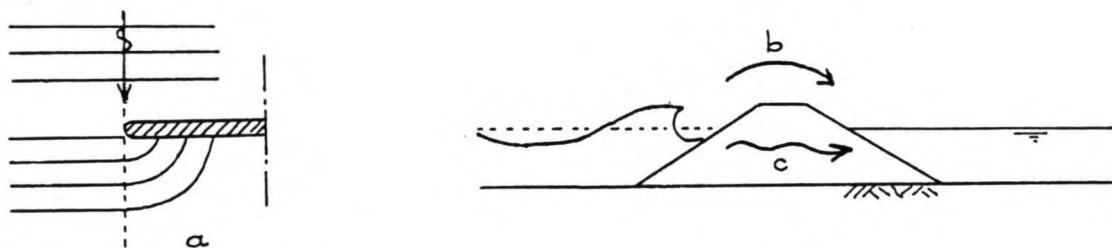
Omdat er een bovengrens geldt voor de golfhoogte in de haven, in verband met het voorkomen van schade aan de schepen, is het belangrijk te weten hoe sterk de golfhoogte wordt gereduceerd, en op welke wijze golven het bekken kunnen binnendringen.

In dit deel van het golfonderzoek wordt aangegeven hoe golven zich vanuit de Westerschelde voortplanten in de haven. Dit kan door:

- a) diffractie (= om de dam)
- b) overslag (= over de dam)
- c) doordringing door de dam

De laatste twee worden ook wel met golftransmissie aangeduid.

In de volgende paragrafen wordt achtereenvolgens op de verschijnselen diffractie en transmissie ingegaan, waarna dit deel wordt besloten met een beschouwing over de golf, die ontstaat door interferentie van de beide voortplantings-mechanismen.



figuur 3-1 Wijzen waarop golven haven binnendringen

3.2. DIFFRACTIE

Het verschijnsel dat golven afgebogen worden rond een obstakel en zodoende de schaduwzone van het obstakel binnendringen wordt diffractie genoemd. Bij dit verschijnsel wordt golfenergie zijwaarts langs een golfkam doorgegeven.

Berekening van diffractie-effekten is om verschillende redenen belangrijk. De golfhoogte-verdeling in een haven wordt voor een deel bepaald door de diffractie-eigenschappen van de havenhoofden, die bescherming moeten bieden tegen de ongestoorde golven. Daarom is kennis van het diffractie-proces essentieel bij het ontwerp van een haveningang.

Men mag verwachten dat bij het ontwerpen van de huidige havendammen van de jachthaven van Breskens een zodanige ligging is nagestreefd, dat aan de lezijde zo min mogelijk hinder ondervonden wordt van het verschijnsel diffractie. Het is in deze studie dan ook voldoende om wat kwantitatieve gegevens te verkrijgen ten aanzien van golfhoogten van gediffracteerde golven in het havenbekken. Als daarin inzicht is verkregen, kan men aangeven wat aan golftransmissie geaccepteerd kan worden om aan de functionele eisen te voldoen (= maximaal toelaatbare golfhoogte).

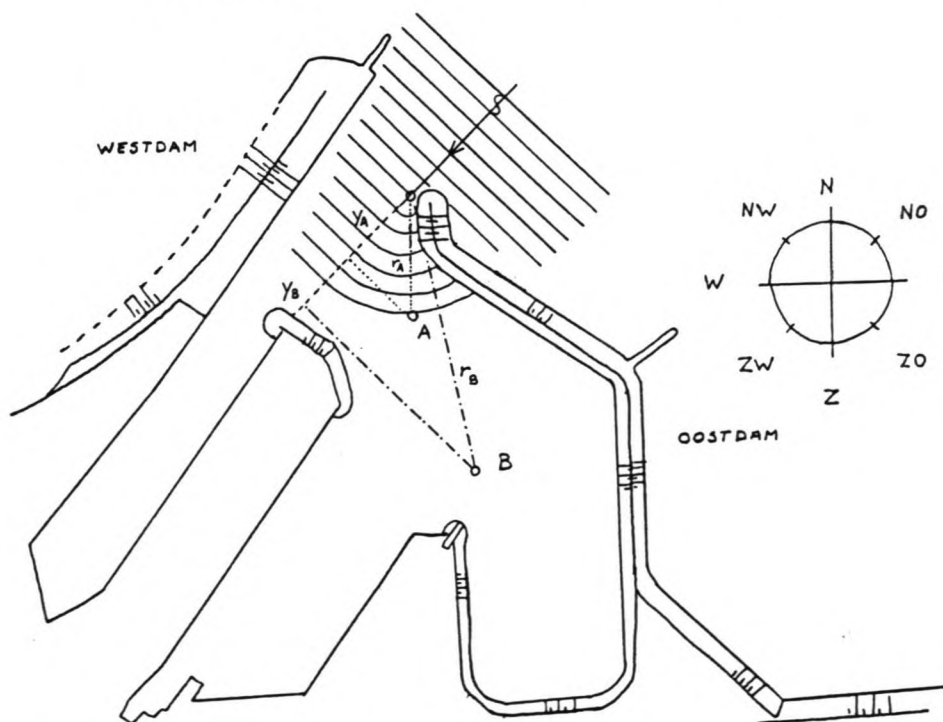
Uit de orientatie van de havendammen van de jachthaven van Breskens en de maatgevende richting van golfvoortplanting (d.i. Noordwest) kan reeds worden vermoed, dat diffractie van golven niet de hoofdoorzaak is van onaanvaarbare golven in het bekken. Met behulp van een eenvoudige handberekening kan dit worden gestaafd.

In verband met de eenvoud zal de handberekening gemaakt worden op basis van de wiskundige theorie zoals behandeld is in het college "Korte Golven" van prof. J.A. Battjes [1]. De theorie wordt als het ware weergegeven in de zogenaamde spiraal van Cornu (zie fig.3-3). De methode berekent de diffractiefactor K_d :

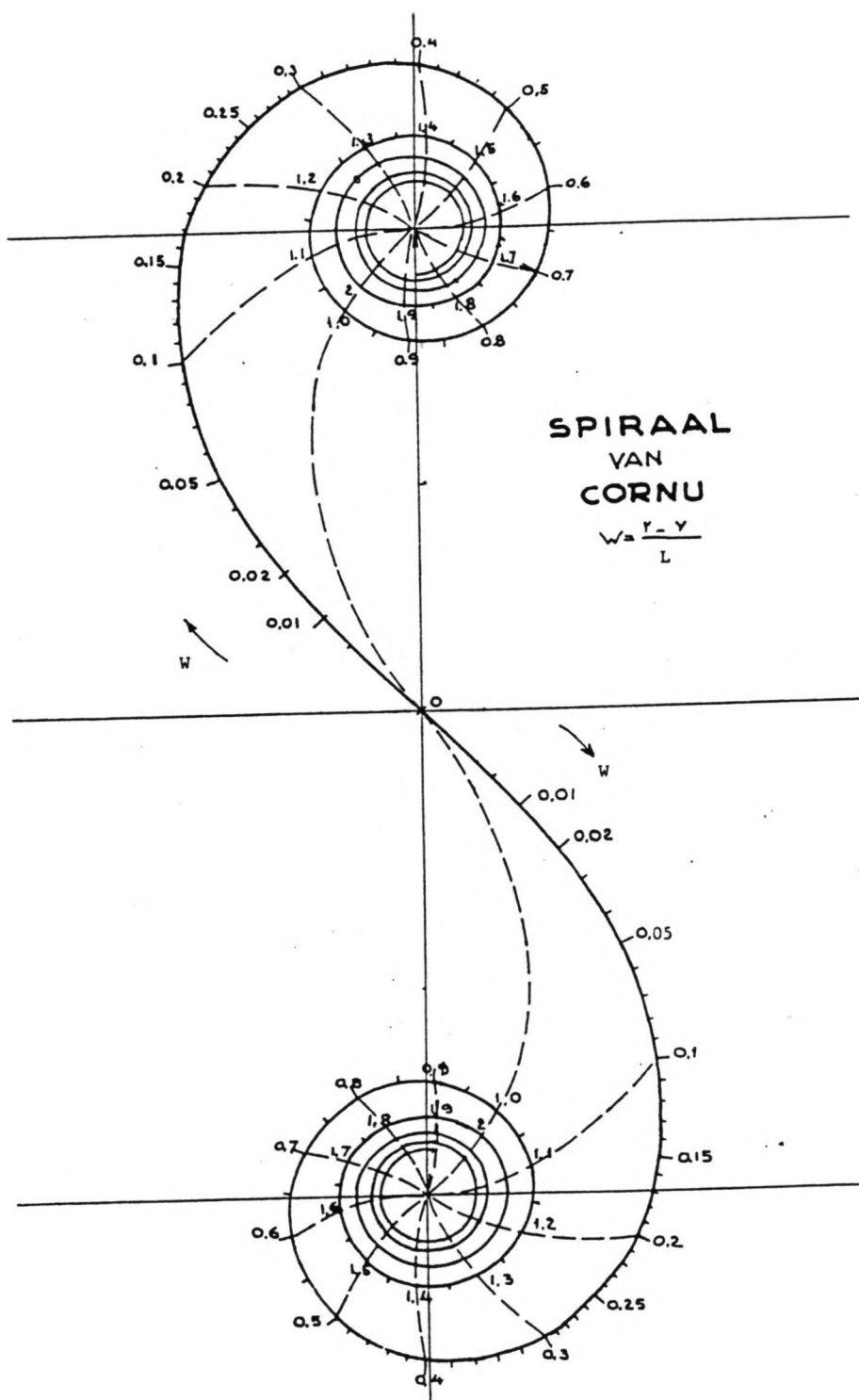
$$K_D = \frac{a(x,y)}{a_\infty} \quad \text{waarin:}$$

a_∞ = amplitude van de ongestoorde invallende golf.

$a(x,y)$ = amplitude van de golf op de gewenste plaats in de haven.



figuur 3-2 Gedrag haven t.o.v. diffractie



figuur 3-3 Spiraal van Cornu

Toepassing op haveningang bij Breskens

- Aannamen:
- de breedte van de golfbreker moet relatief klein zijn t.o.v. de golflengte
 - de diffractie van gereflecteerde golven wordt volledig verwaarloosd
 - de golfbreker is een vaste, niet meebewegende constructie

Uit de orientatie van de haven(dammen) ten opzichte van de Westerschelde-monding valt op te maken, dat de meest ongunstige golfvoortplantingsrichting in verband met diffractie, uit het Noordoosten afkomstige golven oplevert (zie fig.3-2). In het voorgaande is echter steeds uitgegaan van het Noordwesten als maatgevende richting van waaruit stormen waaien. De hoge westelijke havendam vormt een ruim obstakel voor golven uit het Noordwesten.

Voor een voorbeeldberekening kan gebruik worden gemaakt van de ENDEC-berekeningen voor golven uit het Noordoosten (zie par.2.3.3 en bijl.10, ENDEC NO20). Een storm met een herhalingsstijd van 20 jaar levert een golf ter plaatsen van de jachthaven op met een H_s van 0.91 m.

Voor een eerste indruk wordt nu de resulterende golfhoogte in de punten A en B berekend (zie fig.3-2):

Punt A: $r = 114 \text{ m}$
 $y = 85.5 \text{ m}$ Dus: $W = (r-y)/L = 1.78$

Uit de spiraal van Cornu kan nu de lengte van de vector van - tot het punt 1.78 worden afgelezen.
 lengte resultante = 1.6 cm

$$K_D = \frac{16 \text{ mm}}{190 \text{ mm}} = \frac{a_A}{a_\infty}$$

$$a_A = 0.084 * a_\infty = 0.084 * 0.455 = 0.038$$

De golfhoogte in punt A is dus:

$$H_A = 2 * 0.038 = \underline{0.08 \text{ m}}$$

Punt B: $r = 256.5 \text{ m}$
 $y = 142.5 \text{ m}$ Dus $W = 7.13$
 lengte resulterende vector = te verwaarlozen klein, m.a.w.: ter plaatse van punt B in het bekken blijft hoegenaamd niets over van de amplitude van de ongestoorde golf buiten.

Hoewel op de nauwkeurigheid van de berekening het nodige valt aan te merken, met name wat betreft de ENDEC-gegevens, kan wel worden geconcludeerd, dat diffractie geen maatgevende golven oplevert. Dit aan te tonen was de bedoeling van de handberekening.

NB. In het voorafgaande is uitgegaan van diffractie rond de oostelijke havendam alléén. Als tevens de mond van de westelijke dam in de berekening betrokken wordt, dan reduceert de golfhoogte in het havenbekken nog iets meer, omdat de lengte van de vector in de Cornu-spiraal dan nog wat korter wordt.

3.3. TRANSMISSIE

3.3.1. Inleiding

Zoals ook in paragraaf 1 is verteld, is het begrip golftransmissie een verzamelnaam voor een groep verschijnselen. Afhankelijk van de constructie komt transmissie in de volgende vormen voor:

- overslag
- doordringing

Hoe transmissie door het type constructie wordt beïnvloed, zal hieronder worden uiteengezet.

- A) Bij ondoorlatende constructies is de doordringing nihil, zodat dan alleen overslag kan optreden. Deze vorm van transmissie is dan goed apart te bestuderen (zie par.3.3.2).
- B) Bij doorlatende dammen komen in het algemeen beide vormen voor. Daarbij is niet de afzonderlijke invloed van een van beide te bepalen, omdat overslag en doordringing elkaar sterk beïnvloeden. Resultaten voor overslag, gevonden bij ondoorlatende dammen, mogen hier dan ook niet zomaar worden toegepast! (zie par.3.3.3.)

Uit onderzoek is gebleken, dat de volgende factoren een rol spelen bij transmissie:

- a) stilwaterpeil voor de dam
- b) golfhoogte en -periode van de inkomende golf
- c) kenmerken van de dam:
 - kruinhoogte
 - taludhelling
 - ruwheid van de bekleding
 - kruinbreedte
 - doorlatendheid/porositeit

Het effect van de doorlatendheid op overslag en doordringing zal hier kort worden toegelicht. Bij een doorlatende dam zijn de aankomende golven in staat diep in de dam door te dringen. De dam neemt hierbij water en golfenergie op. Een deel hiervan komt via doordringing door de dam in de haven.

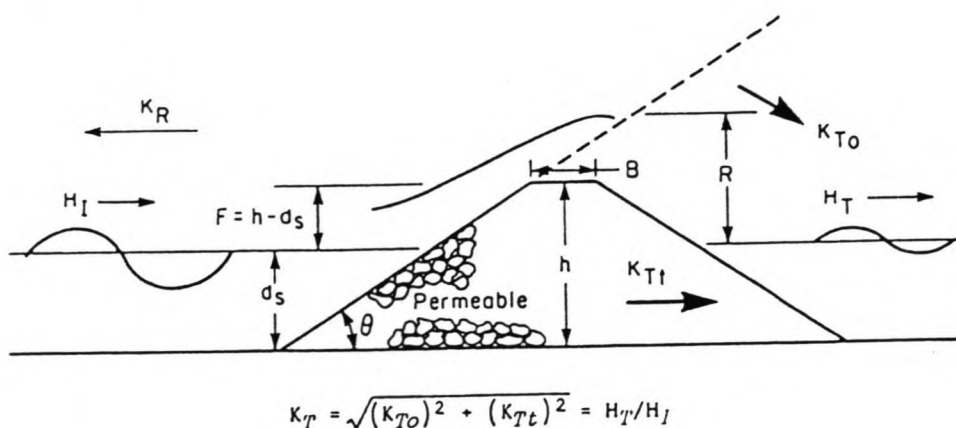
Omdat een deel van de golfenergie en van het water door de dam zelf wordt geabsorbeerd, is de hoeveelheid energie die omgezet kan worden in golfoploop langs het talud kleiner. Deze oploop is dan ook lager dan bij een ondoorlatende dam onder dezelfde omstandigheden. De overslag die hierdoor zou kunnen optreden zal dus ook minder zijn. In het algemeen geldt dus, dat naarmate de

dam ondoorlatender is, er meer overslag en minder doordringing plaatsvindt.

De grootte van de transmissie wordt weergegeven door een zogenaamde transmissie-coëfficiënt. Deze geeft de verhouding weer tussen de golfhoogte achter de dam en ervoor:

transmissie-coëfficiënt = $K_T = H_T/H_I$
 waarin: H_T = hoogte van getransmitteerde golf
 H_I = hoogte van inkomende golf

De berekening van deze coëfficiënt kan het beste gebeuren door impermeabele en permeabele dammen afzonderlijk te beschouwen. De eerste groep wordt behandeld in par.3.3.2., waar de transmissie-coëfficiënt voor overslag, K_{To} , aan de orde komt. Voor permeabele golfbrekers is het beter te werken met de totale transmissie-coëfficiënt, K_T , waarin zowel overslag als doordringing zijn opgenomen, zoals in par.3.3.3. wordt behandeld. In figuur 3-4 zijn de belangrijkste begrippen die verband houden met golftransmissie gedefinieerd.



figuur 3-4 Definitie van transmissie-begrippen

3.3.2. Transmissie bij ondoorlatende dammen

Bij ondoorlatende dammen kan de golf niet door de dam heen het bekken bereiken. In dat geval is er dus alleen sprake van overslag. Eenvoudig gezegd, kan overslag worden beschouwd als een bijzonder geval van golfoploop, nl. waarbij de oploop over de kruin heen komt (zie fig.3-4).

De mate van golftransmissie door overslag wordt uitgedrukt in de transmissie-coëfficiënt voor overslag, K_{To} . Omdat het doordringingsmechanisme buiten werking is, is deze coëfficiënt gelijk aan de totale transmissie-coëfficiënt.

OPLOOP

De oploop speelt een cruciale rol in de theorie over overslag en golftransmissie. In de loop der jaren is dit dan ook onderwerp geweest van uitgebreid onderzoek.

De eerste proeven werden om technische redenen allemaal uitgevoerd met regelmatige golven. Belangrijke onderzoekers waren (en zijn) Saville (1956, 1958), die proeven deed met periodieke golven, Savage (1958) met proeven naar invloed van ruwheid en doorlatendheid van de bekleding en LeMehaute (1963), die op analytische wijze lange(re) golven heeft bestudeerd. In de Shore Protection Manual [8] wordt uitgebreid op de resultaten van hun proeven ingegaan; de meeste zijn in de vorm van grafieken weergegeven. Een beperking van deze grafieken is, dat de meeste alleen uitkomsten geven voor gladde hellingen. Wanneer men is geïnteresseerd in de oploop op ruwe, meer doorlatende bekledingen, en niet de beschikking heeft over proefresultaten, is het mogelijk deze grafieken toch te gebruiken. Battjes (1974), Ahrens (1977) en Stoa (1978) hebben hiervoor een methode aangegeven. Zij stellen:

$$R_{ruw} = r * R_{glad}$$

waarbij R = oploop
 r = ruwheidsfactor

Tabel 3-1 geeft enkele waarden voor de ruwheids-faktor volgens Battjes (1974).

Slope Surface Characteristics	Placement	r
Smooth, impermeable	-----	1.00
Concrete blocks	Fitted	0.90
Basalt blocks	Fitted	0.85 to 0.90
Gobi blocks	Fitted	0.85 to 0.90
Grass	-----	0.85 to 0.90
One layer of quarystone (impermeable foundation)	Random	0.80
Quarystone	Fitted	0.75 to 0.80
Rounded quarystone	Random	0.60 to 0.65
Three layers of quarystone (impermeable foundation)	Random	0.60 to 0.65
Quarystone	Random	0.50 to 0.55
Concrete armor units (~ 50 percent void ratio)	Random	0.45 to 0.50

tabel 3-1 Ruwheid van bekledingsmaterialen i.v.m.
 golfoploop

Onderzoek waarbij met onregelmatige golven proeven konden worden gedaan, betekende een grote stap voorwaarts in de benadering van natuurlijke omstandigheden. Verschillende onderzoekers, o.a. Saville (1962), Battjes (1974) en Ahrens (1977) vonden, dat de golfoploop evenals de hoogte van een onregelmatige golf door middel van een Rayleigh verdeling beschreven kan worden (zie ook weer SPM). Meer recente onderzoeken van Ahrens (1983) en ook Stam (1987) hebben uitgewezen, dat de oploop bij onregelmatige golven beter beschreven kan worden met een Weibull-verdeling [7]. Resultaat van al dit onderzoek is een enorme keus aan rekenmethoden om de oploop te bepalen.

OVERSLAG

Tot dusver was er nog geen verband gelegd tussen de oploop en de overslag. Seelig (1980) heeft op dit gebied baanbrekend werk verricht [6]. Mede gebruik makend van resultaten van proeven van anderen, o.a. Madsen, Cross & Sollit, vond hij de volgende relatie tussen de transmissie-coëfficiënt voor overslag en de golfoploop:

$$K_{t0} = C \cdot (1 - F/R)$$

waarin C een faktor is die afhangt van de verhouding tussen kruinbreedte (B) en golfhoogte (H) volgens

$$C = 0.51 - 0.11 \cdot B/H \quad (\text{met } 0 \leq B/H \leq 3.2)$$

$$F = h - d \quad (\text{zie fig. 3-4})$$

Deze vergelijking voor de transmissie-coëfficiënt is betrouwbaar op het interval $0.006 \leq d/gT^2 \leq 0.03$.

Wat opvalt is de eenvoud van de relatie: de transmissie-coëfficiënt is lineair afhankelijk van de verhouding tussen overhoogte (F) en oploop (R)! Voor dammen met een erg lage kruin ($F/R < 0$) klopt de vergelijking niet helemaal, en moet een extra term in de vergelijking worden ingevoerd.

Seelig heeft zijn oloopresultaten vergeleken met de relaties, die anderen voor oploop hadden gevonden. Hij maakt daarbij een onderscheid tussen gladde (impermeabele) en ruwe hellingen:

A) GLAD

Volgens Seelig geeft in het geval van gladde hellingen toepassing van de formule van Franzius (1965) de beste resultaten voor oploop bij overslag:

$$\frac{R}{H} = C_1 \cdot (0.123 \cdot L/H) (C_2 \cdot H/d + C_3)$$

waarbij L = lokale golflengte, en C_1 , C_2 en C_3 empirische coëfficiënten zijn. De aanbevolen waarden voor deze coëfficiënten staan in tabel 3-2. Een voordeel van deze formule is, dat hij rekening houdt met golfhoogte, taludhelling (middels coëfficiënten), golfsteilheid en waterdiepte.

Front-face slope of breakwater	C_1	C_2	C_3
Vertical	0.958	0.228	0.0578
1 on 0.5	1.280	0.390	-0.091
1 on 1.0	1.469	0.346	-0.105
1 on 1.5	1.991	0.498	-0.185
1 on 2.25	1.811	0.469	-0.080
1 on 3.0	1.366	0.512	0.040

tabel 3-2 Coëfficiënten in golfoploopformule van Franzius

B) RUW

Ahrens en McCartney (1975) hebben eveneens een empirische methode ontwikkeld, zij het voor ruwe hellingen.

$$\frac{R}{H} = \frac{a \cdot \xi}{1 + b \cdot \xi}$$

waarbij $\xi = \tan(\theta)/\sqrt{(H/L_0)}$
en a en b de empirische coëfficiënten zijn.

Ahrens en McCartney voeren de invloed van de golfsteilheid en de taludhelling in middels de zgn. "surf-similarity-parameter", ofwel "brekingsparameter". Aan de waarde van deze parameter is af te lezen of men te maken heeft met gebroken ($\xi < 3$) of ongebroken golven ($\xi > 3$). Ook bij stabiliteitsberekeningen wordt veel van deze parameter gebruik gemaakt.

Seelig heeft van verschillende onderzoekers de resultaten ingepast in deze oploop-relatie, met als gevolg een variëteit aan waarden voor de coëfficiënten a en b (zie tabel 3-3). Invullen hiervan in de vergelijking van Ahrens en McCartney geeft de volgende grafiek te zien (zie fig.3-5):

Armor unit	No. of layers	Permeability ¹	a	b	$\frac{J}{gT^2}$ (range)	$\frac{H}{gT^2}$ (range)	Cot θ (range)	Source
Rubble	2	I	0.956	0.396	0.0036 to 0.059	0.0004 to 0.013	2.5 to 5.0	Ahrens and McCartney (1975) ³ (large-scale tests)
Rubble	0	P	0.692	0.504	0.0088 to 0.08	0.0004 to 0.02	1.25 to 5.0	Hudson (1958) ⁴
Rubble	2	I	0.775	0.361	----- ⁵	-----	2.5	Gunbak (1979) ⁶
Dolos	2	I	0.968	0.703	0.002 to 0.002	0.0002 to 0.006	2.0	Bottin, Chatham, and Carver (1976)

¹P = permeable; I = impermeable.

² $R/H = a\xi/(1+b\xi)$; $\xi = \tan \theta/\sqrt{H/L_0}$.

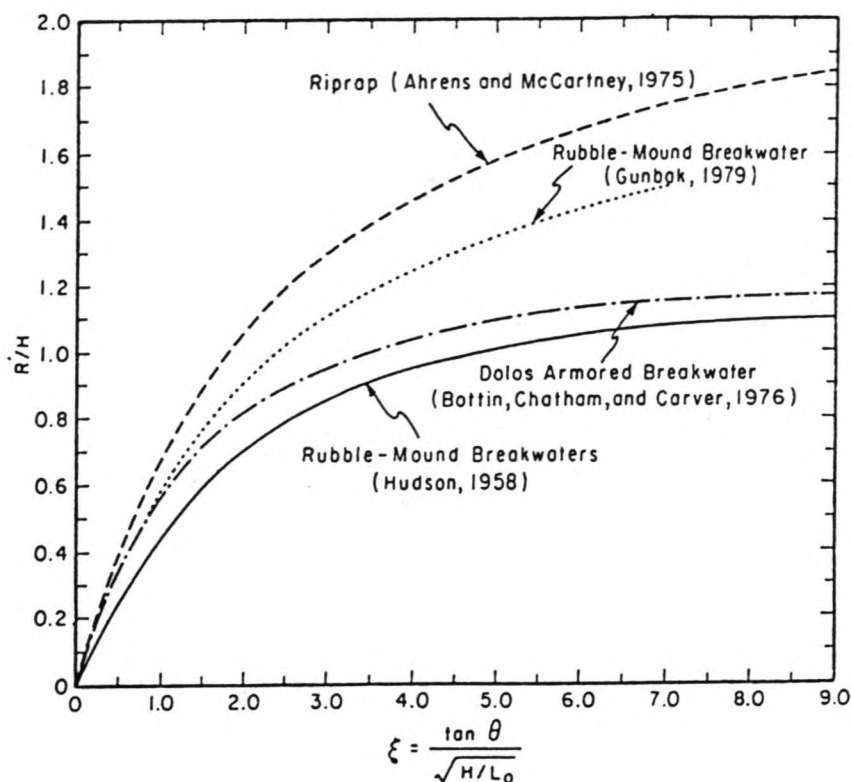
³Revised a and b.

⁴Means of observations.

⁵Conditions unknown.

⁶ $1.2 < \xi < 4.8$.

tabel 3-3 Coëfficiënten in formule van Ahrens en McCartney



figuur 3-5 Golfoploop volgens formule van Ahrens en McCartney

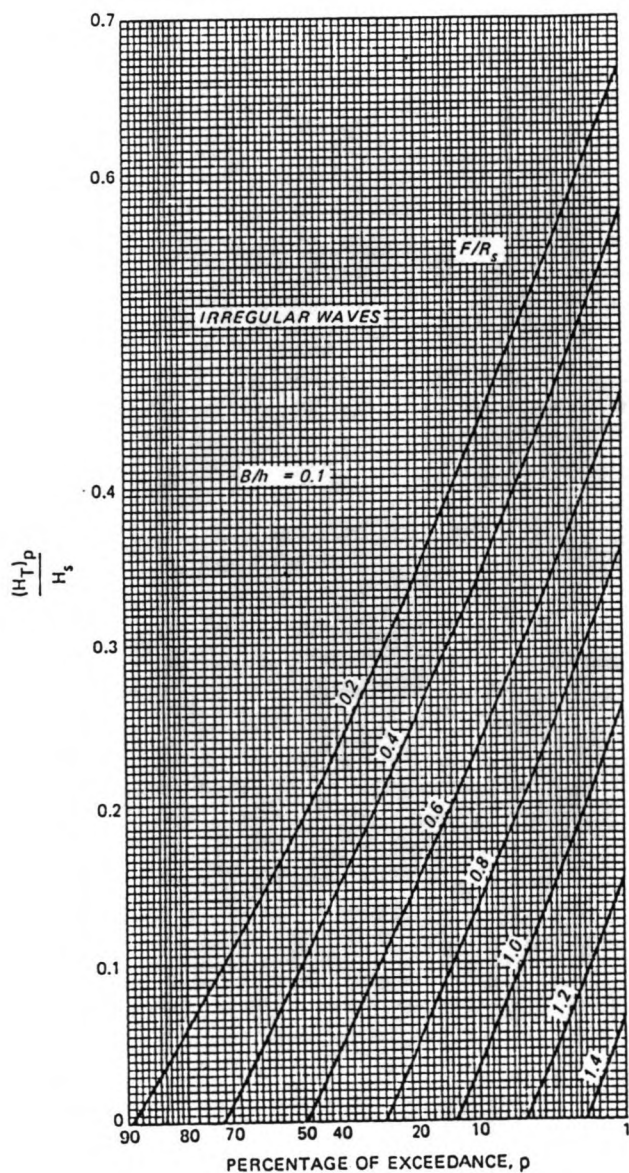
Het blijkt dat de curve met de coëfficiënten van Ahrens en McCartney zelf nogal hoge waarden voor de oploop geeft. Dit is te wijten aan het feit, dat het bij hun proeven om sterk ondoorlatende constructies ging. Volgens Seelig blijken de Hudson parameters de meest betrouwbare schatting te geven voor zowel impermeabele als permeabele golfbrekers [6].

Voor onregelmatige golven moeten in de oploopformules voor gladde en ruwe hellingen de parameters H en R worden vervangen door respectievelijk H_s en R_s . In de formule van Seelig moet dan R_s worden ingevuld om K_{t0} te bepalen. Hiermee is dan de significante getransmitteerde golfhoogte te berekenen.

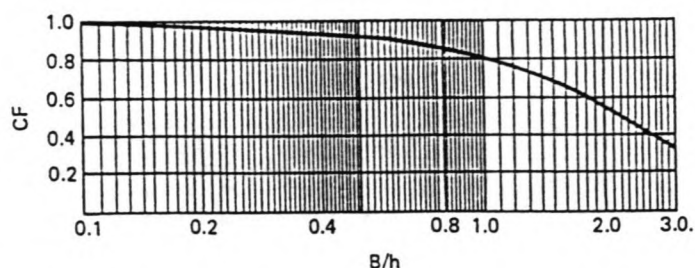
De transmissie door overslag bij onregelmatige golven is over het algemeen wat lager dan bij regelmatige golven, doordat vooral veel golven met een lage oploop voorkomen (m.a.w. een grote spreiding). Deze spreiding heeft daarnaast tot gevolg, dat de maximum-golfhoogte die wordt getransmitteerd aanzienlijk groter kan zijn dan de significante. Met behulp van figuur 3-6 is het mogelijk een indruk te krijgen van de grootte van deze spreiding. Voor verschillende verhoudingen tussen overhoogte en significante oploop kan de overschrijdingskans van een bepaalde getransmitteerde golfhoogte uit de grafiek

worden afgelezen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de betrouwbaarheid van de grafiek niet erg groot is voor de extreem hoge golven uit het spectrum ($H_{5\%}$ en $H_{1\%}$). Seelig vond in zijn proeven, dat zijn formule te lage waarden aangaf voor deze hoge golven.

Bij deze grafiek moet nog een opmerking worden geplaatst. Wanneer een andere breedte-kruinhoogte-verhouding wordt toegepast dan 0.1, zoals in fig.3-6 is aangegeven, moet een correctiefactor worden ingevoerd. Deze is afhankelijk van de kruinbreedte, zie figuur 3-7.



figuur 3-6 Getransmitteerde golfhoogte als functie van het overschrijdingspercentage p



figuur 3-7 Invloed kruinbreedte

De door Seelig aanbevolen rekenwijze ter bepaling van de transmissie-coëfficiënt voor overslag K_{to} , is de beste methode die voorhanden is. Daarom zal deze worden toegepast om bij Breskens de transmissie te bepalen.

opmerking:

De oploop in de formule van Seelig is een fiktieve oploop. Hierbij wordt uitgegaan van een doorlopend talud met overal gelijke omstandigheden (ruwheid). Wanneer de oploop boven de kruin uitstijgt, en dus overslaat, ondervindt de oplopende golf geen weerstand meer. Daardoor zal de oploop in werkelijkheid hoger zijn dan is berekend!!!

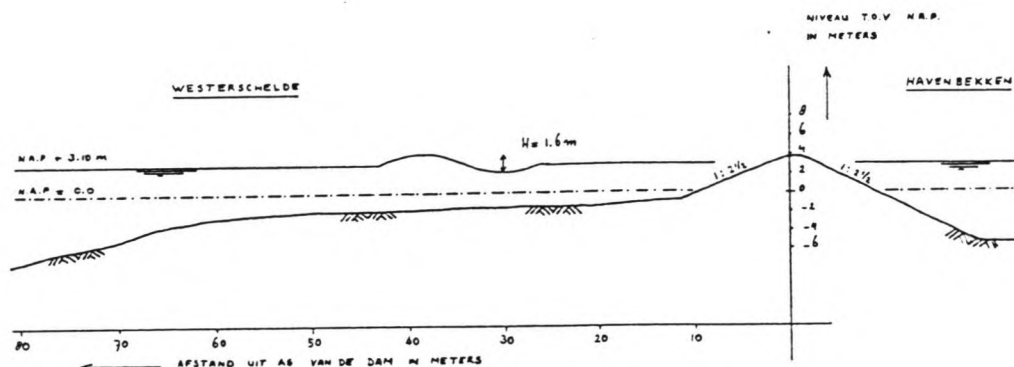
Er is dus ook meer overslag dan uit Seelig's formule zou volgen. Tot nu toe is men er niet in geslaagd dit effect in oploop- en transmissieformules op te nemen. Nieuwe proeven zouden hier uitkomst kunnen bieden.

Ter illustratie volgt hieronder een rekenvoorbeeld, waarin de huidige golfbreker bij Breskens wordt getoetst.

REKENVOORBEELD

Uit waarnemingen gedurende de afgelopen jaren is gebleken, dat in het bekken vrij hoge golven t.g.v. overslag voorkomen. In dit voorbeeld zal worden bekeken wat een storm met een herhalingsperiode van 1 jaar voor golven oplevert. Bij deze storm is de golfhoogte buiten de haven:

$H_s = 1.60 \text{ m}$ (zie hoofdstuk 2.par.2.3.2)
 en het waterpeil = 3.10 m boven NAP



figuur 3-8 Hoogteligging voorland en golfbreker

Figuur 3-8 geeft een dwarsdoorsnede van de huidige golfbreker met voorland. Hierin zijn ook de overige gegevens vermeld:

waterdiepte = $d = 3.10 + 1.50 = 4.60$ m

kruinhoogte = $h = 3.90 + 1.50 = 5.40$ m

overhoogte = $F = h - d = 0.80$ m

kruinbreedte = $B = 1.00$ m

taludhelling = 1:2.5

Invullen van deze gegevens in de oploopp formule van Franzius levert het volgende:

$C_1 = 1.663$; $C_2 = 0.483$; $C_3 = -0.040$ (zie tabel 3-2)

$L = 35$ m ($= 1.56 T^2$)

Met als resulterende oploop:

$R_s = 2.12 H_s = 2.12 * 1.60 = 3.39$ m

De transmissie-coëfficiënt wordt dan:

$K_{t0} = C.(1 - F/R) = 0.49 (1 - 0.8/3.39) = 0.37$

En de getransmitteerde golfhoogte:

$H_T = 0.37 * 1.60 = 0.60$ m

Er moet nog worden gecontroleerd of aan de voorwaarde voor de formule is voldaan. Dan moet gelden:

$0.006 \leq d/gT^2 \leq 0.03$

met $d = 4.60$ m en $T = 4.7$ s geeft dit $d/gT^2 = 0.021$, dus voldoet.

Ter toelichting op de resultaten van dit voorbeeld kan worden opgemerkt, dat de golfhoogte die door overslag in de haven ontstaat bij de eens per jaar storm zo groot is, dat schepen niet veilig meer aan kunnen leggen.

Comfortabel afgemeerd liggen is er helemaal niet bij.

De ervaringen van de afgelopen jaren zijn volledig met de berekening in overeenstemming (zie o.a. hoofd.1).

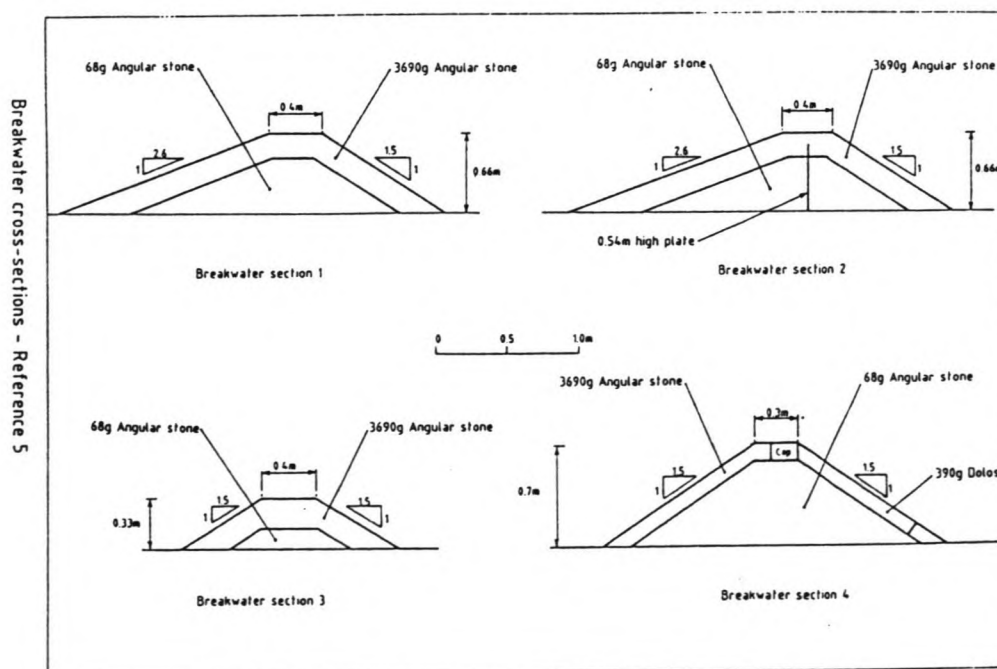
3.3.3. Transmissie bij doorlatende dammen

Behalve overslag van golven over de kruin van de golfbreker heeft men hier te maken met het verschijnsel, dat de inkomende golven getransmitteerd worden door de poriën van de golfbreker.

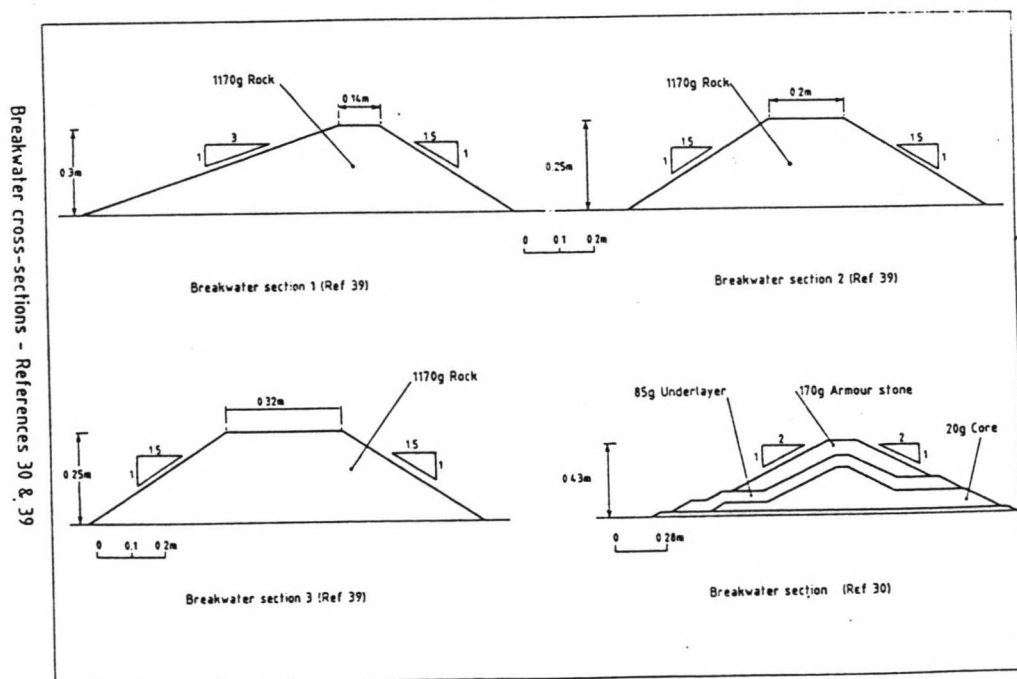
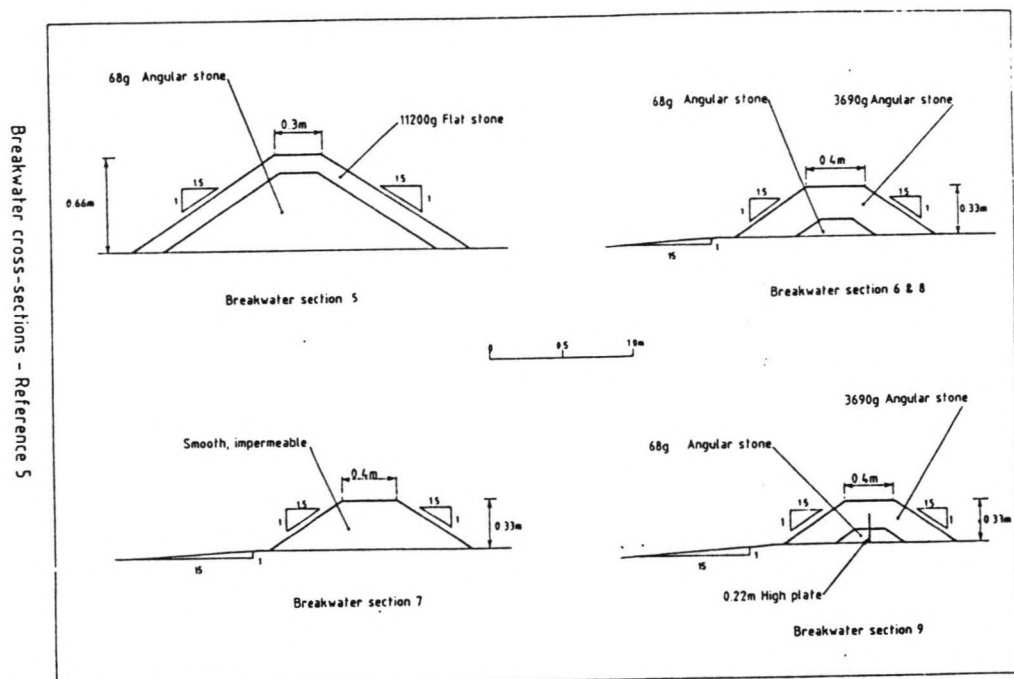
De transmissie van golfenergie door de poriën is zowel empirisch als analytisch onderzocht. Door Madsen en White is zelfs een computer-programma ontwikkeld, waarmee de golftransmissie door een poreuze constructie kan worden geschat.

In een studie van Hydraulics Research Wallingford [5] is gebruik gemaakt van meetgegevens van verschillende bronnen en is consequent een groot aantal verschillende golfbrekerconstructies in beschouwing genomen. De dwarsprofielen van deze golfbrekers worden getoond in figuur 3-9. Alle profielen zijn van het type 'overtopping breakwater' en zelfs onderwater liggende kruinen worden meegenomen.

De resultaten t.a.v. transmissie over en door de golfbrekers van referentie 5 en referentie 30 en 39 zijn weergegeven in de figuren 3-10 respectievelijk 3-11, waarbij de totale transmissie-coëfficiënt K_T wordt uitgezet tegen de dimensieloze parameter R_c/H_s (R_c is de overhoogte F).



figuur 3-9 a Dwarsdoorsneden van beproefde golfbrekers



figuur 3-9 b,c Dwarsdoorsneden van beproefde golfbrekers

Zoals verwacht mocht worden is er een trend waar te nemen, waarbij de getransmitteerde golfhoogte afneemt bij toenemende overhoogte van de golfbreker. Wanneer de constructies doorlatender worden, wat het geval is bij fig.3-11, resulteert de verhoogde transmissie door de golfbreker in een verhoogde totale transmissie, K_T .

In de figuren 3-10 en 11 is eveneens de curve ingetekend voor de voorspelling van golftransmissie t.g.v. overslag alléén, zoals uit de Shore Protection Manual, m.b.v. Seelig, zou volgen. Ook hiervoor geldt natuurlijk de algemene tendens. Uit de figuren is tevens waar te nemen, dat voor het gebied $0.0 < R_c/H_s < 1.5$, overslag het belangrijkste deel van de transmissie voor zijn rekening neemt. De bovengrens van dit interval is echter afhankelijk van het type golfbreker, omdat de houding van primaire verdedigingslaag t.o.v. golfoploop verschillend is. Hoe dikker en poreuzer deze laag, hoe geringer de oploop en diens gevolg de overslag zal zijn. De aankomende golven percoleren als het ware in de constructie.

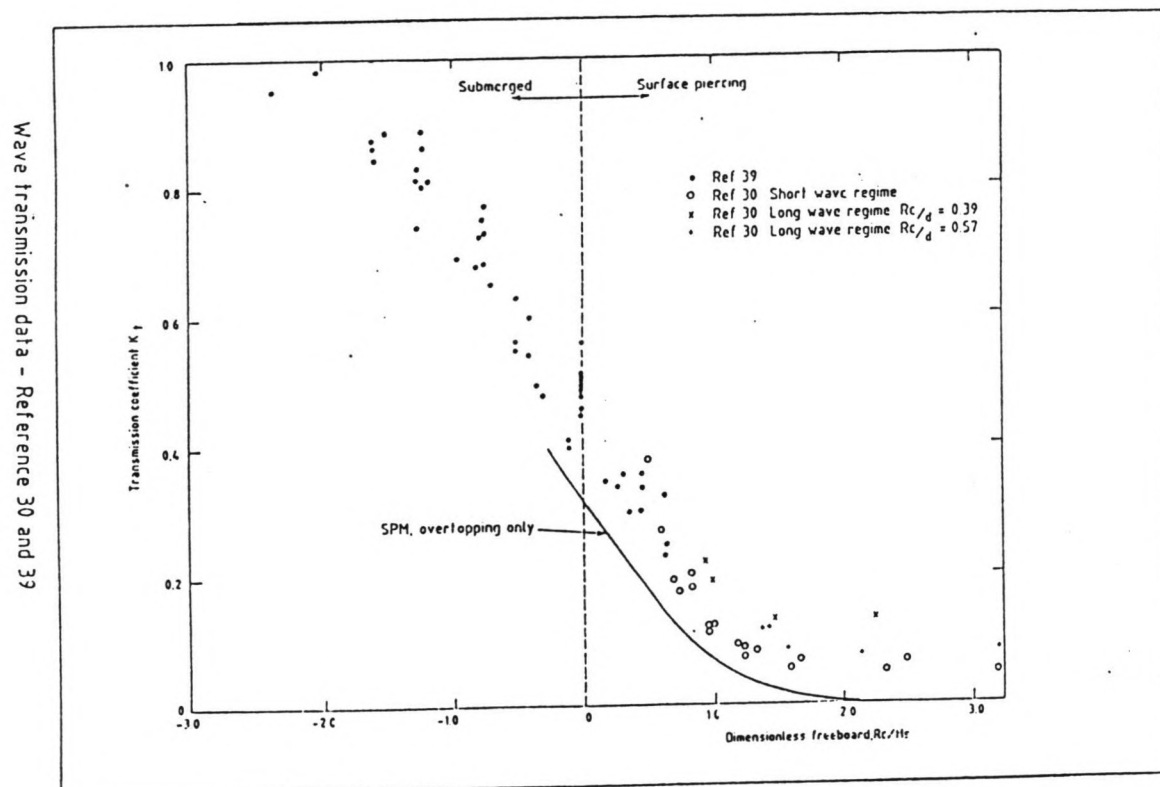
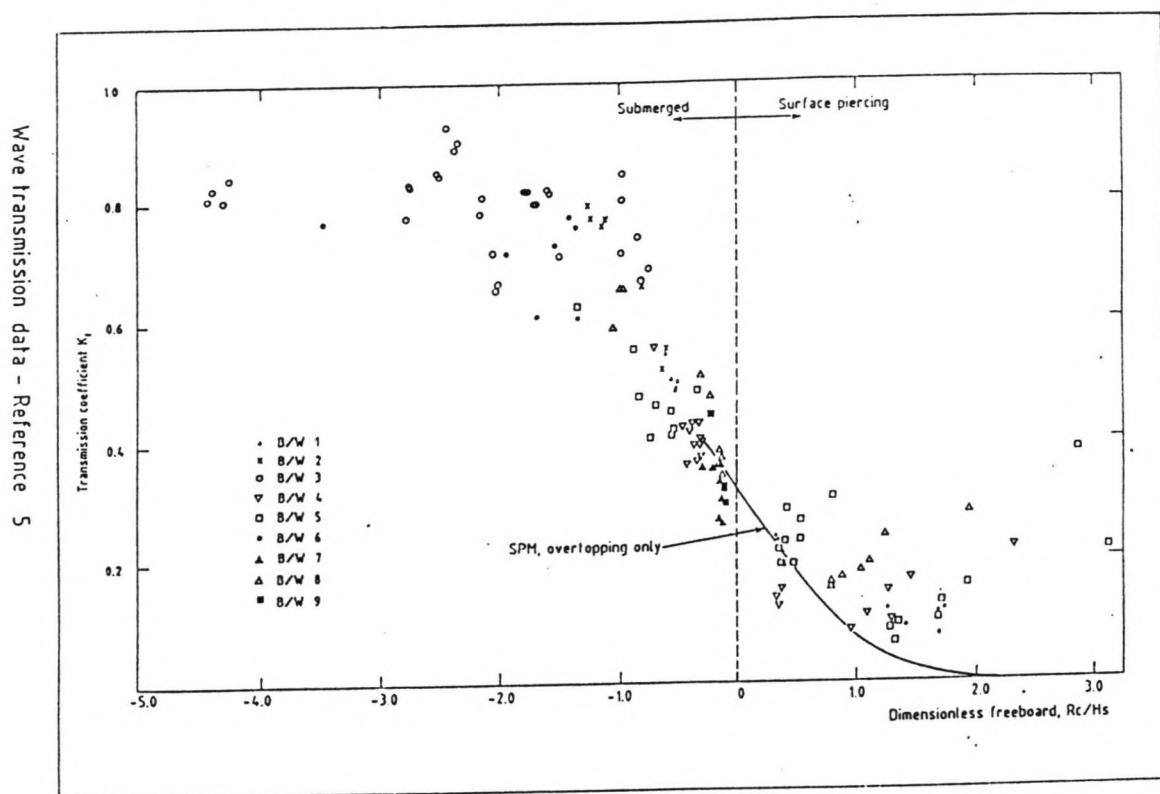
Voor golfbrekers waarvan de kruinhoogte ruim boven het stilwaterniveau ligt ($R_c/H_s > 1.5$) is er een kwalitatief verschil te constateren tussen de beide grafieken. De proefnemingen met referentie 5 tonen aan dat de transmissie-coëfficiënt K_T toeneemt met toenemende R_c/H_s faktor, terwijl de proefnemingen met ref.30/39 aangeven dat de transmissie-coëfficiënt een lage maar constante waarde heeft. Waarschijnlijk is hierbij alleen sprake van transmissie door de constructies. Deze tegenstrijdigheid heeft de volgende oorzaak. Bij relatief hoge golfbrekers wordt transmissie niet langer overheerst door overslag, maar door energietransmissie door de constructie, welke een functie is van o.a. de golfsteilheid. Dus fig.3-10 impliceert niet dat voor een vaste aankomende golfhoogte de getransmitteerde golfhoogte toeneemt bij toenemende overhoogte van de golfbreker, maar dat bij een vaste overhoogte de transmissie-coëfficiënt zal toenemen bij toenemende golfperiode van de binnenkomende golf. In fig.3-11 zou men een zelfde tendens verwachten, maar vanwege het feit dat de golfbrekerprofielen in ref. 30 en 39 een lagere doorlatendheid hebben kan dit nauwelijks worden aangenomen.

Dezelfde proeven zijn ook verwerkt door de totale transmissie-coëfficiënt uit te zetten tegen de dimensieloze parameter:

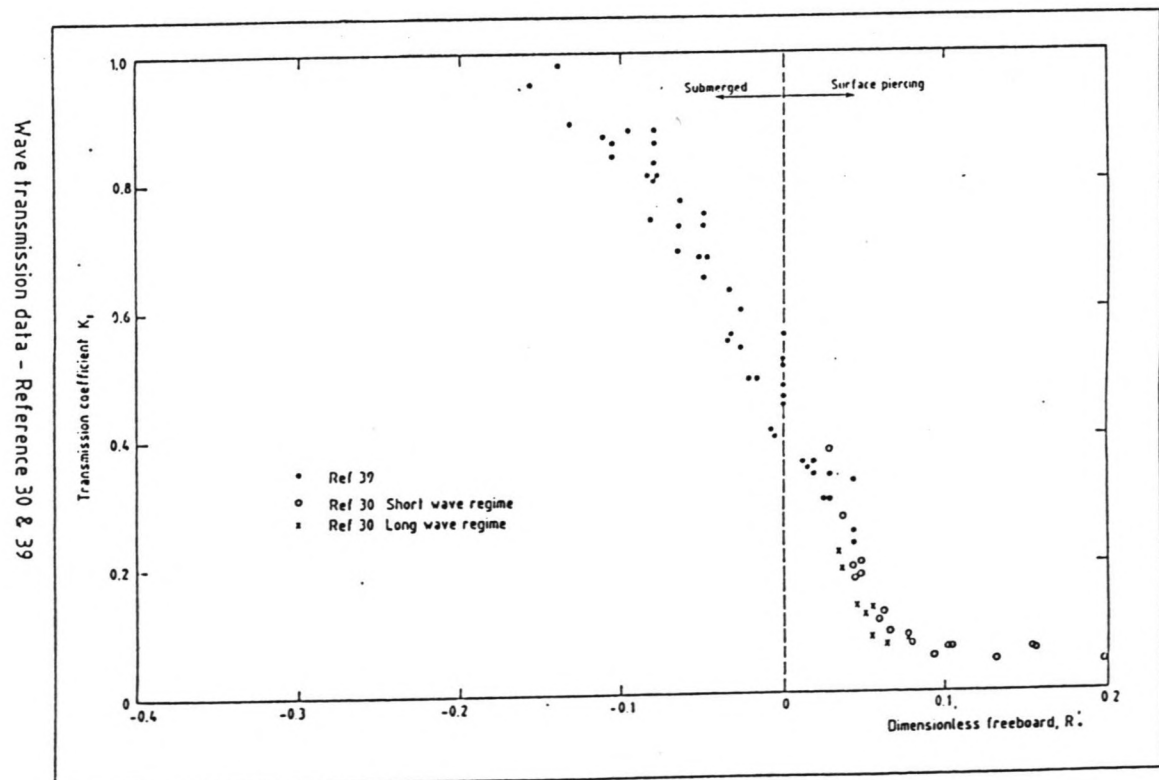
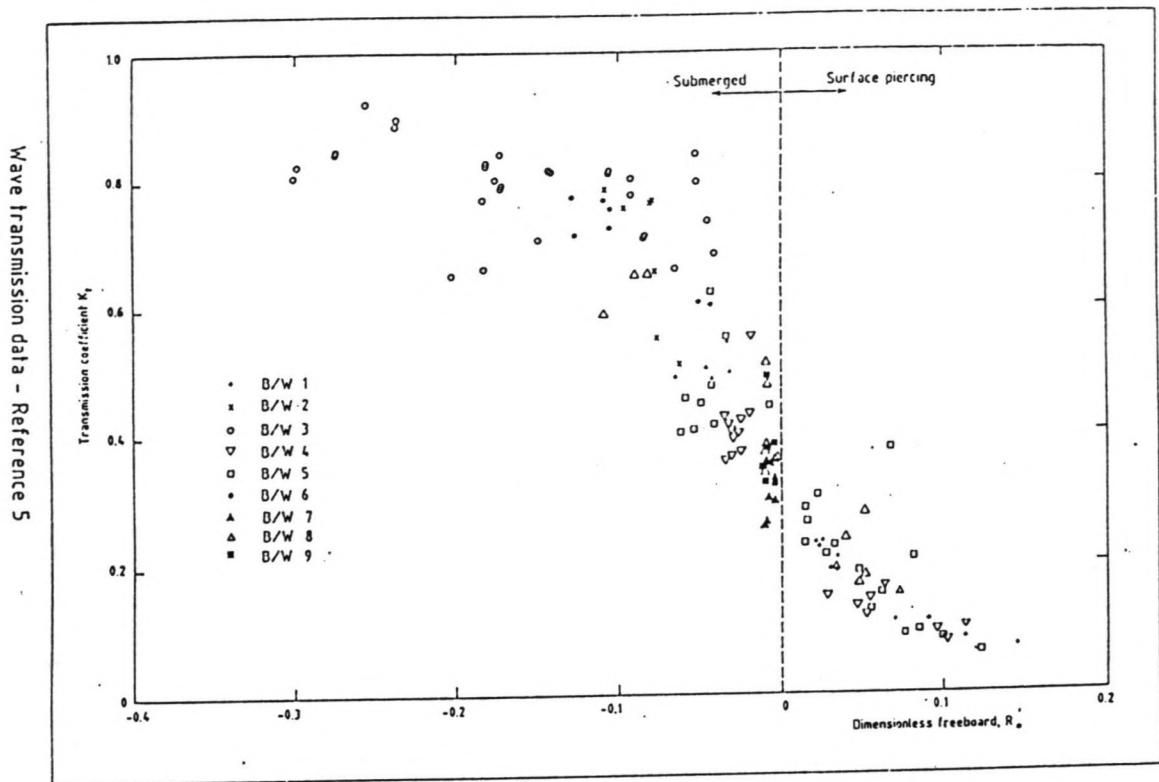
$$R'_* = \frac{R_c}{H_s} * \left\{ \frac{S}{2\pi} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

De parameter S stelt de golfsteilheid voor, die correspondeert met de piekperiode T_p .

De resultaten zijn aangegeven in figuren 3-12 en 13. Beide figuren geven dezelfde tendens te zien als voor de grafieken met de dimensieloze overhoogte, met het



figuur 3-10 en 11 Verband transmissie-coëfficiënt en
relatieve overhoogte R_c/H_s



figuur 3-12 en 13 Verband transmissie-coëfficiënt en
relatieve overhoogte R'_*

verschil dat voor hoge waarden van R_c/H_s de verhoging van K_T tenietgedaan wordt door de golfsteilheid in de parameter R_s te betrekken.

EFFEKT VAN DE GOLFPERIODE

Voor doorlatende golfbrekerconstructies zal de transmissiecoëfficiënt K_T toenemen met groter wordende golfperiode t.g.v. de langere golven, die zich vrijer voortbewegen door en over de constructie. Dit aspect is geïllustreerd in figuur 3-11 waarbij een golfbreker achtereenvolgens werd onderworpen aan een 'short wave regime' en aan een 'long wave regime'.

EFFEKT VAN DE POROSITEIT VAN DE GOLFBREKER

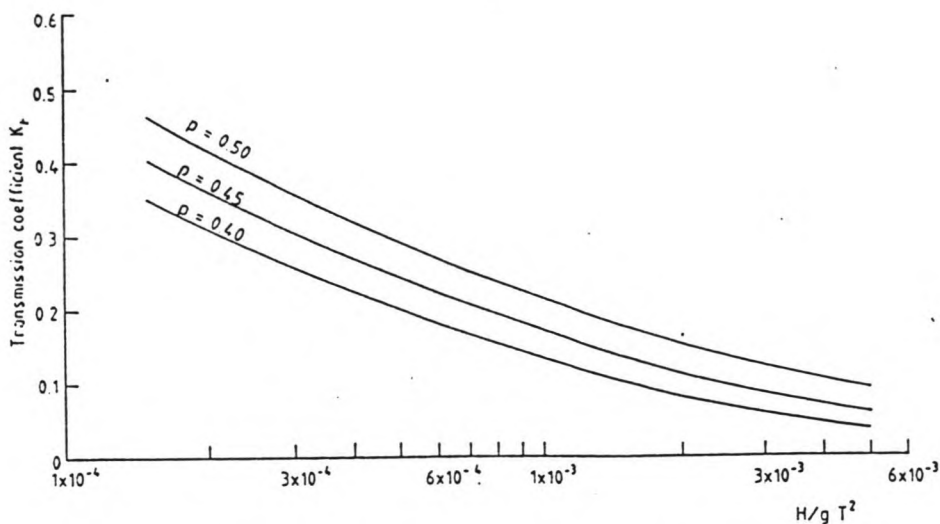
De porositeit van een doorlatende constructie kan worden gedefinieerd als de verhouding van het volume van de holle ruimte t.o.v. het totale volume van de constructie.

Het is duidelijk dat de porositeit aanzienlijke invloed heeft op de golftransmissie door een golfbreker. Het is echter enorm gecompliceerd om de afhankelijkheid te kwantificeren.

Belangrijke factoren die een rol spelen zijn;

- vorm van de poriën
- kromming en bochten in de weg die door waterstroom moet worden afgelegd.

In de literatuur is tot nu toe erg weinig gepubliceerd over het effect van doorlatendheid op energietransmissie. Seelig heeft wel een plot gepresenteerd waarin de golftransmissie als functie van de golfsteilheid wordt weergegeven voor verschillende golfbreker-porositeiten (zie fig.3-14). Bij de voorspelling van de transmissiecoëfficiënten is gebruik gemaakt van het computerprogramma van Madsen & White.



figuur 3-14 Effect van porositeit op transmissiecoëfficiënt

Uit de grafiek kunnen twee conclusies worden getrokken:

- 1 - De voorspelde transmissie-coëfficiënt neemt toe met afnemende golfsteilheid.
- 2 - Het verschil in de waarde voor de transmissie-coëfficiënt is het grootst voor golven met een lage steilheid (dus lange golven).

In het algemeen kan gesteld worden, dat de transmissie-coëfficiënt niet lineair toeneemt met de porositeit van de golfbreker. Overigens is uit figuur 3-14 af te lezen, dat K_T op een interval van $0.4 < P < 0.5$ veel gevoeliger reageert op verschillen in porositeit dan op het interval $0 < P < 0.2$.

EFFEKT VAN DE KRUINBREEDTE VAN DE GOLFBREKER

Uit modelproven is tevens gebleken, dat een toename van de kruinbreedte tot gevolg heeft, dat de transmissie door en over de constructie zal afnemen. De moeilijkheid ontstaat wanneer de mate van reductie van de transmissie moet worden vastgesteld bij toename van de breedte. Op dit moment is er zo goed als niets bekend t.a.v. het kwantitatieve effect van kruinbreedtevergroting voor 'overtopping' golfbrekers. Wel is er onderzoek verricht naar dit verschijnsel voor 'submerged' golfbrekers, maar de resultaten ervan zijn in het kader van deze studie niet interessant.

RICHTLIJNEN VOOR HET AFSCHATTEN VAN GOLFTRANSMISSIE

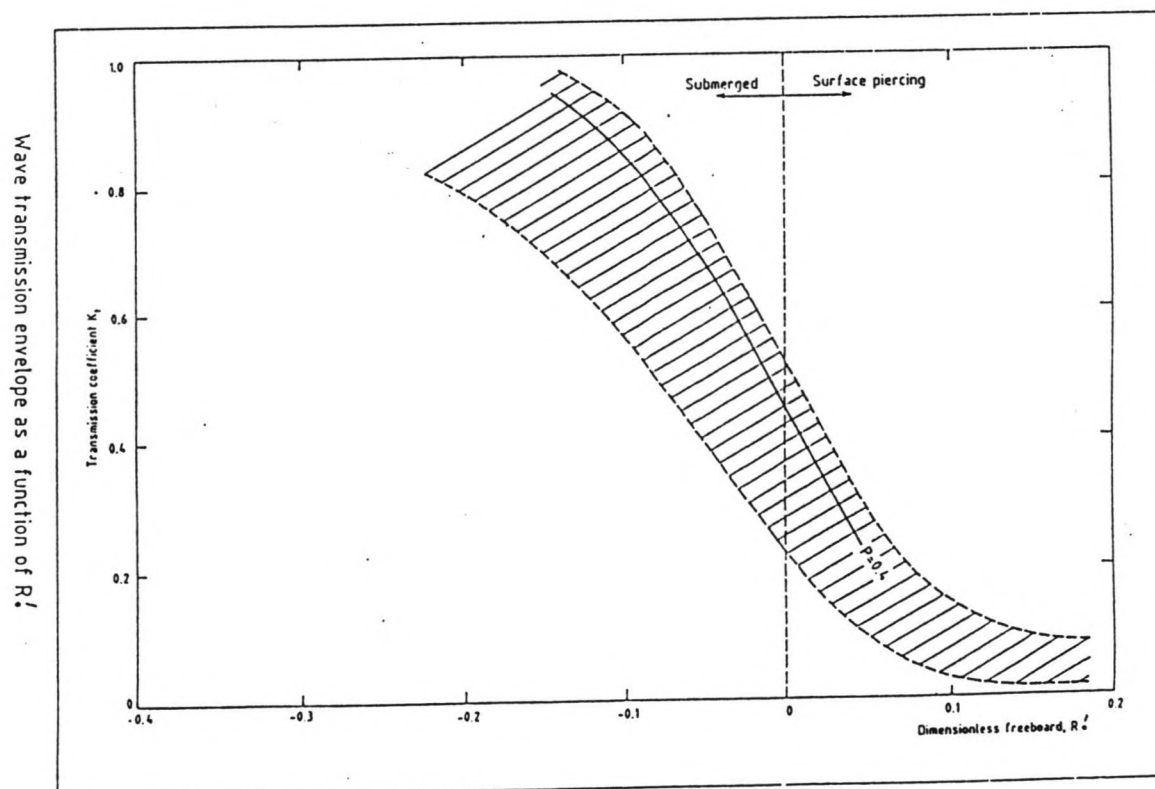
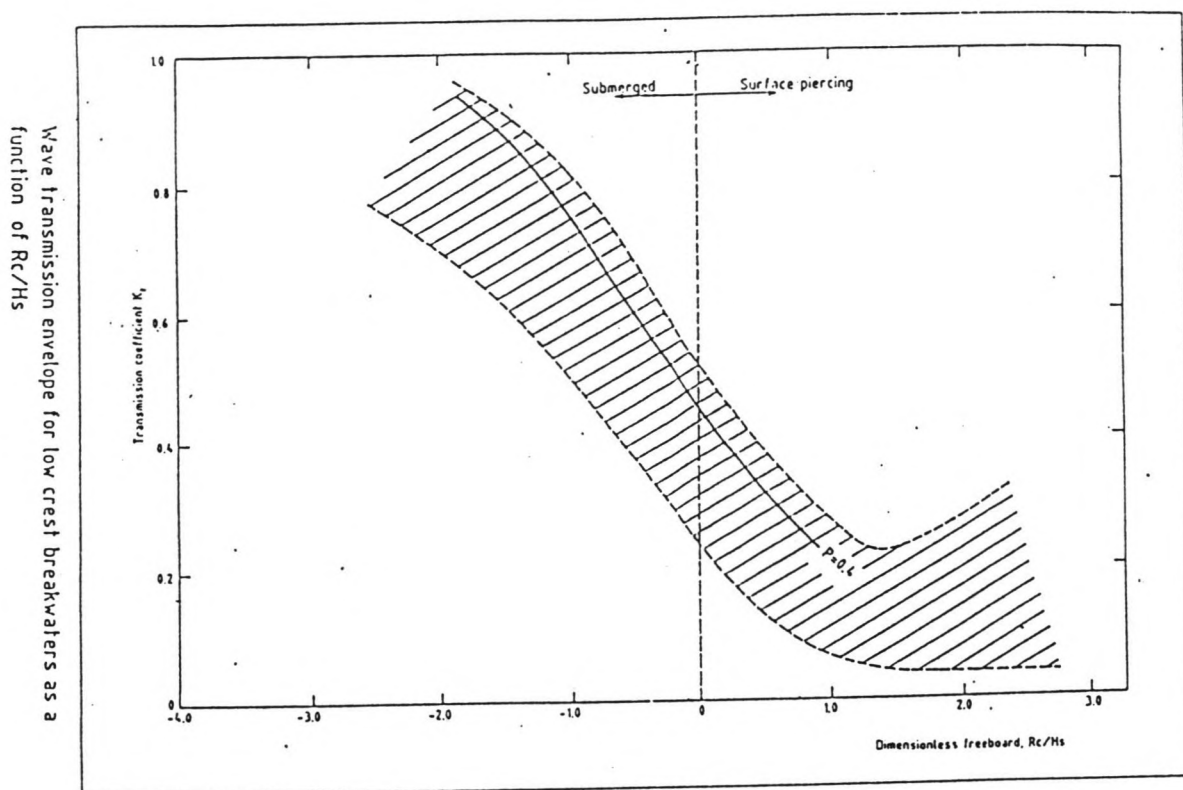
Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat de golftransmissie-eigenschappen voornamelijk worden bepaald door:

- overhoogte van de golfbreker
- hoogte van aankomende golven
- porositeit van de golfbreker

Bovenstaande factoren zouden adequaat kunnen worden weergegeven door een grafiek, waarbij K_T wordt uitgezet tegen de dimensieloze overhoogte (R_c/H_s) of R_* , voor diverse waarden van de golfbreker doorlatendheid. Jammer genoeg is er tot op dit moment slechts kennis beschikbaar om een dergelijke curve te realiseren voor constructies met een porositeit van 40%. Deze curve is weergegeven in figuren 3-15 en 16.

Tegelijkertijd is een omhullende band gearceerd voor realistische waarden van de porositeit (pakweg $0 < P < 0.5$). De bovengrens van deze band heeft betrekking op relatief doorlatende constructies en de ondergrens op relatief ondoorlatende golfbrekers.

Gegeven het voorgaande is het mogelijk om uit deze figuren de totale transmissie-coëfficiënt af te schatten voor elke willekeurige porositeit. Hierbij moet in de gaten gehouden worden dat bij een bepaalde vaste overhoogte van de golfbreker, de K_T -waarde niet lineair toeneemt met groter wordende porositeit.



figuur 3-15 en 16 Ontwerpgrafieken voor golftransmissie

Kortom, totdat betere informatie beschikbaar komt, moet men erop bedacht zijn, dat de nauwkeurigheid van de gemaakte schattingen te wensen over laat. Opgemerkt kan nog worden, dat voor 'overtopping' golfbrekers de figuur 3-16 aanbevolen wordt om de transmissie-coëfficiënt te bepalen.

Het moge duidelijk zijn, dat een nadere bepaling van de porositeit van een golfbreker van uiterst belang is als nauwkeurige waarden voor K_r gewenst zijn. Dit kan leiden tot problemen, met name als de golfbreker is opgebouwd uit meerdere lagen, met een primaire verdediging, filterlagen en een kern. In dat geval wordt het volgende aangeraden. Als overslag overheerst t.o.v. doordringing dan moet de porositeit van de buitenste, meest doorlatende laag, aangehouden worden. In het tegenovergestelde geval moet de porositeit van de minst doorlatende laag, de kern, worden aangehouden.

Opmerking

Het gaat bij overslag en doordringing om onderzoeks-terreinen van empirische aard. Dit betekent, dat betrouwbare resultaten alleen te verwachten zijn, als de praktijksituatie goed overeenkomt met de modellen. In alle andere gevallen moet men voorzichtig zijn met voorspellingen, en is men aangewezen op eigen modelproeven.

De golfbreker van Breskens is er een, waarbij een 'beetje' overslag mag optreden. In dit grensgebied tussen geen-overslag en veel-overslag ontbreekt het ten ene male aan proefresultaten. Dit maakt het erg moeilijk een goede ontwerp- en berekeningsmethode voor transmissie en oploop te kiezen.

3.4. INTERFERENTIE VAN GOLVEN

In de vorige paragrafen zijn de mechanismen, waarbij golven buiten de haven zich naar binnen voortplanten, afzonderlijk aan de orde geweest. Voor elk mechanisme blijkt het mogelijk te zijn een voorspelling te doen van de resulterende golfhoogte in het bekken. Hiermee is het verhaal nog niet af, want uiteindelijk zullen deze golven elkaar in het bekken ontmoeten en interfereren tot één golf. Het is juist deze golf, waarvoor beperkingen van de golfhoogte gelden volgend uit funktionele eisen.

De interferentie is een drie-dimensionaal verschijnsel; niet alleen golfhoogten worden beïnvloed, maar ook de golfrichting. Hierdoor ontstaat een ingewikkeld patroon. Een ander feit, dat het probleem nog gecompliceerder maakt, is het voorkomen van golfspectra i.p.v. regelmatige golven. Het is dan ook niet eenvoudig het resulterende golfpatroon analytisch te bepalen. De enige manier waarop enigszins betrouwbare voorspellingen

gedaan zouden kunnen worden, is door het beproeven van schaalmodellen.

Om toch iets over interferentie van getransmitteerde en gediffracteerde golven te kunnen zeggen wordt aangesloten bij de stelling dat bij interferentie de totale hoeveelheid golfenergie niet verandert. Met dit uitgangspunt kan worden gesteld dat de golfenergie van de resulterende golf gelijk is aan de som van de energie van de samenkomende golven:

$$1/8 * \rho g H_{transm}^2 + 1/8 * \rho g H_{diffr}^2 = 1/8 * \rho g H_{tot}^2$$

wat neerkomt op: $H_{tot} = \sqrt{(H_{trans}^2 + H_{diffr}^2)}$

De hoogte van resulterende golf is aan een bovengrens gebonden als gevolg van funktionele eisen aan de jachthaven van Breskens. Indirekt houdt dit ook een bovengrens in voor diffractie en transmissie. Deze bovengrens kan voor diffractie redelijk goed worden bepaald, omdat dit eigenlijk een vaste waarde is, die niet wezenlijk wordt beïnvloed door hoogte of doorlatendheid van de golfbreker. Deze afhankelijkheid is voor transmissie juist heel sterk, zoals we in voorgaande paragrafen hebben gezien. Daarom is het niet mogelijk direkt een begrenzing aan de transmissie op te leggen, zonder de doorlatendheid of de kruinhoogte te kennen. Daarentegen is het wél mogelijk om de bovengrens indirekt te bepalen, aan de hand van de maximale totale golfhoogte en de maximale diffractie-golf:

$$H_{max,transm} = \sqrt{(H_{max,tot}^2 - H_{max,diffr}^2)}$$

Per golfbrekertype (doorlatend of ondoorlatendheid) moet nu worden gestreefd naar een reductie van de inkomende golf, zodanig dat:

$$H_T (= K_T \cdot H_I) \leq H_{max,transm}$$

Deze eis zal worden gehanteerd bij het ontwerp van de golfbreker.

LITERATUURLIJST bij Hoofdstuk 3

1. Battjes, prof. J.A., 1986,
'Korte Golven',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
2. Dekker, R.M., 1986,
'Het kruinbreedte-effekt van een impermeabele
golfbreker op de golftransmissie door overslag',
afstudeerrapport Technische Universiteit Delft
3. Glerum, prof. ir. A, 1984,
'Inleiding Waterbouwkunde',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
4. Massie, W.W. p.e., 1986,
'Coastal Engineering Volume III Breakwater Design',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
5. Powell, K.A. en Allsop, N.W.H., 1985,
'Low-crest breakwaters: hydraulic performance and
stability', Hydraulic Research Wallingford,
6. Seelig, W.N., 1980,
'Two dimensional tests of wave transmission and
reflection characteristics of laboratory breakwaters',
U.S. Army Coastal Engineering Research Center
7. Stam, C.J.M., 1988
'Taluds van losgestorte steen. Golfoploop op statisch
stabiele stortstenen taluds onder golfaanval',
afstudeerrapport Technische Universiteit Delft
8. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984,
'Shore Protection Manual'

HOOFDSTUK 4

ONTWERP GOLFBREKER

Inhoudsopgave Hoofdstuk 4 ONTWERP GOLFBREKER

- 4.1. Algemeen
 - 4.1.1. Inleiding
 - 4.1.2. Functies golfbreker
 - 4.1.3. Ontwerpgegevens
 - 4.1.4. Beschrijving en selectie golfbrekertypen
 - 4.1.5. Afbakening havendam Breskens
- 4.2. Ontwerp golfbreker - nieuwe deel
 - 4.2.1. Inleiding
 - 4.2.2. Samenvatting ontwerpeisen
 - 4.2.3. Conceptoplossingen
 - 4.2.4. Selectie oplossingen
 - 4.2.5. Uitwerking gekozen variant
 - 4.2.6. Stabiliteitsberekening binnentalud
- 4.3. Ontwerp golfbreker - bestaande deel
 - 4.3.1. Inleiding
 - 4.3.2. Programma van eisen voor ophoging
 - 4.3.3. Verschillen met nieuwe deel
 - 4.3.4. Dimensionering
- 4.4. Ontwerp terreinophoging en taludbescherming
 - 4.4.1. Inleiding
 - 4.4.2. Programma van eisen
 - 4.4.3. Dimensionering
 - 4.4.4. Opspuiting terreinophoging
- 4.5. Uitvoerings- en kostenaspecten
 - 4.5.1. Uitvoeringswerkzaamheden
 - 4.5.2. Globale hoeveelheden
 - 4.5.3. Kosten havendam en terreinophoging
 - 4.5.4. Aanbevelingen voor kostenbesparing

Literatuurlijst

4.1. ALGEMEEN

4.1.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal het ontwerpproces van begin tot eind worden beschreven. In de eerste paragraaf zal het voornamelijk gaan over algemene kenmerken van golfbrekers: de functies (par.4.1.2.) en in de praktijk voorkomende golfbrekertypen (par.4.1.4.). Ook wordt nader ingegaan op de situatie ter plaatse van Breskens, wat betreft waterstanden en golfhoogten (par.4.1.3.). Tenslotte zal in deze eerste paragraaf worden aangegeven hoe de geplande golfbreker van de jachthaven van Breskens grofweg in drie delen is te splitsen. Deze onderverdeling zal worden aangehouden bij de verdere verslaggeving van het ontwerp.

Achtereenvolgens worden in de paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4 de ontwerpvoorstellen van deze drie golfbrekerdelen beschreven. In paragraaf 4.5 zal de uitvoering van de gehele golfbreker worden toegelicht. Daarbij wordt met name ingegaan op de aan te houden volgorde van bouwwerkzaamheden.

In de zesde paragraaf zal tenslotte worden geprobeerd de gebeurtenissen, die mogelijk tot schade kunnen leiden, op een rij te zetten.

4.1.2. Functies van golfbrekers

In zijn algemeenheid dient een golfbreker op één of andere manier invloed uit te oefenen op de golfverschijnselen aan de kust. Deze formulering is voor ontwerpdoeleinden te algemeen en te vaag. Ter specificering onderscheidt men daarom de volgende vier functies (zie fig.4-1):

- 1) golfbescherming
- 2) sedimentkering
- 3) stroomgeleiding
- 4) kadefaciliteiten (bij havendammen)

Afhankelijk van de situatie kan een golfbreker een of meerdere van bovenstaande functies vervullen. Meestal staat bij het ontwerp één functie voorop, en volgen de andere als vanzelf. Zo ook bij Breskens, waar de golfbreker voornamelijk dient ter bescherming tegen de golven op de Westerschelde. Zonder deze bescherming, in casu golfhoogte-reductie, zou geen rustig golfklimaat in de haven kunnen worden gegarandeerd. Dit is noodzakelijk om de schepen te kunnen laten afmeren, en om ze te beschermen tegen losslaan (trosbreuk). Omdat bij Breskens het sedimenttransport van niet te verwaarlozen omvang is, resulterend in een flinke sedimentatie in de haven, spelen ook de stroomgeleidende en sedimentkerende functie een rol.

Als toevoeging aan de vier hoofdfuncties kunnen nog nevenfuncties worden genoemd. Hieronder vallen

bijvoorbeeld de markering t.b.v. de scheepvaart, grondkering en rij- of wandelgelegenheid (zie fig.4-1).

dam	functies	eisen
zeezijde	a1 golfbescherming	kruinhoogte vormgeving doorlatendheid absorptie ruwheid
	a2 golfreductie	idem
	b stroomgeleiding	kruinhoogte doorlatendheid ruwheid
	c1 zandkering	kruinhoogte doorlatendheid
	c2 slibkering	idem
	d markering	kruinhoogte 'skyline' kleur
havenzijde	e terrein(grond)kering	kruinhoogte doorlatendheid
	f aanleggelegenheid	kruinhoogte, -breedte vormgeving van de havenzijde
kruin	g rijgelegenheid c.q. wandelgelegenheid	kruinhoogte, -breedte oppervlakte-structuur

figuur 4-1 Functies van golfbrekers

Die functies, die de golfbreker uiteindelijk moet vervullen, kunnen worden vertaald in een pakket van funktionele eisen. Sommige hiervan staan aangegeven in figuur 4-1. Aan het begin van de paragrafen 4.2, 4.3 en 4.4 wordt hierop teruggekomen, als het eisenpakket meer in detail wordt uitgewerkt.

Het verschil in functies heeft in de praktijk tot verschillende typen golfbrekers geleid. In paragraaf 4.1.4. wordt hierop ingegaan.

4.1.3. Ontwerpgegevens

4.1.3.1. De ligging van de golfbreker

De plaatskeuze van de uitbreiding van de reeds bestaande oostelijke havendam is afhankelijk van een aantal factoren, in een tweetal groepen te onderscheiden:

1. factoren verband houdend met het gebruiksdoel van de desbetreffende jachthaven
2. civieltechnische aspecten in verband met de constructie-mogelijkheden van de desbetreffende havendam

Een afweging van alle factoren zal tenslotte tot een optimale plaats leiden.

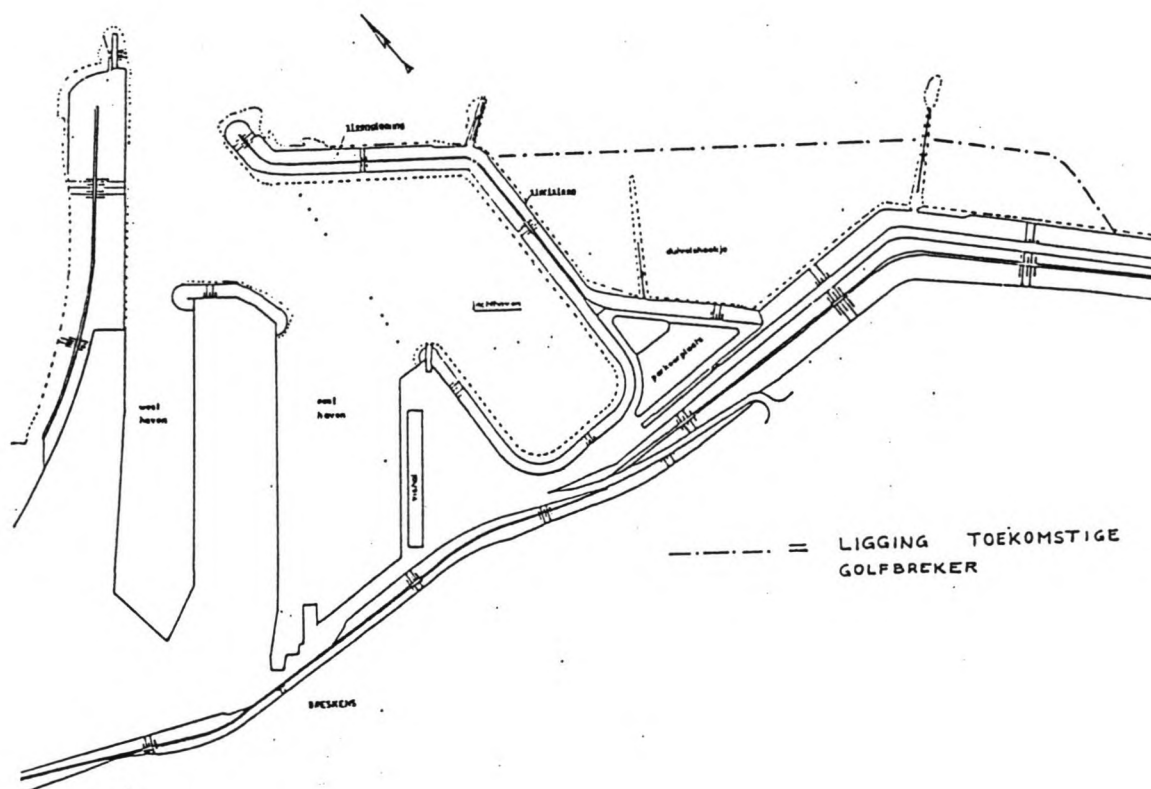
Met betrekking tot het gebruiksdoel van de jachthaven heeft de volgende faktor invloed op de plaatskeuze:

- de wens van de jachthavenvereniging Breskens om de huidige capaciteit van ligplaatsen ongeveer te verdubbelen. Een voorgaande studie naar het optimaliseren van de baggerkosten heeft uitgewezen, dat de huidige in- en uitgang van de haven het beste gehandhaafd kunnen worden. Het ligt dus voor de hand in oostelijke richting uit te breiden.

Ten aanzien van de civieltechnische aspecten kan men in het algemeen stellen dat:

- de lokatie zodanig moet worden gekozen, dat de bestaande kust niet of zo min mogelijk zal worden beïnvloed in de vorm van aanzanding of erosie
- gestreefd moet worden naar een plaats waar de invloed van het getij en van de golven niet te groot is
- de waterdiepte niet te groot mag zijn, omdat met toenemende diepte de problemen groter worden en de bouwkosten stijgen.

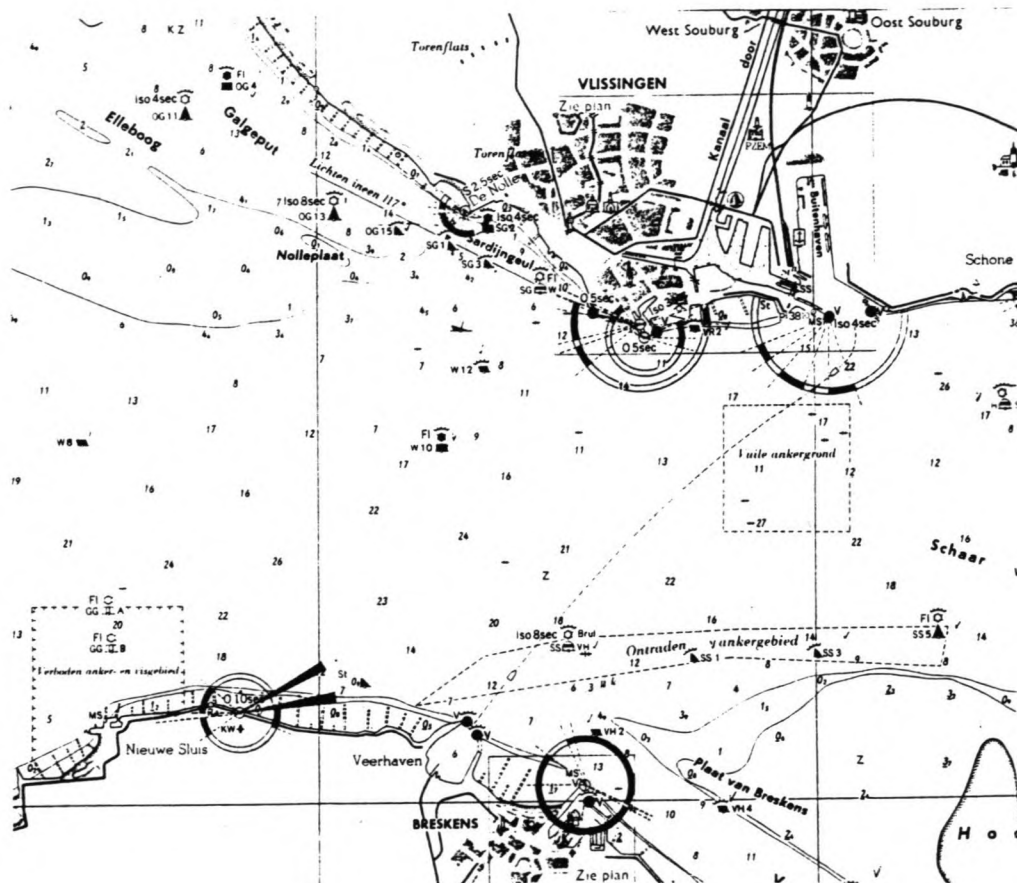
In het kader van deze studie naar de aanleg van een uitbreiding van de golfbreker kan een duidelijke plaatskeuze worden gemaakt. De lokatie van de toekomstige golfbreker is aangegeven in figuur 4-2.



figuur 4-2 Tracé toekomstige golfbreker

4.1.3.2. Diepte en bodemgesteldheid

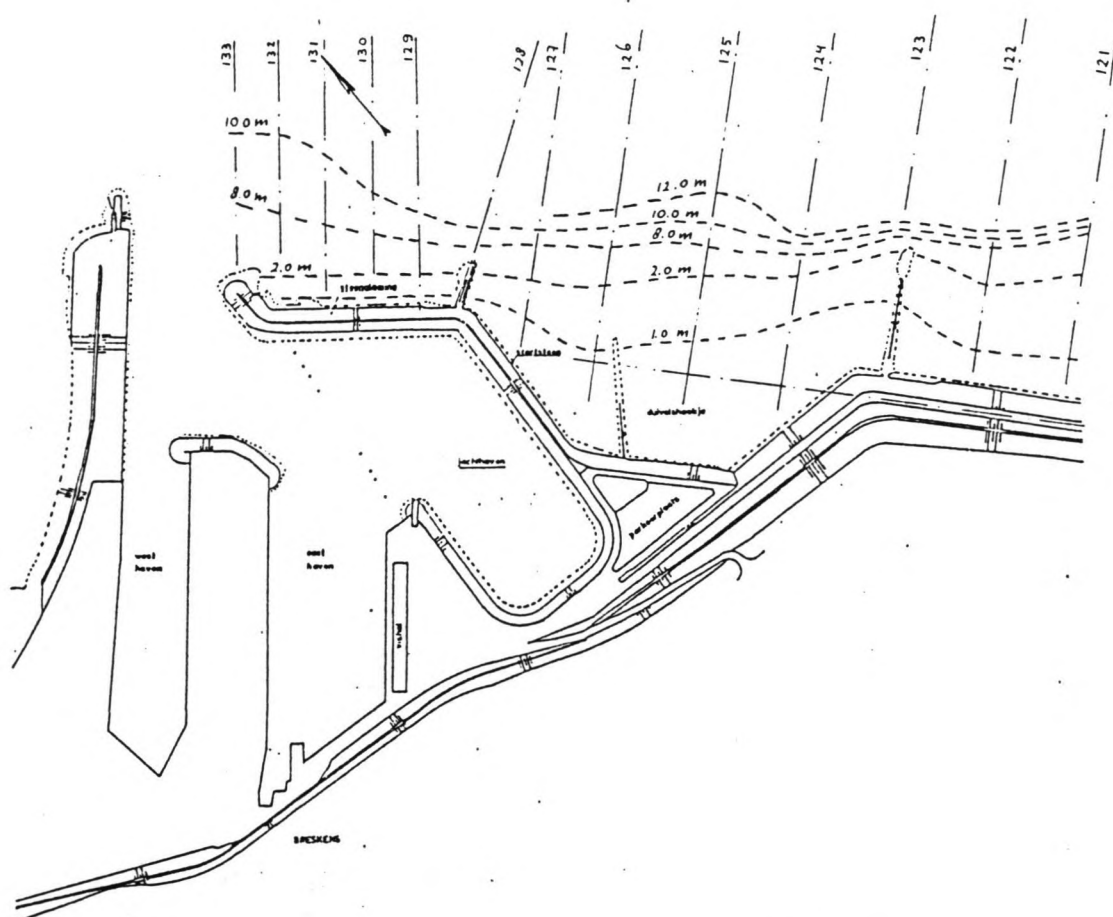
Gegevens omtrent de diepte van de Westerschelde zijn ontleend aan zeekaarten. Hierop staat de voor de scheepvaart belangrijke minimale waterdiepte ten opzichte van laag laagwater spring (LLWS) aangegeven. In figuur 4-3 zijn de belangrijkste dieptelijnen voor het beschouwde gebied aangegeven.



figuur 4-3 Waterdiepten Westerschelde t.o.v. LLWS

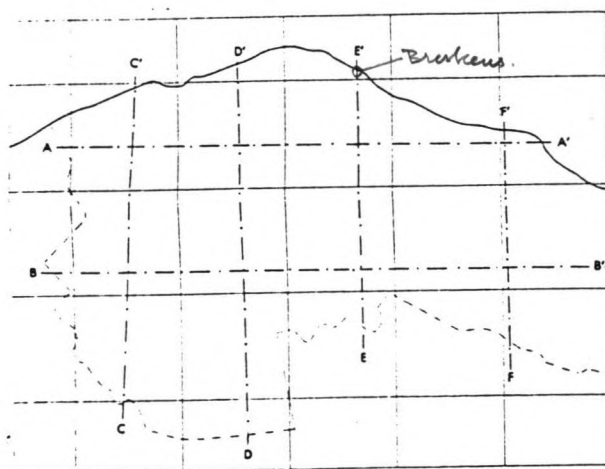
De plaatselijke waterdiepten zijn ontleend aan peilgegevens van zowel Rijkswaterstaat als het waterschap "Het vrije van Sluis". In figuur 4-4 is de situatie aangegeven voor de meetraaien 121 tot 133.

Duidelijk is te zien, dat ter plaatse van de as van de nieuwe golfbreker de diepte van de bodem schommelt rond het niveau N.A.P. -1.5 m over de volle lengte.

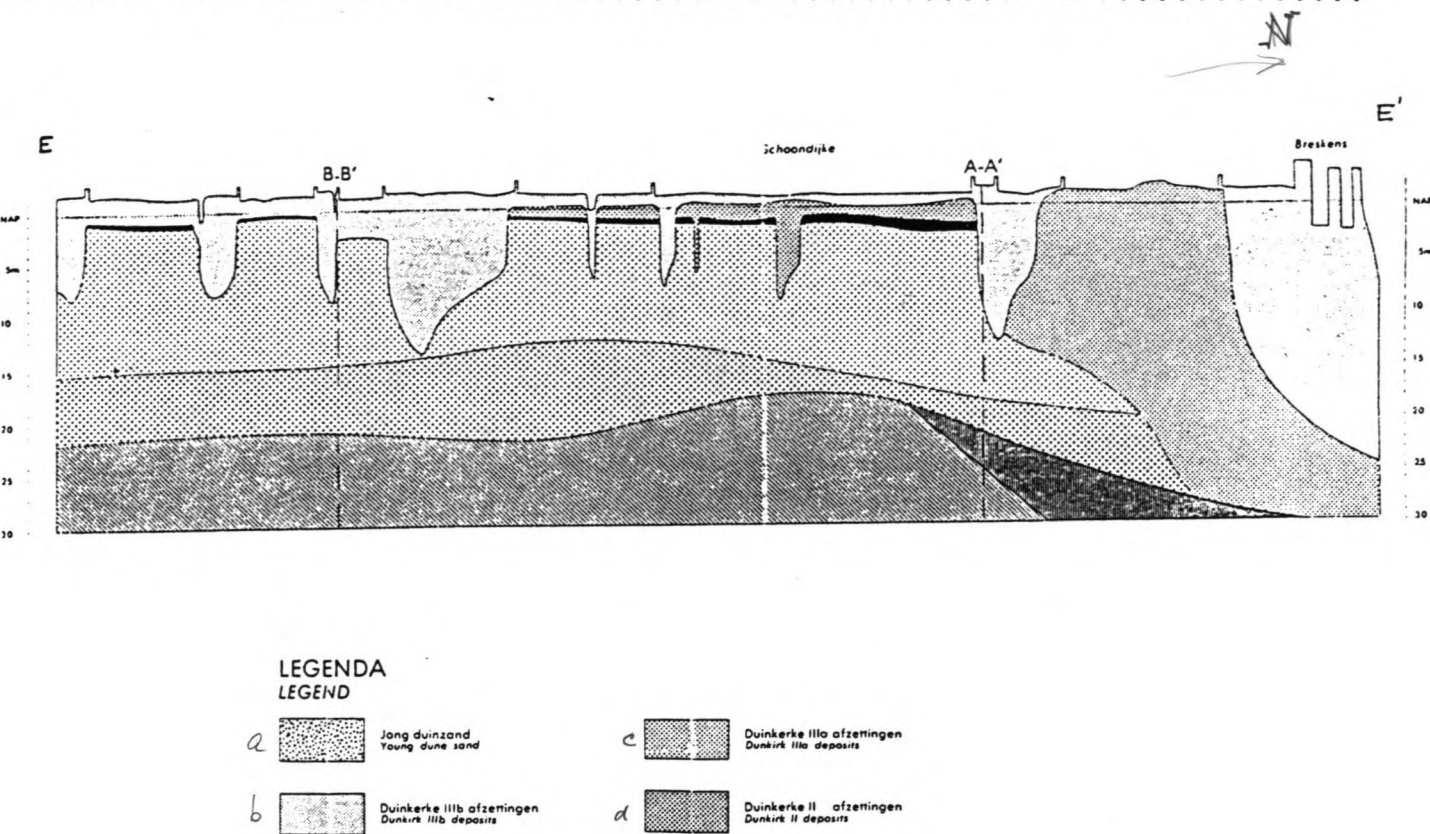


figuur 4-4 Dieptelijnen t.p.v. jachthaven Breskens

De samenstelling van het bodemmateriaal ter plaatse van Breskens is reeds door geologisch georiënteerde instanties onderzocht. Met behulp van geologische kaarten kan een kenmerkend geologisch profiel voor het beschouwde gebied gevonden worden, met bovendien een indicatie omtrent de laagdikte. Figuren 4-5 en 4-6 laten dit zien.

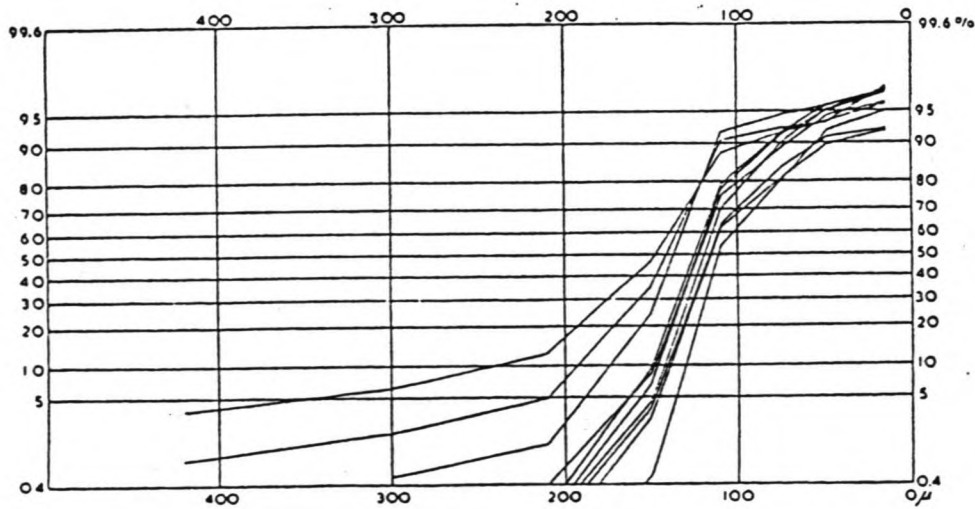


figuur 4-5 Overzicht bodemprofielen in West-Zeeuws-Vlaanderen



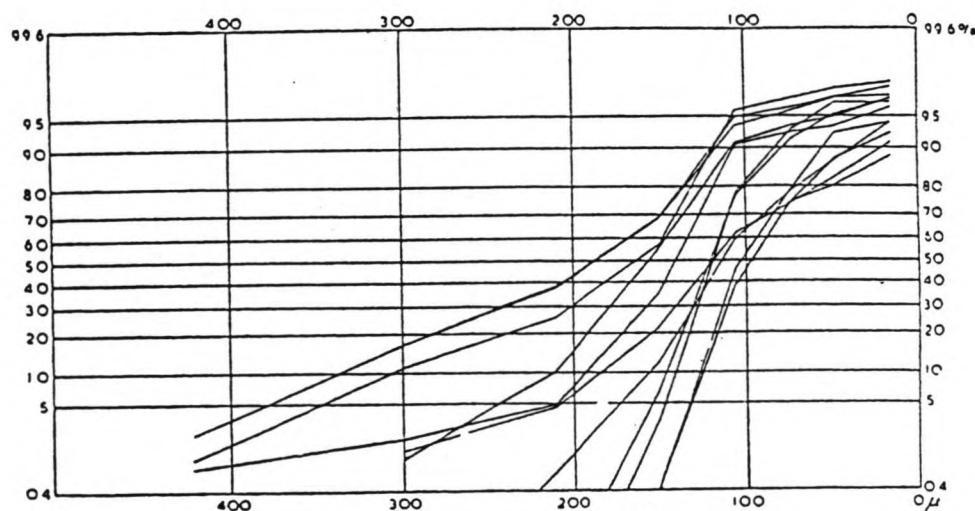
figuur 4-6 Doorsnede bodemopbouw Zeeuws-Vlaanderen

Van het bodemprofiel is af te lezen, dat ter plaatse van Breskens de bodem bestaat uit 'afzettingen van Duinkerke' (kreekafzettingen) tot een diepte van omstreeks 20 meter. Dit betekent dat de ondergrond tot ca. 20 meter diepte uit zeer jonge afzettingen bestaat, die in het algemeen zeer zandig zijn met hier en daar ingesloten kleilenzen.



figuur 4-7 Sommatiecurven van de korrelgrootte-verdeling van monsters jong zeezand

In de figuren 4-7 en 4-8 zijn enkele curven weergegeven, die de korrelgrootte-verdeling van dit zand vertegenwoordigen. De curven in figuur 4-7 vertegenwoordigen twee typen, nl. van een fijn, sterk gesorteerd zand en van een eveneens fijn, vrij goed gesorteerd zand met wat grovere bestanddelen. Het eerste type bevat geen materiaal groter dan 210 μm . Tot 105 μm lopen de curven steil op, waarna zij naar rechts ombuigen om daarna min of meer horizontaal te verlopen naar de fijne zijde. Dit type wordt vooral gevonden op Schouwen, Tholen en het oosten van Noord-Beveland. Wanneer bij grotere stroomsnelheden ook grovere korrels vervoerd kunnen worden, ontstaat het zand van het tweede type. De curven van dit type verschillen van de vorige door de aanwezigheid van een wisselend gehalte grovere bestanddelen, waardoor een 'grove staart' aan de curven ontstaat. Overigens hebben zij een analoog verloop. In tegenstelling met het eerste type is het gehalte aan materiaal van 16 - 105 μm zeer klein, blijkt het horizontale verloop van de curven hiertussen. Dit zand wordt vooral in westelijk Zeeuws-Vlaanderen gevonden.



figuur 4-8 Sommatiecurven van de korrelgrootte-verdeling van de afzettingen van Duinkerke

Figuur 4-8 toont nog enkele curven waarbij dezelfde twee typen zijn terug te vinden. Het fijne, sterk gesorteerde zand zonder grove korrels is afkomstig van Schouwen-Duiveland, oostelijk Zuid-Beveland en oostelijk Zeeuws-Vlaanderen. Het grovere zand komt uit westelijk Zeeuws-Vlaanderen, oostelijk Tholen en Walcheren. In het algemeen zou men uit bovenstaande kunnen afleiden, dat het grovere zand in het uiterste westen van de provincie voorkomt. Naar het oosten neemt de korrelgrootte af, en wordt hoofdzakelijk fijn zand zonder grove korrels gesedimenteerd, hetgeen gezien de grotere afstand tot zee en de rustige omstandigheden t.a.v. de stroming geheel

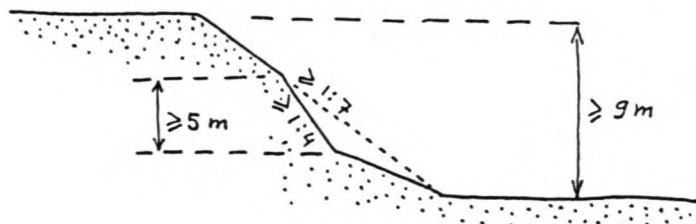
verklaarbaar is. Dicht bij de kust zullen de stroomsnelheden groter zijn, zodat grover materiaal kan worden aangevoerd en gesedimenteerd.

De provincie Zeeland staat bekend om het voorkomen van oever- en dijkvallen (zettingsvloeiingen). Het verschijnsel komt voor in gebieden waar de ondergrond uit zeer losgepakt zand bestaat. Als in dit zand een evenwichtsverstoring optreedt (bijvoorbeeld tengevolge van trillingen of doordat een geulwand te steil wordt en afschuift als gevolg van erosie) zal het losgepakte zand een dichtere pakking aannemen, waardoor het poriënvolume afneemt. Het water dat zich in de poriën bevindt kan niet snel genoeg wegstromen. De verhoogde waterspanning plant zich in het massief voort en doet de korrelspanning afnemen. De grondmassa gaat zich als een zware vloeistof gedragen en vloeit uit. Een dergelijke zettingsvloeiing kan een erboven liggende dam meesleuren.

Om vast te stellen of het zand gevoelig is voor zettingsvloeiingen kan gebruik worden gemaakt van informatie over het poriëngehalte. Het gehalte, waarbij bij toename van de schuifspanning in het grondpakket nog juist geen volumeverkleining optreedt en de losse pakking overgaat in een vaste, wordt de kritieke dichtheid genoemd (in feite dus het kritieke poriëngehalte).

Het blijkt, dat een zettingsvloeiing optreedt indien:

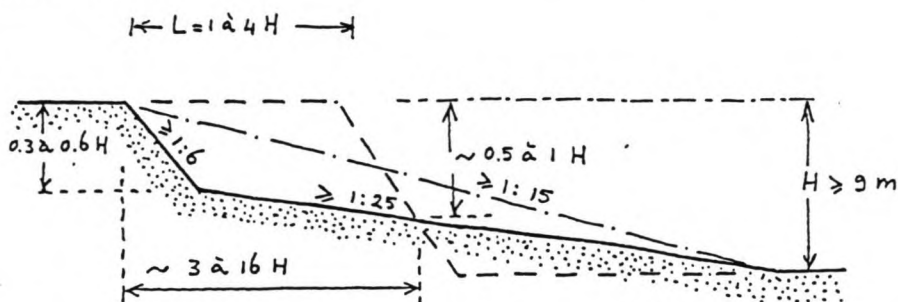
1. het bodemmateriaal zettingsvloeiingsgevoelig is, d.w.z. het in situ gemeten poriëngehalte groter is dan het kritieke gehalte.
 2. de dikte van de zettingsgevoelige laag 5 meter of meer bedraagt.
 3. de ontgrondingskuil over meer dan 5 meter hoogte een talud steiler dan 1:4 heeft (taludhoek $\beta \sim 15^\circ$).
- Doorgaans blijkt dit het geval voor ontgrondingskuilen met een diepte groter dan 9 meter. De gemiddelde aanzethelling over de totale ontgrondingskuil is dan groter dan 1:7 ($\beta \sim 8^\circ$).



figuur 4-9 Langsprofiel waarbij een zettingsvloeiing waarschijnlijk is

Na het optreden van de zettingsvloeiing blijkt de volgende configuratie van de ontgrondingskuil waargenomen:

1. gemiddelde eindhelling steiler dan 1:15 ($\sim 4^\circ$) (onafhankelijk van de kuildiepte voor de vloeiing); hierbij was de aanzethelling groter dan 1:6 ($\sim 10^\circ$) en de evenwichtshelling groter dan 1:25 ($\sim 2^\circ$).
2. hoogte van de aanzethelling bedroeg 30 à 60 % van de diepte van de ontgrondingskuil.
3. inscharing = 3 à 13 maal ontgrondingsdiepte
 inscharing = 5 à 16 maal valdiepte
 valdiepte = 0.5 à 1 maal ontgrondingsdiepte
4. in lengte waarover de bovenbegrenzing van de ontgrondingskuil wordt aangetast blijkt een zeer grote spreiding: 1 à 4 maal de ontgrondingsdiepte; voor 95 % van de waarnemingen blijkt de lengte meer dan 170 meter.



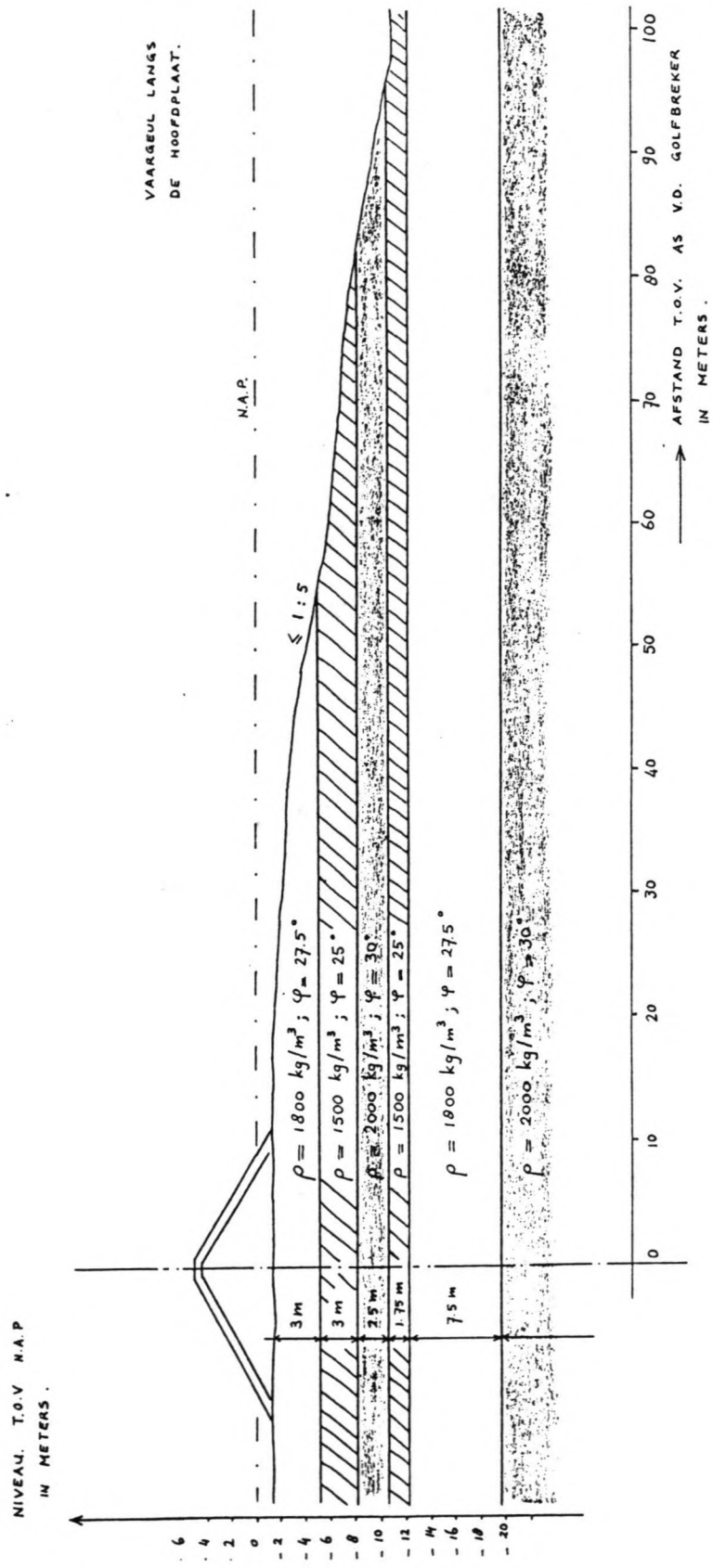
figuur 4-10 Langsprofiel na optreden zettingsvloeiing

Als de plaatselijke omstandigheden bij de golfbreker nader beschouwd worden, blijkt dat er in eerste instantie geen problemen met zettingsvloeiingen te verwachten zijn. Ook al heeft de praktijk geleerd, dat in de Zeeuwse delta een zeker risico bestaat op het optreden van zettingsvloeiingen, nader onderzoek naar de samenstelling van het bodemmateriaal ter plaatse heeft uitgewezen, dat niet aan de voorwaarden voor optreden van zettingsvloeiingen wordt voldaan. De lagen, die mogelijk een zettingsvloeiing zouden kunnen initiëren, zijn daarvoor te dun en lopen onder een te flauwe helling. Zie hiervoor ook de dwarsdoorsnede-tekening, figuur 4-11. De doorsnede is getekend aan de hand van boringen en sonderingen aangegeven in bijlage 4.1.

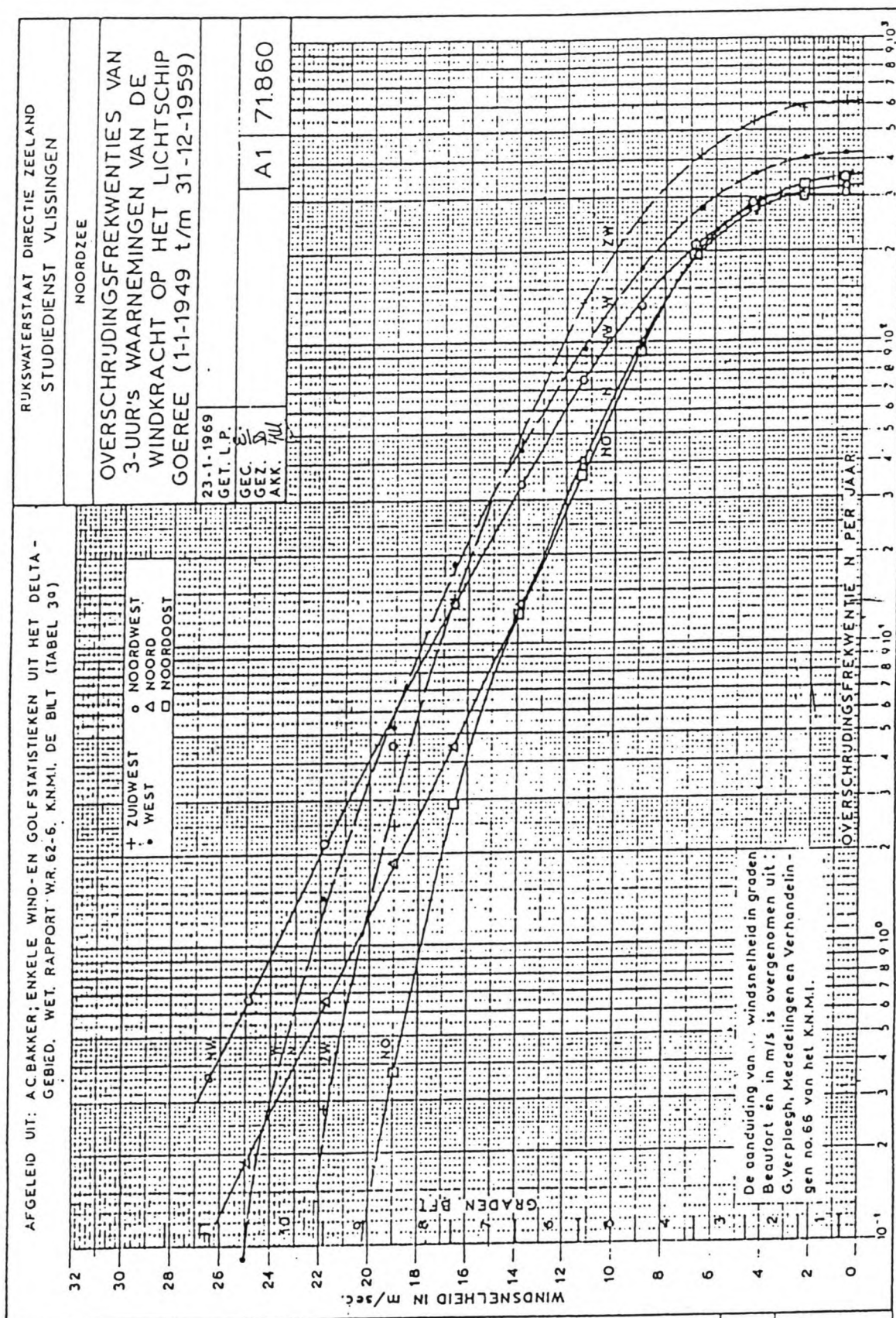
4.1.3.3. Wind en golven

Aan boord van het Nederlandse lichtschip 'Goeree' zijn over een lange periode windwaarnemingen verricht. Rijkswaterstaat heeft gedetailleerde golfmetingen verricht langs de Nederlandse kust.

In deze paragraaf wordt het resultaat beschreven van een analyse van de beschikbare informatie, op grond waarvan voor de beschouwde jachthaven van Breskens de voor het ontwerp van de oostelijke havendam benodigde



figuur 4-11 Dwarsprofiel t.p.v. jachthaven Breskens



figuur 4-12 Overschrijdingsfrequenties van windsnelheden
gemeten op het lichtschip Goeree

ontwerpgolfhoogten zijn vastgelegd. De analyse zelf is uitgevoerd in hoofdstuk 2.

Windkracht

Uit waarnemingen van de windkracht op het lichtschip 'Goeree', gecombineerd met enkele windstatistieken uit het deltagebied, ontleend aan het K.N.M.I., is figuur 4-12 afgeleid.

Op grond van voornoemde informatie kan in zijn algemeenheid worden gesteld:

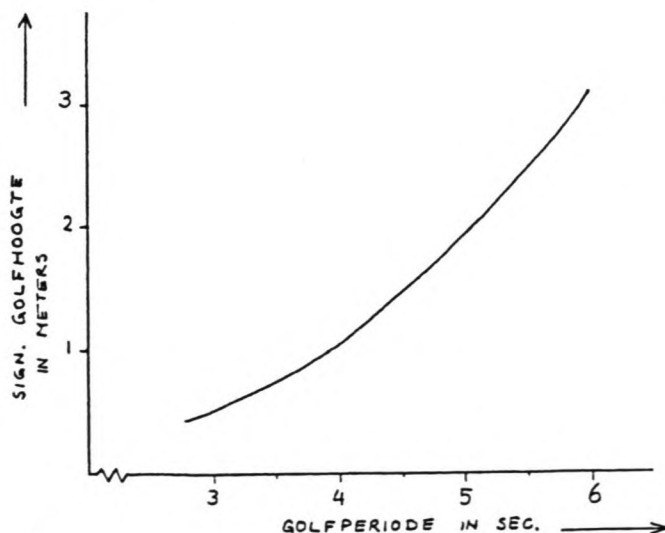
- stormen uit NW met windsnelheden van ca. 18 m/s komen gemiddeld 10 maal per jaar voor (windkracht 8).
- stormen uit NW met windsnelheden van ca. 24 m/s komen gemiddeld eenmaal per jaar voor (windkracht 10).
- stormen uit NW met windsnelheden van ca. 30 m/s komen gemiddeld eenmaal per 10 jaar voor (windkracht 12).

Uit de figuur blijkt verder, dat het overgrote deel van de tijd de windrichting ligt tussen ZW en NW en bij de hogere windsnelheden voornamelijk tussen W en NW.

Golven

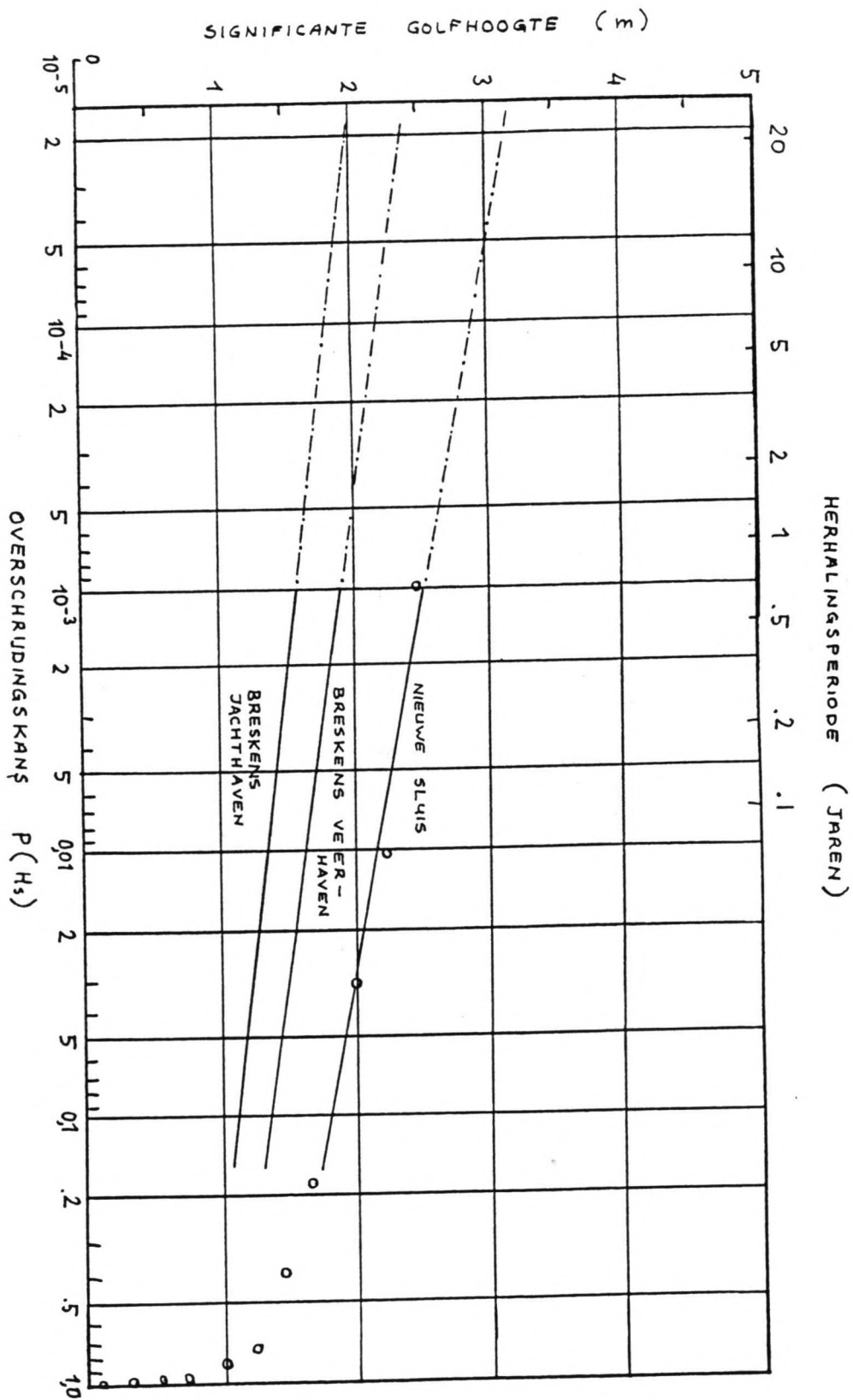
Uit richting Noordwest: golfwaarnemingen langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen (met name Nieuwe Sluis) ten tijde van noordwester-stormen zijn omgewerkt tot een overschrijdingsfrequentie-lijn van de golfhoogte (zie fig. 4-14). In eerste instantie kan (bij gebrek aan golfperiode-metingen) voor de golfperiode gebruik worden gemaakt van de empirische relatie, die voor de Noordzee is afgeleid:

$$T = 3.94 * H_s^{0.376}$$



figuur 4-13 Verband golfhoogte en golfperiode voor de Noordzee

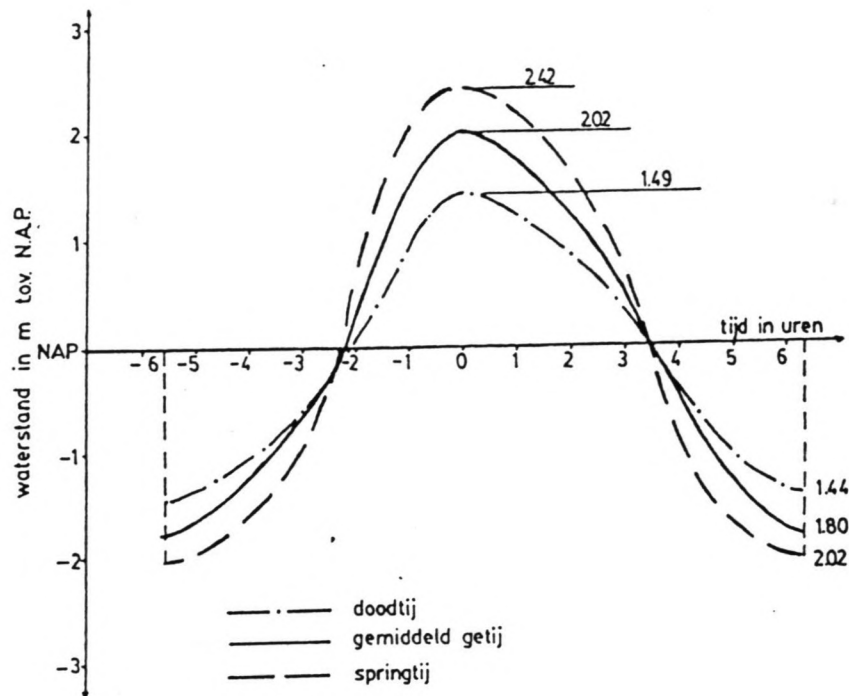
Voor meer gegevens met betrekking tot het golfklimaat ter plaatse van Breskens wordt verwezen naar hoofdstuk 2.



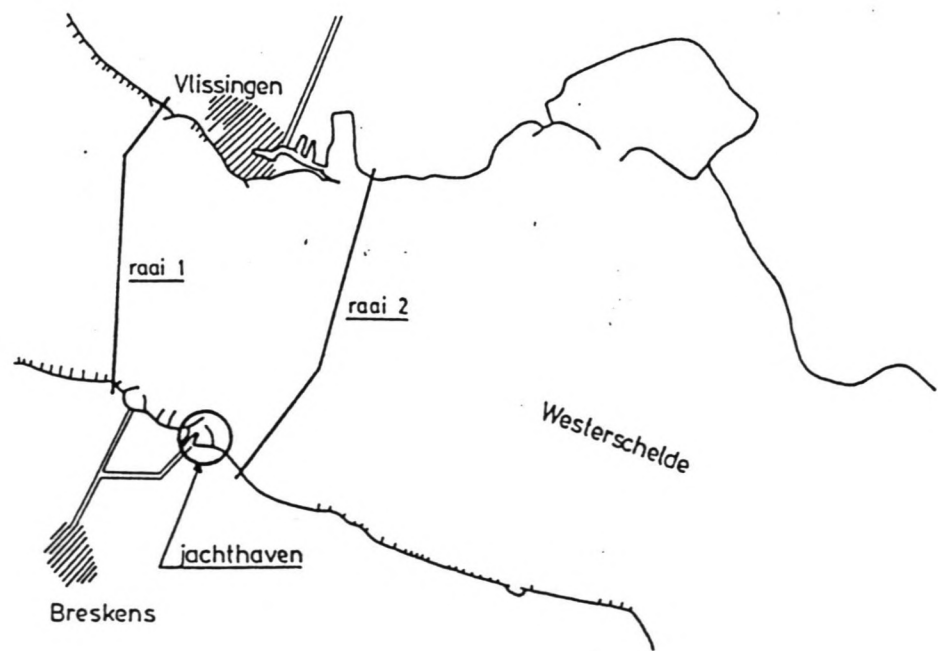
figuur 4-14 Overschrijdingsfrequentie-lijn golfhoogte
Breskens

4.1.3.4. Waterstanden en stroomsnelheden

De getijkromme in Breskens ziet er als volgt uit:

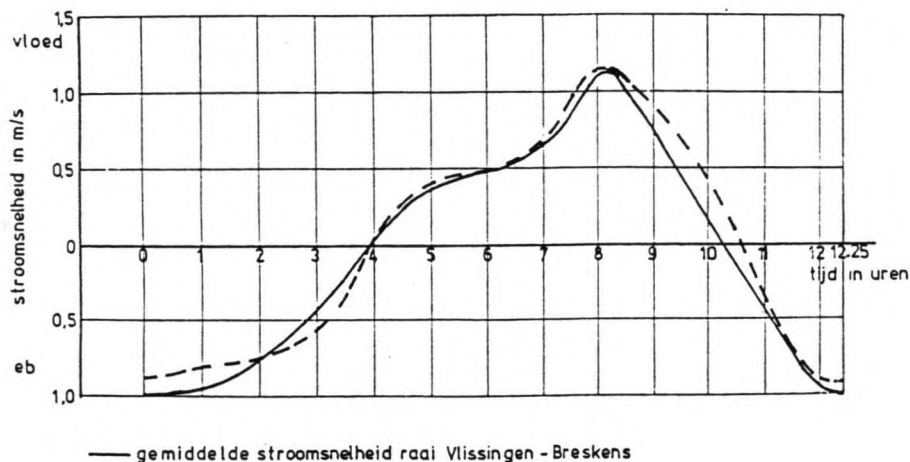


figuur 4-15 Getijkromme Breskens



figuur 4-16 Meetraaien Westerschelde

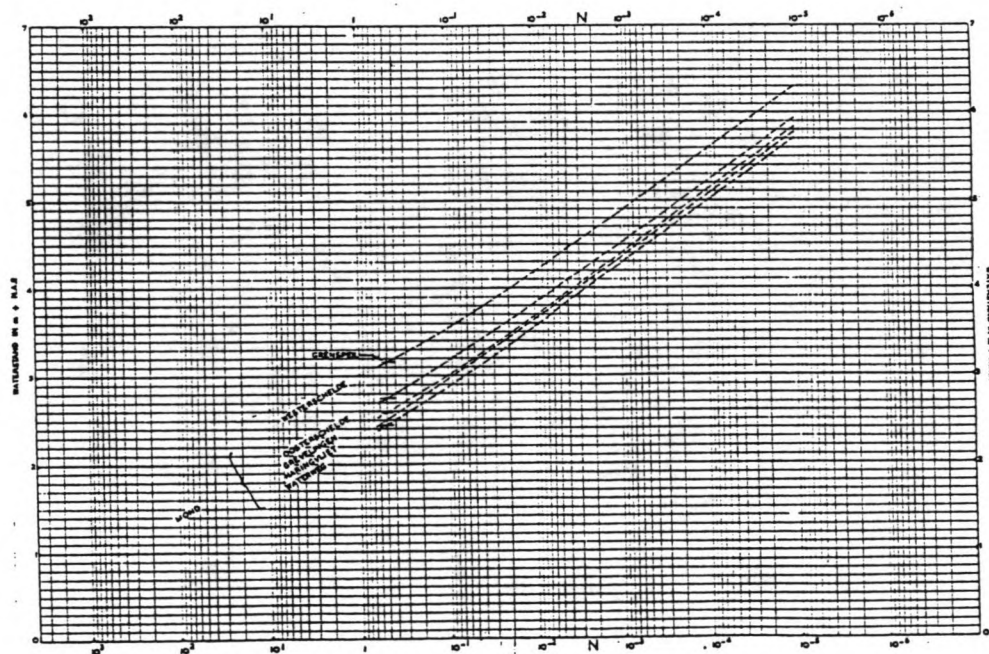
In figuur 4-17 staat de stroomsnelheid in de raai Vlissingen-Breskens afgebeeld.



figuur 4-17 Stroomsnelheden Vlissingen-Breskens

Voor meer informatie over het horizontale en verticale getij zij verwezen naar bijlage 4.2.

De overschrijdingslijn van de hoogwaterstanden langs de mond van de Westerschelde, zoals aangegeven in het "Rapport Deltacommissie" is hieronder weergegeven in figuur 4-18.



figuur 4-18 Overschrijdingslijn hoogwaterstanden langs Noordzeekust volgens Deltacommissie

4.1.3.5. Beschikbare constructiematerialen

Het ligt voor de hand, dat de materialen die gebruikt worden voor de opbouw van een golfbreker bepaalde eigenschappen moeten bezitten. Hier volgt een opsomming van karakteristieken waaraan het bouw materiaal moet voldoen:

- duurzaamheid; het materiaal moet tegen de elementen opgewassen zijn tijdens de economische levensduur van de constructie.
- hoge dichtheid; het benodigde gewicht van stortsteen in met name de buitenste lagen als verdediging is sterk afhankelijk van de dichtheid.
- goedkoop; dit geldt voornamelijk voor een rubble-mound golfbreker, omdat deze relatief veel materiaal nodig heeft.

Overigens is het zo dat de benodigde eigenschappen van de constructiematerialen sterk kunnen variëren met de plaats, waar ze in de golfbreker voorkomen. Zo stelt de kern van een golfbreker heel andere eisen aan het materiaal dan bijvoorbeeld de primaire verdedigingslaag.

Als de toekomstige golfbreker van Breskens in openschouw wordt genomen, kan het volgende worden opgemerkt t.a.v. constructiematerialen. In Vlissingen is een fabriek gevestigd, waar als hoofdprodukt fosfor en als nevenprodukt ferrofosfor wordt vervaardigd, dat in de staalindustrie wordt toegepast om hoogwaardige legeringen te verkrijgen. Een ander nevenprodukt, de fosforslak, ontstaat als resultaat van een afkoelingsproces van een continu afgetapt afvalprodukt. Het aldus vast geworden gesteente is in alle opzichten volledig bestendig en geschikt voor toepassing in de waterbouw. Dit materiaal veroorzaakt absoluut geen gevaar voor het milieu. Onderzoek van Rijkswaterstaat heeft dit onderschreven.

Het bedrijf heeft het volgende leveringsprogramma voor de waterbouw wat betreft korrelgrootte:

- 'tout venant'
- 40 - 180 mm
- 20 - 40 mm
- 0 - 40 mm

Voor de fosforslakken gelden verder de volgende specificaties:

- soortelijke massa 2700 kg/m³
- volumegewicht (los gestort) ca. 1700 kg/m³
- volumegewicht (verdicht) ca. 1900 kg/m³
- hoek van natuurlijk talud ca. 40°

De fosforslakken worden door het bedrijf tot in het transportmiddel (bijv. steenstorters) geleverd, waarbij de volgende prijzen worden gehanteerd:

- 'tout venant' f 10,50 per ton
- 40 - 180 mm f 13,50 per ton
- 20 - 40 mm idem
- 0 - 40 mm idem

In het zuiden van België zijn op het ogenblik enkele groeven in bedrijf, waar stortsteen wordt gewonnen. Van de fysische eigenschappen van deze stortsteen trekken de volgende kenmerken de bijzondere aandacht:

- gemiddelde dichtheid (specifiek gewicht) 2600 kg/m³
- gemiddelde drukvastheid: 30 - 35 kN/cm²
- geen enkele porositeit
- vorst en dooi hebben geen enkele invloed
- buitengewone weerstand tegen wrijving en slijtage.

Deze eigenschappen maken de desbetreffende stortsteen uitermate geschikt voor veelvuldig gebruik in de weg- en waterbouw, waar hoge eisen worden gesteld. Deze stortsteen heeft zijn grote bruikbaarheid ook bewezen bij verscheidene havenwerken in België, ondermeer te Oostende en Zeebrugge, en werd met zeer goed gevolg aangewend in de havenhoofden te IJmuiden.

De groeven leveren stortsteen in verschillende categorieën. De meest gangbare graderingen zijn:

10 - 60 kg	f 27,50 per ton (excl. transport)
10 - 80 kg	idem
40 - 80 kg	idem
80/100 - 300 kg	idem
300 - 1000 kg	f 33,00 per ton
1 - 3 ton	idem
3 - 6 ton	idem

Naar aanleiding van een prijsopvraag bij Rijkswaterstaat is het volgende meegedeeld. Standaardprijzen voor Belgische breuksteen:

5 - 80 kg	f 33,45 per ton (incl. transport)
80 - 300 kg	f 36,75 per ton
200 - 1000 kg	f 39,60 per ton

Toepassing van verdedigingselementen, die fabrieksmatig gemaakt worden van al dan niet gewapend beton, zoals bijvoorbeeld betonkubussen, dolossen e.a., komen niet in aanmerking voor de toekomstige golfbreker van de jachthaven Breskens. Dergelijke elementen worden alleen toegepast, als er in de nabijheid geen breuksteen voorradig is, die zwaar genoeg is om aan de hydraulische belasting (golven en stroming) de nodige weerstand te bieden.

Bovendien is natuurlijke breuksteen gewoonlijk het goedkoopste per ton, ook al heeft men er vaak een grotere hoeveelheid van nodig. Tenslotte is er het grote voordeel, dat er geen betonfabriek nodig is, wanneer uitsluitend met stortsteen wordt gewerkt.

4.1.4. Beschrijving en selectie golfbrekertypen

Door steeds de accenten bij de functies van golfbrekers te verleggen is het mogelijk een scala aan verschillende typen golfbrekers te ontwikkelen. In de praktijk ontstaan nieuwe typen meestal als variant op een bestaand en beproefd oplossingsprincipe.

Grofweg zijn er 3 categorieën oplossingsprincipes te onderscheiden:

1. taludconstructies
2. verticale wandconstructies
3. speciale constructies.

Wanneer welk type moet worden toegepast, wordt hoofdzakelijk bepaald door de omstandigheden ter plaatse, en door de functie. De verticale wand- en de taludconstructie zijn het bekendst en worden het meest toegepast. Vooral met het laatste type heeft men veel praktijkervaring opgedaan; op zichzelf al een reden voor toepassing. Speciale constructies past men eigenlijk alleen toe in situaties met bijzondere eisen en/of omstandigheden.

Onderstaande figuur toont enkele algemene kenmerken van de eerste twee categorieën. De speciale constructies zijn hierin niet opgenomen, omdat deze voor de jachthaven bij Breskens een minder praktische groep oplossingen vertegenwoordigt. Hierop wordt later nog teruggekomen.

Taludtype		Waltype	
voordelen	nadelen	voordelen	nadelen
Goede verdeling van de druk door het gewicht over de funderingsgrond			Vereist een goede eventueel te maken funderingsgrond i.v.m. de geconcentreerde belasting
Flexibel t.a.v. zettingen en schade		Biedt meer effectieve havenoppervlakte	Niet flexibel t.a.v. zettingen en schade. Overbelasting resulteert als regel in een totaal vernielde dam
Schade eenvoudig te repareren Gemakkelijk onderhoud		Nagenoeg geen onderhoud	Bij schade moeilijk te repareren
Om dezelfde golfreductie te bereiken, is een lagere kruin dan bij een dam van het waltype nodig	De havenzijde is niet als aanlegplaats te gebruiken	De havenzijde is als aanlegplaats te gebruiken	Om eenzelfde golfreductie te bereiken is een hogere kruin dan bij een dam van het taludtype nodig
Eenvoudige uitvoering	Grote hoeveelheden materialen	Snelle uitvoering, althans in rustig water	Moerlijke uitvoering in gebieden met frequent relatief hoge golfbeweging
Geringe reflectie van golven, daardoor relatief minder golfbeweging, zowel in als buiten de haven		Nauwere havenmond op waterniveau; daardoor minder golfdoor-dringing en betere markering voor de scheepvaart	Grotere reflectie van golven, daardoor relatief meer golfbeweging, zowel in als buiten de haven
	Als regel niet berijden begaanbaar, tenzij de kruin daarvoor wordt ingericht	Als regel berijden- en begaanbaar	

figuur 4-19 Vergelijking golfbrekertypen

.....

Uit de tabel blijkt, dat het verticale wandtype (=waltype) een iets hogere kruin vereist dan het taludtype. Daar staat tegenover, dat de breedte aan de teen van het waltype veel kleiner is dan van het taludtype, doordat de laatste onder een helling (flauwer dan 1:1) moet worden gebouwd. Dit kan een aanzienlijk verschil in doorsnede en dus ook in materiaalverbruik opleveren. Dit verschil is groter naarmate op dieper water moet worden geconstrueerd. Dit is eigenlijk het belangrijkste voordeel van een wandconstructie.

Een verdere vergelijking van de verschillende typen zal worden gemaakt aan de hand van een toetsing van hun respectievelijke eigenschappen aan de situatie bij Breskens. Op basis hiervan worden de meest geschikte typen geselecteerd om te worden uitgewerkt tot conceptoplossingen (zie par.4.2.3).

De haven bij Breskens kan worden gekarakteriseerd als een haven aan ondiep water ($d < \frac{1}{2}L$). Zoals is beschreven in paragraaf 4.1.3. ligt de gemiddelde waterdiepte rond de anderhalve meter onder N.A.P.-niveau. Bij deze diepte kan nauwelijks besparing op materiaalverbruik worden verwacht door het toepassen van het wandtype. Hiermee vervalt het belangrijkste voordeel van dit type. Ook de samenstelling van de ondergrond, nl. jong zeezand, is in het nadeel van het waltype. Dit zand heeft een relatief lage dichtheid ($< 2000 \text{ kg/m}^3$) door de aanwezigheid van kleideeltjes en water, waardoor zettingen niet onmogelijk en zelfs niet onwaarschijnlijk zijn (zie ook par.4.1.3.). Monolitische constructies, zoals het wandtype, zijn erg gevoelig voor zettingen, omdat ze niet zo flexibel zijn dat ze deze kunnen volgen. De schade- en bezwijkgevoeligheid hangen hier nauw mee samen, aangezien zettingen het falen van de constructie kunnen inluiden.

Voor constructies van het taludtype is dit veel minder het geval. Omdat deze meestal zijn opgebouwd uit losse elementen, is de flexibiliteit groot, en de gevoeligheid voor falen derhalve relatief klein. Deze eigenschap heeft ertoe geleid, dat men in de praktijk vaak aan dit type de voorkeur geeft, wanneer de duurzaamheid van de constructie in het geding is.

Een derde belangrijk aspect bij de keuze van een geschikt type, is de mate waarin aansluiting op de bestaande golfbreker mogelijk is. Dit geldt zowel de fysische als de visuele aansluiting.

Nogmaals wordt ter herinnering gebracht, dat de huidige golfbreker is uitgevoerd als een gezette steenglooing, dus van het taludtype. Uiteindelijk moeten nieuwe en bestaande (na aanpassing aan de nieuwe ontwerpeisen) één geheel vormen. Aansluiting van monolitische en speciale constructies op een talud is zonder ingrijpende sloopwerkzaamheden fysisch erg moeilijk en visueel vrijwel onmogelijk. Ook wat dit aspect betreft is het taludtype dus in het voordeel.

.....

Een vierde probleem waar men in Breskens voor staat is het aanzienlijke slibbezwaar. In de huidige situatie moet eenmaal per twee jaar het bekken volledig worden uitgebaggerd. Dit wijst op een niet gering sedimenttransport bij de jachthaven. Speciale constructies, zoals een bellenscherm of een drijvende golfbrekerconstructie fungeren slecht als het gaat om bescherming tegen sedimenttransport; zij zijn veel te doorlatend. Dit is, samen met de 'moeilijke' aansluiting, de reden dat speciale constructies niet in de afweging zijn betrokken.

Concluderend kan worden gesteld, dat golfbrekers van het taludtype meer voor toepassing bij de jachthaven van Breskens in aanmerking komen dan van het wandtype. Na deze conclusie zijn we er nog niet, want ook binnen het taludtype bestaan nog veel varianten, en ook combinaties van een wand met een talud zijn nog denkbaar. Deze combinaties zijn over het algemeen erg duur, en hebben het nadeel van een interne discontinuïteit, en vallen daardoor af.

De bekledingslaag van een taludgolfbreker kan zijn opgebouwd uit een los patroon van stenen (een 'ruwe' bekleding) of uit een vast patroon in een steenzetting (een 'gladde' bekleding). Voor een ruwe helling en voor een gladde helling zullen concept-oplossingen worden ontwikkeld in paragraaf 4.2. Bekleding met behulp van 'armor units' (kunstmatige stenen) zal niet worden onderzocht om redenen, die bij de beschrijving van de beschikbare materialen zijn uiteengezet (zie par.4.1.3.).

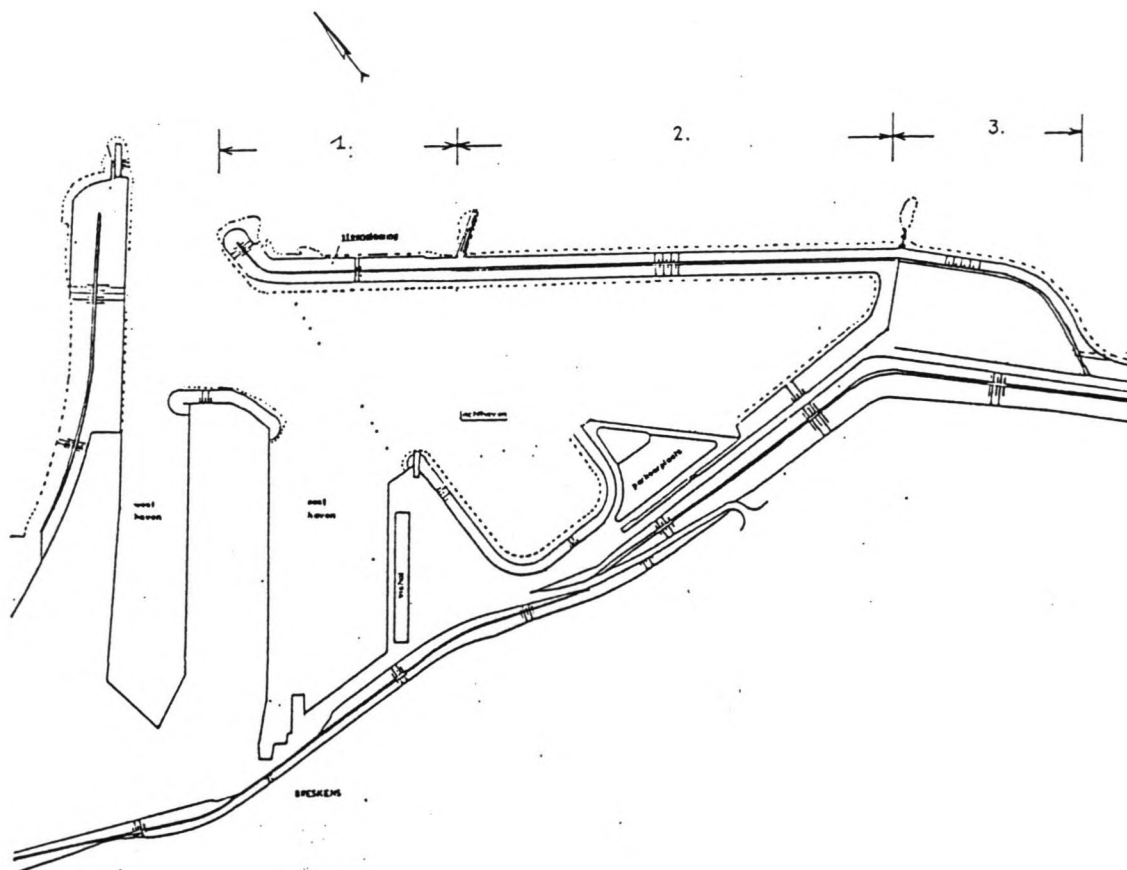
Samenvattend wordt gesteld, dat voor twee varianten van het taludtype concept-oplossingen zullen worden ontwikkeld, te weten:

- A. talud met gladde bekleding d.m.v. steenzetting
- B. talud met ruwe bekleding van stortsteen.

4.1.5. Afbakening havendam Breskens

In de vorige paragraaf is de problematiek van de aansluiting van het nieuwe golfbrekergedeelte op het bestaande stuk aan de orde geweest. Daarin werd aangegeven, dat men bij het ontwerpen van een (nieuwe) golfbreker niet om het bestaan van de huidige dam heen kan, met andere woorden er zijn beperkingen ten aanzien van het ontwerp van de golfbreker. Deze beperkende invloed strekt zich niet alleen uit tot de keuze van een bepaald type, zoals uit de vorige paragraaf bleek, maar heeft ook gevolgen voor het nadere ontwerp.

Bij het ontwikkelen van concept-oplossingen wordt deze laatste invloed nog buiten beschouwing gelaten. Deze oplossingen bevinden zich immers nog in een zodanig globaal stadium, dat het niet zinvol is uitgebreid in te gaan op details (o.a. aansluiting). Hierdoor is het mogelijk geworden de koppeling tussen oude en nieuwe golfbreker (tijdelijk) los te laten.



figuur 4-20 Plattegrond toekomstige jachthaven

De totale havendam kan worden opgedeeld in drie stukken (zie fig.4-20):

1. huidige golfbreker
2. nieuwe golfbreker
3. terreinophoging en taludbescherming

De taludbescherming verschilt hierin van de toekomstige golfbreker, dat de waterbeweging in de constructie veel minder vrij mag plaatsvinden. Het omsloten terrein is bestemd als bouwgrond voor een appartementencomplex. In verband met het beperken van de kans op overstroming van het terrein, en de beheersing van het waterpeil (t.b.v. de fundering), is het wenselijk het terrein te beschermen door een waterkerende constructie. Dit stelt specifieke eisen aan de dam, waardoor een ander ontwerp zal ontstaan. Uiteraard zullen de zichtbare delen hiervan zoveel mogelijk overeenkomstig het ontwerp van de nieuwe golfbreker worden uitgevoerd.

4.2. ONTWERP GOLFBREKER - NIEUWE DEEL

4.2.1. Inleiding

In deze paragraaf zal worden belicht aan welke specifieke eisen het golfbreker-ontwerp zal moeten voldoen om aan de wensen van de jachthavenvereniging tegemoet te komen. Vervolgens worden globaal twee mogelijke alternatieven nader beschouwd, te weten een golfbreker met een steenzetting en een van losgestorte breuksteen. Deze typen bleken na een selectie (zie par.4.1.4) het meest geschikt.

Een afgewogen keuze zal worden gemaakt, waarna een definitief ontwerp zal worden nagestreefd. Deze paragraaf zal worden beëindigd; met wat stabiliteitsbeschouwingen ten aanzien van het binnentalud van de golfbreker.

4.2.2. Samenvatting ontwerpeisen

Puntsgewijs zal nu een samenvatting worden gegeven van de belangrijkste wensen van de jachthavenvereniging van Breskens aangaande de golfbreker.

- De as van de golfbreker wordt als vaststaand aangenomen
- Het constructieve ontwerp moet een levensduur hebben van omstreeks 50 jaar.
- Het ruimtegebruik (met name de breedte) van de golfbreker moet binnen de perken gehouden worden.
- Het is wenselijk, in verband met de goedkope levering, de kern van de golfbreker uit te voeren met behulp van fosforslakken.

Het voorgaande geeft een aantal punten, waar bij het maken van een ontwerp van een havendam rekening gehouden dient te worden. In aanvulling hierop worden nog wat functionele criteria vastgesteld, aan de hand waarvan de constructieve vormgeving (profiel, wel/geen berm) van de toekomstige golfbreker kan worden bepaald.

FUNKTIONELE EISEN

1. Ten behoeve van de veiligheid tijdens het afmeren van de schepen mag de golfhoogte in het havenbekken, opgewekt door stormcondities met een frequentie van éénmaal per 3 jaar, de toelaatbare hoogte van 0.30 m. niet overschrijden.
2. Stormomstandigheden, waarbij een golfhoogte van 0.70 meter in het havenbekken wordt gegenereerd, mogen slechts éénmaal in de 50 jaar voorkomen. Anders zal er sprake zijn van aanzienlijke schade aan schepen en steigers.

.....

In verband met het werkelijke constructieve ontwerp van de verdedigingslagen van de golfbreker en van de ondersteunende teenbescherming dienen ook enkele sterkte-criteria te worden geformuleerd.

STERKTE-EISEN

1. De verdedigingslagen van de golfbreker alsmede van de andere benodigde oevervoorzieningen moeten zo sterk worden uitgevoerd, dat een ontwerpstorm met een frequentie van voorkomen van éénmaal per 20 jaar, zonder noemenswaardige schade opgevangen kan worden.
2. Tijdens de uitvoeringswerkzaamheden zal een storm met een frequentie van voorkomen van 10 maal per jaar doorstaan moeten kunnen worden.

Vanwege het feit, dat enige mate van golfoverslag en golfdoordringing geaccepteerd kan worden, is het een noodzaak om speciale aandacht te schenken aan de constructieve aspecten ten aanzien van kruin en binnentalud van de golfbreker.

Ten aanzien van de bekledings-/verdedigingslagen kan nog een aantal extra eisen worden gesteld, als het doel van de verdedigingslaag in herinnering wordt gebracht; te weten het vormen van een beschermende laag voor het kernmateriaal van de dam:

- het onderliggende materiaal moet worden vastgehouden; de bekleding moet, mede met een eventuele filterconstructie, voorkomen dat het kernmateriaal wordt uitgespoeld en afgevoerd
- de verdedigingslagen als geheel moeten stabiel zijn tegen afschuiven
- om volledig aan haar doel te kunnen blijven beantwoorden is het van belang, dat de verdediging eventuele vormveranderingen van het talud kan volgen (zettingen en/of ontgrondingen).

Teneinde de kosten van aanleg te optimaliseren kunnen de volgende uitvoeringstechnische en onderhoudseisen worden gesteld:

- De verdedigingslagen moeten snel en eenvoudig zijn aan te brengen; bij voorkeur op machinale wijze. Voor de aanleg van de dam is slechts de beperkte tijd van april tot oktober beschikbaar (buiten het stormseizoen). Voor de dagelijkse getijzone op de dam geldt de eis van een snelle verwerking nog duidelijker.
- Wanneer er onverhoopt plaatselijk schade optreedt, is het belangrijk dat de bekleding op gemakkelijke en snelle manier is te repareren.

4.2.3. Conceptoplossingen

In de paragraaf waar de mogelijke golfbrekertypen werden beschouwd (par.4.1.4), kwam uiteindelijk naar voren, dat er voor het specifieke geval van de golfbreker van Breskens twee alternatieven in eerste instantie de voorkeur verdienen, te weten:

- golfbreker met de buitenste verdedigingslaag uitgevoerd als steenglooing/-zetting
- golfbreker van losgestorte steen als bekleding

Van beide typen zal een maatgevend dwarsprofiel worden bepaald, volgend uit de functionele eisen ten aanzien van golfoverslag. Ook zal de benodigde verdediging worden gedimensioneerd, rekening houdend met de sterkte-criteria.

Terwille van de overzichtelijkheid zal eerst het type met steenzetting worden beschouwd (par.4.2.3.1) en daarna de constructie van losse stortsteen (par.4.2.3.2).

In dit stadium zal geen aandacht worden geschonken aan constructieve details, zoals de teen ter bescherming en ondersteuning van de onderzijde van het buitentalud, het onderliggende filter e.d., omdat deze zaken voor beide mogelijke oplossingen globaal hetzelfde resultaat zullen opleveren, en derhalve geen criterium vormt die van invloed is op de keuze.

4.2.3.1. Verdediging middels losgezette betonelementen

De huidige oostdam van de jachthaven Breskens is uitgevoerd met een verdediging van traditionele, natuurlijke basaltzuilen (lengte ca. 0.30 m) gezet op een laag gebroken grind (20-40 mm) met daaronder op sommige plaatsen een 0.65 m. dikke laag mijnsteen.

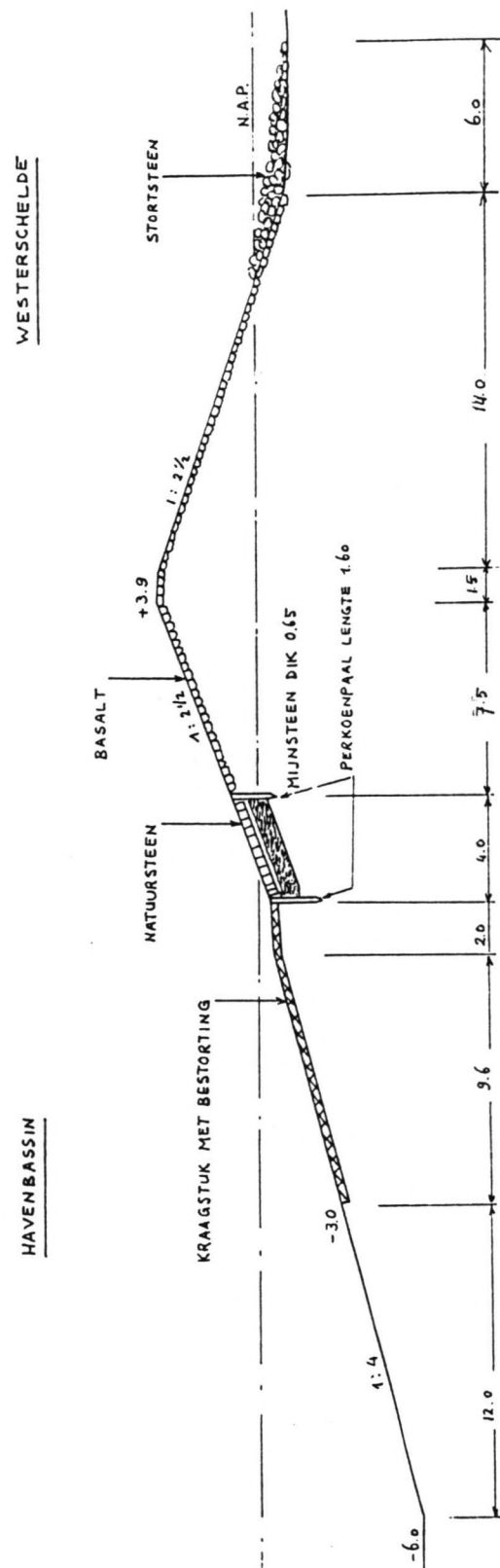
De taluds, zowel het binnen- als buitentalud, staan onder een helling van 1 : 2½.

Een dwarsdoorsnede van de oostdam is weergegeven in figuur 4-21.

Als mogelijke oplossing voor de nieuw te bouwen dam ligt het voor de hand om een verdedigingsconstructie van basaltzuilen nader toe te lichten.

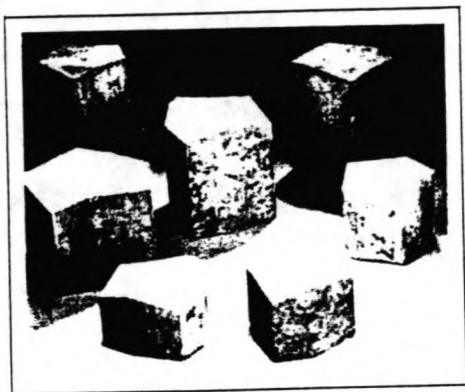
Basaltzuilen worden in Nederland gemaakt van beton, in verschillende soorten en maten. De basaltzuil heeft ten opzichte van de traditionele basaltblokken enkele duidelijke voordelen:

- Alle basaltzuilen hebben dezelfde hoogte, zodat een snelle en effectieve verwerking mogelijk is.
- Basaltzuilen hebben het voordeel dat ondermijning onmiddellijk zichtbaar wordt, omdat als gevolg van de tapse vorm (het dwarsoppervlak aan de onderkant is iets groter dan aan de bovenkant) de zuilen in het profiel omlaag zakken bij zetting of ontgronding van de onderlagen.



figuur 4-21 Dwarsdoorsnede huidige havendam

- Vanwege de tapse vorm kunnen de basaltzuilen, indien goed gezet, zich slechts naar beneden verplaatsen, en niet worden opgedrukt door overdrukken.



figuur 4-22 Basaltzuilen

4.2.3.1.1. Benodigde kruinhoogte

De functionele eisen ten aanzien van golfoverslag, die een toelaatbaar golfklimaat in de haven moeten garanderen, zijn bepalend voor de afmetingen van de aanstaande golfbreker.

Het moge duidelijk zijn, dat een golfbreker met een verdediging van gezette basaltzuilen tot de categorie der gladde, ondoorlatende golfbrekers gerekend moet worden.

In het voorgaande hoofdstuk (hoofdst.3) is diep ingegaan op de theorie rond het verschijnsel van golfploop en -transmissie bij een dergelijk type golfbreker. Bij de afleiding van de kruinhoogte zal daar in ruime mate gebruik van worden gemaakt.

De hydraulische omstandigheden, die voor dit probleem gehanteerd worden, betreffen een ontwerpstorm uit de richting Noordwest met een frequentie van voorkomen van éénmaal per 3 jaar met windgolven waarvoor de volgende numerieke waarden gelden:

significante golfhoogte = H_s = 1.70 m
 golfperiode = T = 4.8 s
 golflengte = L = 40 m

Er wordt bovendien van uitgegaan dat tegelijkertijd een stormvloedstand optreedt met dezelfde frequentie van voorkomen, waarvoor geldt:

stormvloedstand: N.A.P. +3.10 m

De toelaatbare golfhoogte in het jachthavenbassin voor het onderhavige geval is in eerste instantie gesteld op 0.30 m voor het totaal van golfoverslag en golfindringing, ten gevolge van diffractie rond de havenhoofden. Gegeven het feit dat, ten gevolge van diffractie alléén, een golf in het havenbekken wordt gegenereerd van ca. 0.10 m (zie par.3.2) kan ook voor de golf die door overslag wordt opgewekt een bovengrens worden aangegeven (zie ook par.3.4).

De maximale golfhoogte voor golven opgewekt door overslag bedraagt dan 0.25 m.

Hiermee is het mogelijk geworden om vast te stellen, wat de maximale waarde moet zijn van de transmissie-coëfficiënt K_T . Er geldt:

$$K_{T,max} = \frac{H_T}{H_I} \leq 0.15$$

In het kort volgt nu een overzicht van de beschikbare formules ter afschatting van de golfoploop en ter bepaling van de transmissie-coëfficiënt, welke in hoofdstuk 3 zijn behandeld.

voorspelling golfoploop: formule van Franzius (1965)

$$\frac{R}{H} = C_1 * (0.123 \cdot \frac{L}{H}) (C_2 \cdot H/d + C_3)$$

waarin: R = golfoploop t.o.v. stilwaterpeil [m]
 H = significante golfhoogte [m]
 L = lokale golflengte [m]
 d = waterdiepte aan de teen [m]
 C_1 , C_2 en C_3 = empirische coëfficiënten
 (zie tabel 3-2)

afschatting transmissie door overslag: Seelig (1980)

$$K_{t_o} = C \cdot (1 - F/R)$$

waarin: K_{t_o} = transmissie-coëfficiënt
 C = empirische coëfficiënt
 $C = 0.51 - 0.11 \cdot B/h$
 B = kruinbreedte [m]
 h = kruinhoogte t.o.v. bodem [m]
 F = kruinhoogte t.o.v. stilwater [m]
 R = golfoploop t.o.v. stilwater [m]

Invullen van de numerieke waarden in de oplooppformule levert voor de golfoploop R:

$$R = 3.80 \text{ m.}$$

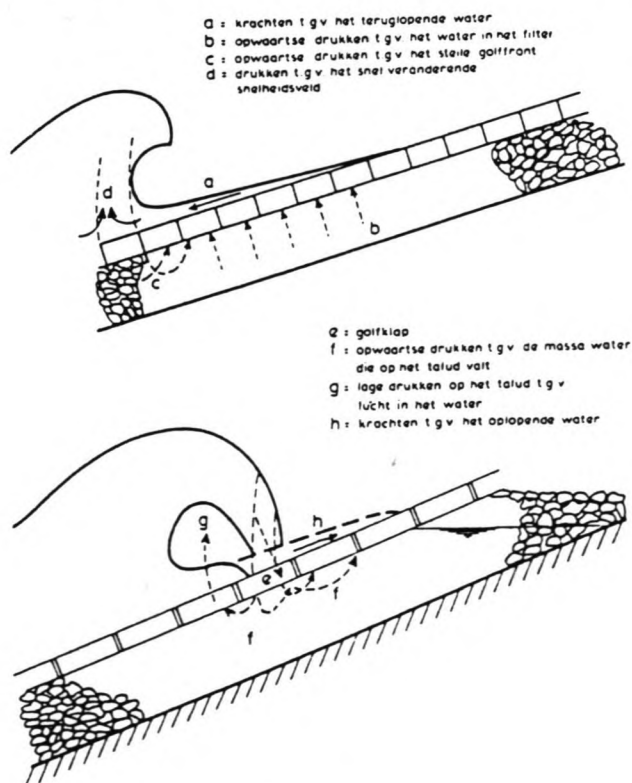
Dit betekent, dat het gemiddelde van het hoogste derde deel van de golven in de ontwerpstorm een niveau van N.A.P. +6.90 m ($= 3.80 + 3.10$) zouden kunnen bereiken. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat is uitgegaan van een taludhelling van de golfbreker van 1 : 2½.

De kruin van de gewenste golfbreker kan echter aanzienlijk lager aangenomen worden dan N.A.P. +6.90 m, omdat in dit geval, volgens de theorie van Seelig, een transmissie-coëfficiënt zou worden gevonden met de waarde nul ($F - R = 0$). Iteratief kan worden nagegaan, door invulling van de overige numerieke gegevens, dat uiteindelijk een kruinhoogte van N.A.P. +6.00 m voldoet aan de functionele eisen ten aanzien van acceptabele golftransmissie ($K_{t0} \leq 0.15$).

4.2.3.1.2. Dimensionering stabiele steenzetting

Voor het dimensioneren van een bekleding moet men niet alleen de belastingen kennen, maar ook de sterkte van het materiaal. Het gewicht van de basaltzuilen is bekend, maar ook de nog onbekende grootte van het klemmend effect tussen de zuilen behoort tot de sterkte-eigenschappen.

De uitwendige hydraulische belastingen bestaan voornamelijk uit windgolven. Als men de krachten bekijkt, die worden uitgeoefend door de windgolven, dan kunnen deze worden onderscheiden in (zie fig.4-23):



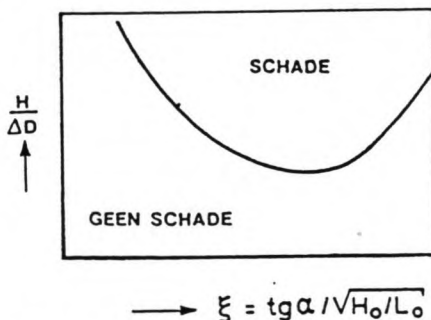
figuur 4-23 Golfbelasting op gezette steen

Een bekleding van basaltonzuilen behoort tot de groep van zogenaamde 'open bekledingen'. Dit betekent dat bij deze bekleding doelbewust openingen of voegen tussen de zuilen aanwezig zijn, waardoor water kan in- en uitstromen. De genoemde opwaartse drukken zullen dan nauwelijks kunnen ontstaan.

De taps toelopende voegen tussen de basaltblokken worden vaak opgevuld met steenslag, waardoor de zuilen een vaste stand in de glooiing krijgen. Trekproeven tonen aan dat een kracht van enkele tonnen nodig is om één zuil uit het beloop te tillen. De bekleding wordt dan ook betiteld als een geklemde zetting.

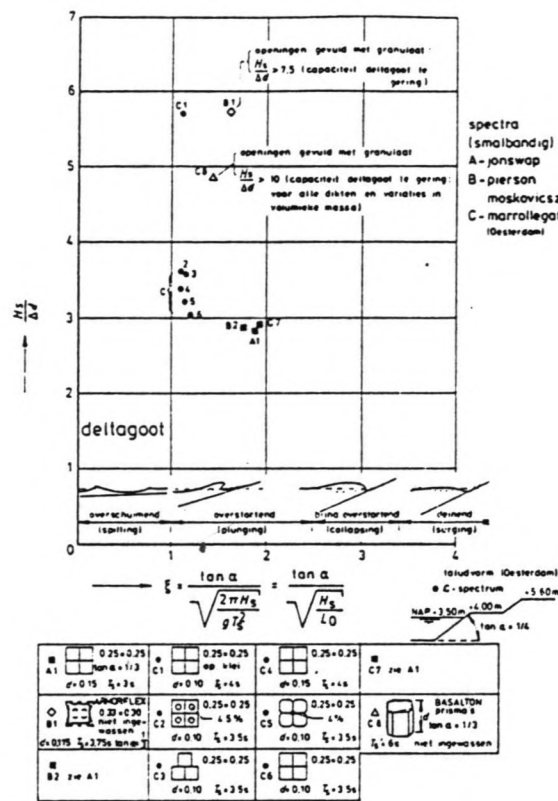
Om genoemde aspecten nader te onderzoeken is in 1982 modelonderzoek verricht in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium in De Voorst op prototype-schaal. Daarbij is een taludbekleding gebouwd die bij verschillende golfhoogtes is getest.

De resultaten van een steenzetting kunnen in het algemeen worden weergegeven in een grafiek, waar op de horizontale as de brekerparameter (ξ) staat aangegeven. Deze brekerparameter is afhankelijk van de taludhelling, de golfhoogte en de golflengte. Hij geeft ondermeer aan hoe de golf breekt op het talud. In Nederland komt het type van de 'plunging-breker' het meeste voor. Op de verticale as staat de dimensieloze sterkte-parameter ($H/\Delta D$), die de verhouding tussen golfhoogte en het produkt van soortelijke massa en diameter van de steen aangeeft. In figuur 4-24 is een en ander afgebeeld.



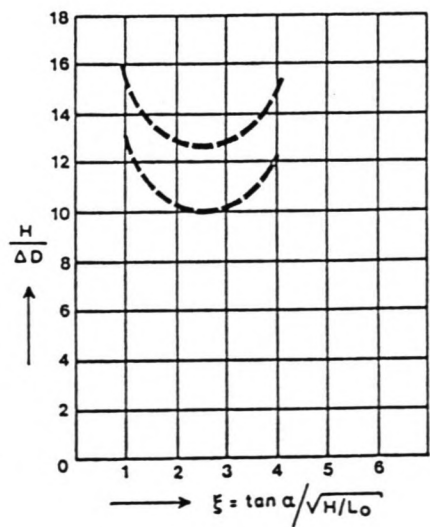
figuur 4-24 Sterkte van een glooiing uitgezet in een grafiek

Blijft men onder de schadelijn, dan is de bekleding stabiel, daarboven instabiel. Bij de beproevingen in de Deltagoot bleek het niet mogelijk om schade te veroorzaken bij de maximale golf die in de goot geproduceerd kon worden. Hoe de schadelijn voor basaltonzuilen precies loopt is dan ook niet helemaal te zeggen. In figuur 4-25 zijn stabiliteitsgetallen van diverse blokkenbekledingen, waaronder basaltonzuilen, bij beproeving met onregelmatige golven weergegeven.



figuur 4-25 Stabiliteitsgetallen volgens uit proeven in de Deltagoot

Zoals uit figuur 4-25 valt af te lezen, kan men op grond van extrapolatie van de resultaten verwachten, dat de $H/\Delta D$ -waarde boven de 10 zal liggen. Hoe de geëxtrapoleerde schadelijn mogelijk zal lopen is aangegeven in figuur 4-26.



figuur 4-26 Mogelijke schadelijnen voor basaltonzuilen

Bij deze proeven is alleen gekeken naar de toplaag van de constructie. De stabiliteit van de gehele bekleding hangt ook sterk af van de aanwezige onderlagen. Onderzoek naar de invloed hiervan is gewenst om de juiste schadelijs voor de toplaag te kunnen vaststellen.

De zuilen kunnen in afmetingen variëren van 150 mm tot 400 mm en in gewicht van 2300 tot 3000 kg/m³.

De sterkte-eis geeft aan dat de verdediging moet worden ontworpen voor op een storm, die éénmaal per 20 jaar voorkomt. De golfeigenschappen voor een dergelijke storm luiden als volgt:

significante golfhoogte: $H_s = 1.90$ m

golfperiode: $T = 5.0$ s

golflengte: $L = 40$ m

De helling van het talud wordt weer aangenomen op 1 : 2½. De brekerparameter kan met voorgaande numerieke gegevens berekend worden.

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{(H_s/L)}} = 1.83 \quad (= \text{plunging})$$

Uit figuur 4-25 kan nu afgelezen worden, dat voor betrokken geval een stabiele verdediging wordt verkregen als: $H_s/\Delta d = 4.5$

Omrekenen van deze term naar een waarde voor de hoogte van de basaltzuil levert:

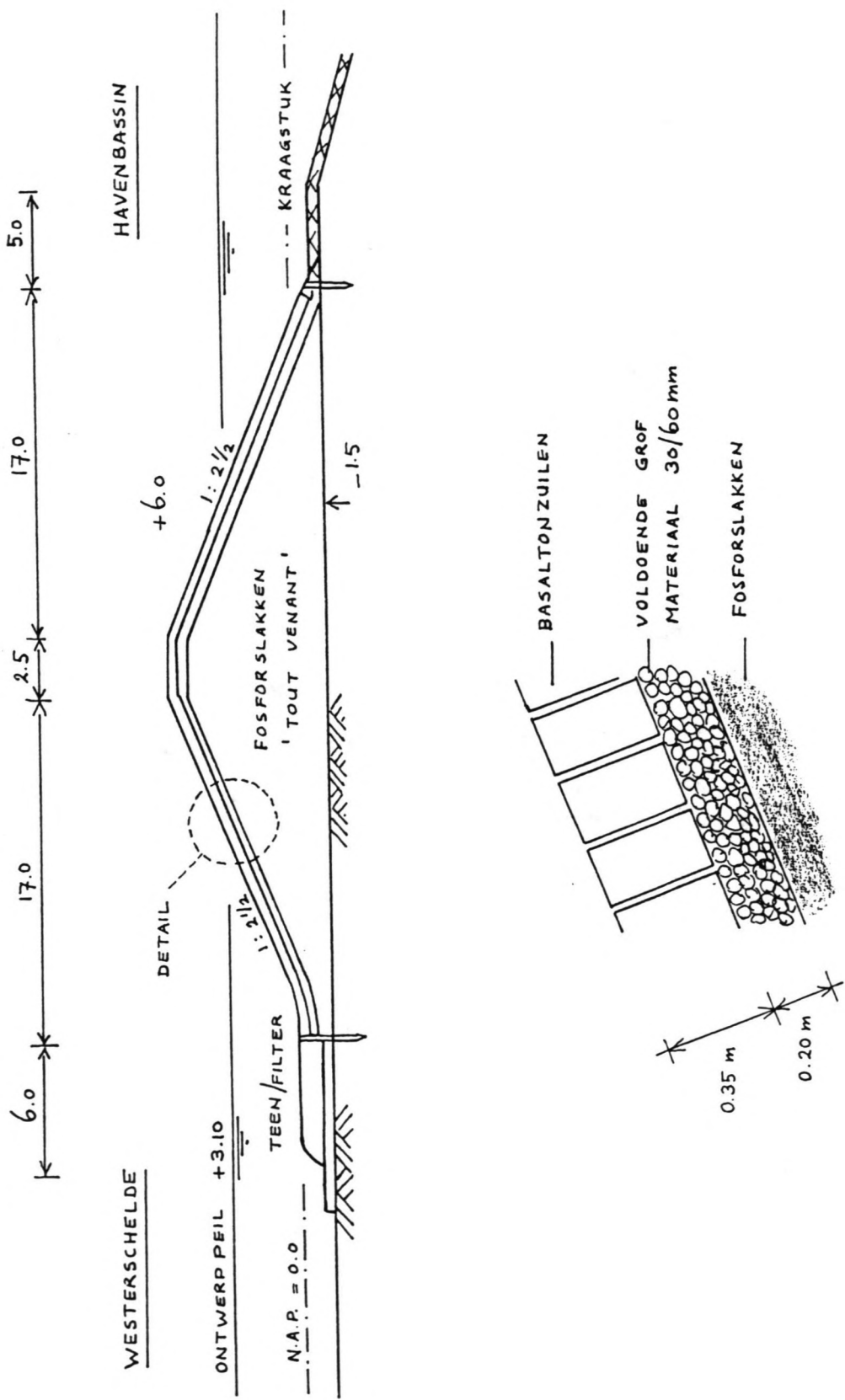
$d = 0.35$ m (met $H_s = 1.90$ m)

Voor grotere waarden van d is de helling zonder meer stabiel. Zoals reeds uiteengezet is, blijkt volgens het Waterloopkundig Laboratorium de verhouding $H_s/\Delta d$ rond de waarde 10 te liggen. Uit veiligheidsoverwegingen en door het feit dat de beproefde helling 1 : 3 was i.p.v. 1 : 2½ is hier niet met deze hoge waarde gerekend.

Het verdient de aanbeveling om de basaltzuilen te plaatsen op een **vullaag** bestaande uit tamelijk grof materiaal, bijv. 30/60 mm.

In figuur 4-27 wordt in een globale dwarsdoorsnede weergegeven hoe de golfbreker eruit zal zien, als hij wordt uitgevoerd als een steenzetting.

Alleen met 20 duiddelen



figuur 4-27 Dwarsprofiel golfbreker met steenzetting

4.2.3.2. Verdediging bestaande uit stortsteen

Het grote verschil tussen een stortstenen golfbreker en een met steenzetting is gelegen in de eigenschappen van de buitenste verdedigingslaag. **Kan een steenzetting worden getypeerd als een gladde, ondoorlatende constructie, een stortstenen dam is ruw en doorlatend.**

Bijna iedere stortstenen golfbreker wordt geconstrueerd in lagen. Het is een algemene regel, dat elke laag van de golfbreker zo ontworpen wordt, dat het fijnere materiaal van de onderliggende laag niet kan verdwijnen via de poriën (holle ruimten) van de bovenliggende laag.

Het is vanzelfsprekend dat de buitenste laag stortsteen zo ontworpen wordt, dat de verwachte golfaanval kan worden weerstaan. Maar er moet ook zorg voor worden gedragen, dat het geheel met het beschikbare bouwmaterieel nog te maken is. De keuze van de constructie-materialen wordt grotendeels bepaald door de beschikbare en benodigde hoeveelheden (zie par.4.1.3).

Vaak worden de buitenste verdedigingslagen ondersteund door ondefinieerbaar, puinachtig kernmateriaal. Hiervoor wordt dan meestal het goedkoopst voorhanden zijnde materiaal gebruikt.

De stelling dat onderliggende lagen niet mogen worden uitgespoeld door de holle ruimten van de bovenliggende lagen, geldt zonder uitzondering ook voor het natuurlijke bodemmateriaal. Indien sprake is van een zandige bodem, is het wenselijk voor dit doel een filter toe te passen.

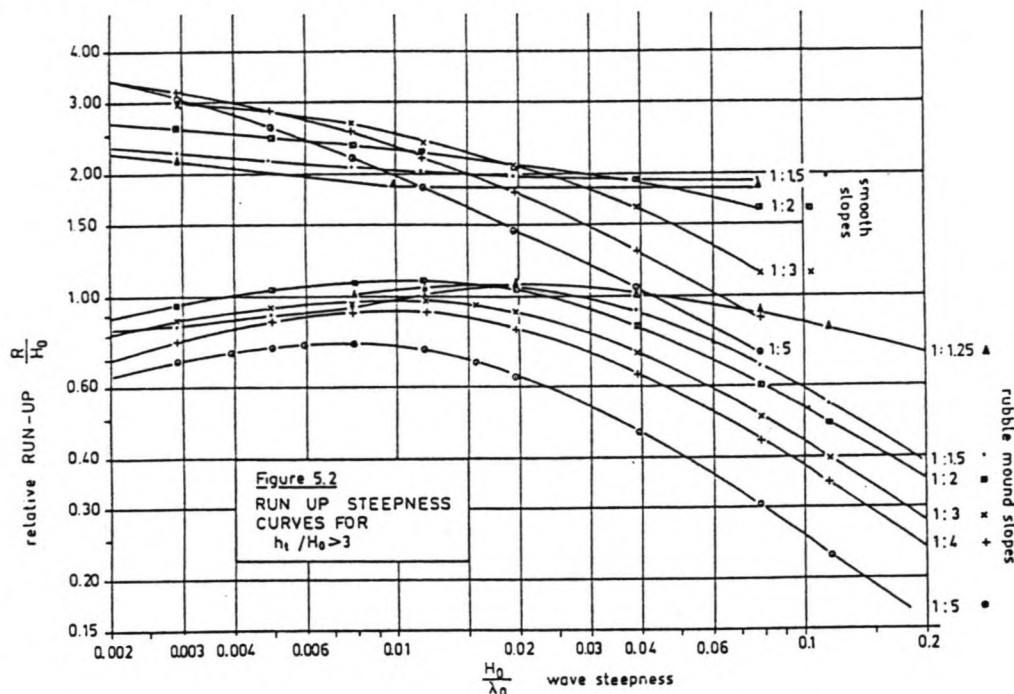
Voor de toekomstige golfbreker van Breskens mag enige overslag worden geaccepteerd, echter in geringe mate. De functionele eisen, gesteld aan het begin van paragraaf 4.2., geven hieromtrent informatie. Aangezien men bij dit geval te maken heeft met een overslaande golfbreker, is het noodzakelijk speciale aandacht te besteden aan de kruin en het binnentalud.

4.2.3.2.1. Benodigde kruinhoogte

Een eerste verschijnsel dat erg belangrijk is in dit verband, is de golfoploop, gedefinieerd als de maximale verticale hoogte ten opzichte van het stilwaterpeil, dat door de golf kan worden bereikt langs het talud. Er wordt in deze definitie vanuit gegaan, dat de golfbreker-kruin hoger ligt dan de bereikte golfoploop.

De golfoploop is, wanneer regelmatige golven worden beschouwd, afhankelijk van de golfkarakteristieken, golfhoogte en -periode, en van de constructie-eigenschappen, waaronder taludhelling, ruwheid van de bekleding, porositeit, diepte van de teen en helling van de vooroever (zie ook par.3.3). Experimentele gegevens

van een dergelijk geval zijn weergegeven in figuur 4-28. De meeste golfoploop-theorie is overigens ontwikkeld voor ondoorlatende constructies, zoals dijken.



figuur 4-28 Golfoploopcurven voor regelmatige golven

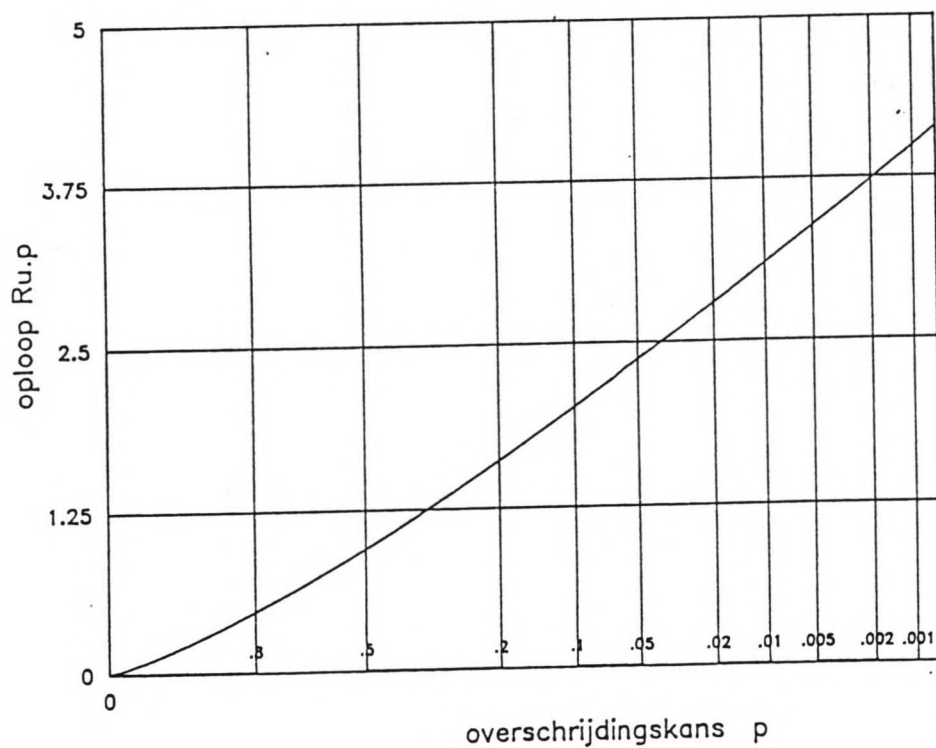
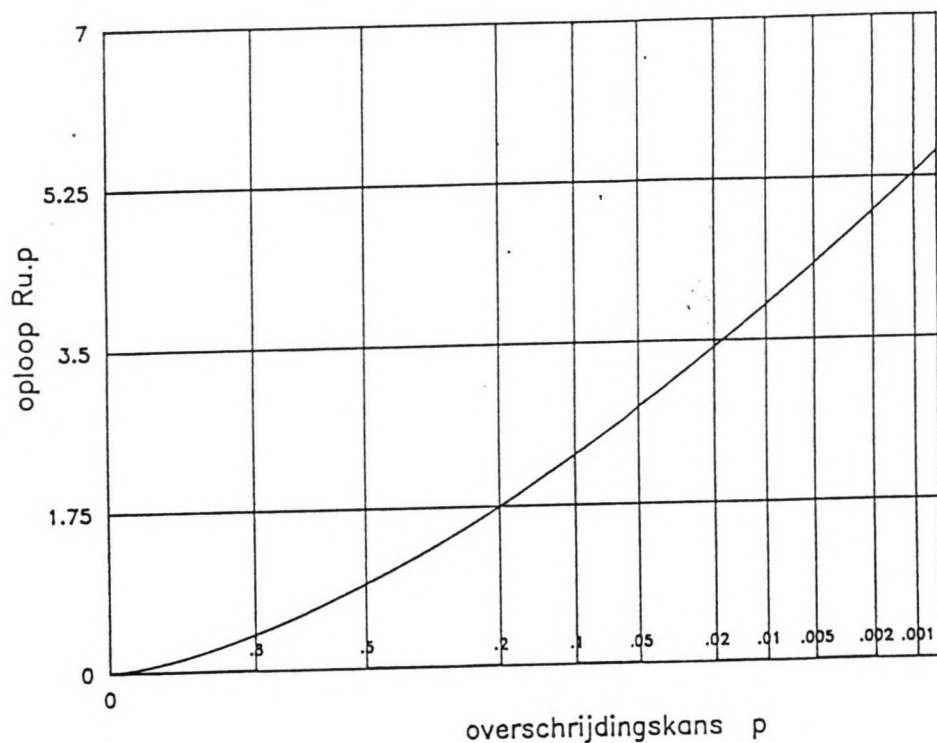
Het wordt ingewikkelder, wanneer onregelmatige golven worden beschouwd, omdat de golfeigenschappen nu continu variëren. De golfoploop wordt hiermee ook een stochastische variabele. Ook het feit, dat er hier sprake is van een ruw, ondoorlatend talud heeft een zekere invloed op de golfoploop. Het meest recente onderzoek naar oploop op ruwe, doorlatende taluds is uitgevoerd door Stam (1987) aan het Waterloopkundig Laboratorium in het kader van zijn afstudeerwerk (zie weer par.3.3).

Met behulp van zijn resultaten en de numerieke gegevens voor Breskens, volgend uit de funktionele eisen ten aanzien van golftransmissie, is het mogelijk om wat exactere voorspellingen te doen omtrent de oploop. In figuur 4-29 is voor twee gevallen, namelijk taludhellingen van 1 : 1½ en 1 : 2, de golfoploop uitgezet tegen de overschrijdingskans.

Voor het bepalen van de kruinhoogte wordt weer als maatgevend geval genomen: de storm met een frequentie van voorkomen van éénmaal per 3 jaar met wind uit het Noordwesten. Numerieke waarden:

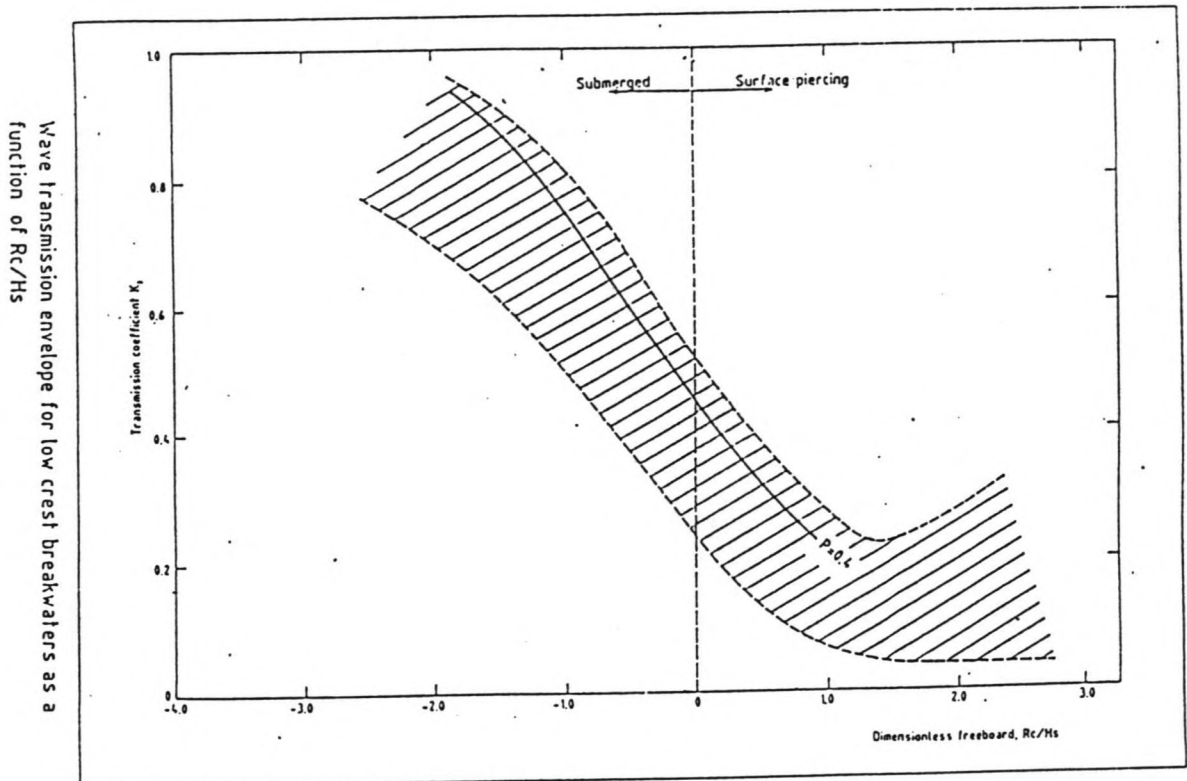
significante golfhoogte: $H_s = 1.70$ m
 golfperiode: $T = 4,8$ s
 golflengte: $L = 40$ m
 stormvloedstand: N.A.P. +3.10 m

Voor de waarde van de toelaatbare transmissie-coëfficiënt geldt weer: $K_T = 0.15$



figuur 4-29 Golfoploopcurven voor stortsteentaluds
t.p.v. Breskens voor taludhellingen
1 : 1½ respectievelijk 1 : 2

Gememoreerd wordt aan de ontwerpgrafiek voor doorlatende constructies, waarbij de transmissie-coëfficiënt is uitgezet tegen de dimensioneloze overhoogte van de golfbreker, welke in hoofdstuk 3 over golftransmissie uitgebreid is toegelicht (zie ook fig.4-30).



figuur 4-30 Transmissie-coëfficiënt voor doorlatende constructies

Uitgegaan wordt van een golfbreker onder een helling van 1 : 2 en met een porositeit (P) van 0.4 (wat overeenkomt met een constructie bestaande uit meerdere lagen).

Uit de oploopteekarakteristieken (fig.4-29) valt af te leiden, dat:

$$\begin{aligned}
 R_{u,2} &= 2.80 \text{ m} && \text{(oploop die door 2\% van de golven wordt overschreden)} \\
 R_{u,10} &= 2.00 \text{ m} && \text{(oploop die door 10\% van de golven wordt overschreden)}
 \end{aligned}$$

Hieruit kan een schatting gemaakt worden voor de overhoogte, die benodigd is om aan de functionele eisen te voldoen.

Als eerste poging wordt een overhoogte (R_c) aangenomen van 2.40 m, wat neerkomt op een overslagpercentage van ca. 5% (zie fig.4-29). Wanneer deze overhoogte wordt gebruikt om m.b.v. figuur 4-30 de bijbehorende transmissie-coëfficiënt te bepalen, kan worden gecontroleerd of aan de daaraan gestelde voorwaarden wordt voldaan ($K_T \leq 0.15$). Dit is inderdaad het geval, zodat uiteindelijk een **kruinhoogte** wordt gevonden van **N.A.P. +5.50 m.**

Ten aanzien van de kruinbreedte kan als vuistregel, geldend voor overslaande golfbrekers, worden aangehouden, dat de kruin tenminste breed genoeg moet zijn om drie stortstenen naast elkaar te kunnen plaatsen.

4.2.3.2.2. Dimensionering primaire en secundaire verdediging

In dit stadium wordt volstaan met een eerste schatting van het benodigde steengewicht met behulp van de welbekende **formule van Hudson**, die hiervoor goed toepasbaar is:

$$W = \frac{\rho_a \cdot g \cdot H^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha}$$

waarin: g = versnelling zwaartekracht

H = golfhoogte

K_D = schadecoëfficiënt

W = gewicht van de stem

Δ = relatieve dichtheid = $(\rho_a - \rho) / \rho$

α = taludhelling

ρ_a = dichtheid van de stortsteen

ρ = dichtheid van (zee)water

Voor de schadecoëfficiënt K_D kunnen, voor gladde en ruwe breuksteen, de volgende waarden worden aangehouden als functie van het toelaatbare schadepercentage:

schade (%)	K_D	
	glad	ruw
0 - 5	2.4	4.0
5 - 10	3.0	4.9
10 - 15	3.6	6.6
15 - 20	4.1	8.0
20 - 30	5.1	10.0
30 - 40	6.7	12.2
40 - 50	8.7	15.0

tabel 4-1 Schadecoëfficiënten

De ontwerpstorm kan als volgt worden gekarakteriseerd:

herhalingsperiode: 20 jaar

significante golfhoogte: $H_s = 1.90$ m

golfperiode: $T = 5.0$ s

De overige numerieke waarden luiden:

dichtheid: $\rho_a = 2600$ kg/m³

$g = 10$ m/s²

schadecoëfficiënt: $K_D = 2.4$ (aanname)

relatieve dichtheid: $\Delta = 1.52$

taludhelling: $\cot \alpha = 2$

Ingevuld in de Hudson-formule levert dit:

$$W = \frac{2600 * 10 * (1.90)^3}{2.4 * (1.52)^3 * 2} = 10580 \text{ N} \quad \text{ofwel } 1060 \text{ kg}$$

De dikte van deze primaire verdedigingslaag kan worden bepaald met behulp van de volgende uitdrukking:

$$t = m \cdot K_A \cdot \left(\frac{W}{\rho_a \cdot g} \right)^{1/3}$$

waarin: t = dikte van de laag

m = aantal lagen (meestal 2)

K_A = empirische laagdikte-coëfficiënt 1.02

Invullen van de vereiste numerieke gegevens levert een laagdikte op van 1.50 m.

De secundaire verdedigingslaag kan gedimensioneerd worden op een minder zware storm, omdat deze alleen gedurende de periode van uitvoering onder directe golfaanval staat. Een acceptabele ontwerpstorm tijdens deze periode is die, welke 10 maal per jaar voorkomt. De bij deze stormconditie behorende significante golfhoogte bedraagt: $H_s = 1.40$ m.

Met de Hudson-formule kan weer een benodigd steengewicht berekend worden. Voor de K_D -waarde kan nu echter een aanzienlijk hogere waarde worden aangenomen, omdat tijdens de bouwphase meer schade (20 à 30%) toelaatbaar is. De reden hiervan is gelegen in het feit dat zich gedurende deze fase voldoende gelegenheden voordoen om eventuele schade te herstellen.

Met het nodige rekenwerk vinden we:

$$W = \frac{2600 * 10 * (1.40)^3}{5.1 * (1.52)^3 * 2} = 200 \text{ kg}$$

$$t = m \cdot K_A \cdot \left(\frac{W}{\rho_a \cdot g} \right) = 0.90 \text{ m}$$

Zoals verteld, is de kruin van een golfbreker meestal drie stenen breed. De diameter van de stenen in de primaire verdedigingslaag bedraagt:

$$D = (W / \rho_a \cdot g)^{1/3} = 0.75 \text{ m}$$

zodat de kruin een breedte heeft van:

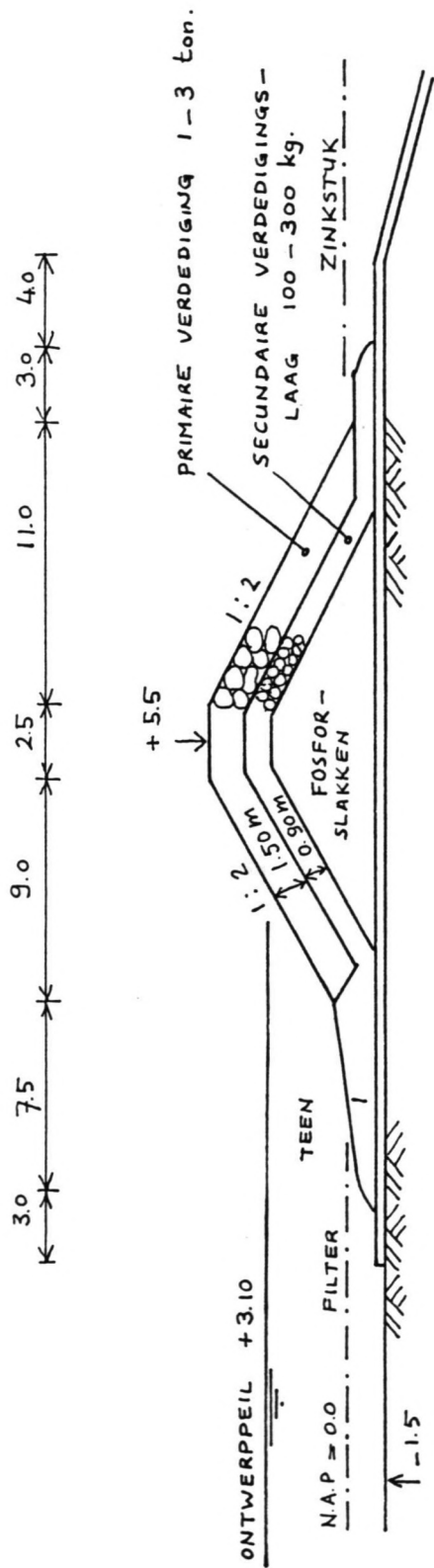
$$B = 3 \cdot D = 2.25 \text{ m}$$

Gemakshalve wordt dit afgerond op $B = 2.50$ m

.....

In dit stadium is het mogelijk om van beide conceptoplossingen, de golfbreker met steenzetting en de golfbreker van stortsteen, en globale dwarsdoorsnede te presenteren. De variant in gezette steen is reeds afgebeeld in figuur 4-27 in de vorige (sub)paragraaf. In figuur 4-31 is de dwarsdoorsnede afgebeeld voor de stortsteen-variant.

In de volgende paragraaf zal vervolgens een keuze worden gemaakt op grond van een toetsing aan de wensen, eisen en andere criteria, waaronder kosten.



figuur 4-31 Dwarsdoorsnede van de golfbreker uitgevoerd in stortsteen

4.2.4. Selectie oplossingen

Op grond van een vergelijking van beide mogelijke conceptoplossingen op een aantal belangrijke punten inzake de constructie, kan men tot een afgewogen, rationele keuze komen. In deze paragraaf zullen achtereenvolgens enkele aspecten nader worden beschouwd.

Kosten:

Na een globale kostencalculatie, waarin overigens slechts is uitgegaan van de 'kale' golfbreker, d.w.z. dat er geen rekening is gehouden met de benodigde speciale voorzieningen, zoals een teen en een bodemfilter, is gebleken dat de oplossing waarbij gebruik wordt gemaakt van basaltonzuilen aanmerkelijk duurder is dan de stortsteen-variant. Een en ander is af te lezen uit tabel 4-2.

Beschikbaarheid van constructiematerialen:

In de inleidende paragraaf van dit hoofdstuk is reeds enige aandacht besteed aan dit punt. Een duidelijk voordeel voor de stortsteen-variant is wat dit betreft het feit, dat het transport van breuksteen uit de groeven in België naar Breskens eenvoudig en over korte afstand plaats kan vinden.

Ruimtegebruik:

In het algemeen zal om uitvoeringstechnische redenen, een golfbreker opgebouwd uit losse stortsteenlagen een wat steilere taludhelling hebben dan een gezette steenglooing. Ook de kruinhoogte van de 'rubble mound'-golfbreker kan wat lager zijn dan die van een steenzetting, terwijl toch aan dezelfde eisen t.a.v. transmissie wordt voldaan. Samengevat kan worden vastgesteld, dat een golfbreker van stortsteen qua constructiehoogte en -breedte minder ruimte nodig heeft. Voordeel hiervan is dat de beschikbare ruimte voor de jachthaven wat groter is.

Flexibiliteit t.a.v. zettingen:

Beide oplossingen voldoen wat dit betreft uitstekend, waarbij opgemerkt moet worden dat schade ten gevolge van interne erosie gemakkelijker te herstellen is bij een stortstenen constructie.

Uitvoering:

De eenvoud waarmee de constructie gemaakt kan worden is een belangrijke maatstaf. Hoe gemakkelijker het ontwerp is, hoe minder constructiefouten er kunnen insluipen tijdens de bouw. Bijkomend voordeel is dat sneller, dus goedkoper kan worden gewerkt. Ook wat dit betreft verdient de stortsteen-variant de voorkeur, omdat het zetten van de steen erg arbeidsintensief is.

Zonder twijfel kan men de lijst met criteria nog verder uitbreiden. Genoemde toetsingspunten worden in het kader van deze studie echter voldoende geacht om in zijn totaliteit een voorkeur uit te spreken voor de 'rubble mound' golfbreker.

In de volgende paragraaf zal deze keuze tot in detail verder worden uitgewerkt tot een definitief ontwerp.

STEENZETTING

constructiedeel en dimensies	volume m ³ /m	eenheids prijs	totaal prijs	eind totaal
kern van fosforslakken 4.8 x 12 4.8 x 2.5	57.6 12 <u>69.6</u>	f21,-/ton vol. gew. 1900 kg/m ³		
			f2800,-	
vullaag 29 x 0.2	5.8	f30,-/ton vol. gew. 1600 kg/m ³	f 300,-	
basalton zuilen 37.5 m ²		gelost f80,-/m ² gezet f120,-/m ²	f4500,-	
kosten per meter excl. teen en filter				f7600,-

STORTSTEEN

kern van fosforslakken 5.7 x 3 1.8 x 3	17.1 5.4 <u>22.5</u>	f21,-/ton		
			f 900,-	
secundaire laag 0.9 x 16.5	15	f55,-/ton	f1320,-	
primaire laag 23 x 1.5	34.5	f66,-/ton	f3645,-	
kosten per meter excl. teen en filter				f5900,-

tabel 4-2 Globale kostenraming conceptoplossingen

4.2.5. Uitwerking gekozen variant

4.2.5.1. Algemeen

In deze paragraaf zal de golfbreker (opgebouwd uit achtereenvolgende lagen stortsteen, waarbij de buitenste laag bestaat uit zware breuksteen) in al zijn facetten worden belicht. Ook komen belangrijke details ter sprake, zoals de filterlaag en de teenconstructie.

Er wordt bij de berekening van de stabiele top laag, gebruik gemaakt van een onlangs geïntroduceerde nieuwe ontwerp methode, ontwikkeld door J.W. van der Meer en K.W. Pilarczyk. Een tweetal taludhellingen, te weten 1 : 1½ en 1 : 2, zal in de loop van deze paragraaf als uitgangspunt dienen.

4.2.5.2. Kruinhoogte-bepaling

De methode zoals aangegeven in paragraaf 4.2.3.2.1., bepaling van de kruinhoogte voor de conceptoplossingen, blijft hier zonder uitzondering van toepassing, met dien verstande dat nu behalve de eerste functionele eis ook de tweede in de beschouwing zal worden betrokken. Bovendien wordt de invloed van langere golven op de golftransmissie aangestipt. Er wordt bij voorbaat vanuit gegaan, dat voor de porositeit van de breuksteen-lagen een waarde geldt van $P = 0.40$, zie tabel 4-3.

Armor unit	No. of layers	Placement	Porosity (P)
Quarrrystone (smooth)	2	Random	0.38
Quarrrystone (rough)	2	Random	0.37
Quarrrystone (rough)	>3	Random	0.40
Cube (modified)	2	Random	0.47
Tetrapod	2	Random	0.50
Quadripod	2	Random	0.49
Hexapod	2	Random	0.47
Tribar	2	Random	0.54
Dolos	2	Random	0.63
Tribar	1	Uniform	0.47
Quarrrystone	Graded	Random	0.37

tabel 4-3 Porositeit van golfbrekertypen

Er zal gebruik gemaakt worden van de theorie, die de invloed van de golfperiode op de golftransmissie beschrijft. In hoofdstuk 3 werd hiervan uitgebreid verslag gedaan (par.3.3.3).

In tabel 4-4 zijn de resultaten van het onderzoek naar de kruinhoogte in beeld gebracht. Bij de afleiding van de resultaten is wederom gebruik gemaakt van de ontwerpgrafieken, welke in paragraaf 3.3.3. zijn weergegeven.

Met de beschouwingen over golfoverslag en golf-doordringing bij een 'rubble mound' golfbreker, samengevat in de tabel 4-4, zijn als het ware de contouren van de golfbreker vastgelegd. Het aldus ontstane ontwerp wordt het funktionele ontwerp genoemd, dat als kader dient voor de constructieve uitwerking.

NW-storm herhalings- periode 3 jaar	sign. golfh.	H_s	1.70 m	1.70 m
	golfperiode	T	4.8 sec	4.8 sec
	stormvloedstand	h	N.A.P. +3.10	N.A.P. +3.10
	max. golfh.	H_T	0.25 m	0.25 m
	max. transm-coëff.	K_T	0.15	0.15
	ontwerpgrafiek.....	R_c/H_s	1.70	1.40
	overhoogte	R_s	2.90 m	2.40 m
KRUINHOOGTE			N.A.P. +6.00	N.A.P. +5.50
NW-storm herhalings- periode 50 jaar	sign.golfh.	H_s	2.00 m	2.00 m
	golfperiode	T	5.1 sec	5.1 sec
	stormvloedstand	h	N.A.P. +4.00	N.A.P. +4.00
	max. golfh.	H_T	0.60 m	0.60 m
	max. transm-coëff.	K_T	0.30	0.30
	overhoogte	R_c	2.00 m	1.50 m
	verhouding	R_c/H_s	1.0	0.75
ontwerpgrafiek.....			K_T	0.21
EIS $K_T < K_{T,MAX}$			VOLDOET	VOLDOET
NW-storm herhalings- periode 3 jaar lange golf	sign. golfh.	H_s	1.70 m	1.70 m
	golfperiode	T	6.5 sec	6.5 sec
	golflengte	L	65 m	65 m
	golfsteilheid	H_s/L	0.026	0.026
	dim.loze overh.	R^*_s	0.11	0.09
	ontwerpgrafiek.....	K_T	0.10	0.13
	max. transm-coëff.	K_T	0.15	0.15
EIS $K_T < K_{T,MAX}$			VOLDOET	VOLDOET

tabel 4-4 Resultaten kruinhoogte-bepaling

4.2.5.3. Stabiliteit stortstenen bekleding

Tot voor kort werd bij het berekenen van stabiele (stortsteen)taluds vrijwel uitsluitend de formule van Hudson gehanteerd (zie o.a. par.4.2.3). Deze formule heeft echter een aantal belangrijke tekortkomingen:

- De formule is ontwikkeld voor de stabiliteitsberekening van buitentaluds onder aanval van niet-brekende golven.
- De golf- (en storm-) condities worden gekarakteriseerd door slechts één parameter, de golfhoogte. De invloeden van de golfperiode en de stormduur kunnen met deze formule dus niet waarneembaar worden gemaakt.
- De mate van de doorlatendheid van het talud wordt door deze formule volledig verwaarloosd.

Er zijn meer beperkingen aan het gebruik van deze formule verbonden, waarop hier niet zal worden ingegaan. De conclusie is duidelijk: de Hudson-formule kan slechts gebruikt worden als grove schatting voor de bepaling van een steengewicht in een specifiek geval.

Vanaf 1985 is op het Waterloopkundig Laboratorium in de Voorst opnieuw onderzoek verricht naar de stabiliteit van stortsteen op een talud. De aandacht ging daarbij vooral uit naar die factoren, waarvan wel vaststond dat ze van invloed waren, maar waarvan het hoe nog open stond, zoals de reeds genoemde golfperiode en de duur van de storm. Met name J.W. van der Meer en K.W. Pilarczyk hebben op dit gebied baanbrekend werk verricht.

Meer dan 250 modelproeven liggen ten grondslag aan **twee nieuwe stabiliteitsformules**, waarvoor de tekortkomingen van de formule van Hudson niet gelden.

Uit het bewuste onderzoek is gebleken, dat de stabiliteit van 'rubble mound' zeeweringen en golfbrekers kan worden beschreven door de volgende dimensieloze variabelen:

- $H_s / \Delta D_{n50}$
- ξ_z
- $\cot \alpha$
- $S/\sqrt{N}$
- P

De dimensieloze parameters zullen stuk voor stuk kort de revue passeren.

* Sterkteparameter $H_s / \Delta D_{n50}$

De waarde van het quotiënt van golfhoogte en nominale steendiameter geeft een indruk van de sterkte van een bekleding. De D_{n50} wordt afgeleid van het steengewicht:

$$D_{n50} = \left(\frac{W_{50}}{Q_a} \right)^{1/3}$$

waarin: W_{50} = 50%-waarde van de massacurve [kg]
 ρ_a = dichtheid van de steen [kg/m^3]

De relatieve dichtheid van de steen onder water kan worden uitgedrukt door:

$$\Delta = \frac{\rho_a - \rho_w}{\rho_w}$$

waarin: Δ = relatieve dichtheid
 ρ_w = dichtheid van zeewater

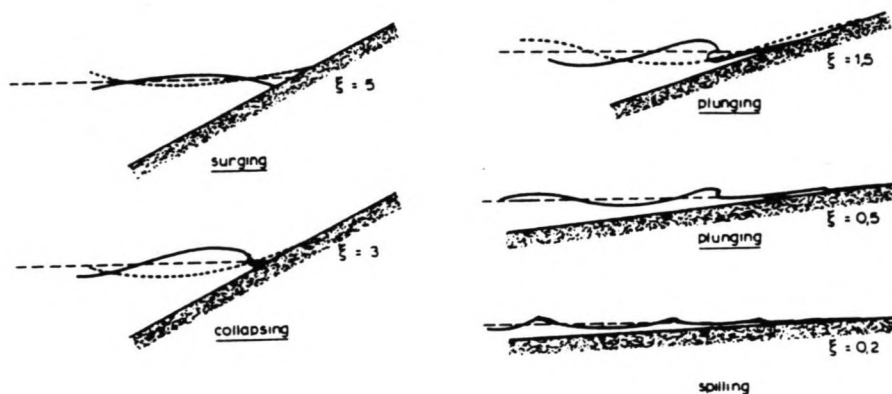
* Brekerparameter_z

Deze parameter is als volgt gedefinieerd:

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{(H/L)}}$$

waarin: α = hoek van talud t.o.v. horizontaal
 H = golfhoogte
 L = golflengte

Bovenstaande variabelen bepalen in hoge mate de soort golfbreking. Aan de hand van de brekerparameter kan een onderscheid worden gemaakt in soorten brekers, zoals figuur 4-32 laat zien.



figuur 4-32 Verschillende typen brekers

* Verhouding $S/\sqrt{N}$

In de verhouding $S/\sqrt{N}$ stelt S het dimensieloze schade-niveau voor, waarvoor de volgende betekenissen kunnen gelden (zie tabel 4-5).

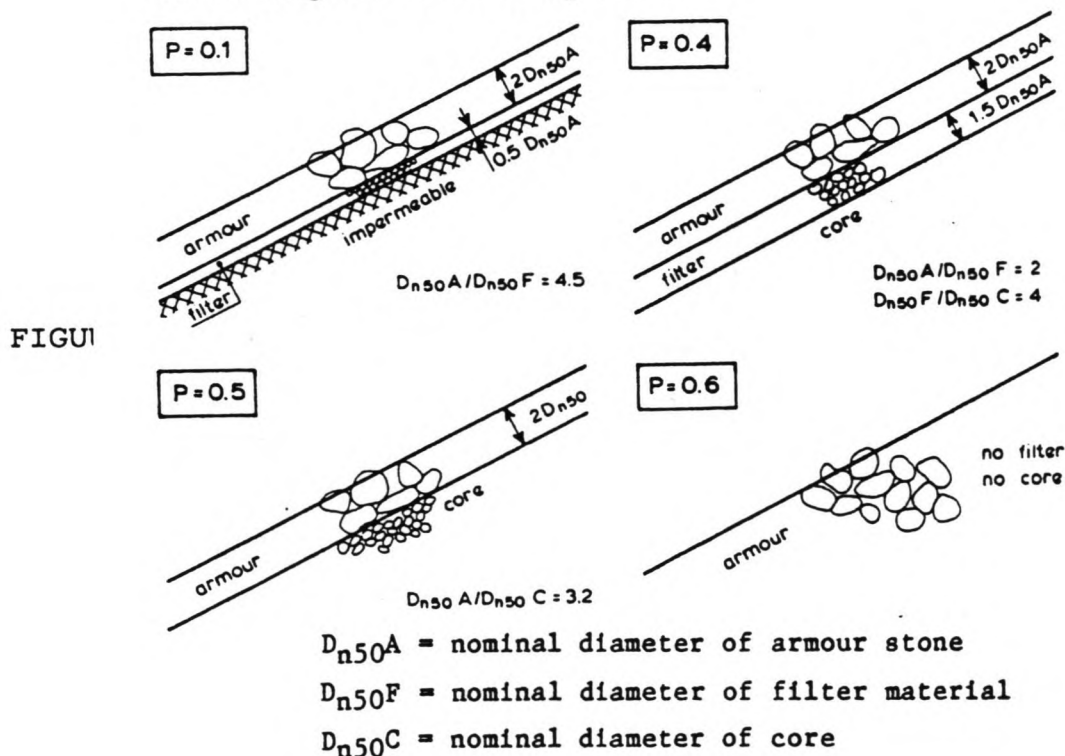
schadeniveau S		
$\cot \alpha$	begin van schade	filterlaag zichtbaar
1.5	2	8
2.0	2	8

tabel 4-5 Mogelijke schade-niveau's

Tussenliggende waarden van S geven schade-niveau's aan, die omschreven kunnen worden als: een 'beetje' schade en 'toelaatbare' schade. De waarde N stelt het aantal golven tijdens een storm voor; deze hangt af van de duur van de storm, en van de plaats van de beschouwde golfhoogte in het golfspectrum.

* Doorlatendheid P

Elke golfbrekerconstructie bezit andere doorlatendheids-eigenschappen. De doorlatendheid is afhankelijk van de opbouw van de constructie, zoals figuur 4-33 aangeeft.



figuur 4-33 Doorlatendheidswaarden voor diverse constructies

Met behulp van deze figuur kan een schatting plaatsvinden van de doorlatendheid van de in ontwerp zijnde golfbreker.

Bij het afleiden van de stabiliteitsformules wordt een onderscheid gemaakt in golfaanval met brekende en niet-brekende golven ('plunging' en 'surging' waves). Zij luiden respectievelijk:

- brekende golven:

$$H_s / \Delta D_{n50} * \sqrt{\xi} = 6.2 \cdot P^{0.18} \cdot (S/\sqrt{N})^{0.2}$$

- niet-brekende golven:

$$H_s / \Delta D_{n50} * \sqrt{\xi} = 1.0 \cdot P^{-0.13} \cdot (S/\sqrt{N})^{0.2} (\cot \alpha)^P$$

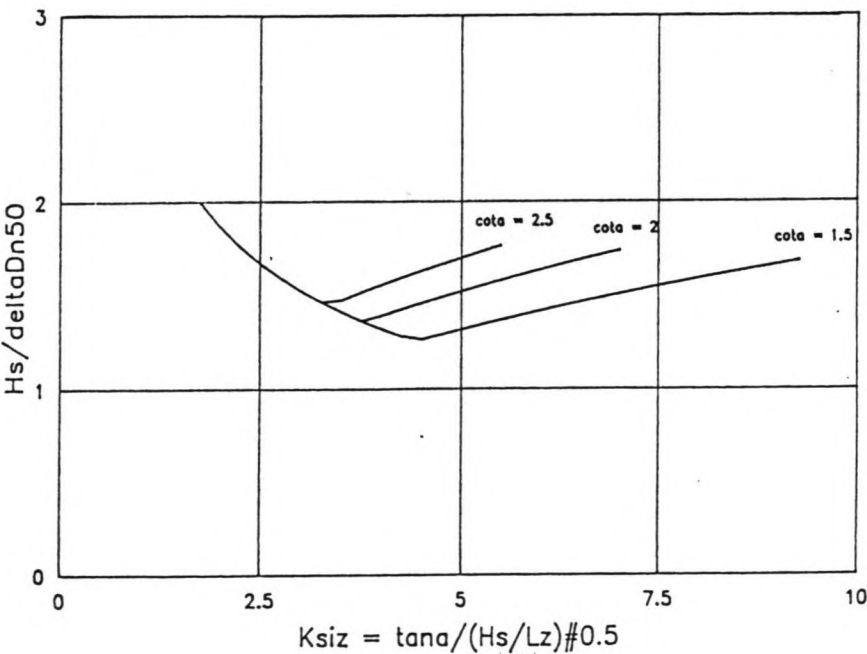
Deterministische ontwerpgrafieken

Aan de hand van de twee stabiliteitsformules kunnen ontwerpgrafieken getekend worden. Om de invloed van de verschillende parameters te demonstreren worden de grafieken gegeven voor het praktijkgeval van Breskens. Enkele onafhankelijke numerieke waarden zijn:

- dichtheid van breuksteen: $\rho_a = 2600 \text{ kg/m}^3$
- dichtheid van zeewater: $\rho_w = 1030 \text{ kg/m}^3$
- doorlatendheid: $P = 0.4$
- stormduur: $N = 4000 \text{ golven}$

De volgende variabelen zullen gevarieerd worden:
taludhelling: $\cot \alpha = 1.5 / 2.0 / 2.5$
schadeniveau: $S = 2 / 5 / 8$

Tenslotte wordt in herinnering gebracht dat de ontwerpstorm waarop gedimensioneerd wordt, een hehalingsperiode heeft van 20 jaar, waarvoor geldt:
significante golfhoogte: $H_s = 1.90 \text{ m}$
golfperiode: $T = 5.0 \text{ s}$
stormduur: $t = \text{ca. } 6 \text{ uur}$



CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR $H_s / \Delta D_{n50} - K_{siz}$ PLOT (graph 1)			
$\cot \alpha = 1.5$	$\cot \alpha = 2$	$\cot \alpha = 2.5$	slope angle
$S = 2$	$S = 2$	$S = 2$	damage level
$N = 4000$	$N = 4000$	$N = 4000$	number of waves
$P = .4$	$P = .4$	$P = .4$	permeability

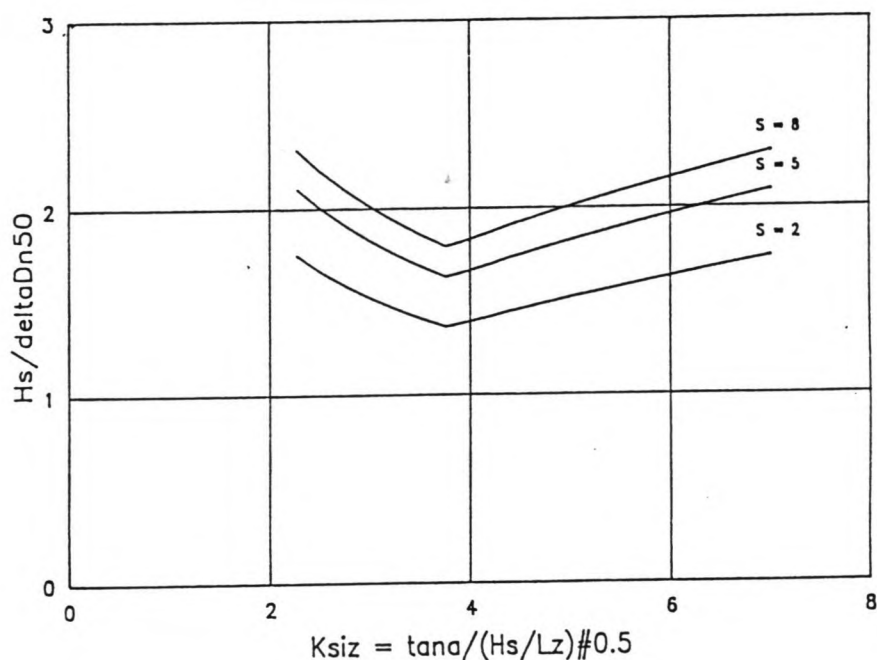
figuur 4-34 Invloed taludhelling op stabiliteit

a) invloed taludhelling

De meeste ontwerpgrafieken worden getoond als plots waarin $H_s/\Delta D_{n50}$ tegen ξ_z wordt uitgezet. De dimensieloze golfhoogte is uitgezet op de verticale as en de brekerparameter op de horizontale. Figuur 4-34 geeft de resultaten voor de verschillende taludhellingen. De linkertak geeft de schadelijn voor brekende golven, de rechtertak voor niet-brekende. Zoals uit de figuur valt af te lezen, verschuift het punt waar de beide lijnen in elkaar overgaan naar rechts met het steiler worden van het talud. Ook is duidelijk waarneembaar, dat steilere hellingen reeds bij lagere waarden van $H_s/\Delta D_{n50}$ instabiliteit vertonen.

b) invloed schadeniveau

Figuur 4-35 toont een vergelijkbare plot, maar nu is uitgegaan van een vaste waarde voor de taludhelling, $\cot\alpha = 2$, terwijl het schadeniveau is gevarieerd, nl. $S = 2$ (begin schade), $S = 5$ (toelaatbare schade) en $S = 8$ (falen). Ook nu is het verschil tussen breken en niet-breken zichtbaar.



CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR $H_s/\Delta D_{n50} - K_{siz}$ PLOT (graph 1)			
$\cot\alpha = 2$	$\cot\alpha = 2$	$\cot\alpha = 2$	slope angle
$S = 2$	$S = 5$	$S = 8$	damage level
$N = 4000$	$N = 4000$	$N = 4000$	number of waves
$p = .4$	$p = .4$	$p = .4$	permeability

figuur 4-35 Invloed schadeniveau op stabiliteit

De figuren 4-34 en 4-35 geven een goed inzicht in het gedrag van de constructie. Hiermee is het mogelijk om een statisch stabiele stortstenen bekledingslaag te ontwerpen (let op de alliteratie!). In bijlage 4.3 wordt nog een aantal deterministische ontwerpgrafieken gegeven. Daarin wordt voor de ontwerpcondities bekeken wat de invloed is van:

- het steengewicht
- de doorlatendheid
- het aantal golven

op de stabiliteit van een stortstenen bekleding.

Berekening statisch stabiele bekleding

A) Taludhelling 1 : 1½

Numerieke gegevens: $H_s = 1.90 \text{ m}$; $S = 2$
 $T = 5.0 \text{ s}$; $N = 4000$
 $L = 40 \text{ m}$; $P = 0.4$

Brekerparameter: $\Delta = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{(H/L)}} = 3.0$

(1) Primaire verdedigingslaag.

Uit de ontwerpgrafiek (fig.4-34) kan nu afgelezen worden, dat $H_s/\Delta D_{n50} = 1.52$.

Omrekenen naar een benodigde nominale steendiameter D_{n50} is nu mogelijk en levert: $D_{n50} = 0.82 \text{ m}$.

Het steengewicht behorend bij deze diameter bedraagt:
 $W_{50} = 1400 \text{ kg}$.

Wegens de beperkte mogelijkheden in de beschikbare stortsteen-graderingen zal de **gewichtsklasse** 1.0 - 3.0 ton aangewend worden.

De **laagdikte** (2 lagen stenen, dus 2 maal de steendiameter) wordt dan 1.60 m.

(2) Secundaire verdedigingslaag.

Normaal gesproken neemt men voor het steengewicht van de secundaire laag 1/10 à 1/20 van het steengewicht van de primaire laag (hier dus 70 à 140 kg).

Volgens de eerdergenoemde sterkte-eis moet de secundaire laag echter een storm kunnen doorstaan, die 10 maal per jaar voorkomt. Voor deze storm geldt een golfhoogte H_s van 1.40 m. Met behulp van de formule van Hudson volgt dan:

$$W = \frac{2600 \cdot (1.40)^3}{5.1 \cdot (1.52)^3 \cdot 1.5} = 265 \text{ kg}$$

Aangezien dit een hogere waarde oplevert dan 1/10 van het gewicht van de primaire laag, zal 265 kg worden toegepast. Een **gewichtsklasse** breuksteen die hieraan voldoet is 100 - 300 kg. De bijbehorende **laagdikte** wordt dan 0.90 m.

B) Taludhelling 1 : 2

De numerieke gegevens zijn ongewijzigd in vergelijking tot het voorgaande geval met de helling 1 : 1½; door de verandering in helling is alleen de brekerparameter veranderd: $\xi = 2.3$.

(1) **Primaire verdedigingslaag.**

Uit figuur 4-34 kan worden afgelezen dat $H_s / \Delta D_{n50} = 1.75$ bedraagt. Uitgerekend kan worden dat $D_{n50} = 0.70$ m, wat neerkomt op een steengewicht van $W_{50} = 950$ kg.

Bij dit steengewicht van 950 kg treedt een toelaatbare schade ($S = 5$) op bij een $H_s / \Delta D_{n50}$ van 2.10 (zie fig. 4-35). Dit komt neer op een golfhoogte van 2.27 m, die volgens de overschrijdingslijn (zie hoofdstuk 2) slechts ongeveer éénmaal in de 200 jaar voorkomt. Men zou kunnen concluderen dat dit wellicht zwaar overgedimensioneerd is.

Dimensioneert men op $S = 5$ (toelaatbare schade) met een frequentie van optreden van éénmaal per 20 jaar, dan resulteert de $H_s / \Delta D_{n50}$ -waarde in een steengewicht van 550 kg. In dit geval zou $S = 2$ (begin van schade) optreden met een frequentie van voorkomen van 0.6 maal per jaar. Resumerend kan worden gesteld, dat dit laatste weer te licht gedimensioneerd zou zijn. Een verstandige keuze uit de gewichtsklassen lijkt weer de categorie van 1.0 - 3.0 ton. De dikte van de top laag bedraagt dan 1.40 m.

(2) **Secundaire verdedigingslaag.**

Nu wordt weer gebruik gemaakt van figuur 4-35.

Uitgangspunt: $S = 5$ en $\xi = 2.3$

Aflezen geeft: $H_s / \Delta D_{n50} = 2.10$

$D_{n50} = 0.44$ m

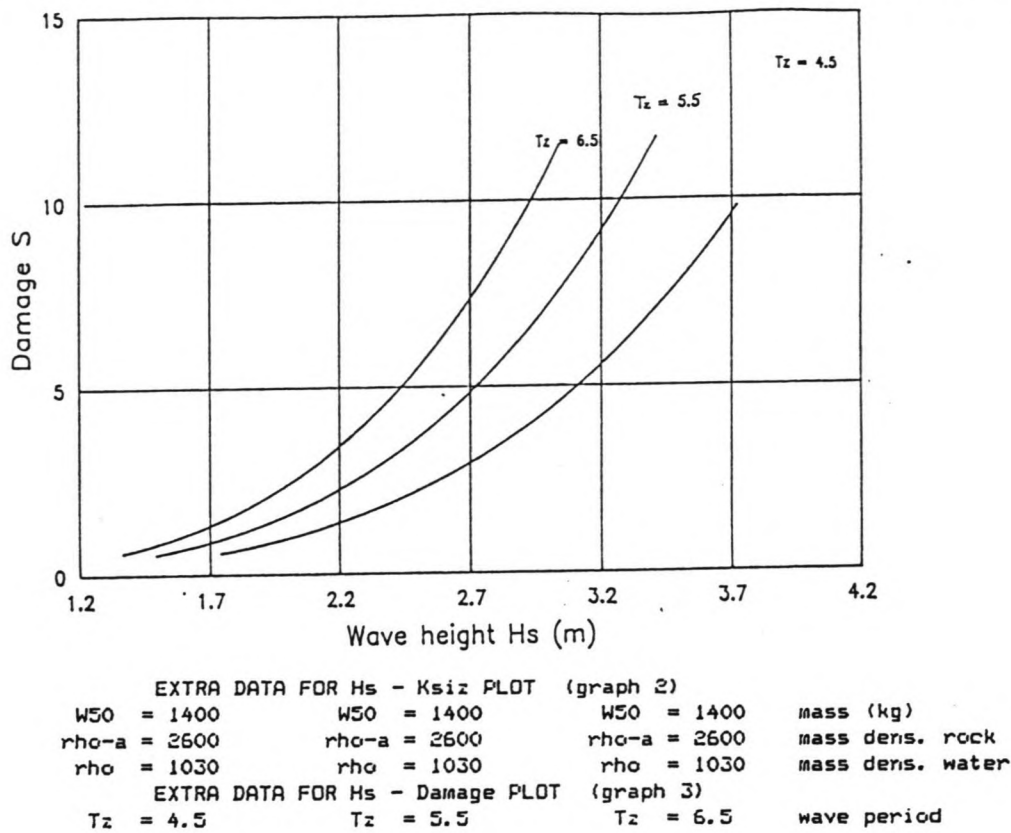
$W_{50} = 220$ kg.

Gekozen wordt voor de klasse van 100 - 300 kg, waarbij de laagdikte 0.90 m bedraagt.

Invloed golfperiode

Een andere grafiek, die kan worden samengesteld uit de formules, is de zogenaamde 'schade curve' waarin het schadeniveau S is uitgezet als functie van de golfhoogte. Figuur 4-36 geeft deze curves voor drie verschillende waarden van de golfperiode, $T = 4.5, 5.5$ en 6.5 s. Verder geldt voor alle drie de lijnen een steengewicht van 1400 kg.

Duidelijk is te zien, dat bij een bepaalde golfhoogte de schade toeneemt bij toenemende golfperiode.



figuur 4-36 Invloed golfperiode

De statische stabiliteit van de taludverdediging werd tot nu toe berekend voor een ontwerpstorm, met een frequentie van voorkomen van éénmaal in de 20 jaar, gekarakteriseerd door een significante golfhoogte van $H_s = 1.90$ m en een bijbehorende gemiddelde golfperiode van $T = 5.0$ s.

Voor de volledigheid zullen de gevolgen op de stabiliteit in ogenschouw worden genomen van golven met een langere periode. Het moge duidelijk zijn, dat in de beschouwde ontwerpstorm deze langere golf minder vaak zal optreden. Daarom wordt uitgegaan van:

- $H_s = 1.90$ m
- $T = 6.5$ s
- $L = 65$ m
- $N = 400$ golven (is 10%)
- $S = 2$
- $P = 0.4$

Gebruik makend van de formule voor brekende golven worden de volgende resultaten gevonden.

	$\cot \alpha = 1.5$	$\cot \alpha = 2.0$
brekerparameter	3.9	2.9
nominale diameter D_{n50}	0.75	0.64
steengewicht W_{50}	1075 kg	690 kg

tabel 4-6 Invloed golfperiode

Invloed maximale golfhoogte

Als men in plaats van met de significante golfhoogte zou rekenen met de (meest waarschijnlijke) maximale golfhoogte, die kan optreden tijdens de ontwerpstorm, kan men iets zeggen over de zekerheid van de stabiliteit.

In verband met de eenvoud wordt voor de meest waarschijnlijke maximale golfhoogte aangenomen, dat hiervoor een overschrijdingskans geldt van 2%.

De golfhoogte van natuurlijke onregelmatige golven kan worden beschreven met een Rayleigh-verdeling:

$$P(H) = e^{-2(H/H_s)^2}$$

waarin ; $P(H)$ = kans van overschrijding van golfhoogte H

Uitgerekend kan worden dat voor de golfhoogte, die door 2% van de golven wordt overschreden, geldt:

$$H_{2\%} = 2.60 \text{ m}$$

Met behulp van de formule van Hudson kan berekend worden welke steengewichten er in dit geval nodig zijn. In tabel 4-7 worden de resultaten weergegeven.

	$\cot \alpha = 1.5$	$\cot \alpha = 2.0$
steengewicht W_{50}	2480 kg	1860 kg

tabel 4-7 Invloed maximale golfhoogte

4.2.5.4. KernconstructieFunkties

De hoofdfunctie van het kernmateriaal van een stortstenen golfbreker is het bieden van een gedegen ondersteuning aan de bovenliggende verdedigingslagen.

Een nevenfunctie volgt uit het feit, dat een golfbreker zanddicht moet zijn. Dit stelt onder andere eisen aan de kern, die bij voorkeur redelijk ondoorlatend moet worden ten opzichte van zand.

De keuze van het kernmateriaal is van directe invloed op de stabiliteit van de verdedigingselementen. Naarmate de kern ondoorlatender is, zal het gedeelte van de golfenergie dat krachten uitoefent op de stortstenen toenemen. Dit houdt in, dat de bekleding onder een zwaardere effectieve golfaanval komt te staan.

Fosforslakken

Op basis van de reeds genoemde eigenschappen van fosforslakken en de eisen waaraan het bouw materiaal moet voldoen (zie par.4.2.1), is de keuze voor de kern van de nieuwe golfbreker gevallen op de **fosforslak**, met name de 'tout venant'-gradering. Dit materiaal vormt, mede door de grote verscheidenheid aan korrelgrootten (0 tot 180 mm), een tamelijk ondoordringbaar geheel, en is uitermate goedkoop.

4.2.5.5. Teenconstructie

De meeste teenconstructies bestaan uit lichtere stortstenen met als voornaamste doel het onderste gedeelte van de primaire verdedigingslaag te ondersteunen en de bodembescherming te verdedigen tegen directe golfaanval.

De meest kritische situatie voor een teenconstructie ontstaat, wanneer men te maken heeft met een golfbreker, gelegen in ondiep water, die wordt onderworpen aan brekende golven. Aangezien beide voorwaarden zich bij Breskens voordoen, moet het ontwerpen van de teen met de uiterste zorgvuldigheid geschieden.

De ontwerpomstandigheden hebben hier betrekking op de éénmaal in de 20 jaar voorkomende storm.

Gebruikmakend van de vuistregel, dat de primaire verdedigingslaag gewoonlijk wordt doorgetrokken tot een niveau van 1.5 maal de significante golfhoogte onder de ontwerpwaterstand, zou dat in dit geval neerkomen op ongeveer:

$$1.5 * H_s = 3.00 \text{ m}$$

onder het stilwaterniveau (= N.A.P. +3.65 m).

Rekening houdend met de dubbele laag stortsteen en het feit, dat de bodem ter plaatse ongeveer op N.A.P. -1.5 m ligt heeft dit als resultaat, dat men niet in de bodem hoeft te graven om een afdoende teenconstructie te fabriceren, al scheelt het niet veel.

Er wordt voorgesteld dezelfde steenklasse toe te passen voor de teen als voor de secundaire verdedigingslaag, wat dus neerkomt op een gewichtscategorie van 100 - 300 kg.

Ter afschatting van de helling van de teenconstructie kan gebruik worden gemaakt van de formule van Hudson. Op een andere wijze geschreven luidt deze als volgt:

$$\cot \alpha = \frac{Q_a \cdot (H_s)^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot W} = \frac{2600 \cdot (1.90)^3}{2.4 \cdot (1.52)^3 \cdot 0.2 \cdot 10^3} = 10.5$$

Een helling van 1 : 10.5 is redelijk flauw.

Voor het gemak wordt de helling afgerond op 1 : 10.

De aanval van golven op de teenconstructie tijdens de

ontwerpstorm is maatgevend. Onder welke omstandigheden de ontwerpstorm zich voordoet dient nader te worden bepaald.

Als wordt uitgegaan van een lagere waterstand, bijvoorbeeld rond N.A.P. (ongeveer de gemiddelde waterstand) dan gaat de ondiepe vooroever een beperkende invloed uitoefenen op de golfhoogte, zodat de teen het zwaarst wordt aangevallen door brekende golven (meestal maatgevend). Ten gevolge van deze golfhoogte-beperking kan hoogstens een golf optreden met een hoogte van γ .waterdiepte, waarin γ de brekerindex voorstelt (≈ 0.6).

$$\text{Dus } H_{\max} = 0.6 * 1.50 \text{ m} = 0.90 \text{ m}$$

Invullen in de formule van Hudson geeft:

$$W = \frac{Q_a \cdot (H_s)^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha} = \frac{2600 \cdot (0.9)^3}{2.4 \cdot (1.52)^3 \cdot 10.5} = 22 \text{ kg}$$

Het gekozen steengewicht van 100 - 300 kg blijkt dus ruimschoots te voldoen aan de stabiliteits-eisen.

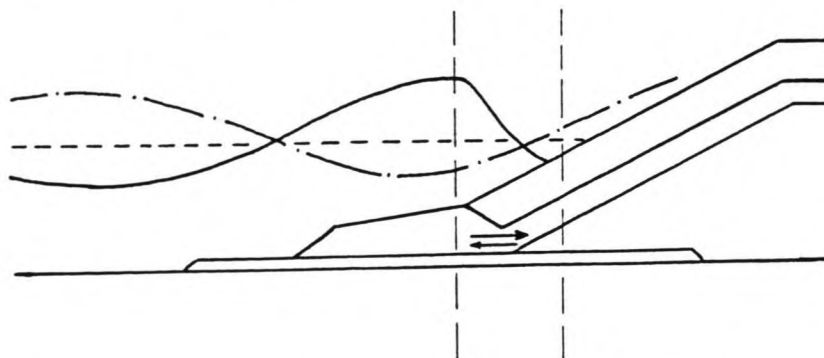
4.2.5.6. Bodembescherming

Inleiding

De onderste laag van de golfbreker betreft een filterconstructie. Deze ligt er met het doel het aanwezige bodemmateriaal te beschermen tegen erosie t.g.v. uitschuring door te hoge stroomsnelheden. Hierdoor zouden namelijk zettingen kunnen ontstaan, die aanzienlijke verzakkingen van de golfbreker kunnen veroorzaken. De noodzaak van een dergelijk filter hangt dus af van het materiaal op de bodem; naarmate dit materiaal fijner is is het makkelijker te eroderen.

Het fysische verschijnsel

De uitschuring van bodemmateriaal onder een golfbreker wordt veroorzaakt door lokale heen-en-weergaande stroming, die wordt opgewekt door schommelingen in de waterdruk. In figuur 4-37 is dit schematisch weergegeven.



figuur 4-37 Waterdrukvariaties aan de bodem

.....

Zonder golven is de waterdruk aan de bodem in doorsnede 1 gelijk aan die in doorsnede 2; er is dan géén stroming, en dus geen probleem.

Echter op het moment dat er wél golven aanwezig zijn, zal er een, in richting wisselende, stroming optreden door de golfporiën, die een lokale erosie van bodemmateriaal kan bewerkstelligen.

Een kwantitatieve voorspelling ten aanzien van de optredende drukverdeling is tot op heden niet mogelijk gebleken, omdat de stenen in de golfbreker op een bepaalde, ondefinieerbare manier de waterdruk dempen. Ook wat betreft de resulterende stroomsnelheden wordt nog in het duister getast. Wel kan men met enige zekerheid verwachten, dat er plaatselijk hoge snelheden op zullen treden, die er de oorzaak van zijn dat een ontgronding optreedt.

Een degelijke oplossing voor dit probleem is zonder twijfel het maken van een filter bovenop het bodemmateriaal. Het doel is tweeledig, nl:

- er kan geen zandtransport plaatsvinden van de onderlaag door of langs het filter; dus zanddicht
- de schuifspanning, veroorzaakt door de overtrekkende stroom, wordt verlaagd, doordat het filter als het ware de stroom tegenhoudt.

Filterconstructies algemeen

Een conventionele methode bestaat uit het aanbrengen van een granulair filter, opgebouwd uit een aantal lagen, waarbij de karakteristieke diameter van het materiaal van de laag naar buiten toe groter wordt. Gewoonlijk heeft een dergelijk granulair filter een totale dikte van ongeveer 1.0 tot 1.5 m.

Om hierna te noemen redenen is een granulair filter niet erg geschikt voor toepassing in de golfbreker van Breskens. Deze redenen zijn:

- de relatief grote dikte
- een filter van enkele lagen zal door de grote dikte een belangrijk obstakel vormen voor steenstorters; deze kunnen dan alleen bij hoogwater hun steen storten
- vanwege de blootstelling van met name de fijnste, onderste lagen aan de relatief ongunstige hydraulische omstandigheden, zoals golven en getijstroming, is het mogelijk dat de gravellaag vrij snel wordt weggeschuurd.

In het specifieke geval van de nieuwe golfbreker van Breskens is het veel aantrekkelijker gebruik te maken van de moderne ontwikkelingen op dit gebied, namelijk van geprefabriceerde filterdoeken.

De in de waterbouw als oever- en bodembescherming toegepaste kunststoffilters zijn in de regel uit polymeren opgebouwde weefsels of vliezen. Deze worden tesamen wel aangeduid als 'geotextielen'.

Een belangrijke eigenschap van zo'n geotextiel is, dat deze beduidend dunner is dan de conventionele granulaire filters.

Eisen die aan het filterdoek gesteld worden:

- a) Er mag geen transport van de onderlaag door of langs het geotextiel plaatsvinden, m.a.w. het filter moet voldoende zanddicht worden uitgevoerd.
- b) Het doek moet voldoende treksterkte bezitten om incidentele (punt)belastingen te kunnen weerstaan (bv. ten gevolge van vallende stenen).

Ten aanzien van de waterdoorlatendheid van het filter kan het volgende worden opgemerkt met betrekking tot de situatie bij Breskens.

Er staat geen permanent verval over de golfbreker, want het binnentalud staat in open verbinding met de buitenwaterstand (via de haveningang). Bovendien wordt de beoogde golfbreker doorlatend, zodat de waterstand in de constructie ongeveer hetzelfde niveau heeft.

De door de golfbeweging geïnitieerde horizontale heen-en-weergaande stroming veroorzaakt wellicht ook wat verticale stroming loodrecht op het vlak van de filterconstructie. Problemen levert dit echter absoluut niet op, omdat het kunststoffilter over de volle breedte van de dam voldoende zwaar geballast zal zijn. Een eventuele overdruk van het water onder het filter zal hierdoor nauwelijks van betekenis zijn. Van een waterdichtheidseis hoeft derhalve geen sprake te zijn.

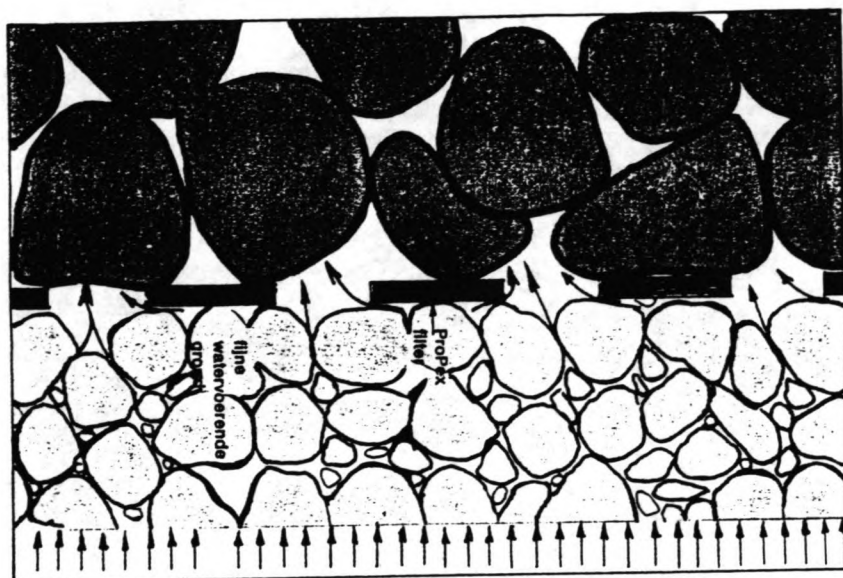
Zanddichtheids-aspecten

De zanddichtheid wordt bepaald door de korrelsamenstelling van het te beschermen zand en de filteropeningen. Het zanddichtheidsgetal O_{90}/d_{90} geeft deze relatie aan, waarin:

O_{90} = gemiddelde zanddiameter van de fractie waarvan 10% door het filter gaat.

d_{90} = korrelgrootte, waarvoor geldt dat 90% van het mengselvolume een diameter d heeft kleiner dan d_{90} .

Een filterdoek is alleen volledig zanddicht, indien de grootste opening kleiner is dan de kleinste korrel van het onderliggende basismateriaal. In elk geval is de zanddichtheid in principe afhankelijk van de hydraulische belasting. Het kan geaccepteerd worden dat een klein deel van het basismateriaal wordt uitgespoeld; dit zal immers na enige tijd stoppen door de vorming van een natuurlijk filter onder het doek (zie figuur 4-38).



figuur 4-38 Natuurlijk filter

De door de T.A.W. (Technische Adviescommissie voor Waterkeringen) opgestelde richtlijnen ten aanzien van de zanddichtheid luiden als volgt:

- * Onafhankelijk van de stromingscondities is het doek voldoende zanddicht als:

$$O_{max}/d_{15} \leq 1$$

waarbij voor O_{max} meestal de meer praktische maat $O_{9,8}$ wordt aangehouden.

- * Afhankelijk van de stromingscondities wordt de zanddichtheidseis bij:

- stationaire stroming: $O_{9,0}/d_{9,0} \leq 1$

- cyclische stroming met een natuurlijk filter:

$$O_{9,5}/d_{8,5} \leq 2$$

- cyclische stroming zonder natuurlijk filter:

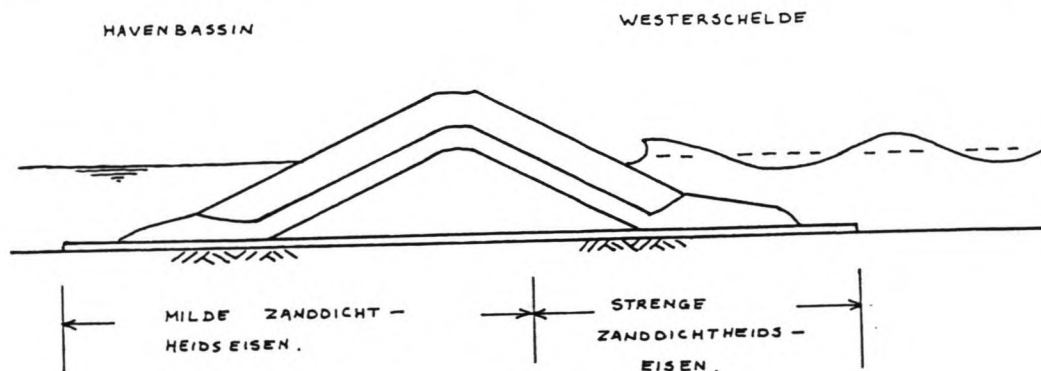
$$O_{8,5}/d_{15} \leq 1.5 \quad \text{wanneer enige schade acceptabel is}$$

$$O_{9,8}/d_{15} \leq 1 \quad \text{wanneer geen schade acceptabel is.}$$

Bij cyclische belasting gelden strengere zanddichtheids-eisen, omdat de opbouw van een intern filter onder het doek door de wisselende belasting wordt tegengegaan. Opgemerkt moet worden, dat de eisen zijn opgesteld voor het geval van een verticale doorstroming.

Dimensionering filter

In figuur 4-39, zoals hieronder is afgebeeld, kan gezien worden, dat aan de Westerschelde-zijde van de golfbreker aanzienlijk grotere hydraulische belastingen (golven en stroming) kunnen voorkomen dan aan de binnenzijde in het havenbekken. Dat is maar goed ook, want juist met dat doel wordt de golfbreker aangelegd!



figuur 4-39 Hydraulische belastingen golfbreker Breskens

Het is logisch om hiermee rekening te houden bij het ontwerpen van een bodembescherming. Er zal een onderscheid gemaakt worden op de volgende wijze:

filter onder teen: $O_{98}/d_{15} \leq 1.5$

filter onder rest: $O_{90}/d_{15} \leq 1.0$

Uit de korrelverdelingsdiagrammen (zie par.4.1.3) kan afgelezen worden dat de volgende numerieke waarden gelden voor de korrelgrootte:

$d_{15} = 100 \text{ à } 150 \text{ } \mu\text{m}$

$d_{90} = 200 \text{ à } 400 \text{ } \mu\text{m}$

Nu kan een afschatting gemaakt worden voor de benodigde filterdoek-openingen onder de teen alsmede onder het resterende gedeelte onder de dam (incl. binnenberm).

In concreto komen de eisen hier op neer:

$O_{98} \leq 150 \text{ à } 225 \text{ } \mu\text{m}$ voor de teen

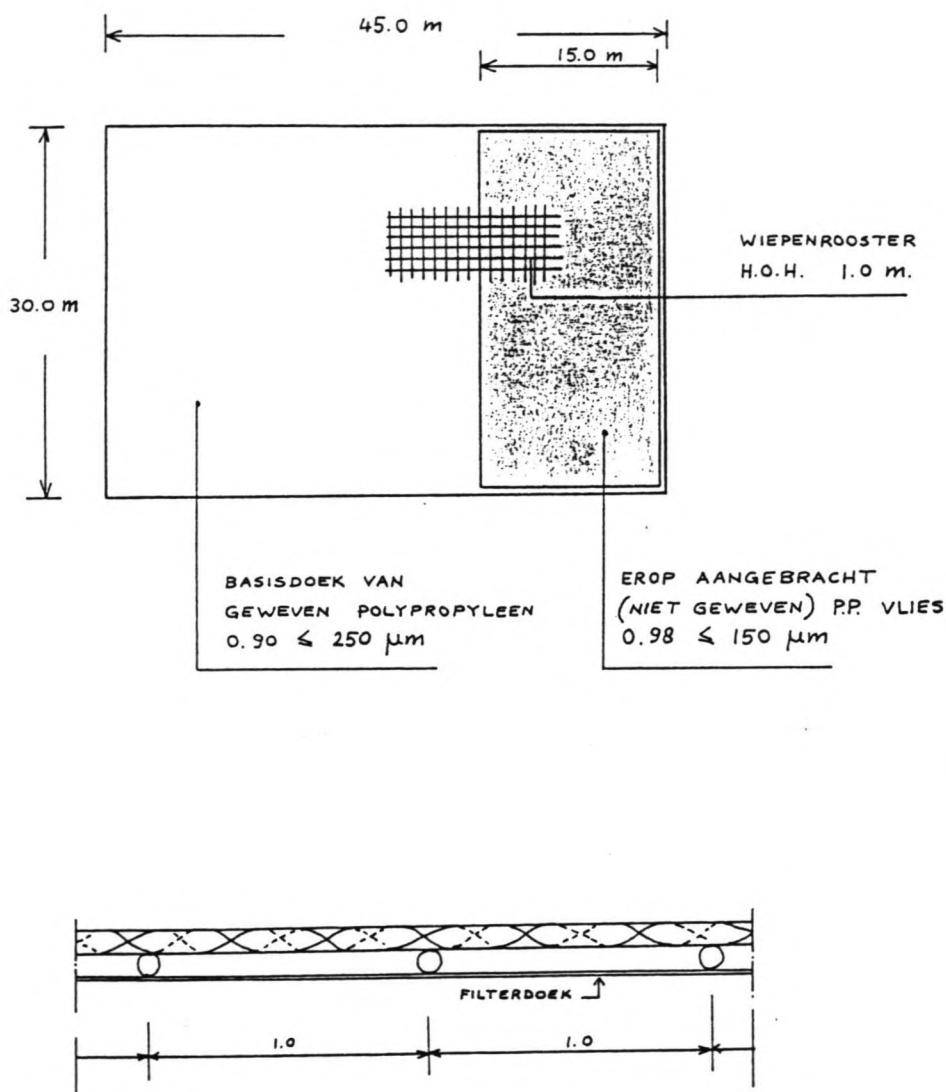
$O_{90} \leq 200 \text{ à } 400 \text{ } \mu\text{m}$ voor de rest

In verband met de problematiek rond het aanbrengen van het doek op de plaats van bestemming, is het raadzaam om vooraf op het filterdoek een wiepenrooster aan te brengen. Dit rooster heeft twee functies, te weten:

- zorgen voor het drijvend vermogen tijdens transport over water
- bieden van de nodige stijfheid aan het doek, zodat de stroming er geen vat op kan krijgen.

Het geheel van filterdoek en wiepenrooster staat bekend als een 'zinkstuk'.

In figuur 4-40 is aangegeven hoe het zinkstuk gemaakt zou kunnen worden. Ten eerste brengt men een **basisdoek** aan van een geweven polypropyleen, dat aan de gestelde zanddichtheidseis voldoet ($O_{90} \leq 200$ à $400 \mu\text{m}$). Ter plaatse van de teen legt men over het basisdoek een niet-geweven vlies om aan de strengere eis tegemoet te komen ($O_{98} \leq 150$ à $225 \mu\text{m}$).



figuur 4-40 Opbouw zinkstuk

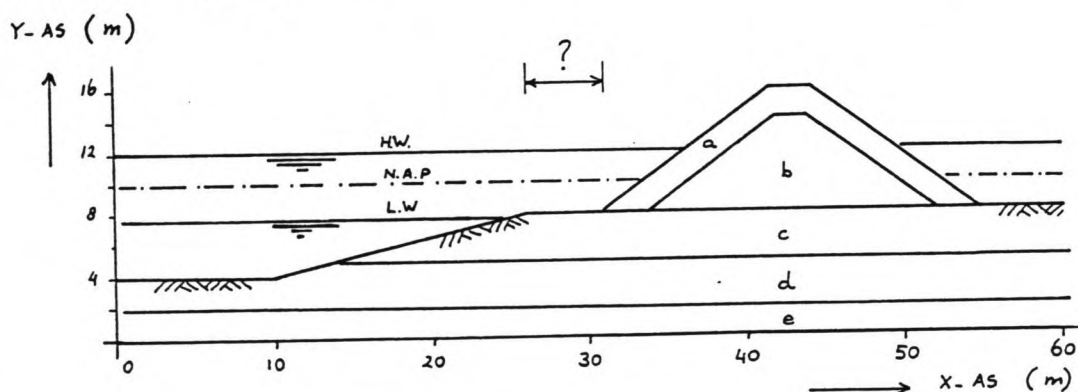
Van fabriekswegen zijn de doeken voorzien van lussen, zodat eenvoudig een wiepenrooster aangebracht kan worden, dat ervaringsgetrouw een hart-op-hart-afstand krijgt van 1.0 m. In bijlage 4.4 worden wat specifieke gegevens van geotextielen gepresenteerd

4.2.6. Stabiliteitsberekening binnentalud

De golfbreker wordt gebouwd bovenop de bodem van jong zeezand, dat zoals bekend ligt op een niveau van N.A.P. -1.5 m. Het jachthavenbassin moet echter wordt uitgebaggerd tot een diepte van ca. N.A.P. -6.0 m.

Vanwege het feit dat men hier te maken heeft met relatief los gepakte zandlagen met hier en daar ingesloten kleilagen, is het geen overbodige luxe om de stabiliteit van het binnentalud eens nader te onderzoeken.

Uit de bodemgegevens, verkregen van onder andere het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, dat ooit ten behoeve van de aanleg van de huidige jachthaven in Breskens sonderingen en boringen uitvoerde (zie ook bijl.4.1), is het mogelijk gebleken een schematisch bodemprofiel te tekenen. Daarbij is ervan uitgegaan dat de verschillende grondlagen nagenoeg horizontaal liggen, wat natuurlijk een sterke vereenvoudiging is van de werkelijkheid. In figuur 4-41 is een en ander in een dwarsprofiel gezet.



voor bodemparameters zie bijlage 4.6

figuur 4-41 Schematisatie bodemprofiel

Het is de bedoeling van deze beschouwing over de stabiliteit van het binnentalud om iets zinnigs te kunnen zeggen omtrent de helling, die voor het binnentalud moet worden aangehouden, en de breedte, die voor de binnenberm benodigd is.

Voor de beoordeling van de stabiliteit van taluds van een willekeurige vorm in materialen met cohesie en inwendige wrijving bestaan vele methoden. De meeste gaan uit van cirkelvormige glijvlakken. Met behulp van een aantal vereenvoudigende aannamen tracht men een waarde te vinden voor de stabiliteitsfactor F . De cirkel met de laagste waarde voor F wordt als het maatgevende glijvlak aangenomen.

Men moet zich er rekenschap van geven, dat de methoden allesbehalve exact zijn, en voorzichtigheid is dus geboden bij de interpretatie van de gevonden resultaten.

Omdat de methode van Bishop de werkelijk optredende fysische verschijnselen het beste benadert, en tevens wat consistenter is dan andere methoden (bijv. Fellenius) geeft men aan deze methode in de praktijk de voorkeur.

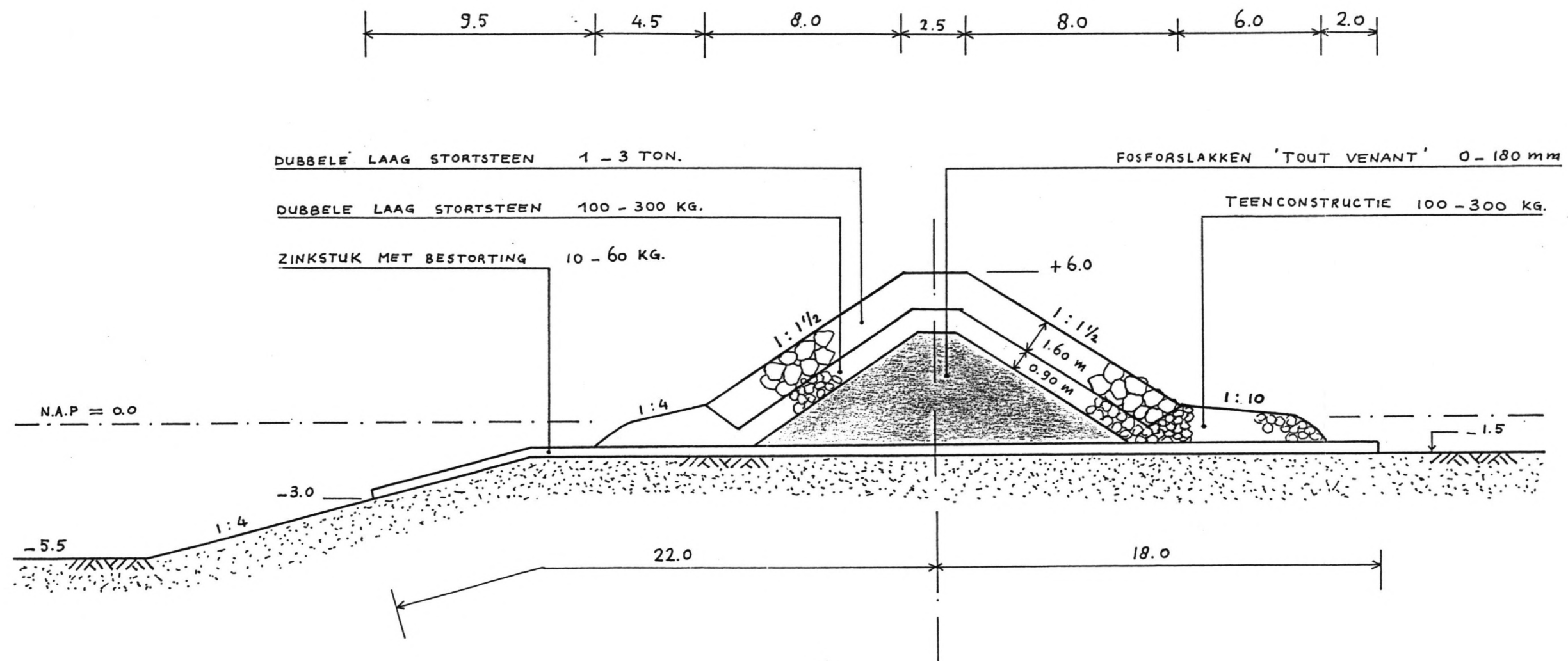
Aan de theoretische afleiding zal in het kader van deze studie geen aandacht worden geschonken. Hiervoor wordt verwezen naar de collegediktaten van prof. Verruijt.

De stabiliteitsberekeningen zijn gemaakt met behulp van het computerprogramma 'STABIL 2.3' (eveneens door prof. Verruijt ontwikkeld). In dat programma kan de bovenbelasting van de golfbreker op het zand in rekening worden gebracht. Bij de glijvlakberekening is ook het gewicht van een waterkolom (bij hoogwater) meegenomen. Het dwarsprofiel, dat in de vorige paragrafen is ontworpen, is in de berekening als uitgangspunt gehanteerd. Een voorbeeld van zo'n berekening is opgenomen in bijlage 4.5.

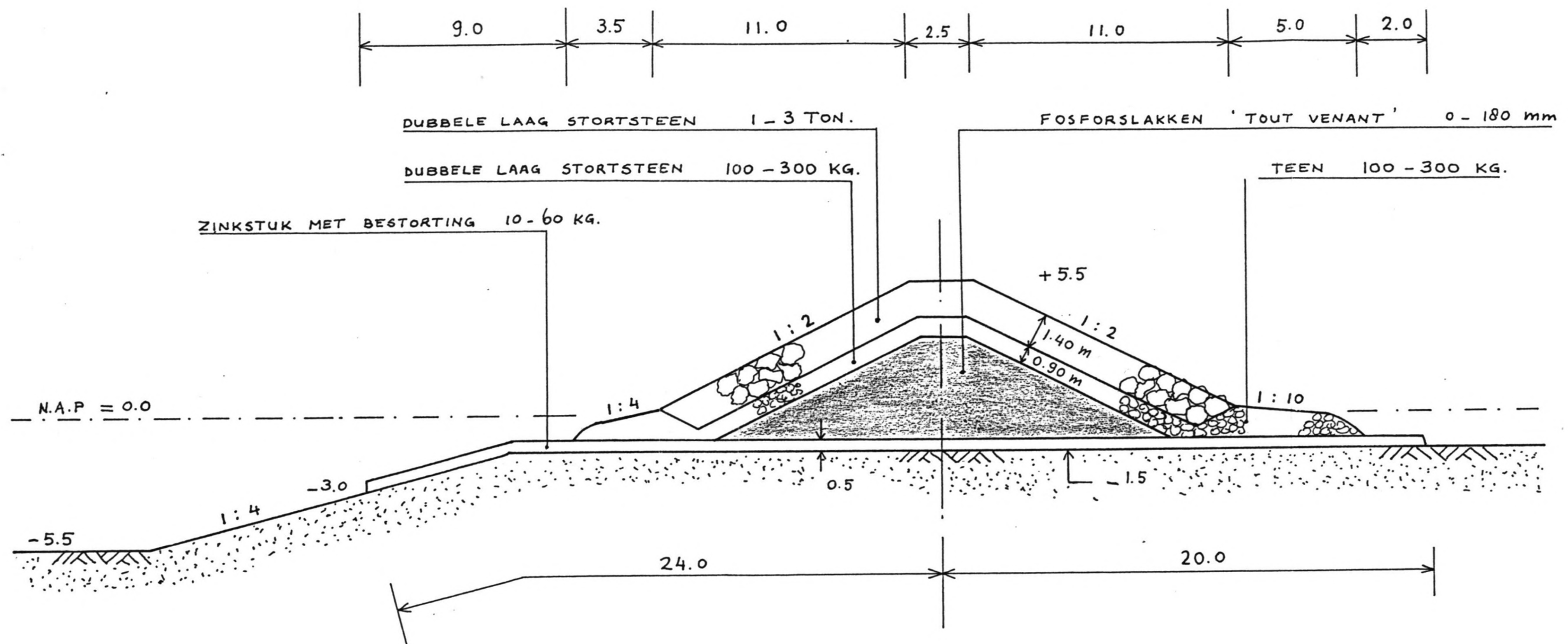
Het eindresultaat van alle calculaties is, dat een **bermbreedte van 4.0 meter** en een **onderwatertalud van 1 : 4** een voldoende, acceptabele en veilige constructie waarborgen. De meest kritische glijcirkel brengt in dit geval een stabiliteitsfactor F voort van 1.7.

In de praktijk geldt dat taluds stabiel zijn als de factor $F \geq 1.5$; een eis waaraan het voorgestelde ontwerp dus voldoet.

Aan het einde gekomen van het gedetailleerde ontwerp van de nieuwe golfbreker voor Breskens, is het moment daar dat een definitief en volledig dwarsprofiel kan worden gepresenteerd. De figuren 4-42 en 4-43 geven de dwarsprofielen weer van storstene golfbrekers met de respectievelijke hellingen van 1 : 1½ en 1 : 2.



FIGUUR 4-42 DEFINITIEF ONTWERP STORTSTENEN DAM MET
TALUDHELLING 1 : 1.5 en
KRUINHOOGTE N.A.P. + 6.0 m



FIGUUR 4-43 DEFINITIEF ONTWERP STORTSTENEN DAM MET
TALUDHELLING 1 : 2 en
KRUINHOOGTE N.A.P. + 5.5 m

4.3. ONTWERP GOLFBREKER - BESTAANDE DEEL

4.3.1. Inleiding

In het hoofdstuk over golftransmissie (hoofdst.3) is op een gegeven ogenblik de huidige havendam onderworpen aan de maatgevende ontwerpomstandigheden (par.3.3). Uit deze overslag-berekening bleek heel duidelijk, dat deze basaltblokken-dam bij lange na niet aan de nieuwe funktionele eisen voldoet. Een logische gevolgtrekking is hieruit, dat de huidige dam aanpassing behoeft, zodanig dat wél aan de gestelde eisen wordt voldaan.

In het verleden is reeds een poging gewaagd om aan dit probleem het hoofd te bieden. Toen is bovenop de kruin van de huidige dam een palenrij aangebracht. Daarbij heeft men de palen op een hart-op-hart afstand van tweemaal de paaldiameter geplaatst. Waarschijnlijk mede door de grote tussenruimte tussen de palen, heeft deze maatregel niet het gewenste effect gehad.

Bij het ontwerpen van een ophoging van de oostdam is informatie over de opbouw van de huidige dam beslist onmisbaar. In de paragraaf over het ontwikkelen van conceptoplossingen (par.4.2.3) is een dwarsprofiel gegeven van de oostdam. Voor nadere bijzonderheden zij daarom verwezen naar figuur 4-21 in die paragraaf.

In deze paragraaf zal voornamelijk bekeken worden, hoe de dam het beste kan worden opgehoogd, opdat een constructie wordt verkregen die aan alle gestelde eisen voldoet.

4.3.2. Programma van eisen voor ophoging

Wat het programma van eisen betreft kan worden opgemerkt, dat voor de aanpassing van de oostdam dezelfde funktionele en sterkte-eisen geldig zijn als voor het ontwerp van het nieuwe gedeelte, zoals beschreven in paragraaf 4.2.2. Ook de wensen met betrekking uitvoering en onderhoud blijven geldig.

Een specifieke eis voor aanpassing van de dam komt voort uit voorschriften van Rijkswaterstaat, die de eigenaar is van de huidige oostdam, en in die hoedanigheid goedkeuring moet verlenen aan eventuele plannen voor aanpassing. In het kort komen die voorschriften neer op een (voorlopig) verbod om delen van de oostdam te slopen.

4.3.3. Verschillen met nieuwe deel

Wegens de zojuist genoemde beperking, dat geen sloopwerkzaamheden aan de huidige dam zijn toegestaan, zal de aanpassing de vorm krijgen van een ophoging. Bovenop de aanwezige basaltglooiing zullen de nieuwe lagen moeten worden aangebracht conform de voorgestelde opbouw van de nieuwe dam.

De genoemde beperking heeft ingrijpende consequenties voor het ontwerp van de aanpassing. Ten eerste zal vanuit een taludhelling van 1 : 2½ (de bestaande helling) moeten worden gebouwd. De daarop aan te brengen stortsteenlagen zullen dus ook deze beginhelling hebben. Eventueel kan door de laagdikte te variëren uiteindelijk een helling van 1 : 2 worden bereikt. Het tweede grote verschil betreft de doorlatendheid; aangezien de basaltglooiing (hier en daar geïmpregneerd met asfalt) relatief ondoorlatend is voor water, betekent dit dat de aanname met betrekking tot de P-waarde (zie par.4.2.5) in de stabiliteitsformules zal moeten worden bijgesteld.

Verondersteld wordt, dat aan de bodembescherming (met name het kraagstuk aan de binnenzijde van de dam) geen verbeteringen of vernieuwingen behoeven worden aangebracht.

Al met al zal het dwarsprofiel van de opgehoogde oostdam een wat andere opbouw te zien geven dan we kennen van het ontwerp van het nieuwe deel.

4.3.4. Dimensionering

De kruinhoogte wordt om praktische redenen gelegd op hetzelfde niveau als is bepaald voor het nieuwe deel, nl. N.A.P. +5.50 m. Op deze manier kan een vloeiende aansluiting tot stand worden gebracht tussen het nieuwe stuk en de ophoging. Zelfs een eventueel verschil in taludhelling kan met behulp van stortsteen vloeiend worden aangesloten. Met deze kruinhoogte wordt aan de functionele eisen ruimschoots voldaan.

Ten aanzien van de stabiliteitsbeschouwing kan weer uitgegaan worden van een storm uit het Noordwesten, met een frequentie van voorkomen van éénmaal in de 20 jaar. De karakteristieke eigenschappen van een dergelijke storm volgen hieronder:

significante golfhoogte: $H_s = 1.90$ m
golfperiode: $T = 5.0$ s
golflengte: $L = 40$ m

Voor de bepaling van het benodigde steengewicht is weer dankbaar gebruik gemaakt van de stabiliteitsformules van Van der Meer en Pilarczyk.

Omdat nu sprake is van een relatief ondoorlatende kern zal een P-waarde van 0.1 het beste aansluiten bij de werkelijkheid. Hiervoor wordt ter verduidelijking verwezen naar paragraaf 4.2.5., tabel 4-3 en figuur 4-33. De overige numerieke gegevens zijn:

schadeniveau: $S = 2$
 stormduur: $N = 4000$ (aantal golven in 6 uur)
 dichtheid: $\rho = 1.52$
 helling: $\cot \alpha = 2.5$

Voor de brekerparameter kan worden gevonden: $= 1.84$

Voor een dergelijke waarde van de brekerparameter moet de formule voor brekende golven worden toegepast:

$$H_s / \Delta D_{n50} \cdot \sqrt{\xi} = 6.2 \cdot P^{0.18} \cdot (S/\sqrt{N})^{0.2}$$

Invulling van de numerieke waarden in deze formule levert uiteindelijk een steendiameter op van:

$$D_{n50} = 0.83 \text{ m}$$

wat omgerekend in steengewicht neerkomt op een steen van:

$$W_{50} = 1465 \text{ kg.}$$

Ook hier wordt de breuksteen in een dubbele laag aangebracht. De laagdikte van de primaire verdedigingslaag bedraagt dan 1.60 m.

Volgens figuur 4-33 in paragraaf 4.2.5 kan voor de dikte van de onderliggende filterlaag worden aangehouden:

$$0.5 \cdot D_{n50A} = 0.40 \text{ m.}$$

De benodigde nominale steendiameter voor het filtermateriaal kan worden bepaald met:

$$D_{n50F} = D_{n50A} / 4.5 = 0.20 \text{ m}$$

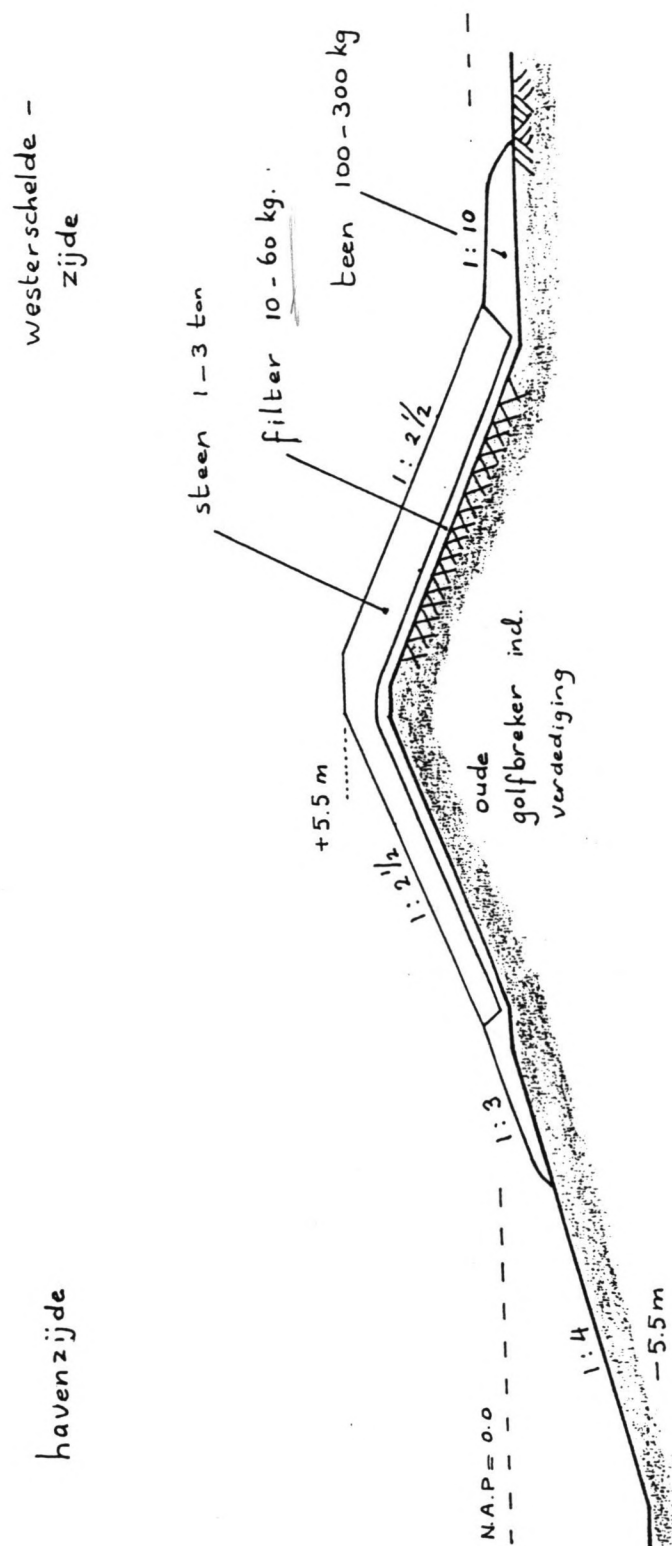
wat overeenkomt met een steengewicht $W_{50F} = 20 \text{ kg.}$

Voor de primaire verdedigingslaag zal een stortsteenklasse worden gekozen van 1.0 - 3.0 ton. Dit is dezelfde steenklasse als voor het nieuwe deel, wat met het oog op de gewenste aansluiting natuurlijk prettig is.

Bij de secundaire laag (in dit geval eigenlijk een soort filterlaag) is de keuze gevallen op een steenklasse van 10 - 60 kg.

De teenconstructie blijft ongewijzigd in vergelijking met de teen van het nieuwe deel. Zoals reeds vermeld is het voor de bodembescherming niet nodig veranderingen aan te brengen ten opzichte van de huidige situatie.

Alle onderdelen van de doorsnede zijn nu aan de orde geweest, zodat het volledige dwarsprofiel weer getekend kan worden, zie figuur 4-45.



figuur 4-45 Dwarsprofiel opgehoogde oostdam

4.4. ONTWERP TERREINOPHOGING MET TALUDBESCHERMING

4.4.1. Inleiding

Achtereenvolgens zal in deze paragraaf een aantal aspecten belicht worden die betrekking hebben op de terreinophoging inclusief de taludbescherming.

Allereerst zal worden ingegaan op het programma van eisen dat hiervoor kan worden opgesteld. Vervolgens zal kort de dimensionering van de taludbescherming aan de orde komen. Speciale aandacht zal tenslotte worden geschonken aan enkele algemene factoren, die met het opspuiten van het terrein te maken hebben.

4.4.2. Programma van eisen

Wegens het feit dat de terreinophoging is bedoeld om de bouw van een appartementencomplex met parkeerterrein mogelijk te maken, zullen met name de functionele eisen wat anders zijn in vergelijking met wat in voorgaande paragrafen is gesteld. De hier van toepassing zijnde eisen luiden:

1. De hoogte van het terrein moet zodanig zijn, dat een stormvloedstand met een overschrijdingsfrequentie van éénmaal per 1000 jaar geen overstroming veroorzaakt.
2. De taludverdedigingsconstructie moet een zodanige kruinhoogte hebben, dat tijdens een storm met een frequentie van voorkomen van éénmaal per 3 jaar, de golfoverslag niet meer bedraagt dan 1%.

Aan de sterkte-eisen verandert niets, zodat het ontwerp een storm met een frequentie van éénmaal in de 20 jaar moet kunnen weerstaan.

4.4.3. Dimensionering

Bepaling terreinhoogte

Uit de overschrijdingslijn van de stormvloedstanden, zoals die is weergegeven in hoofdstuk 2, blijkt een storm met een herhalingsperiode van 1000 jaar een waterstand op te wekken van N.A.P. + 4.90 m.

Het ligt voor de hand de terreinophoging uit voeren met het materiaal dat vrijkomt bij het op diepte brengen van het jachthavenbassin. Aangezien er sprake is van een overschot aan dit materiaal bij een ophoging tot 4.90 m boven N.A.P.-niveau (zie par.4.5.), verdient het de aanbeveling het terrein verder op te hogen. Bovendien kan men in de loop van de zettingen en inklinking van het

opgespoten zandpakket verwachten. Aan deze grondmechanische aspecten wordt overigens geen nadere aandacht geschonken.

Om genoemde redenen lijkt een 'maaiveld'-hoogte van N.A.P. +6.00 m een acceptabel compromis.

Bepaling kruinhoogte taludbescherming

De hydraulische condities volgend uit de funktionele eis, hebben betrekking op een Noordwester storm, die eens in de 3 jaar voorkomt. Hiervoor gelden de volgende (bekende) karakteristieke gegevens:

significante golfhoogte: $H_s = 1.70$ m
golfperiode: $T = 4.8$ s
stormvloedstand: N.A.P. +3.10 m

Uit de grafiek, waarin de golfoploop $R_{u,p}$ is uitgezet tegen de overschrijdingskans p voor het geval van een stortstenen talud onder een helling van 1 : 2 (zie fig.4-29), kan afgelezen worden dat bij een overschrijdingspercentage van 1% een golfoploop hoort van $R_{u,p} = 3.125$ m (t.o.v. stilwaterpeil).

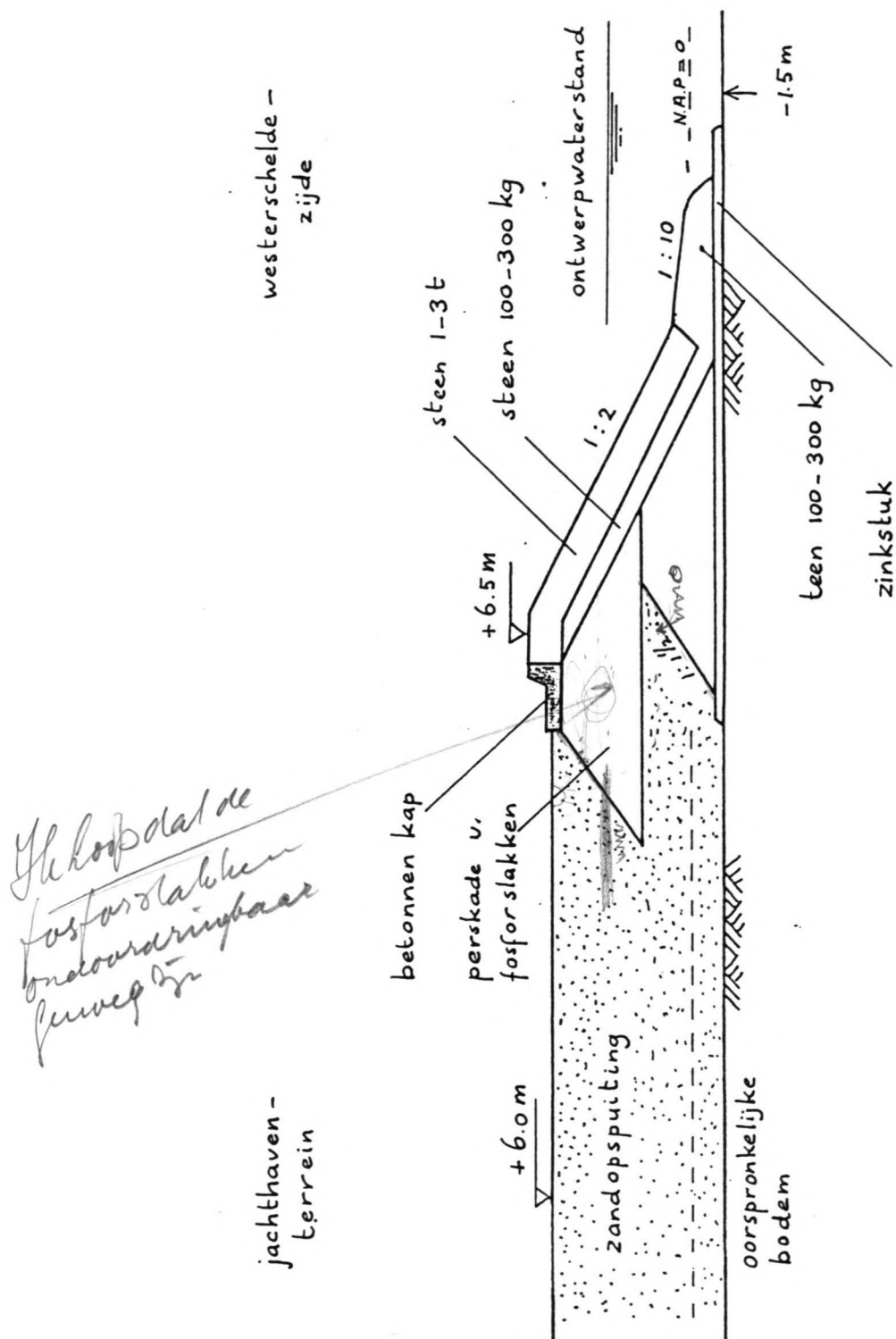
De gewenste kruinhoogte komt derhalve te liggen op het niveau N.A.P. +6.50 m.

Dimensionering stabiele verdediging

Bij het opspuiten van het terrein moeten langs de randen perskaden worden opgeworpen om het zand binnen de gewenste grenzen te houden. Voor dit doel is het kernmateriaal van de golfbreker, de fosforslak, uitstekend geschikt. Als wordt gekozen voor de 'tout venant' klasse, kan de onderste laag van de hele havendam-uitbreiding (i.e. nieuwe deel van de golfbreker én taludbescherming) in dezelfde klasse fosforslakken worden uitgevoerd.

Uiteraard zijn de hydraulische belastingen van golven en stroming ook dezelfde als voor de golfbreker, de ontwerpstorm is immers gelijk. Hieruit kan eenvoudig worden afgeleid, dat de taludbescherming net zo kan worden opgebouwd als de voorzijde van de golfbreker. Een en ander is in figuur 4-46 weergegeven.

Ten aanzien van het bodembeschermende filter onder de taludverdediging kan de volgende aantekening worden gemaakt. Doordat de waterbeweging binnenin de taludverdediging minder vrij is dan in de golfbreker, zal de belasting op het bodemmateriaal onder de taludbescherming ook minder zijn. Daarom kan bij het leggen van de zinkstukken worden volstaan met het doortrekken van het bodemfilter tot het punt loodrecht onder het midden van de kruin. Dit houdt in, dat de zinkstukken ter plaatse niet breder hoeven te zijn dan ca. 20 meter.



figuur 4-46 Dwarsprofiel taludbescherming

4.4.4. Opspuiten van de terreinophoging

4.4.4.1. Algemeen

Een baggerbedrijf zal worden belast met het verwerken van de grond uit het toekomstige havenbassin; grond in een samenstelling van verschillende materialen met verschillende eigenschappen.

Baggeren bestaat uit de volgende deelactiviteiten: losmaken, transporteren en deponeren van grond. In het kader van het ontwerpen van de terreinophoging is met name het deponeren van belang.

In het vervolg noemen we gemakshalve de gedeponeerde grond 'het stort'. Het is duidelijk dat eigenschappen van het stort afhankelijk zijn van de aard van de gedeponeerde grond, de wijze van deponeren en vaak ook de wijze van winnen en transporteren van de grond. Indien deze eigenschappen niet voldoen aan de eisen die aan het stort worden gesteld, dan moet een tussenfase worden ingelast: **de kwaliteitsverbetering**.

Bij de kwaliteitsverbetering tracht men bepaalde 'minderwaardige' componenten te onttrekken aan het losgemaakte materiaal (het ruwe produkt), zodat een 'goed' produkt overblijft. Er blijft dan wel een afvalprodukt over, dat elders gedeponeerd moet worden.

4.4.4.2. Het stort en de daaraan gestelde eisen

Waaruit kan het ruwe produkt in het algemeen bestaan? Dat is in de ruimste zin van het woord een samenstelling van één of meerdere van de volgende componenten in diverse verhoudingen:

zand, grind, rotsfragmenten, mineralen, slib, klei, veen, vuil, water en in water opgeloste stoffen.

Het bodemmateriaal, dat ter plaatse van Breskens weggebaggerd moet worden, bestaat vermoedelijk hoofdzakelijk uit jong zeezand. In dit zand bevinden zich plaatselijk kleilaagjes. Verder kan wellicht jonge zeeklei voorkomen.

De eis, die aan het stort kan worden gesteld luidt, dat er slechts een klein slibgehalte in mag voorkomen. De redenen hiervan hangen samen met het streven naar:

- begaanbaarheid
- kleine zetting
- risico's voor zettingsvloeiing
- goede draagkracht
- gelijkmatigheid van de draagkracht.

4.4.4.3. Het deponeren

Bij het baggeren wordt grond met veel water getransporteerd en in of boven water gedeponeerd. De gronddelen moeten dus in het water bezinken. Een korrel wil door zijn effectief gewicht omlaag. Zijn beweging door het water geeft hem een weerstand van het water. De valsnelheid past zich zo aan, dat deze weerstand en het effectief gewicht even groot worden. Voor korrelvormige deeltjes die zich in stilstaand water bevinden geldt dus:

Het eigen gewicht verminderd met de opwaartse kracht van het water maakt evenwicht met de kracht, die door de beweging van de korrel in het water wordt opgewekt.

Uit de wet van Stokes volgt, dat onder normale omstandigheden voor één ronde korrel in stilstaand water geldt:

$$W = 90.D^2$$

waarin W de valsnelheid (in cm/s) en D de diameter van de korrel (in mm) voorstelt.

Voor een zandpakket met een d_{50} geldt, dat door de beïnvloeding der verschillende deeltjesgrootten:

$$W = 70.d_{50}^2$$

Voor kleideeltjes gaan deze formules vaak niet op, omdat hier elektrische bindingskrachten tussen de deeltjes een rol kunnen spelen.

Van grote invloed op de bezinking is de turbulentie; veel turbulentie vertraagt de valbeweging. Indien meerdere deeltjes bij elkaar bezinken, ontstaat door de valbeweging van de onderste deeltjes meer turbulentie voor de bovenste deeltjes, waardoor de bezinking wordt verstoord. Een gevolg hiervan is, dat hogere concentraties lagere bezinksnelheden vertonen.

Slibdeeltjes zijn zeer moeilijk tot bezinken te brengen; de valsnelheid hiervan is zo klein, dat de gevoeligheid voor turbulentie erg groot is.

Een deeltje bezinkt in een bezinkgebied, indien het door de valsnelheid de bodem kan bereiken, voordat de horizontale stroomsnelheid het buiten het gebied heeft gebracht.

Bij bezinking is dus van belang:

1. een niet te hoge concentratie aan deeltjes
2. zo laag mogelijke stroomsnelheid
3. zo min mogelijk bronnen van extra turbulentie
4. zo gelijkmatig mogelijke stroomsnelheidsverdeling
5. zo lang mogelijk bezinktraject in stroomrichting

Uit punten 1 en 2 blijkt voor de produktie een tegenspraak; immers een zo laag mogelijke stroomsnelheid betekent een klein debiet, zodat als gevolg daarvan bij

gelijkblijvende produktie de concentratie juist hoog is. Er blijkt voor veel gevallen een optimum te bestaan, dat ligt in de orde van een dichtheid van het getransporteerde zand-watermengsel van 1300 kg/m^3 .

Ook indien een deeltje de bodem al bereikt heeft kan het nog door de stroom worden meegevoerd (rollend of springend). Die grens wordt bereikt (bij benadering) voor een stroomsnelheid:

$$V = 100 \cdot \sqrt{(10 \cdot D)}, \quad \text{waarin } V \text{ in [m/s] en } D \text{ in [m]} \\ \text{voor } D \geq 100 \mu\text{m}.$$

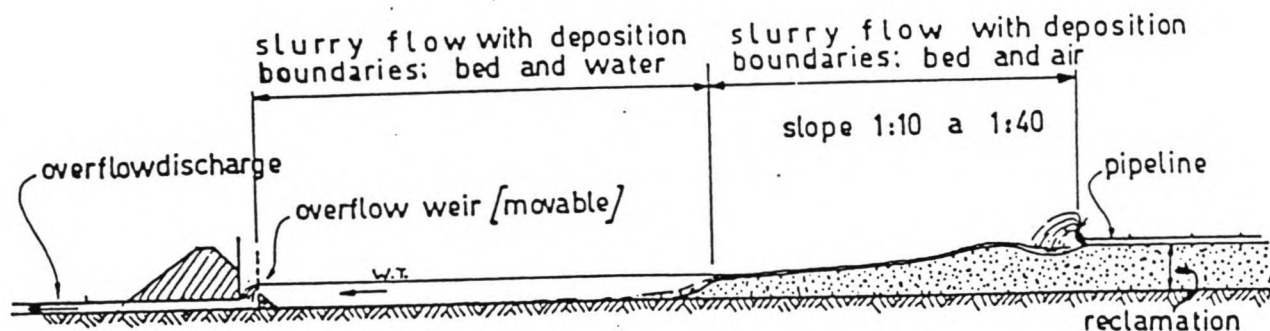
Overigens moet nog worden gezegd, dat naarmate de condities voor een goede bezinking beter worden, het stort een minder pakking vertoont. Het is dan als het ware een "voorzichtig stapelen van korreltjes". Hierdoor is de pakking van onderwater afgezet zand slechter dan bij bovenwater gespoten zand (bijv. een ophoging).

4.4.4.4. Methoden van kwaliteitsverbetering

In het kader van deze studie beperken we ons tot het noemen van enkele technieken die momenteel gebruikt worden om gebaggerd zand te ontslibben. De meest toegepaste methoden zijn:

- indikken (door onttrekken slibhoudend water)
- ontslibbingstrecther
- cycloon

Flow , deposition and overflow in discharge areas



figuur 4-47 Deponeren van het stort

4.5. UITVOERINGS- EN KOSTENASPECTEN

4.5.1. Uitvoeringswerkzaamheden

Alvorens in te gaan op de hoedanigheid van de activiteiten zelf volgen eerst wat opmerkingen met betrekking tot de volgorde waarin de werkzaamheden plaats moeten vinden. Omdat ook in de waterbouw opgaat, dat 'tijd = geld', streeft men er in het algemeen naar de opvolging van werkzaamheden zo soepel mogelijk te laten verlopen. De tijdsduur van wachttijden (wachten is duur) kan met een goede planning tot een noodzakelijk minimum worden beperkt.

Erg belangrijk bij de uitvoering is ook de wens om de bedrijvigheid van het jachthavengebeuren zoveel mogelijk doorgang te laten vinden tijdens het werk. Deze wens stelt de planner voor een moeilijke taak; de zomerperiode is zowel voor de jachthavengebruiker als voor de uitvoerder de meest geschikte tijd om in de jachthaven bezig te zijn. Voor de gebruiker spreekt dit vanzelf, voor de uitvoerder geldt, dat de zomermaanden de minste kans op onwerkbaar weer opleveren, tijdens welke het werk noodgedwongen stil moet liggen.

De activiteiten die gezamenlijk de uitvoering vormen zullen in volgorde van uitvoering worden behandeld.

1. **Egaliseer ter plaatse van de toekomstige tereinophoging de bodem.** De strekdam die daar ligt kan blijven; wel moeten de losliggende stenen rondom de strekdam en bij de aansluiting op de zeedijk worden verwijderd, zodat het zinkstuk vlak op de bodem komt te liggen.
2. **Breng de vantevoren gefabriceerde zinkstukken aan rondom de toekomstige terreinophoging.** Dit kan gebeuren door ze te laten verebben, of door ze te laten afzinken met behulp van stortsteen uit de gewichtsklasse van 10/60 kg. Het storten van de stenen kan vanaf een steenstorter plaatsvinden, maar kan ook tijdens laagwater vanaf de oever met vrachtwagens gebeuren.
3. **Op en naast de zinkstukken kan nu een fosforslakken kerndam (perskade) opgeworpen worden.** Dit kan gebeuren tijdens hoogwater vanaf steenstorters (bovenlossers), waarbij de fosforslakken-dam tot ca. N.A.P.-niveau gemaakt kan worden. Het resterende (hogere) deel van de dam moet kan behulp van grijperkranen op een verankerd ponton, of weer vanaf de wal met vrachtwagens, worden uitgevoerd. De mogelijkheid om met drijvend materieel te bouwen wordt geboden door het feit, dat de fosforslakken varende vanuit Vlissingen) kunnen worden aangevoerd.

-
4. Inmiddels kan er een gat worden gegraven in de oostdam. Dit gat hoeft niet groter te zijn dan nodig is om een cutterzuiger door te laten. Overigens is het waarschijnlijk beter om de zuiger tijdens hoogwater van buiten af het bekken in te laten varen. In dit geval is dus geen gat nodig in de oostdam. De in punt 3 genoemde kraan op het ponton moet van tevoren een soort beginput gegraven hebben, wat de zuiger als startpunt kan gebruiken.
 5. De zuiger kan nu het nieuwe bassin op diepte gaan brengen. Met behulp van een drijvende persleiding kan het afgegraven zand naar het afgedamde stort getransporteerd worden. Het binnentalud van het bassin moet in eerste instantie gemaakt worden door de cutterzuiger als het ware te laten 'kantje baggeren'. Het overschot aan zand kan elders worden opgeslagen voor eventueel hergebruik, of kan worden weggeperst bijvoorbeeld naar een diep gat t.p.v. een oude dijkval.
 6. Egaliseer zo goed mogelijk het binnentalud langs het golfbrekertracé. Op de geëgaliseerde helling kan nu de bodembescherming (zink- of kraagstuk) worden geplaatst.
 7. Breng de zinkstukken op hun plaats en laat ze verebben of zink ze af, en vul de ballast aan met stortstenen. Hierbij moet ervoor worden gezorgd, dat ter plaatse van aansluiting met de taludbescherming een voldoende overlap in acht genomen wordt. Aan de zijde van de oude golfbreker blijft voorlopig een gat gehandhaafd. Pas na het gedeeltelijk slopen van een hoek van de huidige oostdam (tot aan bodembescherming) kan ook daar tot aansluiting worden overgegaan.
 8. Bovenop de zinkstukken kan nu de fosforslakken-kern worden aangebracht. Over de volle lengte moet een dam worden opgeworpen tot N.A.P. +3.60 m. Tot ongeveer N.A.P.-niveau kan direkt met steenstorters worden gestort, daarna met behulp van een grijper op een ponton of door het inrijden met vrachtwagens.
 9. Nu kan het resterende gedeelte van de oostdam tot de gewenste diepte worden gesloopt.
 10. Er kan worden aangevangen met het aanbrengen van de secundaire verdedigingslaag en de teenconstructie (vanaf de aansluiting van de taludbescherming op de zeedijk tot en met de kop van de oostdam). Dit kan het beste met behulp van een drijvende kraan geschieden.
 11. Op de secundaire laag dient nu de primaire verdedigingslaag te worden aangebracht.

Enkele bijzonderheden ten aanzien van de activiteiten worden hier puntsgewijs naar voren gebracht.

- ad 1. Tijdens laag water valt de strekdam helemaal droog, zodat de bodem rondom in den droge obstakelvrij gemaakt kan worden op plaatsen waar een zinkstuk moet komen. Hetzelfde geldt voor het punt waar taludbescherming en zeedijk samenkomen.

Benodigd materieel: wheel loader of evt. handkracht.

- ad 2. Zinkstukken moeten vantevoren op een stuk strand in de nabije omgeving op maat worden gemaakt. Een uitstekende plaats lijkt ons even ten oosten van de oostelijke havendam aanwezig. Hier wordt dan het filterdoek van een wiepenrooster voorzien, waarna het geheel m.b.v. een sleepboot (en afzinkbare balk) naar de plek van bestemming kan worden gebracht. Daar kan men het zinkstuk laten verebben.

Benodigd materieel: sleepboot

2 afzinkpontons (één voor het verhalen van de steenstorter en één voor het naar beneden duwen en ophalen van de zinkbalk)
steenstorter (bovenlosser) of
vrachtwagen(s)

- ad 3. De fosforslakken worden geleverd door een bedrijf in Vlissingen. Met zelfvarende bakken/steenstorters wordt dus van Vlissingen naar Breskens gevaren. De afstand hiertussen bedraagt ongeveer 5 km. Het begin van de opbouw van de kern kan geschieden middels zelflossende bakken (bijv. splijtbakken of bovenlossers) die gebruik maken van de hoogwaterperioden om de slakken gecontroleerd te dumpen. Met gecontroleerd dumpen wordt hier bedoeld, dat er naar moet worden gestreefd de dam minder snel op te hogen dan de lossende bakken omhoog komen door het verlies aan lading. Met andere woorden de bakken moeten de kernophoging voor blijven. Op deze manier moet geprobeerd worden de kern zo hoog als enigszins mogelijk is op te werpen. Daarna moet het resterende deel van de kern opgebracht worden middels een grijperkraan, die op een ponton is gestationeerd. Dit is waarschijnlijk het eenvoudigst, omdat de fosforslakken tenslotte varend worden aangevoerd. Zou men de rest van de dam met vrachtwagens erin willen rijden, dan moet de kern breed genoeg zijn (ca. 3 m) om vrachtwagens erover te kunnen laten rijden.

Benodigd materieel: steenstorter

drijvend ponton met grijperkraan

- ad 4. Een opening in de oostdam is in principe niet nodig om het toekomstige bassin te bereiken. Van te voren moet een begin-ontgraving zijn gemaakt, groot

en diep genoeg voor de cutterzuiger om vooral ook tijdens laagwater-perioden (N.A.P. -2.0 m) gewoon door te kunnen baggeren. De diepgang van een kleine cutterzuiger ligt om en nabij de 2 meter, zodat de werkput bij aanvang een diepte van N.A.P. -4.0 m moet hebben. De buitenafmetingen van een kleine doorsnee cutterzuiger zijn ongeveer als volgt:

länge 20 m

breedte 6 m

diepgang 1.80 m

De benodigde putafmetingen zullen dus wat groter moeten zijn.

Benodigd materieel: grijperkraan op ponton

ad 5. De cutterzuiger kan nu aanvangen met de ontgraving van het toekomstige bassin, waarbij in eerste instantie het gebaggerde zand via een drijvende persleiding naar het stort (=terreinophoging) wordt geperst. Eén gedeelte van de persleiding ligt op het droge. D.m.v. verlenging en vertakking van deze leiding wordt de ophoging op den duur een feit. In de perskade (=fosforslakken-kern) moet een zogenaamde 'kist' worden aangebracht om het stortwater af te kunnen voeren.

Benodigd materieel: cutterzuiger

drijvende persleiding

wal-leiding (met evt. afsluiters)

waterkist of hevel

wheel-loader t.b.v. verlengen

leidingen

motorvlet t.b.v. bevoorraden zuiger

ad 6. Afzinken van de zinkstukken gebeurt op dezelfde manier als aangegeven in punt 2.

ad 7. Waar de nieuwe golfbreker op het bestaande stuk aansluit gaat het werk als volgt. Er wordt een flinke hoek uit de oude dam gegraven tot op de oude bodembescherming. Men legt er dan een nieuw zinkstuk neer met de nodige overlapping.

Benodigd materieel: dragline

ad 8. Identiek aan punt 3.

ad 9. Het slopen van de oostdam kan als volgt aangepakt worden. Eerst moet de harde bovenlaag van basaltblokken e.d. worden verwijderd m.b.v. een dragline. Vervolgens kan de rest van de dam met de cutterzuiger worden weggebaggerd, totdat de gewenste diepte is bereikt. Het vrijgekomen materiaal van de verdedigingslagen van de oostdam (voornamelijk basaltblokken) kan niet hergebruikt worden voor de verdediging van de nieuwe constructie (t.g.v. voorschriften van Rijkswaterstaat). Elders zal naar een opslagplaats moeten worden gezocht. De aanpassing van het

buitenste deel van de oostdam vergt slechts een ophoging.

ad 10/11. De stortsteen, uit België afkomstig en aangevoerd middels varend transport uit bijv. Antwerpen of Zeebrugge, kan met een poliepgrijper op een ponton aangebracht worden.

**Benodigd materieel: bakken voor stortsteentransport
poliepgrijper op ponton**

4.5.2. Globale hoeveelheden

Om een schatting te kunnen maken van de tijdsduur, waarin met het projekt zou kunnen uitvoeren, moet men twee aspecten kennen, namelijk de hoeveelheden te verwerken materiaal en de capaciteit van de ingezette werktuigen. In deze studie ligt de nadruk op het bepalen van de hoeveelheden; aan de capaciteit van het materieel is geen aandacht besteed. Een waterdichte tijdsplanning zal hier dan ook niet worden gepresenteerd.

Naast genoemde aspecten zijn nog andere te noemen, zoals de kans op onwerkbaar weer (storm, vorst), maar deze zijn nauwelijks in een tijdsplanning te vatten.

Hierna wordt van de belangrijkste onderdelen van het werk de globale hoeveelheid materiaal bepaald.

Terreinophoging

huidige gemiddelde bodemdiepte:	N.A.P. -1,0 m
gewenste terreinhoogte:	N.A.P. +6,0 m
dikte ophogingspakket:	7,0 m

totale oppervlak terreinophoging: ca. 14.000 m²

volume terreinophoging: 7,0 * 14.000 = 98.000 m³

Havenbassin

huidige gemiddelde bodemligging:	N.A.P. -1,0 m
gewenste bassindiepte:	N.A.P. -6,0 m
totaal uit te graven laag:	5,0 m

oppervlakte nieuwe havenbekken: ca. 44.000 m²

volume te baggeren: 5,0 * 44.000 = 220.000 m³

Te slopen oostdam

In figuur 4-21 is de dwarsdoorsnede van de huidige oostdam getekend. Hieruit kan worden afgeleid, dat de oppervlakte van het dwarsprofiel ca. 250 m² bedraagt. De te verwijderen lengte van de oostdam is ongeveer 220 m (zie fig.4-2). Het totale volume komt dus op 55.000 m³.

Een snelle rekensom tussendoor leert, dat er aanzienlijk meer materiaal vrijkomt dan er nodig is voor de terreinophoging. Zelfs als de terreinophoging helemaal gevuld wordt met materiaal uit het uitgebaggerde havenbekken, is er een overschot van ongeveer 180.000 m³ ! Op dit overschot en de mogelijkheden om hiervan toch nuttig gebruik te maken wordt in een later hoofdstuk (hoofdst. 6) teruggekomen.

Kern van fosforslakken

Uit de dwarsprofielen van zowel de ontworpen golfbreker als van de taludbescherming kan nagemeten worden, dat de oppervlakken 43 respectievelijk 58 m² bedragen. De lengte van het eigenlijke golfbreker-gedeelte zal omstreeks 480 meter zijn, terwijl de lengte van de taludbescherming rondom het terrein ongeveer 320 meter is. In zijn totaliteit heeft men derhalve een volume van 39200 m³, dat opgevuld moet worden met fosforslakken. Het volumegewicht van losgestorte fosforslakken bedraagt 1700kg/m³, terwijl bij verdichting het volumegewicht kan toenemen tot 1900 kg/m³. Omgerekend heeft men globaal 35.500 ton fosforslakken nodig voor de kern en de perskaden.

Bekledingslagen van stortsteen

Als eerste wordt bepaald hoeveel breuksteen er nodig is als ballast op de zinkstukken. Het totale oppervlak van de zinkstukken bedraagt 28.000 m². Er is uitgerekend dat de zinkstukken moeten worden geballast met tenminste 500 kg/m². Uitgaande van een gewichtsklasse van 10/60 kg komt dit neer op ca. 14.000 ton breuksteen. Bij het op te hogen deel van de golfbreker wordt onder de primaire laag een filterlaag (2800 m³) toegepast met eveneens stenen uit deze klasse, wat nog eens 4480 ton vereist. In totaal is dus ca. 18.500 ton stortsteen nodig van 10/60 kg. De tweede categorie stortsteen betreft de klasse van 100 tot 300 kg, die voornamelijk toegepast wordt als secundaire verdediging, maar ook ten behoeve van de teen. Voor de golfbreker en taludbescherming samen is een volume nodig van 18.500 m³. Bij een volumegewicht van stortsteen van 1600 kg/m³ resulteert dit in een benodigd tonnage van ca. 29.600 ton breuksteen in de klasse 100 - 300 ton. Tenslotte wordt bepaald hoeveel zware stortsteen nodig is voor de primaire verdedigingslagen. In totaal bedraagt het volume ca. 30.000 m³ voor deze steen. Met een volumegewicht van 1600 kg/m³ komt dit neer op 48.000 ton stortsteen van de klasse 1.0 - 3.0 ton.

4.5.3. Kosten havendam en terreinophoging

Het financieringsvraagstuk voor de uitbreiding zou de opdrachtgever (d.i. de jachthavenvereniging Breskens) bij voorkeur als volgt opgelost zien.

Het terrein dat beschikbaar komt ten oosten van het jachthavenbassin, kan volgens de opdrachtgever als bouwgrond aan een projektontwikkelaar worden verkocht. Het totaalbedrag voor de uitbreiding van de jachthaven inclusief het aanleggen van de terreinophoging met taludbescherming ligt naar zijn verwachting op f 6 miljoen.

Welke In het hiernavolgende zal een globale kostenraming gemaakt worden, wat enigszins kan dienen als vergelijkingsmateriaal voor de kostenverwachting van de jachthavenvereniging. Uiteraard kunnen alleen de door ons ontworpen onderdelen in de kostenraming worden betrokken, dit zijn dus de golfbreker, de taludbescherming en de terreinophoging inclusief baggerkosten. Hierbij zijn een aantal vereenvoudigende aannamen gedaan ten aanzien van het verrekenen van de kosten van het inzetten van materieel, en de wijze waarop het materiaal in het werk wordt gebracht. Er wordt nogmaals benadrukt dat het hier gaat om een indikatie van de kosten.

Ter verduidelijking dient nog de aantekening te worden gemaakt, dat de kosten zijn weergegeven per strekkende meter golfbreker.

Kosten golfbreker - tussenstuk

* zinkstuk:

breedte 44 m

ca. f 50,-/m²

f 2200,-

* fosforslakken:

dwarsprofiel opp. 43 m²vol. gew. losgestort 1700 kg/m³vol. gew. verdicht 1900 kg/m³

kostprijs 'tout venant' f 10,50/ton

prijs na aanbrengen f 21,- /ton

nodig: 43 * 1900 = 72.200 kg

f 1520,-

* stortsteen:

op zinkstuk 500 kg/m²; opp. 44 m²

geeft 22.000 kg

klasse 10-60 kg; kostprijs ca. f 20,-/ton

prijs in werk f 40,-/ton

f 880,-

secundaire verd. 100 - 300 kg

dwarsoppervlak 24 m²vol. gewicht 1600 kg/m³; dus 38.400 kg

kostprijs ca. f 27,50/ton

prijs in werk f 55,-/ton

f 2112,-

primaire verd. 1.0 - 3.0 ton

dwarsoppervlak 33 m²vol. gewicht 1600 kg/m³; dus 52.800 kg

kostprijs ca. f 33,-/ton

prijs in werk f 66,-/ton

f 3485,-

TOTAAL

f 10197,-

Kosten taludbescherming met terreinophoging

* zinkstuk:		
breedte: 25 m		
prijs f 50,-/m ²	f	1250,-
* fosforslakken:		
dwarsprofiel oppervlak 58 m ²		
vol. gewicht 1900 kg/m ³		
benodigd gewicht 110.200 kg		
prijs in werk f 21,-/ton	f	2315,-
* stortsteen:		
op zinkstuk 500 kg/m ²		
oppervlak 25 m ² ; dus 12.500 kg		
prijs in werk f 40,-/ton	f	500,-
secundaire verdediging 100 - 300 kg		
oppervlak 22 m ²		
vol. gewicht 1600 kg/m ³ ; dus 35.200 kg		
prijs in werk f 55,-/ton	f	1936,-
primaire verdediging 1.0 - 3.0 ton		
oppervlak 20 m ²		
vol. gewicht 1600 kg/m ³ ; dus 32.000 kg		
prijs in werk f 66,-/ton	f	2112,-
* eventueel betonnen kapconstructie:		
kostprijs beton f 100,-/m ³		
benodigd volume ca. 3 m ³ (per m')	f	300,-
TOTAAL	f	8400,-

Kosten ophoging bestaande dam

* stortsteen:

als filterlaag 10 - 60 kg
 dwarsprofiel oppervlak 11 m²
 vol. gewicht 1600 kg/m³; dus 17.600 kg
 prijs in werk f 40,-/ton f 704,-

als teenconstructie 100 - 300 kg
 dwarsprofiel oppervlak 14 m²
 vol. gewicht 1600 kg/m³; dus 22.400 kg
 prijs in werk f 55,-/ton f 1232,-

primaire verdediging 1.0 - 3.0 ton
 dwarsoppervlak 35 m²
 vol. gewicht 1600 kg/m³; dus 56.000 kg
 prijs in werk f 66,-/ton f 3696,-

TOTAAL f 5632,-

Het is in dit stadium mogelijk om aan de hand van de berekende hoeveelheden en de eenheidsprijzen een globaal kostenoverzicht te geven voor de geplande uitbreiding.

onderdeel	afmetingen	eenheidsprijs	totale kosten
golfbreker nieuwe deel	480 m	f 10.200,-/m'	f 4.896.000,-
talud bescherming	240 m	f 8.400,-/m'	f 2.016.000,-
ophoging	250 m	f 5.600,-/m'	f 1.400.000,-
baggeren & terreinophoging	275.000 m ³	f 3,-/m ³	f 825.000,-
dumpen overschot zand	180.000 m ³	f 0,60/m ³	f 108.000,-
ALGEHEEL TOTAAL			f 9.245.000,-

tabel 4-8 Globale kostenraming

Geconcludeerd kan worden, dat de kosten van het jachthaven-uitbreidingsproject aanmerkelijk hoger zijn dan waarop de opdrachtgever in eerste instantie gerekend heeft. Om deze reden zal in hoofdstuk 6 worden ingegaan op mogelijke kostenbesparende maatregelen.

LITERATUURLIJST bij hoofdstuk 4

1. **Boskalis Westminster**, 1974,
Cursus 'Baggertechniek',
afdeling Research en ontwikkeling
2. **Bouwmeester, ir. J.**, 1986,
'Flexibele Waterbouwkundige constructies',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
3. **Massie, W.W. p.e.**, 1986,
'Coastal Engineering Volume I Introduction',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
4. **Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen**,
1984, 'Leidraad cementbetonnen dijkbekledingen',
T.A.W.-rapport nr. 119
5. **Van der Meer, ir. J.W., en Pilarczyk, K.W.**, 1987,
'Stability of breakwater armour layers; deterministic
and probabilistic design',
onderzoeksrapport Waterloopkundig Laboratorium
6. **Vereniging Nederlandse Cementindustrie**, 1987,
'Betonnen dijk- en oeverbekledingen',
verzamelde publicaties uit CEMENT
7. **Verruijt, prof. dr. ir. A**, 1986,
'Grondmechanica',
collegediktaat, Delftse Uitgevers Maatschappij

HOOFDSTUK 5

ONTWERP STEIGER-INDELING

Inhoudsopgave Hoofdstuk 5 ONTWERP STEIGER-INDELING

- 5.1. Inleiding
- 5.2. Modelopzet
 - 5.2.1. Algemeen
 - 5.2.2. Uitgangsdooel
 - 5.2.3. Invloedsfactoren
 - 5.2.4. Toetsingscriteria
 - 5.2.5. Logisch model
- 5.3. Ontwikkeling oplossingen
 - 5.3.1. Ideaal concept
 - 5.3.2. Knelpunten in logisch model
 - 5.3.3. Oplossingsvoorbeelden

Literatuurlijst

5.1. INLEIDING

De plannen voor uitbreiding van de jachthaven van Breskens, zoals opgesteld door de jachthavenvereniging (zie hoofdstuk 1.), houden een aanzienlijke vergroting in van het havenbekken. Het oppervlak van het bekken zal ongeveer een verdubbeling ondergaan.

Het moge duidelijk zijn, dat deze niet geringe uitbreiding een heroverweging van de lay-out van de jachthaven noodzakelijk maakt. Ten eerste zal een aantal voorzieningen ingrijpend moeten worden aangepast aan de nieuwe situatie, bijvoorbeeld de steiger- en parkeervoorzieningen. Ten tweede maakt de uitbreiding wellicht een meer efficiënte indeling van de ruimte mogelijk, bijvoorbeeld door het verplaatsen van reeds bestaande voorzieningen.

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de gevolgen van de vergroting van het havenbekken op de steiger-indeling. Gelijk aan de verdubbeling van het wateroppervlak kan worden gesteld, dat de capaciteit van te bergen schepen zal verdubbelen. Globaal betekent dit, dat de nieuwe jachthaven plaats zal bieden aan ca. 750 schepen. Hiermee is dan tegemoet gekomen aan de gewenste capaciteitsvergroting, zoals is beschreven in hoofdstuk 1. Een nieuwe steiger-indeling, met daarop volgend een ontwerp van de steigerconstructie, zal tevens de genoemde bezwaren van de huidige steigerconstructie ondervangen.

Om bij het ontwerpen van de steiger-indeling rekening te kunnen houden met efficiëntie-criteria zal een rationele benadering worden gevolgd. In tegenstelling tot de traditionele, schetsmatige werkwijze, die in de praktijk veelal wordt toegepast, worden criteria met betrekking tot efficiëntie bij deze benadering niet achteraf, maar reeds in een vroeg stadium in beschouwing genomen.

De belangrijkste redenen om van de traditionele werkwijze af te wijken en tot een meer rationele aanpak te komen zijn de volgende:

- * door een rationele benadering wordt het inzicht in de bepalende factoren vergroot. Met behulp van een analyse van het proces, volgens een methode uit het functioneel ontwerpen, worden alle factoren, die van invloed zijn op de steiger-indeling op een rijtje gezet, waarbij de onderlinge verbanden zoveel mogelijk worden gespecificeerd. Deze relaties kunnen grafisch worden weergegeven in een zogenaamd logisch model.
- * met behulp van een rationele benadering is het mogelijk de oplossing te optimaliseren. Door in het logische model toetsingscriteria op te nemen kan systematisch naar de meest bevredigende oplossing worden gezocht.

- * een rationele aanpak kan worden beschouwd als een eerste stap op weg naar automatisering van dit ontwerpproces. Wanneer de onderlinge relaties eenduidig zijn vastgelegd, bijv. door een mathematische beschrijving, kan worden overgegaan tot modellering van computerprogramma's. Vooral toepassing van CAD/CAM-faciliteiten lijkt mogelijkheden te bieden op dit terrein.

In paragraaf 5.2 zal worden ingegaan op het opstellen van het logisch model voor de steiger-indeling. In eerste instantie zal bij de afleiding worden gestreefd naar algemene geldigheid van het model. Vervolgens zal in paragraaf 5.3 worden gezocht naar specifieke oplossingen voor de jachthaven van Breskens.

5.2. MODELOPZET

5.2.1. Algemeen

In de theorie van het functioneel ontwerpen heeft het logische model een plaats in de probleemanalyse. Hierin wordt allereerst duidelijk vastgesteld wat het probleem is waar aan gewerkt moet worden, en wordt dit vervolgens uiteengerafeld om begrip te krijgen voor de wijze waarop het probleem in elkaar zit. Hierbij worden de factoren, die een rol spelen en hun onderlinge verhoudingen beschreven.

De probleemanalyse kan aldus worden opgesplitst in een viertal fasen:

1. bepaling uitgangsdool
2. bepaling invloedsfactoren
3. bepaling toetsingscriteria
4. opstelling logisch model

5.2.2. Uitgangsdool

De eerste stap in de probleemanalyse, de formulering van het uitgangsdool, is een heel belangrijke. Ook al is de uiteindelijke omschrijving vaak kort, toch verdient het de nodige aandacht. Deze eerste stap is namelijk in hoge mate richtingbepalend voor het zoeken naar oplossingen. De omschrijving van het te bereiken dool is van grote invloed op bereik, waarbinnen naar mogelijke oplossingen kan worden gezocht. Een bekend voorbeeld hiervan is het formuleren van een opdracht: ontwerp een brug, of ontwerp een verbinding tussen twee oevers. Bij de laatste omschrijving is een brug slechts een van de mogelijke oplossingen!

De reden, dat hier zo uitvoerig bij stilgestaan wordt is deze: in het geval van de uitbreiding van de jachthaven van Breskens is de meest voor de hand liggende formulering té vaag om mee te werken. Een omschrijving

als: "ontwerp een optimale steiger-indeling", biedt onvoldoende aanknopingspunten. Eerst is het nodig het begrip 'optimaal' duidelijker te omschrijven.

Een steiger-indeling kan op verschillende manieren een optimum hebben:

- zoveel mogelijk ligplaatsen
- zo laag mogelijke aanlegkosten
- zo min mogelijk onbenutte ruimte

Niet alleen in het eerste geval speelt het aantal ligplaatsen een rol. Ook de ruimtebenutting wordt beïnvloed door het aantal ligplaatsen; immers een slechte ruimtebenutting gaat gepaard met relatief weinig effectieve ruimte, en dus weinig ligplaatsen. En ook de aanlegkosten, zij het indirekt via de steiger-constructies, hangen af van het aantal ligplaatsen.

Doordat het begrip 'optimaal' op verschillende wijzen kan worden geïnterpreteerd, is het mogelijk verschillende oplossingen van het predikaat 'optimaal' te voorzien. Deze situatie schept onduidelijkheden en misverstanden. Daarom is het zo belangrijk, dat in overleg met de opdrachtgever eenduidig wordt vastgelegd, welke uitleg wordt gegeven aan het uitgangspunt (de optimale steiger-indeling).

Omdat er bij ons onzekerheid bestond over de voor Breskens 'beste' interpretatie, is er door ons een keuze gemaakt. Door de cruciale rol van het aantal ligplaatsen in de opvattingen over de optimale situatie is dit gekozen als het te maximaliseren object. Het uitgangspunt luidt dus:

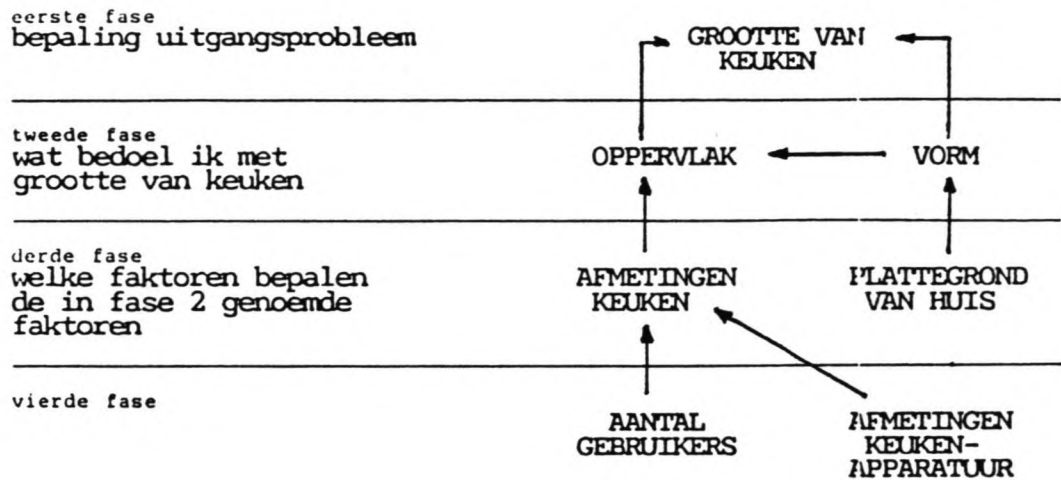
Ontwerp een steiger-indeling, zodanig dat het aantal ligplaatsen maximaal is.

Desgewenst is het mogelijk in het belang van de opdrachtgever een van de andere optima na te streven.

5.2.3. Invloedsfactoren

Uitgaande van het uitgangspunt kan nu stap voor stap worden bepaald welke factoren een rol spelen. Dit wordt gedaan door onszelf de vraag te stellen: "Wat bedoel ik nu precies met die term, waardoor wordt deze factor bepaald?". Het gaat er dus om die factoren te vinden die een term nader omschrijven. Een voorbeeld kan de werkwijze enigszins verduidelijken (zie fig.5-1).

Als moet worden bepaald wat de grootte van de keuken van een huis moet worden, kan men zich allereerst afvragen hoe de grootte wordt beschreven. Dit gebeurt door middel van oppervlak en vorm. Vervolgens kan voor elk van deze factoren de vraag worden herhaald. De oppervlakte wordt bijvoorbeeld bepaald door de afmetingen en wederom de vorm. Stap voor stap kan zo een opsomming worden gemaakt van de invloedsfactoren en van de onderlinge afhankelijkheden.



figuur 5-1 invloedsfactoren op grootte van keuken

Enige voorkennis van het probleem is onmisbaar om onzinnige invloeden buiten te sluiten en om voldoende diepgang in het model aan te brengen. De grens van de diepgang ligt daar, waar de factoren in al te abstracte termen beschreven moeten worden. Het is niet de bedoeling het probleem tot in het oneindige te ontrafelen, het is juist de bedoeling om inzicht te kweken en het probleem handelbaar te maken.

Soms is men niet in staat termen of begrippen te vinden, die een factor nader kunnen beschrijven. In dat geval hebben we te maken met een onafhankelijkheid, of liever gezegd een uitgangspunt. In het logische model moet de ontwerper dan zelf een waarde toekennen aan deze uitgangspunten.

Voor ons uitgangsprobleem kan worden gesteld, dat het totale aantal ligplaatsen kan worden opgesplitst in aantallen plaatsen per verschillend type boot. Er zijn nu 2 nieuwe factoren verschenen: het aantal ligplaatsen per type en het aantal verschillende typen boten. Deze laatste factor is zo'n onafhankelijke, een gegeven (bekend uit metingen) en dient in het logisch model als uitgangspunt. Andere belangrijke invloedsfactoren zijn: oppervlakte van een ligplaats, steigeroppervlak, oppervlak t.b.v. manoeuvreren, beschikbaar havenoppervlak e.a.. Hier zal geen uitputtende opsomming worden gegeven van alle factoren, daarvoor zij verwezen naar paragraaf 5.2.5. waarin het logisch model staat afgebeeld (figuur 5-4).

5.2.4. Toetsingscriteria

Zoals in de inleiding al werd aangegeven, is een belangrijk kenmerk van de rationele aanpak, dat toetsingscriteria reeds in een vroeg stadium worden betrokken bij het optimaliseringsproces. De rol van deze criteria is niet zozeer, dat zij een beperking vormen bij het zoeken naar oplossingen (zoals vaak het geval is), maar is veeleer een sturingsmechanisme in de optimalisering. Wanneer bij toetsing van een voorlopige indeling blijkt, dat deze op bepaalde criteria niet zo goed scoort, wil dat niet zeggen dat de oplossing niet deugt, maar geeft dat aan waar nog verbeteringen mogelijk zijn.

Deze sturende eigenschap komt het best tot zijn recht, als de criteria in het logisch model worden opgenomen. In dat geval fungeren zij als meetinstrument, dat de score van een oplossing aangeeft. Helaas is het niet altijd mogelijk alle criteria in het model op te nemen. Enerzijds is een criterium niet altijd van dien aard, dat de mate van voldoening in een score kan worden uitgedrukt, anderzijds wordt het model te uitgebreid en daardoor te complex, indien alle criteria zouden worden ingevoerd.

Een belangrijke groep criteria, die niet als 'meter' in het model voorkomt, is die welke het doel omschrijft in soorten (kwalitatief) en hoeveelheden per soort (kwantitatief). Daarnaast kunnen criteria m.b.t. de interne verhoudingen tussen onderdelen van het probleem worden onderscheiden, die eveneens op een andere manier dan d.m.v. een 'meter' in het model een plaats hebben.

In concreto houdt dit voor de jachthaven van Breskens in:

A. SOORTEN

Een steiger-indeling is niets anders dan een ruimtelijke ordening van ligplaatsen voor schepen. In dit geval gaat het om jachten. Deze zijn te onderscheiden in:

- a) motorjachten
- b) zeiljachten

Roeiboten komen ook voor, maar in dergelijke kleine hoeveelheden dat deze groep buiten beschouwing wordt gelaten. Bovendien worden roeiboten in het algemeen op het droge opgeslagen, zodat daarvoor geen ligplaatsen gereserveerd hoeven worden.

B. HOEVEELHEDEN PER SOORT

Uit tellingen gedurende de jaren dat de jachthaven in gebruik is, is gebleken dat de zeiljachten ca. 90% van het totaal aantal jachten uitmaken. De resterende 10% betreft dus motorjachten.

Voor de bepaling van de hoeveelheden per soort is het beter de soorten nog wat verder uit te splitsen. Door

de schepen in te delen naar lengte ontstaat de volgende klassenverdeling:
a) motorjachten: lengte ca. 12 meter
b) zeiljachten:

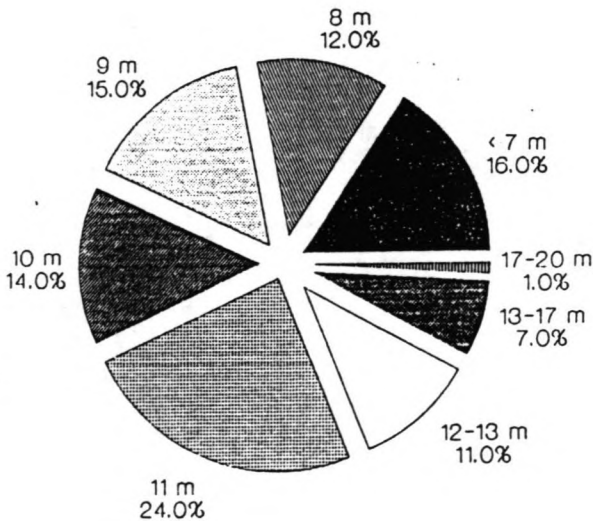
k1.1	k1.2	k1.3	k1.4	k1.5	k1.6	k1.7	k1.8
< 7	8	9	10	11	12 - 13	13 - 17	17 - 20

maten in meters

figuur 5-2 klasseverdeling zeiljachten Breskens

In figuur 5-3 zijn ook de verhoudingen vermeld, waarin de typen voorkomen:

verdeling boottypen



figuur 5-3 Verdeling boten over de typen

De huidige jachthaven biedt plaats aan 371 zeiljachten. De prognose voor de toekomstige verdeling is, dat de percentages onveranderd blijven. De enige uitzondering hierop wordt verwacht in de categorieën grootste jachten van 13 tot 20 meter. De jachthavenvereniging denkt vooral schepen in deze klassen te zullen aantrekken, door het wegvallen van geschikte ligplaatsen elders.

C. INTERNE VERHOUDINGEN

Behalve de verhoudingen tussen aantallen schepen zijn er nog andere verhoudingen belangrijk, nl. de ruimtelijke verhoudingen. Grote boten nemen vanzelfsprekend meer ruimte in dan kleine. Niet alleen zijn de afmetingen van een ligplaats groter voor grotere jachten, het kan ook voorkomen dat een groep grote jachten, hoewel klein in aantal, in totaal meer ruimte in beslag neemt dan een grote groep kleine jachten. Hier speelt het percentage ruimte dat een type boot inneemt een rol. Om dit percentage te kunnen bepalen moet men gebruik maken van het percentage boten van elk type en van de afmetingen van de ligplaatsen voor elk type. De afmetingen van een ligplaats hangen uiteraard af van de afmetingen van de boot, welke samenhangt met het type. Meestal wordt aangenomen (bij schepen die loodrecht op de steiger zijn aangelegd), dat:

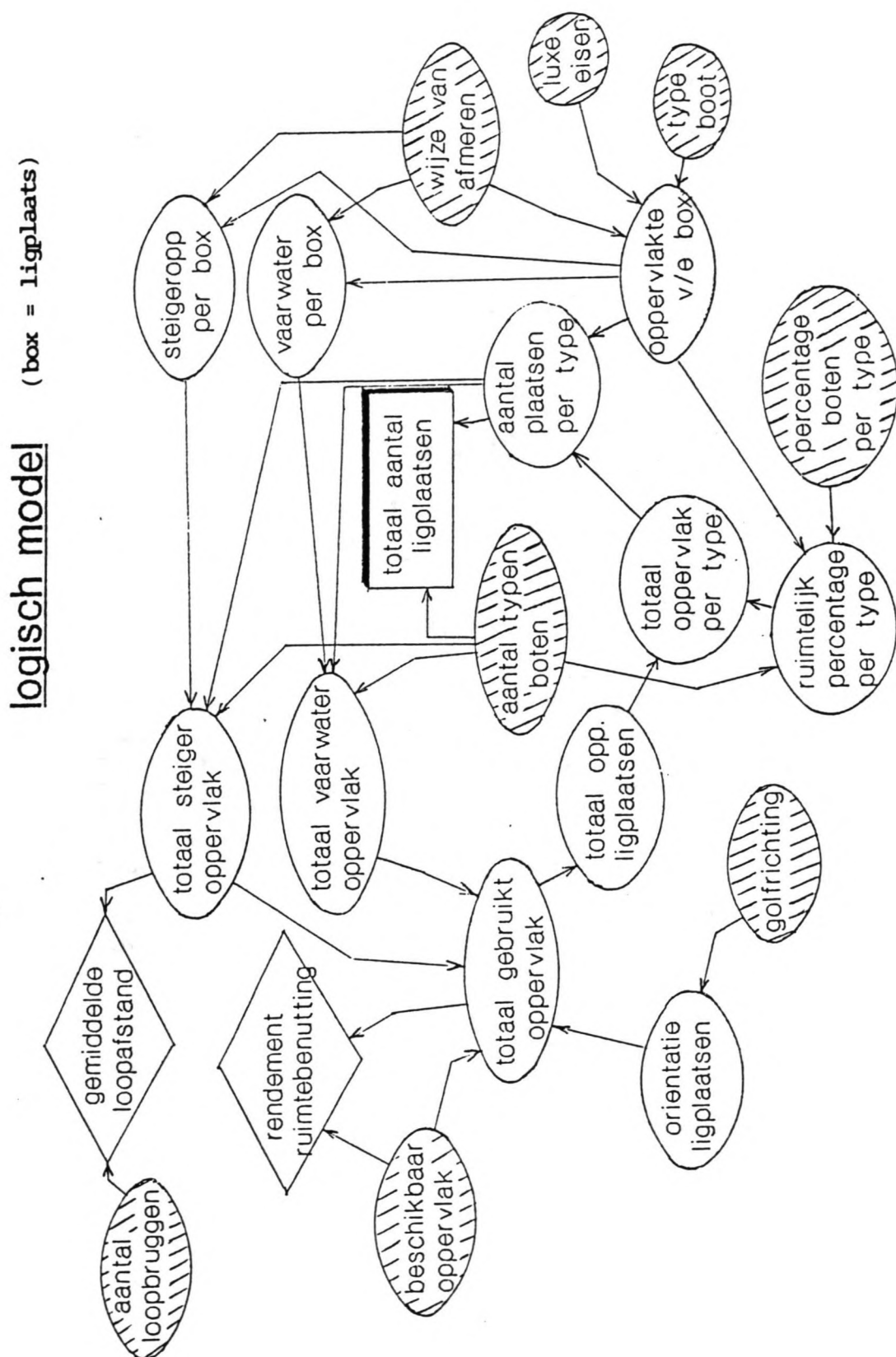
$$\begin{aligned} L_{\text{ligplaats}} &= 1.15 L_{\text{boot}} \\ B_{\text{ligplaats}} &= 1.25 B_{\text{boot}} \end{aligned}$$

De afmetingen van een jacht bepalen niet alleen de grootte van een ligplaats, maar ook de ruimte die hij nodig heeft om te manoeuvreren. De wendbaarheid van een boot neemt immers af met het toenemen van de afmetingen.

Tenslotte zijn er nog enkele criteria, die met de gebruikstoestand van de haven te maken hebben. De steigers moeten uiteraard vanaf water met de boot, maar ook vanaf land m.b.v. loopbruggen te bereiken zijn. De loopafstand van boot naar wal is daarbij aan een maximum gebonden, wat weer gevolgen heeft voor het aantal aan te leggen loopbruggen. Ook moet rekening worden gehouden met het feit, dat de haven in open verbinding staat met de zee, wat inhoudt dat de steigers drijvend moeten worden uitgevoerd. Het criterium van de maximale loopafstand is een goed voorbeeld van een criterium, dat een waarde kan geven aan een oplossing, en die goed kan dienen als 'metertje' in het logische model.

5.2.5. Logisch model

In de voorgaande paragrafen is stukje bij beetje het probleem van een 'optimale' steiger-indeling uiteengezet. Er is een uitgangspunt geformuleerd en enkele belangrijke invloedsfactoren en criteria zijn onder de loep genomen. Nu is het tijd om alle factoren uit te zetten in een diagram, het logische model.



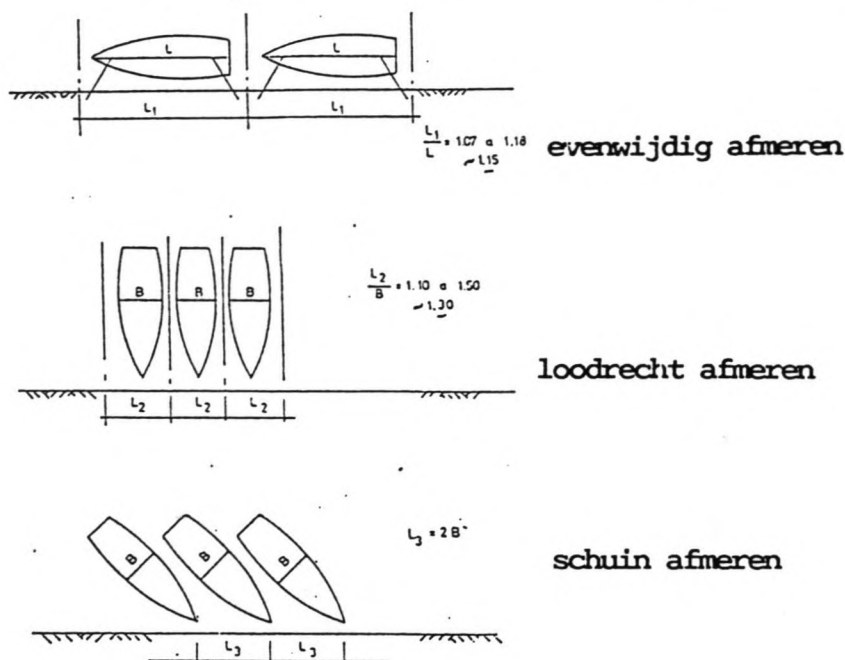
figuur 5-4 Logisch model

De grondgedachte bij dit logische model is om aan de hand van de oppervlakte van één ligplaats en het totaal te gebruiken oppervlak de aantallen ligplaatsen te berekenen. Direkt aan de oppervlakte van een box zijn de oppervlakten t.b.v. manoeuvreren en voor steigers gekoppeld. Bij de behandeling van de oplossing(en) in paragraaf 5.3 wordt op deze koppeling teruggekomen.

In het onderstaande zullen nog enige factoren nader worden toegelicht.

UITGANGSPUNTEN

- * Beschikbaar oppervlak: De duidelijkste randvoorwaarde is zonder twijfel de oppervlakte van het bekken. Het gedeelte, dat (ook bij laag water!) voldoende diepte bezit om alle boten te kunnen laten drijven/varen, kan worden aangemerkt al beschikbaar oppervlak.
- * Golfrichting: Een andere belangrijke randvoorwaarde is die welke van invloed is op de richting, waarin de schepen afgemeerd moeten liggen. Als regel geldt, dat boten 'met de kop in de wind' moeten liggen; dan liggen ze het meest stabiel. Vaak vallen golfrichting en windrichting samen, maar dit is niet altijd het geval. Diffractie-verschijnselen en golfreflectie tegen schepen, steigers, oevers en havendam kunnen dit patroon verstoren. Over de richting van de golven is dan geen zinnige voorspelling meer te doen. Dit geldt des te sterker naarmate men verder van de ingang van de haven verwijderd is (dieper in de haven).
Als maatgevende golf- en richting wordt hier Noordwest aangenomen.
- * Aantal typen: Het aantal verschillende typen is ook een invoergegeven!
- * Type boot: Het type boot wordt gekenmerkt door z'n afmetingen (zie par.5.2.4.).
- * Percentage boten per type: Dit gegeven is ook reeds behandeld in paragraaf 5.2.4.
- * Wijze van afmeren: Hiermee wordt bedoel hoe de boot t.o.v. de steiger is afgemeerd, i.e. evenwijdig, loodrecht of schuin (zie fig.5-5). De keuze die hiervoor gemaakt wordt is bepalend voor vorm en afmetingen van de box.



figuur 5-5 Wijzen van afmeren

- * Luxe eisen: De marge tussen de afmetingen van een boot en van een ligplaats worden bepaald door luxe eisen. Meer luxe betekent dus meer 'overruimte' (zie ook par.5.2.4.).
- * Aantal loopbruggen: Vooraf moet worden gekozen hoeveel verbindingen er komen tussen oever en steiger.

METERS

- * Rendement ruimtebenutting: Zoals gesteld kan een steiger-indeling worden beoordeeld naar de mate waarin efficiënt met de ruimte is omgesprongen. Een indeling, waarin veel ruimte onbenut is gelaten, kan niet optimaal worden genoemd. Het rendement is gedefinieerd als:

$$R = \frac{\text{gebruikt oppervlak}}{\text{beschikbaar oppervlak}}$$
- * Gemiddelde loopafstand: Deze meter komt rechtstreeks voort uit de toetsingscriteria, en is eigenlijk een maat voor de gebruiksvriendelijkheid. Zowel voor bezoekers/gebruikers als voor de havenmeester, die liggelden moet innen, is het vervelend ver te moeten lopen om aan land te komen. De gemiddelde loopafstand kan worden berekend m.b.v. de totale steigerlengte en het aantal loopbruggen. De relatie is niet eenvoudig mathematisch weer te geven en moet 'met de hand' worden uitgewerkt.

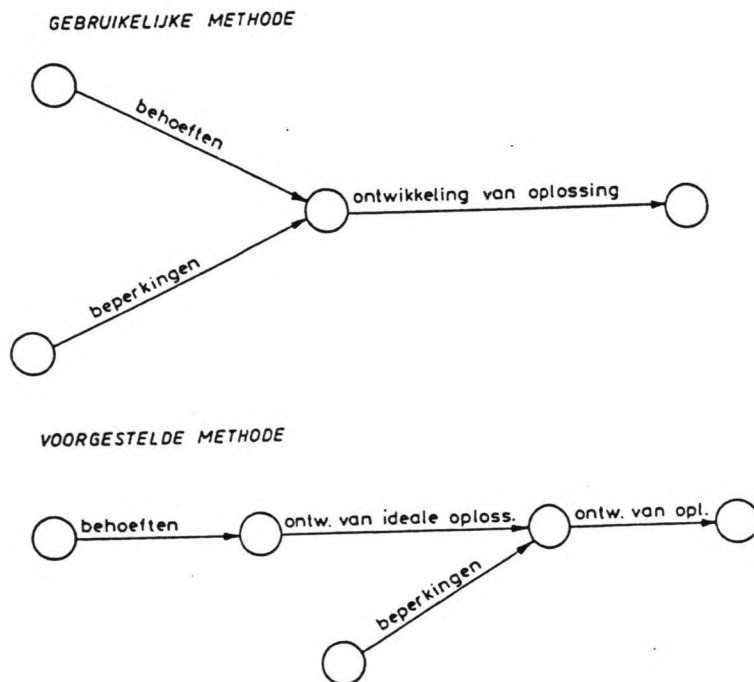
Voor een meer exacte beschrijving van het logisch model en de relaties daarin, zij verwezen naar bijlage 5.1

Met het opstellen van het logisch model is een raamwerk ontstaan, waarbinnen doelgericht naar oplossingen kan worden gezocht. Hierover handelt de volgende paragraaf.

5.3. ONTWIKKELING OPLOSSINGEN

5.3.1. Ideaal concept

Bij het zoeken naar oplossingen wordt, door de theorie van het funktioneel ontwerpen, aanbevolen uit te gaan van een **ideaal concept**. Het doel van het ideale concept is de beperkingen, die ons vaak door een programma van eisen of iets dergelijks worden opgelegd, tijdelijk links te laten liggen en met een 'schone lei' naar een oplossing te zoeken. In figuur 5-6 is een schematische voorstelling gegeven van de twee denkpatronen voor het ontwikkelen van oplossingen, die de gebruikelijke en de voorgestelde methode genoemd worden.



figuur 5-6 Schematische voorstelling van de ontwikkeling van een oplossing

De voorgestelde methode bevat een nieuw element, nl. de ideale oplossing. Met ideaal wordt bedoeld:

'maximale beheersing ofwel minimale afwijking van de gestelde doelen'.

Een belangrijk voordeel van de voorgestelde methode is, dat de ontwerper bevrijd wordt van de starre optiek, die vaak gepaard gaat met de gebruikelijke methode, en die wordt veroorzaakt door de enge oplossingsruimte welke de beperkingen open laten. Een dergelijke stelling klinkt wat zweverig en weinig realistisch, maar de praktijk heeft verrassende oplossingen laten zien die door deze methode zijn voortgebracht.

Helaas zijn de mogelijkheden voor toepassing van een ideaal concept op pure lay-out problemen, zoals de steiger-indeling, nogal beperkt. Het formuleren van een ideaal concept voor een ruimtelijke indeling is niet eenvoudig, want wat is nu als ideaal te beschouwen aan een rangschikking van ruimtelijke elementen van vaste afmetingen. Toch zijn er wel degelijk mogelijkheden, bijv t.a.v.:

- onderlinge rangschikking van de verschillende groepen ligplaatsen; een soort blokkendoos-probleem met blokken van verschillende grootte, waarvoor vele 'ideale' rangschikkingen te bedenken zijn, al naar gelang de wensen van de opdrachtgever of ontwerper. Men denke bijvoorbeeld aan een eventuele eis om de grootste typen het dichtst bij de in- en uitgang te plaatsen, of aan een indeling met veel korte hoofdsteigers of daarentegen minder maar langere steigers.
- de orientatie van de ligplaatsen; men kan zich voorstellen, dat een verandering van de richting, waarin de boten t.o.v. de oevers zijn afgemeerd, een verandering in aantal ligplaatsen teweegbrengt.

Hier komt dus hetzelfde dilemma naar voren, als bij de bepaling van het uitgangspunt, nl. wat wat moet als optimaal of ideaal worden beschouwd. Hetgeen daar over dit probleem is gezegd, kan ook hier worden aangehaald.

Bij het zoeken naar oplossingen wordt geprobeerd die oplossing te vinden, die (gegeven de randvoorwaarden) de meeste ligplaatsen biedt.

5.3.2. Knelpunten in het model

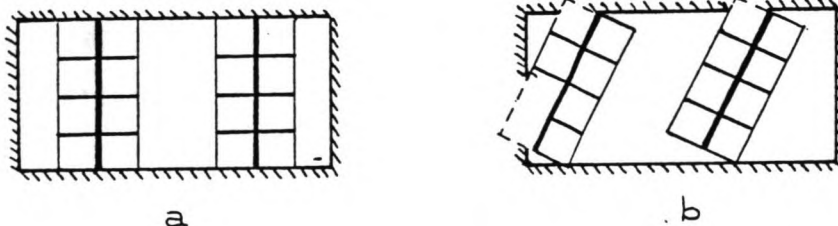
Zoals in de inleiding van dit hoofdstuk staat beschreven, is een van de redenen voor een rationele aanpak de mogelijkheid die deze aanpak biedt om tot automatisering te komen. In het kader van dit projekt voert het te ver om het logisch model om te werken tot een computermodeel. Wel is het logisch model op zich een eerste handreiking voor degene, die brood ziet in een geautomatiseerde ontwerp methode.

De cruciale overgang hierin is de beschrijving van de relaties tussen de factoren in het logische model. Een geautomatiseerde aanpak kan alleen geschieden als de relaties m.b.v. een soort mathematische vergelijking

beschreven kunnen worden. Voor de meeste verbanden in het model is zo'n beschrijving geen probleem, voor enkele (totnutoe) wel.

Voor deze relaties kan een zeker oorzakelijk verband wel worden aangetoond, maar om de vraag van het 'hoe' te kunnen beantwoorden is meer studie vereist. Vaak kan pas op het moment dat er al een schets van een ontwerp klaar ligt een beschrijving van zo'n relatie plaatsvinden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de bepaling van de gemiddelde loopafstand.

Een ander knelpunt betreft het verband tussen de orientatie van de ligplaatsen en het beschikbare oppervlak enerzijds en het bruikbare oppervlak anderzijds. Afhankelijk van de orientatie van de boten (bepaald door de golfrichting) zal de richting van de boten en de steigers ten opzichte van de oevers verschillen. Als de steigers loodrecht op of evenwijdig aan de oevers zijn gericht, is dit gunstig voor het te gebruiken oppervlak van de haven; de vormen passen mooi in elkaar (zie fig.5-7a). Lopen de steigers daarentegen schuin op de oevers, dan zullen delen van het beschikbare havenoppervlak niet gebruikt kunnen worden; de vormen passen niet (fig.5-7b). Hieruit blijkt al dat de bepaling van het bruikbare oppervlak geen eenvoudig probleem is.



figuur 5-7 Invloed orientatie op te gebruiken oppervlak

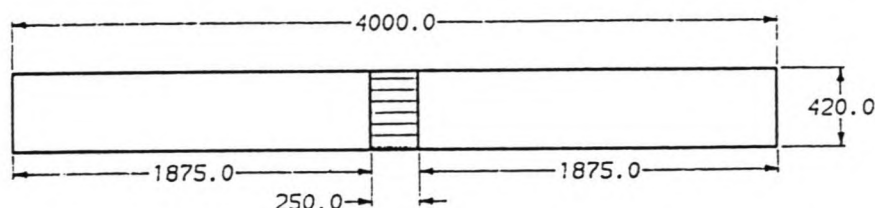
5.3.3. Oplossingsvoorbeelden

Om enigszins vat te kunnen krijgen op het gedrag van deze knelpunten is, toegepast op de situatie t.p.v. Breskens, op schetsmatige wijze bekeken wat het variëren van de orientatie voor verschil opleverde voor de bruikbare ruimte. Door de beschikbare ruimte te verdelen in vakken, allemaal in dezelfde richting, kon heel eenvoudig worden afgeleid hoe groot het gebruikte deel was, en kon door tellen van de vakken het aantal ligplaatsen worden bepaald.

Hierbij stak een klein probleempje de kop op: hoe kan de verhouding waarin de verschillende typen boten voorkomen hierin worden betrokken? Door het creëren van een zogenaamde eenheidsbox kon ervoor worden gezorgd, dat de typen in de juiste verhoudingen in de ruimteverdeling waren vertegenwoordigd. De eenheidsbox stelt een

ligplaats voor, die een afspiegeling vormt van het gewogen gemiddelde van de verschillende ligplaatsen. Figuur 5-8 laat zien hoe zo 'n eenheidsbox is opgebouwd.

afmetingen eenheidsbox



figuur 5-8 Afmetingen eenheidsbox

Ten behoeve van een praktische indeling is gekozen voor een symmetrische opstelling van ligplaatsen, aan weerszijden van een stuk steiger. In de oppervlakte van de eenheidsbox is ook rekening gehouden met de ruimte ten behoeve van manoeuvreren. De daartoe benodigde ruimte varieert immers ook per type schip. Als regel is hierbij aangehouden, dat de strook vaarwater tussen twee afgemeerde jachten 1,5 maal de lengte van het (grootste) jacht bedraagt.

Door nu het beschikbare oppervlak zo goed mogelijk op te vullen met eenheidsboxen in een bepaalde orientatie werd een indruk verkregen van het globale aantal ligplaatsen. Variatie van de richting gaf nu aan hoe groot de verschillen, uitgedrukt in concrete aantallen, waren. Rekening houdend met randvoorwaarden m.b.t. de orientatie (t.g.v. golf- en windrichting) kon een keuze voor de meest geschikte richting worden gemaakt.

Bij deze werkwijze is gebruik gemaakt van het tekenprogramma MEDUSA. De volgende procedure is daarbij gehanteerd:

1. Teken de contouren van de haven. (Houdt rekening met vereiste diepte!)
2. Bereken de afmetingen van de eenheidsbox:

$$L_{\text{box}} = \sum_{i=1}^m (2 \cdot f_i \cdot L_i) + p$$

$$B_{\text{box}} = \sum_{i=1}^m (f_i \cdot B_i)$$

met f_i = percentage boten van type i
 L_i = lengte boot van type i
 B_i = breedte boot van type i (incl. overruimte)
 p = breedte van een steiger

3. Teken eenheidsbox
4. Bepaal (gewenste) orientatie van de boten
5. Vul havenoppervlak met boxen
6. Tel aantal eenheidsboxen (=X)

Aantal boten = $N = 2 \cdot X$

Aantal boten van type $i = n_i = f_i \cdot N$

Bij het tekenen kan gebruik worden gemaakt van 2 hulpprogramma's:

- a) een programma dat hulplijnen tekent in het bekken volgens de gekozen orientatie (een listing van dit programma is gegeven in bijlage 5.2).
- b) een programma dat eenheidsboxen tekent langs de uitgezette hulplijnen en m.b.v. een teller het aantal bijhoudt (zie bijl.5.2)

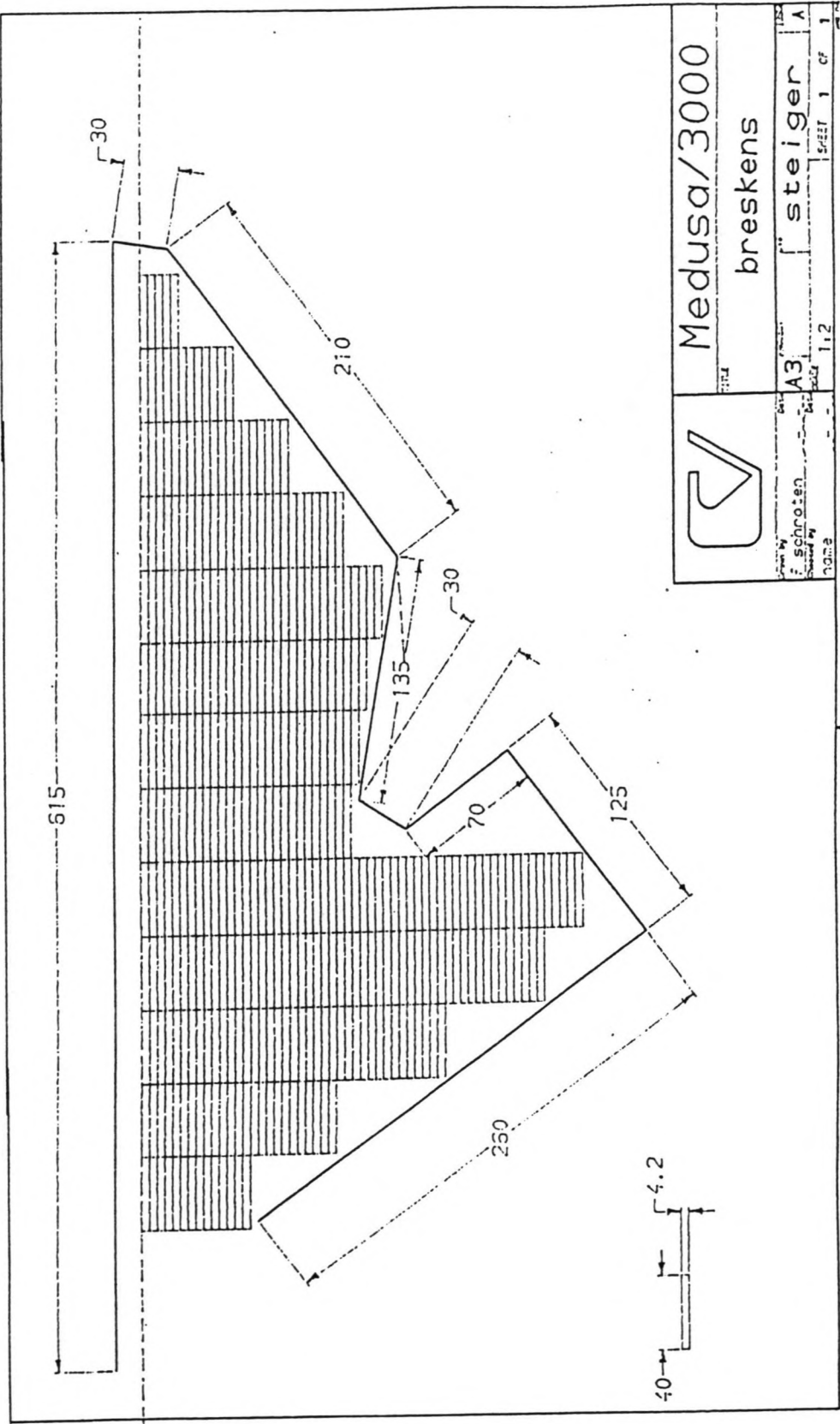
Een voorbeeld van het resultaat van een tekensessie staat afgebeeld in figuur 5-9.

In dit voorbeeld zijn de boten georiënteerd op het NW, de maatgevende windrichting. In het havenbekken passen dan 376 eenheidsboxen, wat neerkomt op ca. 730 boten). De flinke stukken onbenut oppervlak aan de randen van het bassin vallen duidelijk op. Verbetering is mogelijk door de ligplaatsen naar het westen te draaien. Achterin de haven, waar de invloed van de richting van de golven veel minder goed merkbaar is, is dit zonder meer toelaatbaar.

Met de globale indicatie van het totaal aantal ligplaatsen dat in de haven gerealiseerd kan worden, kan een uitwerking plaatsvinden in termen van een steiger-indeling. Hierbij worden per type het aantal plaatsen bepaald, welke gegroepeerd in het bekken geplaatst worden. Hierdoor ontstaat een meer gedifferentieerd beeld, wat we goed kennen van een steiger-indeling. Ook hierbij kan het tekenprogramma (MEDUSA, maar ook andere) van nut zijn.

Opmerking In het korte tijdsbestek van deze studie is het helaas niet mogelijk gebleken de ideeën over de rationele steiger-indeling uit te werken tot een echt ontwerp. In dit stadium is er sprake van een soort 'open einde', dat nog aanvulling behoeft. Dit hoofdstuk moet dan ook niet als een afgerond geheel worden gezien.

Een vervelende consequentie hiervan is, dat de goede resultaten die met de gepropageerde aanpak mogelijk zijn, niet in dit rapport tot uiting hebben kunnen komen. Hoewel het gestelde doel niet helemaal bereikt is, wil dat niet zeggen dat de methode als zodanig ongeschikt zou zijn. Moge de lezer dezes hiervan overtuigd zijn!



figuur 5-9 Voorbeeld steiger-indeling

.....

LITERATUURLIJST bij hoofdstuk 5

1. Polak, prof. B.M., 1985,
'Funktioneel Ontwerpen',
collegediktaat Technische Universiteit Delft
2. Velsink, prof. ir. H., 1985,
'Havens en Scheepvaartwegen',
collegediktaat Technische Universiteit Delft

HOOFDSTUK 6

AANBEVELINGEN

Inhoudsopgave Hoofdstuk 6 AANBEVELINGEN

- 6.1. Inleiding
- 6.2. Punten voor nader onderzoek
- 6.3. Kostenbesparende maatregelen

6.1. INLEIDING

Wanneer het resultaat van deze afstudeerstudie vanuit het overzicht wordt bekeken, kan het volgende worden opgemerkt.

Met betrekking tot een aantal aspecten, die van invloed zijn op de manier waarop het ontwerp tot stand is gekomen en op het ontwerp zelf, kan men aanbevelingen doen. In paragraaf 6.2 zal hierop ingegaan worden. Het doel van deze aanbevelingen is, om tot een beter doordacht en gegrond ontwerp te komen. Verder zullen in paragraaf 6.3 enige kostenbesparende maatregelen de revue passeren.

6.2 PUNTEN VOOR NADER ONDERZOEK

Een eerste punt betreft de controle van de theorie ten aanzien van golftransmissie aan de hand van modelproeven. Het is raadzaam om, bijvoorbeeld bij het Waterloopkundig Laboratorium, het golfbrekerontwerp te testen middels een schaalmodel. Hierbij zou, behalve aan de golftransmissie, ook enige aandacht moeten worden geschonken aan de stabiliteit van de verdedigingslagen van de golfbreker, met name aan de stabiliteit van het binnentalud onder belasting van golfoverslag en interne stroming. Het is namelijk niet mogelijk om uitsluitend op basis van de beschikbare theorie nauwkeurige voorspellingen hieromtrent te doen.

Aanbevelenswaardig is ook een kleine studie naar de werkelijk optredende diffractie rond beide havendammen. Een fysische beproeving van een op schaal nagebouwd model of een computersimulatie behoren tot de mogelijkheden.

Een tweede aspect wat nadere aandacht verdient, is de bodem ter plaatse van het toekomstige deel van de jachthaven. Bodemmonsters zullen moeten aantonen of het zandige materiaal geschikt is voor verwerking in de terreinophoging. Tevens zou het verstandig zijn om middels een gedegen zettingsberekening na te gaan, in hoeverre de bodem zakt als gevolg van de bovenbelasting in de vorm van de golfbreker. Voor een dergelijke berekening is het nodig een aantal boorprofielen ter plaatse te maken, waarin tevens de bodemparameters per laag worden aangegeven.

Een derde aanbeveling betreft de steiger-indeling. Het in hoofdstuk 5 afgeleide logische model voor een optimale steiger-indeling zou nog kunnen worden uitgewerkt tot een handzaam computermodel. Hiermee zou het optimaliseren wat systematischer kunnen plaatsvinden.

6.3. KOSTENBESPARINGEN

In deze paragraaf zal de aandacht gericht zijn op een drietal maatregelen, die de met de bouw van de golfbreker gepaard gaande kosten kunnen verlagen. Hiermee zou dan het verschil in prijs van het in hoofdstuk 4 voorgestelde ontwerp en van de verwachtingen van de opdrachtgever kunnen worden verkleind.

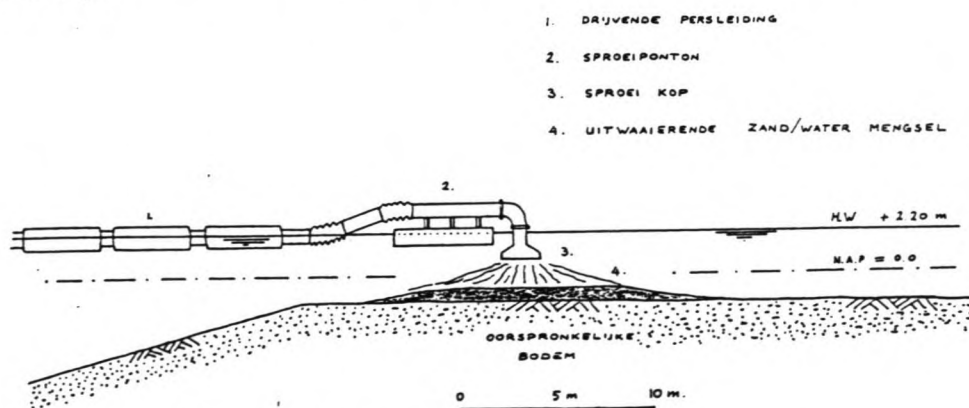
Maatregel 1

Uit het voorgaande is gebleken, dat uit het gewenste jachthavenbekken een aanzienlijk overschot aan zandig materiaal vrijkomt. Ongeveer 180.000 m³ gepakt bodemmateriaal wordt bij het ontwerp, zoals dat er nu ligt, niet hergebruikt.

Het moet mogelijk zijn dit zand beter te benutten in het totale ontwerp. Nu zal een alternatieve oplossing kwalitatief behandeld worden.

Met behulp van het uitgebaggerde zandige bodemmateriaal kan geprobeerd worden ter plaatse van de toekomstige golfbreker en taludbescherming de oorspronkelijke bodem op te hogen. Rekening houdend met het feit dat dit baggerwerk zal worden uitgevoerd met een kleine cutterzuiger met een daaraan verbonden persleiding, die de baggerspecie naar iedere gewenste lokatie kan transporteren, en met het feit dat de oorspronkelijke bodem op een niveau van N.A.P. -1.5 m ligt, terwijl het hoogwaterniveau rond de N.A.P. +2.20 m schommelt, kan de oorspronkelijke bodem met circa 2 meter worden opgehoogd.

Het is hierbij zaak om het gebaggerde materiaal zorgvuldig te storten, zodat de eb- en vloedstroming er geen vat op krijgen. Een mogelijkheid die wellicht perspectief biedt, is om gebruik te maken van een sproeiponton, waarin de baggerspecie d.m.v. een leiding tot dicht bij de bodem gebracht wordt (zie fig.6-1).



figuur 6-1 Sproeiponton

Het is overigens van groot belang om ervoor zorg te dragen, dat ten gevolge van de algemene bodemverhoging de vaargeul tussen de dam en "de Hoofdplaat" niet wordt verondiept.



figuur 6-2 Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van
 zandophoging onder de dam

Consequenties van een dergelijke ingreep op de hydraulische en morfologische omstandigheden zijn onvermijdelijk. De golven ter plekke zullen waarschijnlijk door het ondieper worden van de vooroever veranderen, waardoor de kruinhoogte- en de stabiliteitsberekeningen wellicht andere resultaten te zien zullen geven.

Een ander probleem betreft het gedrag van het opgespoten zand in de loop van de tijd. Met andere woorden, wat is de invloed op de bodemmorfologie. Een open vraag is op dit moment of het zand zal blijven liggen.

Als een paal boven water staat echter, dat dit alternatief een goedkopere oplossing zal zijn dan het eerder voorgestelde ontwerp, omdat aanzienlijk minder bouw materiaal (stortsteen en fosforslakken) hoeft te worden aangeschaft, en omdat er meer werk met werk wordt gemaakt.

Maatregel 2

Een andere mogelijkheid, die wellicht tot een kostenbesparing kan leiden, vindt men door van het traditionele ontwerpconcept voor golfbrekers (d.i. statische stabiliteit tijdens de ontwerpstorm) af te wijken.

Recent onderzoek op het Waterloopkundig Laboratorium heeft de betrouwbaarheid aangetoond van het ontwerpconcept voor dynamisch stabiele golfbrekers. Bij dit type golfbreker is deformatie van het initiële buitentalud tot een zogenaamd S-profiel acceptabel. Speciaal in situaties waarin grote hoeveelheden relatief lichte stortsteen voorradig zijn, kan het alternatief van een dynamisch stabiele golfbreker een aantrekkelijk alternatief vormen, temeer daar breuksteen uit een lagere gewichtsklasse goedkoper is dan uit de zwaardere categorieën.

Keerzijde van de medaille is echter, dat een grotere hoeveelheid breuksteen nodig is, wat de kosten weer doet stijgen. Nadere studie hieromtrent zou duidelijkheid kunnen brengen.

Maatregel 3

Ten aanzien van de bodembescherming onder de golfbreker kan ook een kostenbesparende maatregel worden getroffen. In het ontwerp is op het filterdoek een wiepenrooster aangebracht om de verwerkbaarheid bij het aanbrengen van de bodembescherming te vergroten. Bij nader inzien lijkt het voordeliger het roosterwerk volledig weg te laten. Het is namelijk mogelijk gebruik te maken van de perioden tijdens een getijdencyclus dat de bodem ter plaatse droog valt. Brengt men dan het filterdoek in positie en legt men het meteen vast m.b.v. een bestorting, dan heeft het wiepenrooster eigenlijk geen functie meer.

BIJLAGEN

Inhoudsopgave Bijlagen

Bijlagen bij Hoofdstuk 2

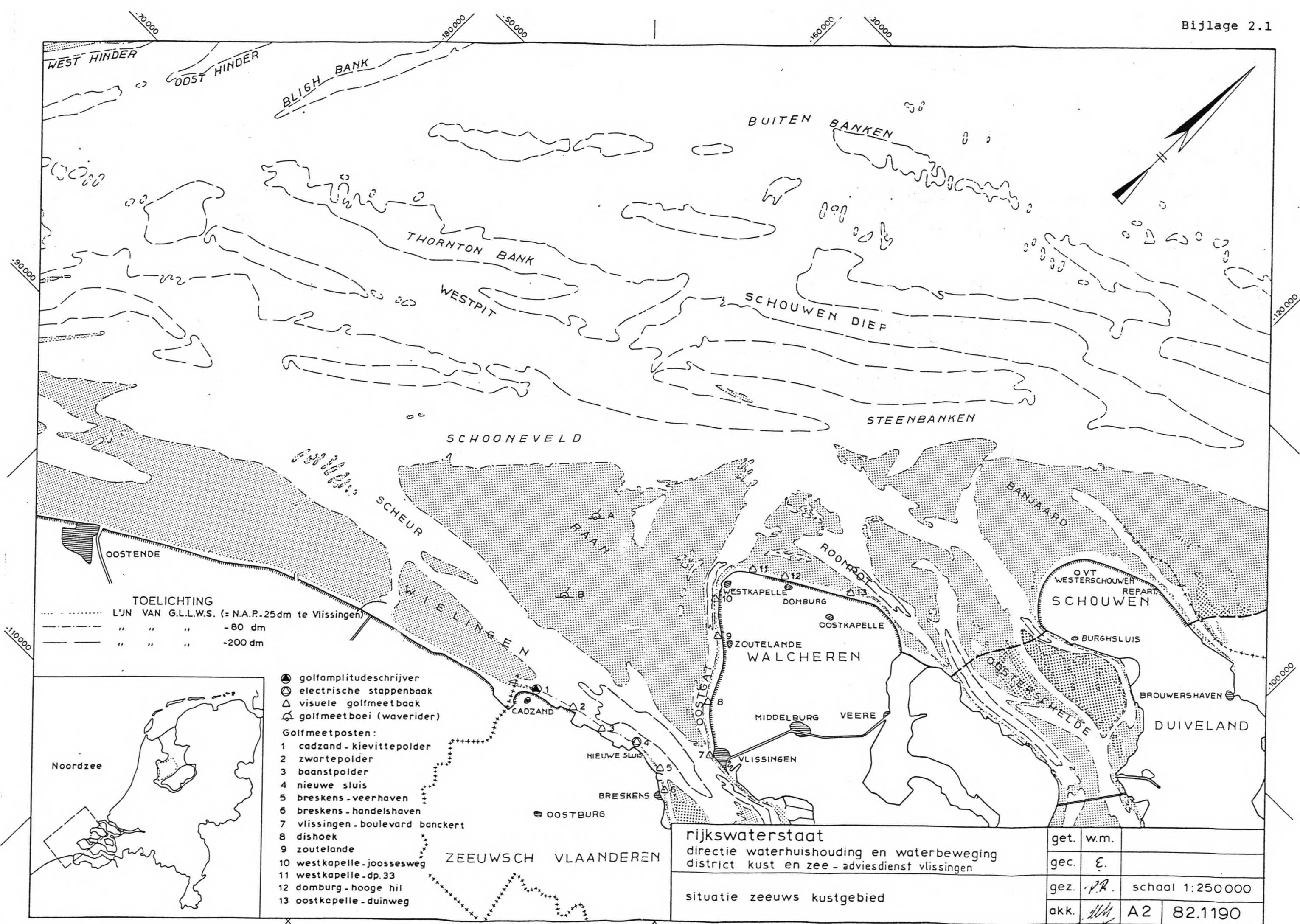
- 2.1 Situatie Zeeuws kustgebied
- 2.2 Frequentie-tabellen golfmetingen Wielingen
- 2.3 Stormvloedstanden Westerschelde
- 2.4 Invloed visuele meetmethode op H_s
- 2.5 Vergelijking H_s volgens stappenbaak en golfamplitude-schrijver
- 2.6 Golfhoogten aan kust versus diep water
- 2.7 Overschrijdingsfrequenties van windwaarnemingen op lichtschip Goeree
- 2.8 Golfhoogten aan kust versus windsnelheid
- 2.9 Verloop golfhoogten langs Zeeuwse kust
- 2.10 ENDEC-berekeningen

Bijlagen bij Hoofdstuk 4

- 4.1 Bodemgegevens jachthaven-omgeving
- 4.2 Maximale stroomsnelheden bij horizontaal getij
- 4.3 Deterministische ontwerpgrafieken volgens Van der Meer
- 4.4 Specificaties zinkstukken
- 4.5 Glijvlakberekeningen met STABIL 2.3

Bijlagen bij Hoofdstuk 5

- 5.1 Mathematische relaties in het logisch model
- 5.2 Hulpprogramma's bij MEDUSA



2. Lokaties en indeling in waterstandsklassen

In het volgende overzicht is aangegeven voor welke lokaties de tabellen gepresenteerd worden, over welke periode de hiervoor benodigde gegevens gebruikt zijn en van welke lokatie de wind- en waterstandsgegevens genomen zijn. De afkortingen van de lokatienamen VR en ZN staan resp. voor Vlake van de Raan en Zeelandbrug noord.

lokatie	database		periode	lokatie	
	naam	nr		wind	waterstand
Schouwenbank	SCHB	811	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Zoutelande	ZOLA	803	jan 85 t/m okt 85	BG2	VR
Scheur west	SCHW	808	mrt 85 t/m dec 86	BG2	VR
Westkapelle	WEKA	802	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Domburg	DOMB	801	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Voordelta 1	VD1	968	nov 85 t/m dec 86	BG2	VR
Krabbengat	KRGA	806	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Scheur oost	SCHO	809	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Brouw.gat 2	BG2	098	nov 85 t/m dec 86	BG2	VR
Wielingen	WIEL	805	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Deurloo	DELO	804	jan 85 t/m dec 86	BG2	VR
Wemeldinge	WEDI	810	jan 86 t/m dec 86	BG2	ZN
Veersemeer 1	VM1	985	feb 86 t/m dec 86	VM1	VM1
Veersemeer 2	VM2	986	apr 86 t/m dec 86	VM1	VM2
Grev.meer 5	GM5	988	apr 86 t/m dec 86	VM1	GM5

Bijlage 1 geeft in een situatietekening weer, waar deze meetpunten gelegen zijn.

De golf-windrelaties en frequentietabellen zijn ingedeeld in vier waterstandsklassen, namelijk:

- klasse 1 voor waterstanden lager dan -50 cm NAP;
- klasse 2 voor waterstanden tussen -50 cm en +100 cm NAP;
- klasse 3 voor waterstanden tussen +100 cm en +250 cm NAP;
- klasse 4 voor alle waterstanden.

3. De tabellen met golf-windrelaties

De golf-windrelaties zijn bepaald voor twaalf windrichtingssektoren van 30 graden en voor vijftien windsnelheidsklassen van 2 m/sek. In totaal dus voor $12 \times 15 = 180$ klassen. Op de tabellen staan boven de kolommen de windsnelheidsklassen en naast de rijen de windrichtingssektoren. De klassegrenzen zijn als volgt genomen:

windrichtingssektoren (graden)

klasse 1 345 - 015,	klasse 5 105 - 135,	klasse 9 225 - 255,
klasse 2 015 - 045,	klasse 6 135 - 165,	klasse 10 255 - 285,
klasse 3 045 - 075,	klasse 7 165 - 195,	klasse 11 285 - 315,
klasse 4 075 - 105,	klasse 8 195 - 225,	klasse 12 315 - 345.

windsnelheidsklassen (m/sek)

klasse 1 0.0 - 1.5,	klasse 6 9.5 - 11.5,	klasse 11 19.5 - 21.5,
klasse 2 1.5 - 3.5,	klasse 7 11.5 - 13.5,	klasse 12 21.5 - 23.5,
klasse 3 3.5 - 5.5,	klasse 8 13.5 - 15.5,	klasse 13 23.5 - 25.5,
klasse 4 5.5 - 7.5,	klasse 9 15.5 - 17.5,	klasse 14 25.5 - 27.5,
klasse 5 7.5 - 9.5,	klasse 10 17.5 - 19.5,	klasse 15 > 27.5.

Voor elke klasse is in de tabel de berekende gemiddelde Hs in cm over de betreffende periode gegeven, met de bijbehorende standaardafwijking rond dit gemiddelde en het aantal metingen waaruit dit is berekend.

4. De frequentietabellen

De relatieve frequentie is bepaald door de frequentie binnen de klasse te delen door de totale frequentie van de betreffende lokatie. Er is een indeling gemaakt in elf golfperiodeklassen van 2 seconden en elf golfhoogteklassen van 0.50 m. De relatieve frequentie in ‰ (promille), over de betreffende periode, is hier in totaal over $11 \times 11 = 121$ klassen gegeven. De klassegrenzen voor de golfperiodes (T_{m02} , naast de rijen) en golfhoogten (H_s , boven de kolommen) zijn als volgt:

golfperiodeklassen (sek)

klasse 1	0.0 - 1.5,	klasse 7	11.5 - 13.5,
klasse 2	1.5 - 3.5,	klasse 8	13.5 - 15.5,
klasse 3	3.5 - 5.5,	klasse 9	15.5 - 17.5,
klasse 4	5.5 - 7.5,	klasse 10	> 17.5,
klasse 5	7.5 - 9.5,	klasse 11	totaal.
klasse 6	9.5 - 11.5,		

golfhoogteklassen (m)

klasse 1	0.0 - 0.5,	klasse 5	2.0 - 2.5,	klasse 9	4.0 - 4.5,
klasse 2	0.5 - 1.0,	klasse 6	2.5 - 3.0,	klasse 10	> 4.5,
klasse 3	1.0 - 1.5,	klasse 7	3.0 - 3.5,	klasse 11	totaal.
klasse 4	1.5 - 2.0,	klasse 9	3.5 - 4.0,		

De relatieve frequentie voor de deijningsenergie (E_{10}) is op hetzelfde blad (onderste regels) gegeven, eveneens in ‰ (promille). Hier is een indeling gemaakt in elf energieklassen, namelijk:

E_{10} -klassen (cm^2)

klasse 1	0 - 25,	klasse 7	1600 - 2500,
klasse 2	25 - 55,	klasse 8	2500 - 3600,
klasse 3	55 - 100,	klasse 9	3600 - 6400,
klasse 4	100 - 400,	klasse 10	> 6400,
klasse 5	400 - 900,	klasse 11	totaal.
klasse 6	900 - 1600,		

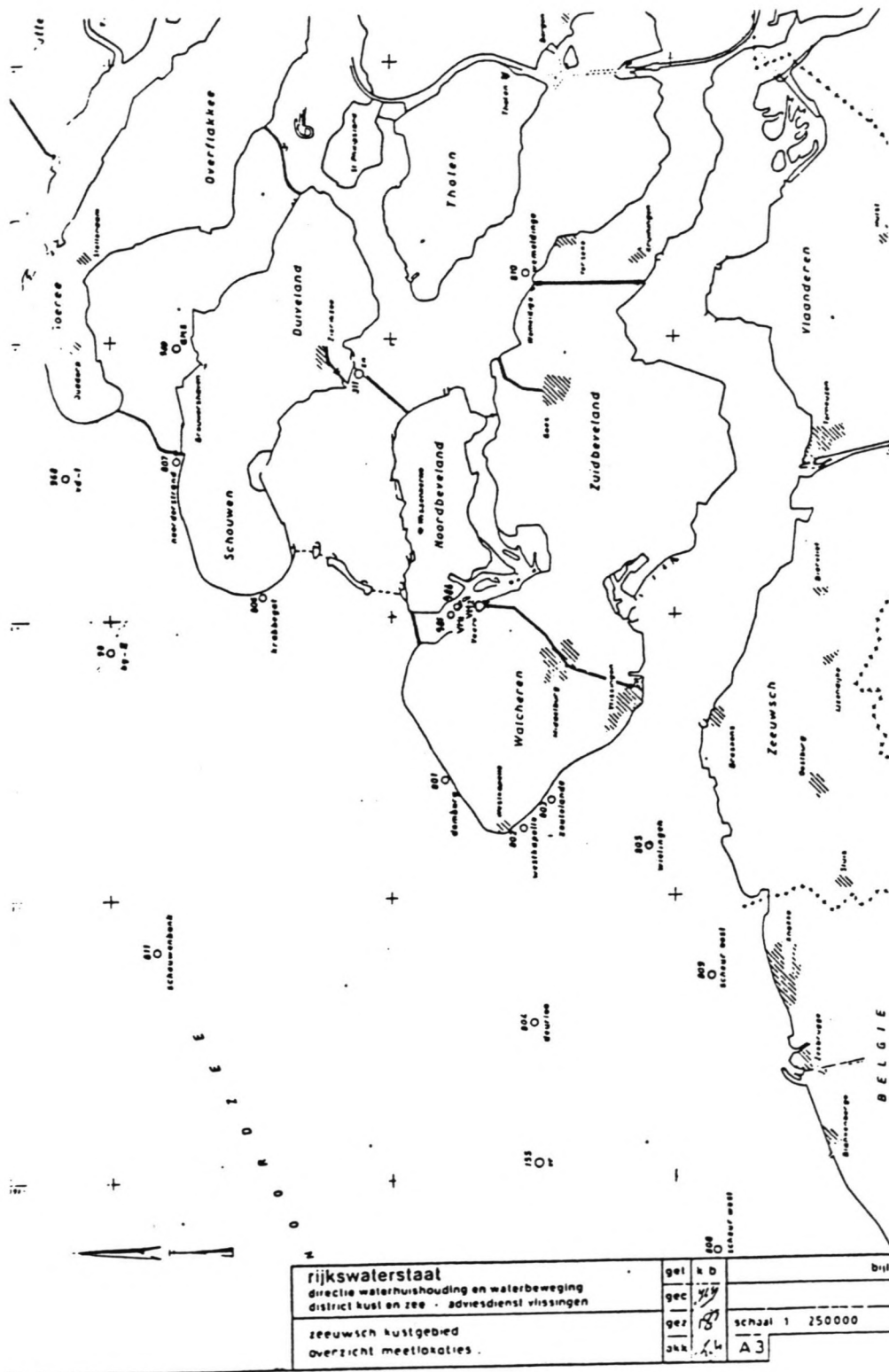
5. Voorbeeld van opzoeken

De verschillende lokaties zijn gescheiden door blauwe tussenvellen om het zoeken wat gemakkelijker te maken. De gegevens van elke lokatie bestaan uit eerst twee bladen waarop de golf-windrelaties en daarna twee bladen waarop de frequentietabellen. Op elk blad staan de gegevens van één waterstandsklasse.

Stel dat de vraag luidt: hoe groot is in de Wielingen de H_s bij een windsnelheid van 13 m/sek uit het westen en wat is de bijbehorende golfperiode, beide bij een waterstand van rond de +200 cm NAP.

Eerst worden nu de tabellen opgezocht met de gegevens over de Wielingen. Uit deze tabellen wordt de tabel met de golf-windrelaties genomen, voor de waterstandsklasse van +100 tot +250 cm NAP. Onder de kolom met windsnelheden tussen 11.5 en 13.5 m/sek, in de rij met windrichtingen tussen 255 en 285 graden wordt nu een gemiddelde H_s afgelezen van 146.2 cm. De bijbehorende standaardafwijking van 40.8 cm en het aantal waarnemingen waaruit dit is bepaald van 64 geven een indicatie over de betrouwbaarheid van deze berekende gemiddelde H_s . Vervolgens valt in de tabel met relatieve frequenties, in de waterstandsklasse van +100 tot +250 cm NAP onder de kolom met golfhoogten tussen 1.0 en 1.5 m, te zien, dat deze golfhoogte van 146.2 cm een periode heeft tussen de 3.5 en 5.5 seconden. Het hoogste percentage waarnemingen (1.9 ‰) van deze golfhoogten valt namelijk in deze periodeklasse.

Uit de tabellen is uiteraard meer informatie te halen dan in het hier geschetste voorbeeld. Een nadere omschrijving van e.e.a. valt echter buiten het kader van deze nota.



RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN WATERSYSTEMEN DELTA			Programma : GOLFKLO6			STATION : WIEL PERIODE : xxxx PERIODE TOT : 8612			H-TABFL									
Windrichtings/snelheidstabel			Waterstandsklasse +1.00 / +2.50m. NAP															
Richting [Degr] tov N.	Snelheid [m/s]		01.5	03.5	05.5	07.5	09.5	11.5	13.5	15.5	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	27.5		
345-015																		
gem.	29.3	33.3	48.8		64.3	90.8	98.8	157.5	214.0	222.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	13.3	10.0	32.1		25.6	40.0	23.2	56.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	27	37	42		36	32	16	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
015-045																		
gem.	25.3	29.8	42.1		52.8	61.3	83.5	100.3	140.7	0.0	193.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	10.8	13.4	25.7		19.4	16.3	25.5	21.7	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	4	32	32		37	47	33	18	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0
045-075																		
gem.	36.8	28.4	35.2		52.2	60.8	74.8	83.5	102.3	136.3	225.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	18.7	15.6	12.6		17.0	11.1	8.9	31.0	17.2	25.6	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	5	27	41		50	36	14	6	9	3	2	0	0	0	0	0	0	0
075-105																		
gem.	40.6	36.6	35.0		34.7	42.8	56.4	72.6	77.6	93.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	19.8	15.0	13.9		12.5	9.9	11.7	4.3	10.7	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	7	25	46		53	33	20	12	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
105-135																		
gem.	28.7	27.6	30.7		28.8	35.0	39.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	11.1	13.9	10.8		12.5	6.3	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	6	31	30		18	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135-165																		
gem.	25.2	30.4	26.0		29.3	30.5	34.2	45.7	47.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	10.9	13.7	9.0		11.0	2.7	8.0	6.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	9	16	38		30	8	11	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165-195																		
gem.	24.3	28.1	30.9		32.5	39.6	43.1	52.5	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	8.2	12.2	11.7		10.8	10.3	8.5	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	6	32	49		63	38	29	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195-225																		
gem.	23.0	30.3	30.7		39.9	45.2	59.3	64.9	72.1	92.7	128.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	8.5	13.8	12.4		18.7	18.8	23.0	20.7	13.0	17.5	22.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	7	36	65		70	70	48	63	29	10	7	0	0	0	0	0	0	0
225-255																		
gem.	20.0	32.4	40.0		48.8	60.0	73.3	94.6	94.8	110.7	164.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	3.6	15.7	22.2		26.2	17.1	24.9	29.8	40.0	58.6	57.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	7	33	77		95	135	131	92	92	12	3	0	0	0	0	0	0	0
255-285																		
gem.	36.3	41.8	52.4		63.8	76.1	84.7	146.2	177.0	212.9	243.9	256.7	293.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	19.1	21.5	23.5		28.2	22.1	35.5	40.8	36.5	42.9	26.6	45.4	37.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	7	14	37		80	80	66	64	42	14	13	3	6	0	0	0	0	0
285-315																		
gem.	40.4	46.4	55.1		64.5	87.0	118.3	160.2	214.6	252.7	291.0	286.5	282.0	265.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	26.0	20.7	31.9		17.6	37.5	36.8	43.5	36.2	17.2	25.6	9.0	29.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	10	16	27		59	30	56	49	32	18	3	6	3	1	0	0	0	0
315-345																		
gem.	28.8	49.8	60.1		75.4	94.4	129.1	155.3	226.3	214.4	201.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
spreid.	14.2	25.0	30.3		32.5	30.7	47.1	41.3	25.5	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
aantal	8	32	40		37	28	28	23	9	7	1	0	0	0	0	0	0	0

RIJKSWATERSTAAT
DIENST GETIJDewateren
WATERSYSTEMEN DELTA

STATION : WIEL
PERIODE : ****
PERIODE TOT : 8612

Programma : COLFKL04
MAAND : GEGEVENS
COLFKLIMAAT COLF/WINDRELATIE

Waterstandsklasse +1.00 / +2.50m. NAP

Relatieve aantallen tabel.

Periode Golfhoogte [m]

[sec]	0.0	.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	Total
00.0-01.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.5-03.5	82	50	4	0	0	0	0	0	0	0	136
03.5-05.5	36	33	19	8	3	1	0	0	0	0	99
05.5-07.5	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	5
07.5-09.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09.5-11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.5-13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.5-15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.5-17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.5>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	118	84	23	8	5	1	0	0	0	0	240

Energie [cm2]

	0	25	55	100	400	900	1600	2500	3600	6400	
Total	217	8	4	7	2	0	0	0	0	0	240

Stormvloed IV

[illegible]

IV Stormvloed

Stormvloeden IV

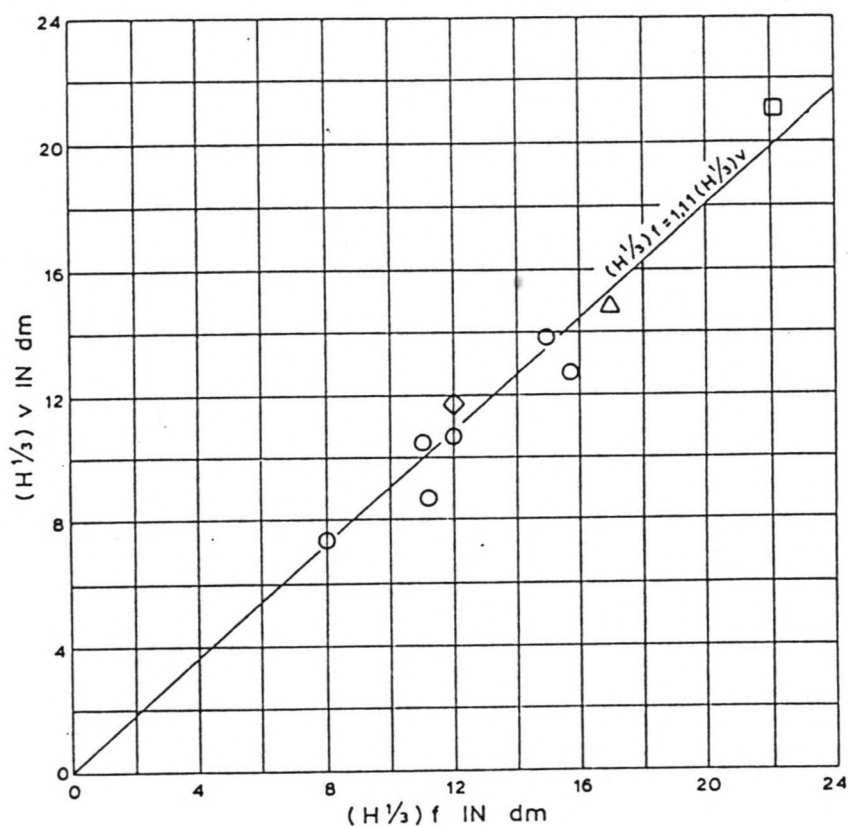
Peilmessstation	Hoogste stormvloedstand NAP + cm										Grenspaal per											
	29 dec 1894	23 jan 1895	5 dec 1895	6 dec 1895	6 dec 1895	7 dec 1895	7 dec 1895	19 juni 1897	29 nov 1897	3 feb 1898	13 jan 1899	28 jan 1901	26 jan 1902	22 nov 1903	8 nov 1904	30 dec 1904	7 jan 1905	12 mrt 1906	13 mrt 1906	23 nov 1908	13 nov 1909	30 sep 1911
Westerschelde																						
Bath	379	337	345	361	395	379	399	420	430	314	430	374	404		395			483		405	350	405
Willoorden	338	318	313		343		348	385	400			350	365		360		460		385	351	334	351
Waarde	348	318	328		378		373	400	413			359	375		372		470		391	370	331	370
Hansweert	340	316	316	323	354	338	364	391	409	292	400	355	369	370	370	401	340	460	383	330	330	370
Hoedekenskerke	318	304	298		338		354	380	395			348	352		340		439		370	307	345	345
Terneuzen	316	298	288	313	342	317	348	359	397	274	356	333	358	362	348	385	317	427	356	309	340	340
Ellewoutdijk	307	277	287		327		342	350	385			330	345		340		410		355	305	320	320
Borselle							332	335	385			330					398		345	295	310	310
Hoofdplaat	315	290	280		330		345		410			320	350		340		430		350	310	325	325
Zuidkraayeri	323	288	293		328		323	340	390			320	360		355		410		345	320	320	320
Vlaingen	302	276	278		325		338	327	375	+250	332	306	329	343	329	365	306	392	342	300	307	327
Breken	291	266	269		321		333	330	380			315	340		330		415		354	305	320	327
Cadland	292	258	260	291	306	279	330	313	378	+243	308	292	332	343	324	360	294	415	351	340	299	298
Wenkspelle	244	214	229		254		274	270	325			276	286	291				375	300	250	275	275

IV Stormvloed

Stormvloed IV

IV Stormvloeden

Peilmetsituatie	Hoogste stormvloedstand N.A.P. + cm										Grenspaal per																
	9 jan 1958	16 okt 1958	12 jan 1959	20 jan 1960	21 sep 1960	21 mrt 1961	17 feb 1962	15 nov 1962	16 dec 1962	2 nov 1965	30 nov 1965	10 dec 1965	16 nov 1966	30 nov 1966	23 feb 1967	28 feb 1967	5 okt 1967	2 feb 1969	10 nov 1969	20 feb 1970	3 okt 1970	19 okt 1970	3 nov 1970	jaar	1 jan 61	1 jan 71	
Westerschelde																											
Bath	368*	409	393	334	406	422	390	399	395	+244	394	440	448	377	332	450	413	400	410	335	404	397	337	560	1953	405	405
Waalvoorden	350*	384	377	306	380	403	365	382	372		369	411	418	350	305	420	384	366	380	297	383	375	313	525	1953	375	375
Waalde		381		322		396		380	372		359	410	414	345	307	416	385	366	378	306	382	378	312	515	1953	370	370
Hansweert	341*	375	369	302	375	395	357	376	368	-230	366	406	416	346	305	410	376	362	376	299	377	370	292	490	1953	355	355
Hooftknikerke		362	360	290	360	387	340	363	345		354	398	396	338	296	388	366	348	364	274	362	357	285	496	1953	355	355
Terneuzen	331*	370	365	278	360	396	341	367	345	-214	333	395	403	329	284	381	366	337	355	278	351	348	275	475	1953	345	345
Ellerwoudsdijk	331*	354	353	270	343	380	328	345	322		319	385	383	315	272	361	353	337	325	249	336	335	259	470	1953	335	335
Borselle		345	350	257	335	375	320	345	305		328	382	375	303	258	351	347	321	320	265	357	352	280	485	1953	345	345
Hooftplaat		366	351	275	336	386	327	366	335			390	390	316	268	370		330	340	265				470	1953	340	340
Zuidkrayert					opgeheven 1 september 1962																						
Vlaaringen	308*	344	342	252	327	367	310	341	313	-194	300	365	373	300	253	352	344	313	330	248	332	333	262	455	1953	327	327
Breskens	317*	358	350	265	335	375	310	348	318		302	370	375	300	250	350	350	320	335	254	336	335	266	480	1953	335	335
Cadland	320*	355	345	257	335	385	330	345	325		330	365	344	284	231*	329*	327*	299*	308*	230*	311*	312*	218*	475	1953	340	340
Westkapelle	277*	310	308	226	292	328	282	312	283	+181	273	334	337	272	221	323	313	285	301	221	297	300	228	435	1953	305	305



Toelichting

$(H^{1/3})v$ dominerende golfhoogte, bepaald uit visuele waarnemingen

$(H^{1/3})f$ idem, bepaald uit filmopnamen

◇ waarnemer I

○ waarnemer II

△ waarnemer III

□ waarnemer IV

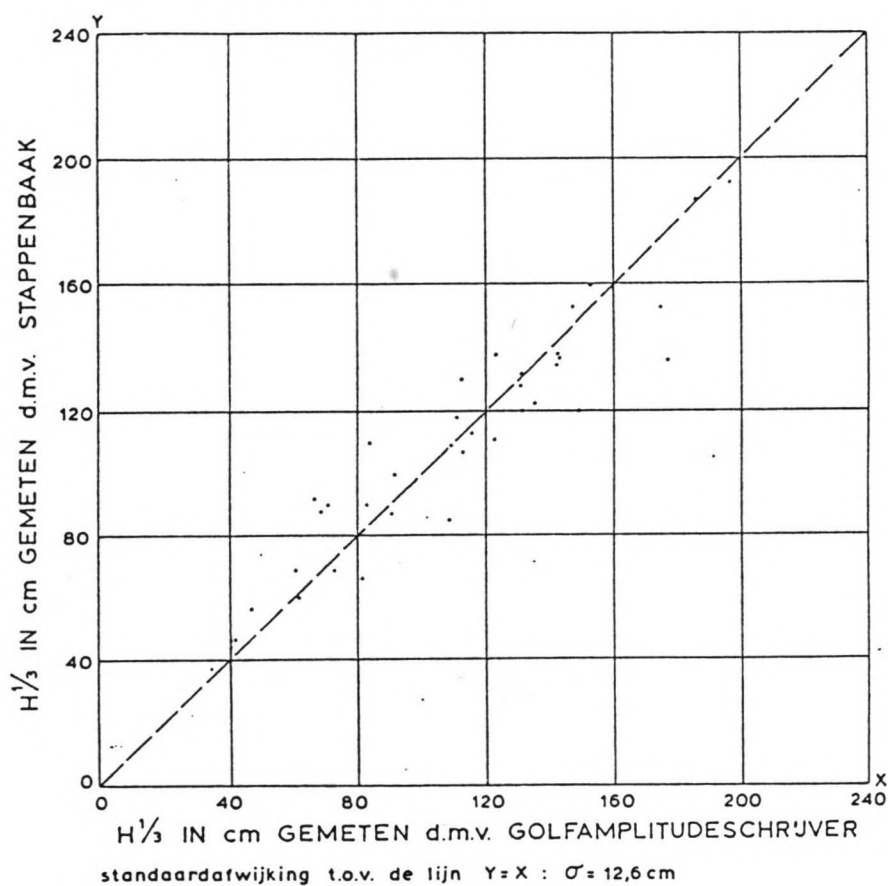
standaardafwijking $\sigma_v = 5,6 \%$

rijkswaterstaat
directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vissingen

get.	w.m.	
gec.	ε.	
gez.	P.R.	
akk.	<i>AM</i>	A1 82.1193

invloed visuele meetmethode op $H^{1/3}$

meetplaats : O.S. IV
 meetperiode : sept.-dec. 1976
 windrichting : noordwest (270°-360°)
 gegevens ontleend aan tek. 77.9072 t/m 77.9076
 van Deltadienst - afdeling Zierikzee

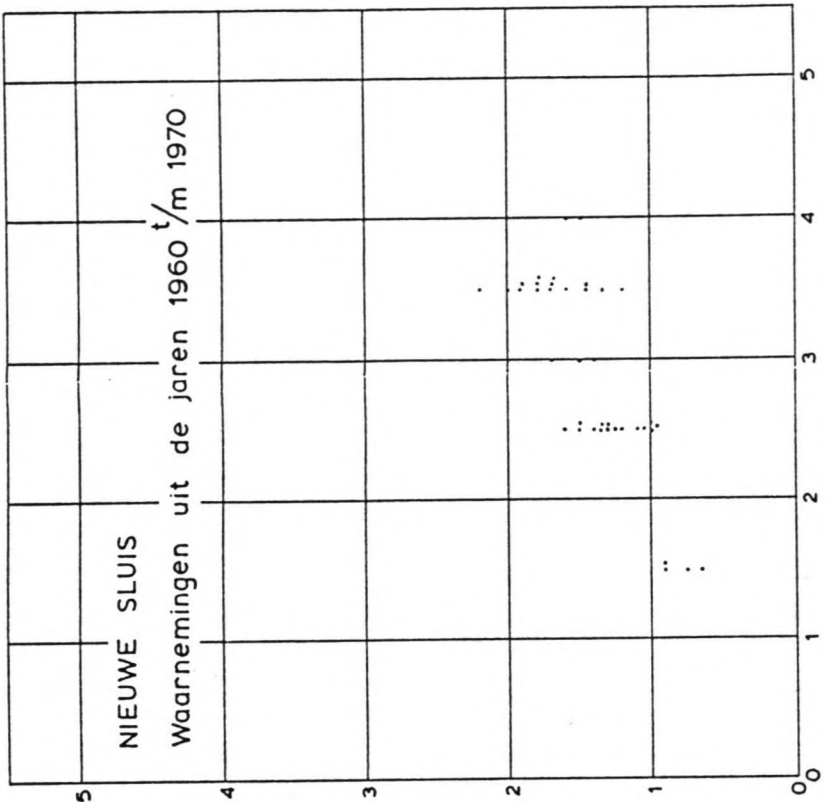
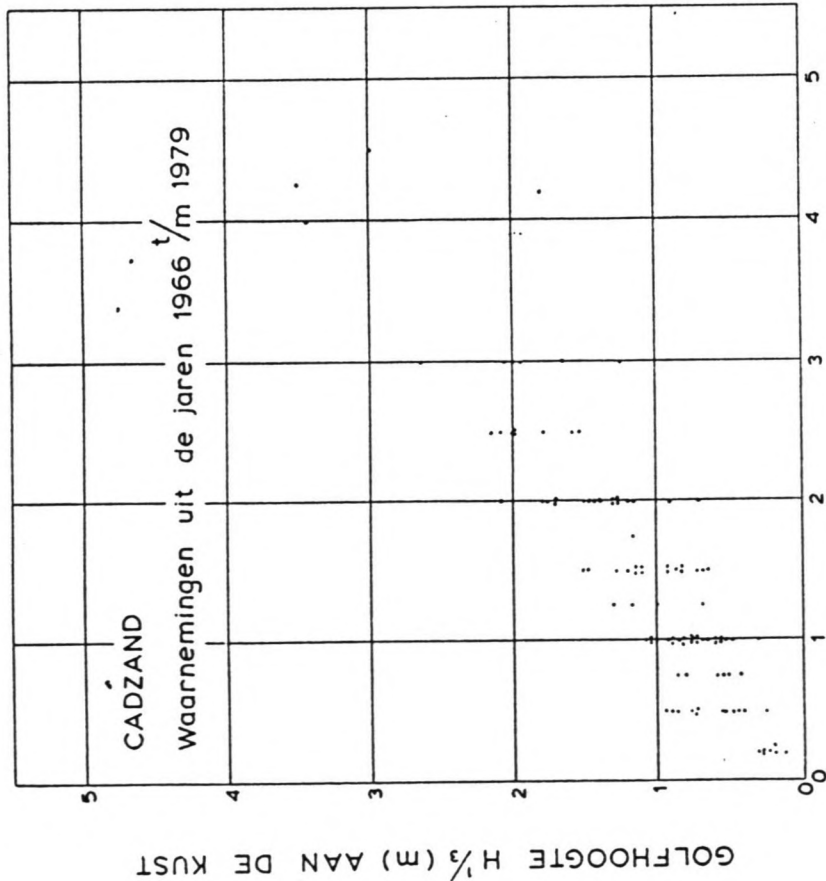


rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee-adviesdienst vlissingen

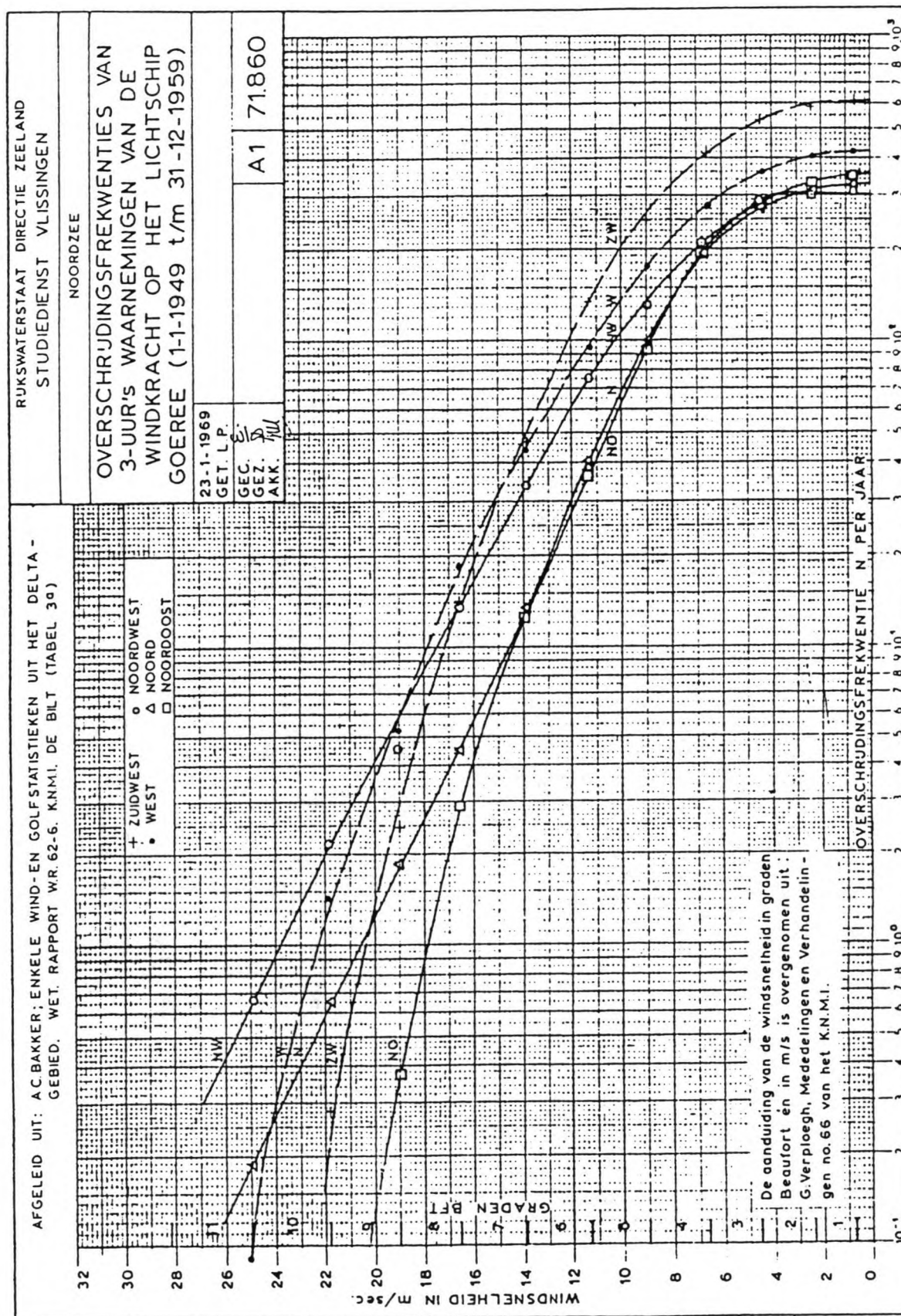
vergelijking H ¹/₃ volgens stappenbaak
 en golfamplitudeschrijver

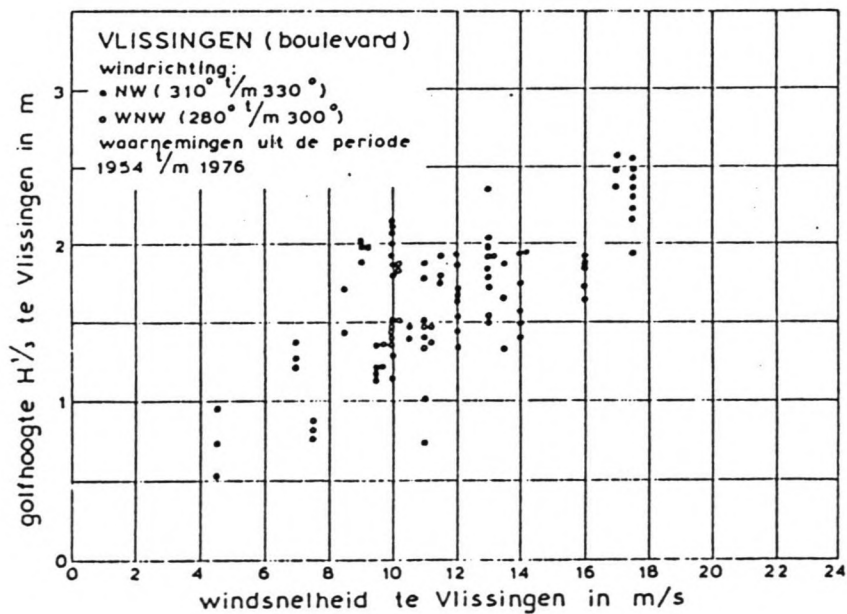
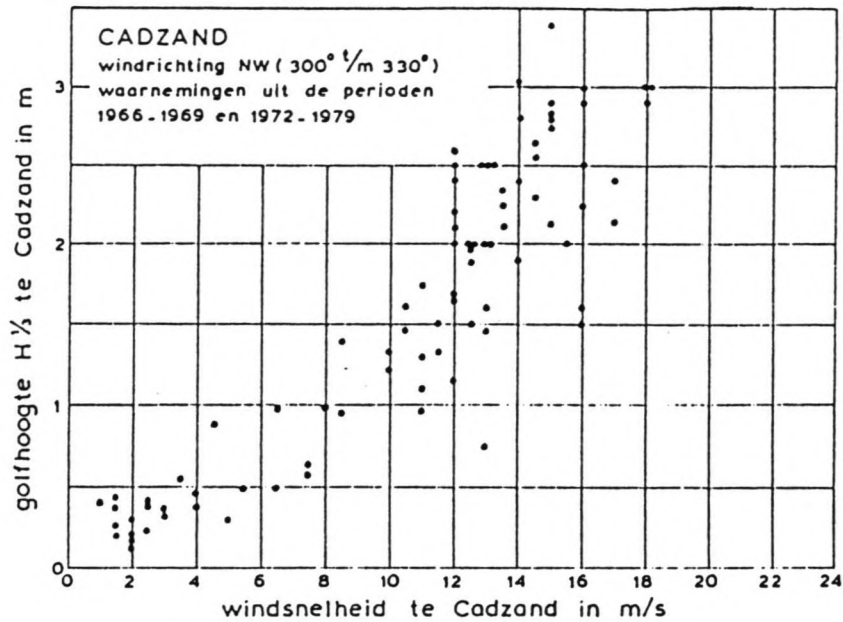
get.	w.m.	
gec.	E.	
gez.	P.R.	
akk.	<i>W.H.</i>	A1 82.1194



GOLFHOOGTE H_s (m) OP DE NOORDZEE (L.S. „GOEREE”)

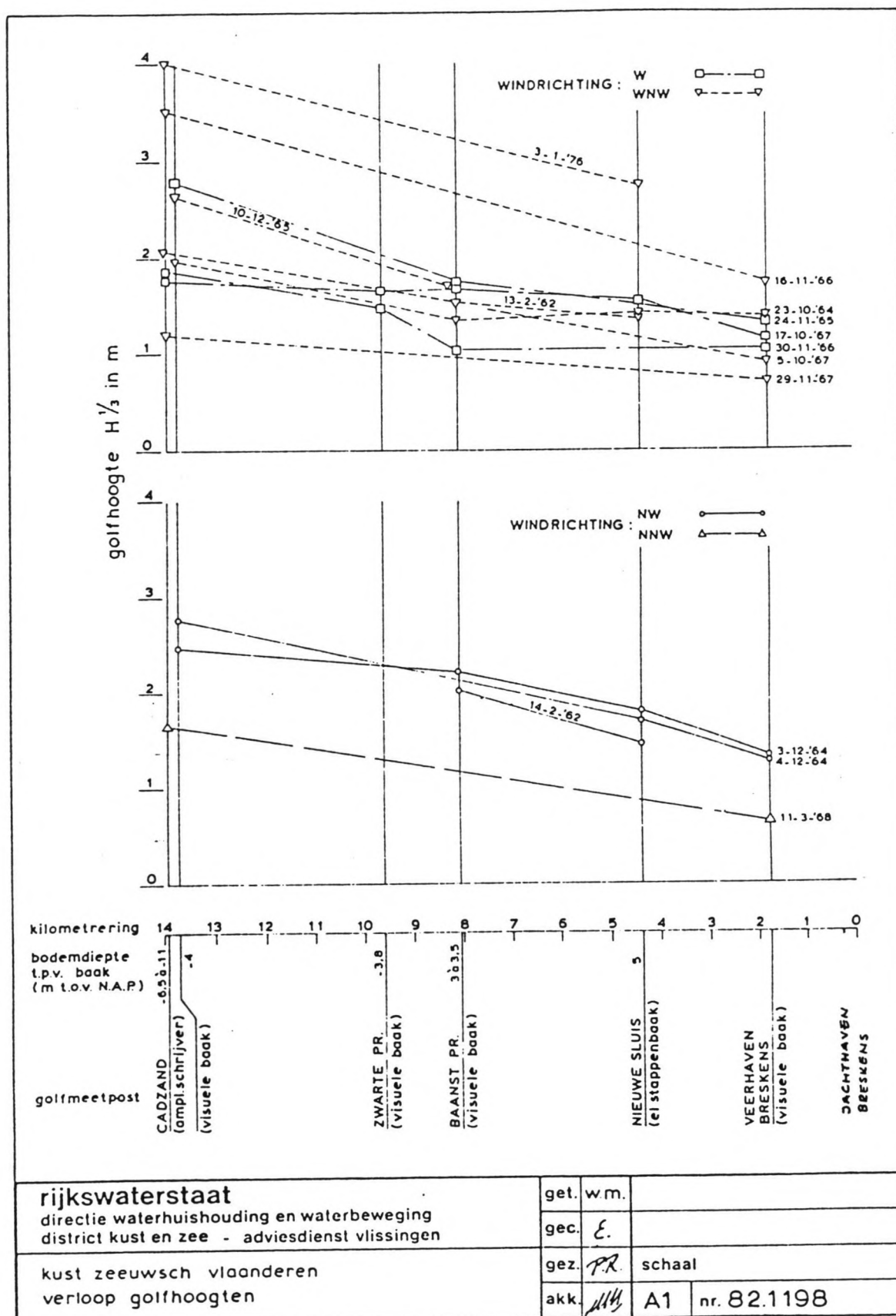
rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee-adviesdienst vliissingen	get	w.m.	
	gec.	E.	
	gez.	P.R.	
	akk.	M.M.	A2 82.1196





rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vlissingen	get.	w.m.	
	gec.	E.	
	gez.	P.R.	schaal
	akk.	A1	nr. 82.1197

wolcheren
golfhoogte $H'2$ aan de kust versus
lokale windsnelheid



 ENDEC35 - DELFT HYDRAULICS (C) - RELEASE 1.0 / DEC 1986 PAG 1

 RUN TITLE : breskens NM20

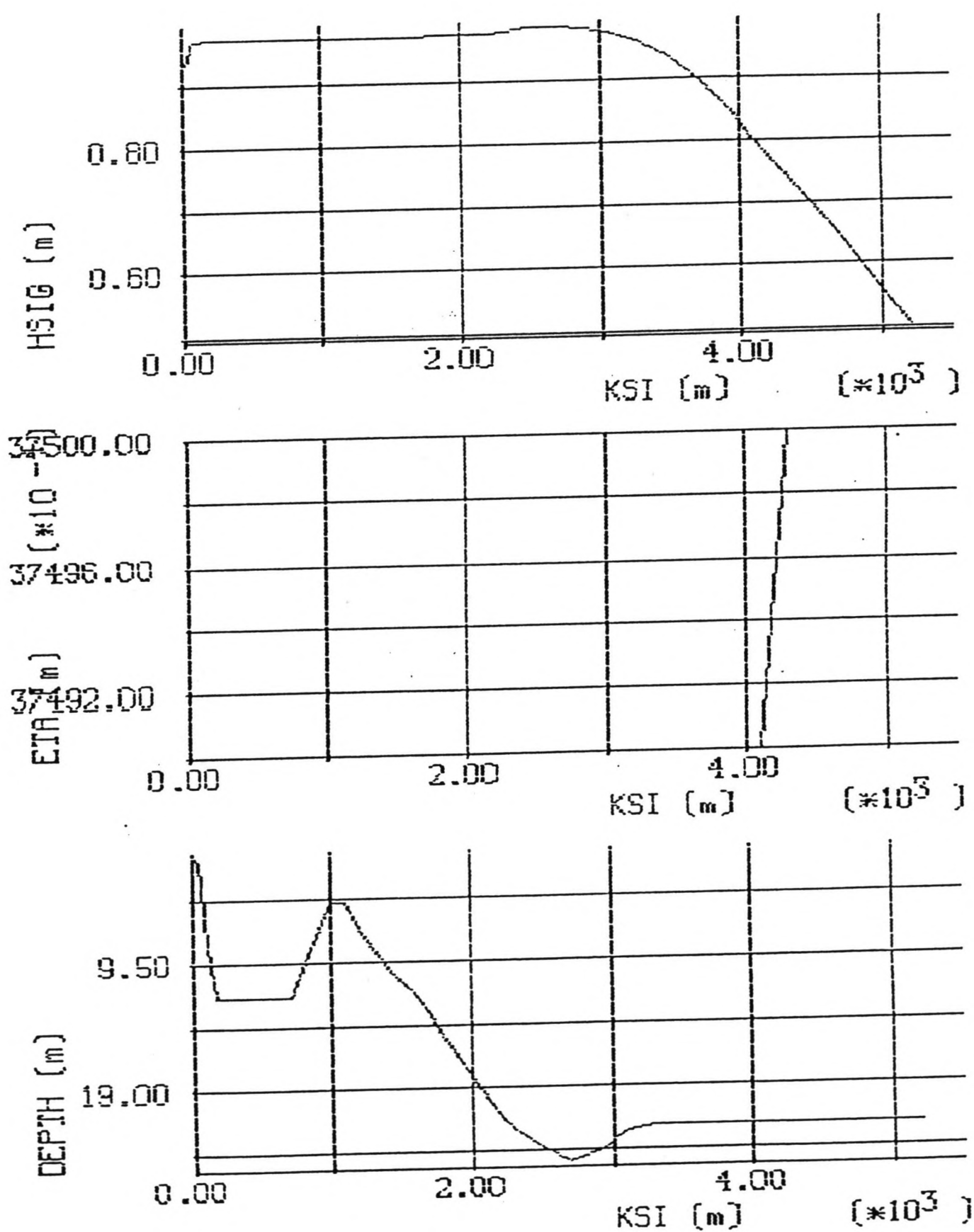
BASF	KSI	H	HRMS	HSIG	HMAX	ETA	100QB	CG	K	KX	100DHMS	TETA	UX	UY
1.	5500.00	24.000	2.263	3.200	8.046	3.750	.00	4.874	.1088	.0189	.00	80.00	.000	.000
2.	5400.00	23.733	2.257	3.191	8.041	3.750	.00	4.879	.1088	.0131	.51	79.91	.000	.000
3.	5200.00	23.200	2.243	3.172	8.031	3.750	.00	4.890	.1089	.0194	1.01	79.72	.000	.000
4.	5000.00	22.667	2.228	3.151	8.019	3.750	.00	4.902	.1089	.0198	1.01	79.51	.000	.000
5.	4800.00	22.133	2.211	3.127	8.007	3.750	.00	4.915	.1090	.0203	1.01	79.28	.000	.000
6.	4600.00	22.000	2.214	3.131	8.003	3.750	.00	4.919	.1090	.0204	1.01	79.22	.000	.000
7.	4400.00	22.000	2.224	3.145	8.003	3.750	.00	4.919	.1090	.0204	1.01	79.22	.000	.000
8.	4200.00	22.000	2.234	3.159	8.003	3.750	.00	4.919	.1090	.0204	1.00	79.22	.000	.000
9.	4000.00	22.200	2.254	3.188	8.008	3.750	.00	4.914	.1090	.0202	1.00	79.31	.000	.000
10.	3800.00	22.600	2.284	3.231	8.018	3.750	.00	4.904	.1089	.0199	1.00	79.48	.000	.000
11.	3600.00	23.000	2.314	3.272	8.027	3.750	.00	4.895	.1089	.0196	1.00	79.64	.000	.000
12.	3400.00	23.400	2.343	3.313	8.035	3.750	.00	4.886	.1088	.0193	.99	79.79	.000	.000
13.	3200.00	23.800	2.370	3.352	8.043	3.750	.00	4.878	.1088	.0190	.99	79.93	.000	.000
14.	3000.00	23.765	2.379	3.364	8.042	3.750	.00	4.879	.1088	.0190	.99	79.92	.000	.000
15.	2800.00	23.294	2.367	3.347	8.033	3.750	.00	4.888	.1088	.0194	.99	79.75	.000	.000
16.	2600.00	22.824	2.353	3.328	8.023	3.750	.00	4.899	.1089	.0197	.99	79.57	.000	.000
17.	2400.00	22.353	2.339	3.308	8.012	3.750	.00	4.910	.1090	.0201	.99	79.38	.000	.000
18.	2200.00	21.167	2.282	3.227	7.980	3.750	.00	4.942	.1092	.0212	.99	78.81	.000	.000
19.	2000.00	17.833	2.070	2.928	7.836	3.749	.00	5.062	.1101	.0256	1.01	76.56	.000	.000
20.	1800.00	14.500	1.830	2.588	7.572	3.749	.00	5.235	.1119	.0325	1.02	73.10	.000	.000
21.	1600.00	11.688	1.631	2.306	7.198	3.748	.00	5.415	.1147	.0410	1.03	69.03	.000	.000
22.	1400.00	10.438	1.553	2.196	6.972	3.748	.00	5.498	.1165	.0458	1.02	66.85	.000	.000
23.	1200.00	10.125	1.540	2.179	6.909	3.748	.00	5.518	.1170	.0471	1.01	66.26	.000	.000
24.	1000.00	12.750	1.736	2.455	7.360	3.748	.00	5.345	.1135	.0375	.99	70.70	.000	.000
25.	800.00	14.074	1.846	2.610	7.526	3.749	.00	5.261	.1123	.0337	.99	72.55	.000	.000
26.	600.00	10.370	1.581	2.236	6.959	3.748	.00	5.502	.1166	.0461	1.03	66.72	.000	.000
27.	400.00	9.000	1.499	2.120	6.656	3.747	.00	5.587	.1191	.0522	1.02	64.02	.000	.000
28.	200.00	7.077	1.393	1.970	6.124	3.746	.00	5.680	.1241	.0626	1.03	59.68	.000	.000
29.	180.00	6.154	1.345	1.903	5.820	3.746	.00	5.705	.1272	.0686	.10	57.35	.000	.000
30.	160.00	5.231	1.302	1.842	5.481	3.745	.00	5.710	.1310	.0754	.11	54.84	.000	.000
31.	140.00	4.308	1.265	1.788	5.104	3.744	.00	5.688	.1357	.0833	.11	52.13	.000	.000
32.	120.00	3.385	1.232	1.743	4.688	3.743	.00	5.632	.1415	.0924	.11	49.21	.000	.000
33.	100.00	2.462	1.207	1.707	4.231	3.742	.00	5.532	.1488	.1033	.12	46.03	.000	.000
34.	80.00	1.929	1.196	1.691	3.948	3.741	.00	5.448	.1540	.1106	.12	44.07	.000	.000
35.	60.00	1.786	1.194	1.688	3.870	3.740	.00	5.422	.1555	.1128	.12	43.53	.000	.000
36.	40.00	1.643	1.192	1.685	3.790	3.740	.00	5.395	.1571	.1150	.12	42.97	.000	.000

 ENDEC35 - DELFT HYDRAULICS (C) - RELEASE 1.0 / DEC 1986 PAG 1

 RUN TITLE : breskens N20

BASF	KSI	H	HRMS	HSIG	HMAX	ETA	100QB	CG	K	KX	100DHRMS	TETA	UX	UY
1.	5200.00	22.000	.354	.500	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	.00	40.00	.000	.000
2.	5100.00	22.000	.374	.529	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	2.05	40.00	.000	.000
3.	4900.00	22.000	.414	.586	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	4.01	40.00	.000	.000
4.	4700.00	22.000	.453	.641	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	3.90	40.00	.000	.000
5.	4500.00	22.000	.491	.695	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	3.81	40.00	.000	.000
6.	4300.00	22.000	.529	.748	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.3418	3.73	40.00	.000	.000
7.	4100.00	22.000	.565	.799	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.3418	3.65	40.00	.000	.000
8.	3900.00	22.000	.601	.850	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.3418	3.58	40.00	.000	.000
9.	3700.00	22.000	.633	.895	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.3418	3.53	40.00	.000	.000
10.	3500.00	22.000	.658	.931	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.3418	3.49	40.00	.000	.000
11.	3300.00	22.000	.676	.956	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.3418	3.46	40.00	.000	.000
12.	3100.00	22.375	.686	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	3.44	40.00	.000	.000
13.	2900.00	23.875	.692	.978	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	3.44	40.00	.000	.000
14.	2700.00	24.700	.694	.981	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	3.43	40.00	.000	.000
15.	2500.00	23.500	.695	.983	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	3.43	40.00	.000	.000
16.	2400.00	22.900	.692	.979	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.71	40.00	.000	.000
17.	2300.00	22.300	.690	.976	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.71	40.00	.000	.000
18.	2200.00	21.231	.689	.974	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.71	40.00	.000	.000
19.	2100.00	19.692	.688	.973	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.71	40.00	.000	.000
20.	2000.00	18.154	.688	.972	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
21.	1900.00	16.615	.687	.972	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
22.	1800.00	15.077	.687	.972	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
23.	1700.00	13.538	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
24.	1600.00	12.000	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	40.00	.000	.000
25.	1500.00	11.000	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	40.00	.000	.000
26.	1400.00	10.000	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	40.00	.000	.000
27.	1300.00	8.667	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	39.99	.000	.000
28.	1200.00	7.000	.687	.971	1.971	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	39.96	.000	.000
29.	1100.00	5.000	.686	.970	1.966	3.749	.03	2.344	.4466	.3423	1.72	39.96	.000	.000
30.	1000.00	5.000	.685	.969	1.966	3.749	.03	2.344	.4466	.3423	1.72	39.96	.000	.000
31.	900.00	7.000	.685	.969	1.971	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	39.99	.000	.000
32.	800.00	9.500	.686	.970	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	1.72	40.00	.000	.000
33.	700.00	12.000	.686	.970	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
34.	600.00	12.000	.686	.970	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
35.	500.00	12.000	.686	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
36.	400.00	12.000	.686	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
37.	300.00	12.000	.686	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
38.	200.00	12.000	.687	.971	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	1.72	40.00	.000	.000
39.	180.00	12.000	.686	.970	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3418	.34	40.00	.000	.000
40.	160.00	12.000	.685	.969	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	.34	40.00	.000	.000
41.	140.00	10.857	.685	.969	1.972	3.749	.03	2.344	.4463	.3419	.34	40.00	.000	.000
42.	120.00	9.643	.684	.968	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.3419	.34	40.00	.000	.000
43.	100.00	8.214	.684	.967	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.3419	.34	40.00	.000	.000
44.	80.00	6.000	.684	.967	1.969	3.749	.02	2.344	.4464	.3420	.34	39.98	.000	.000
45.	60.00	3.647	.682	.965	1.955	3.749	.03	2.344	.4474	.3434	.34	39.87	.000	.000
46.	40.00	1.903	.664	.939	1.905	3.749	.03	2.459	.4517	.3489	.34	39.42	.000	.000
47.	20.00	1.581	.659	.932	1.886	3.749	.03	2.485	.4534	.3511	.33	39.24	.000	.000

breskens N20

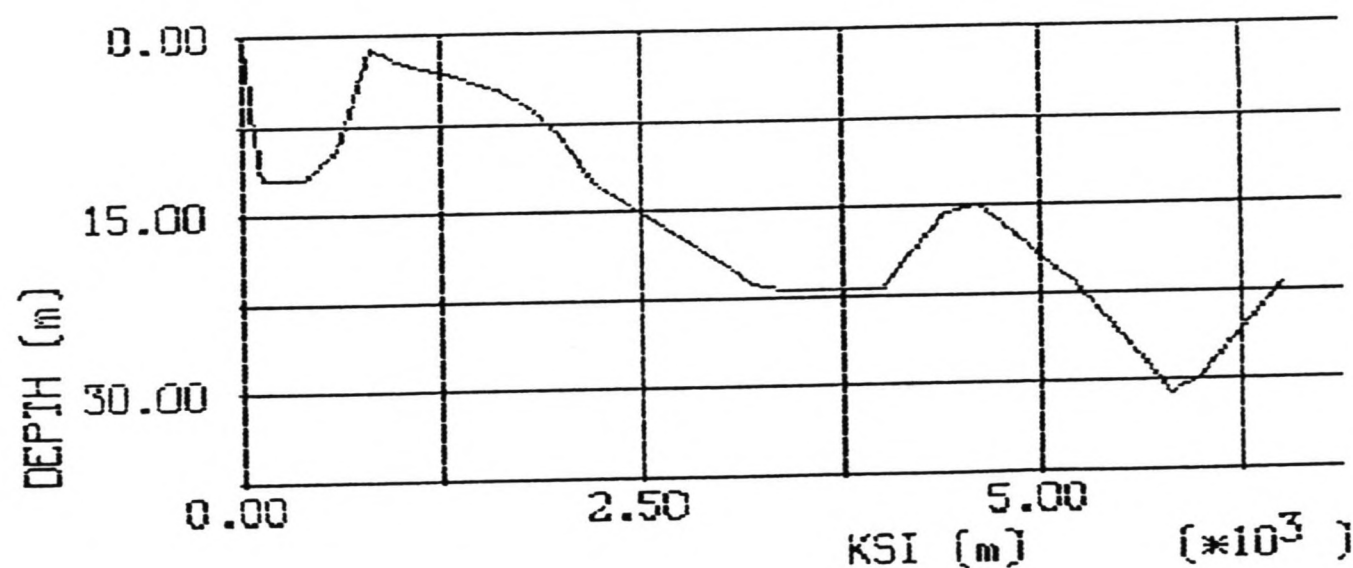
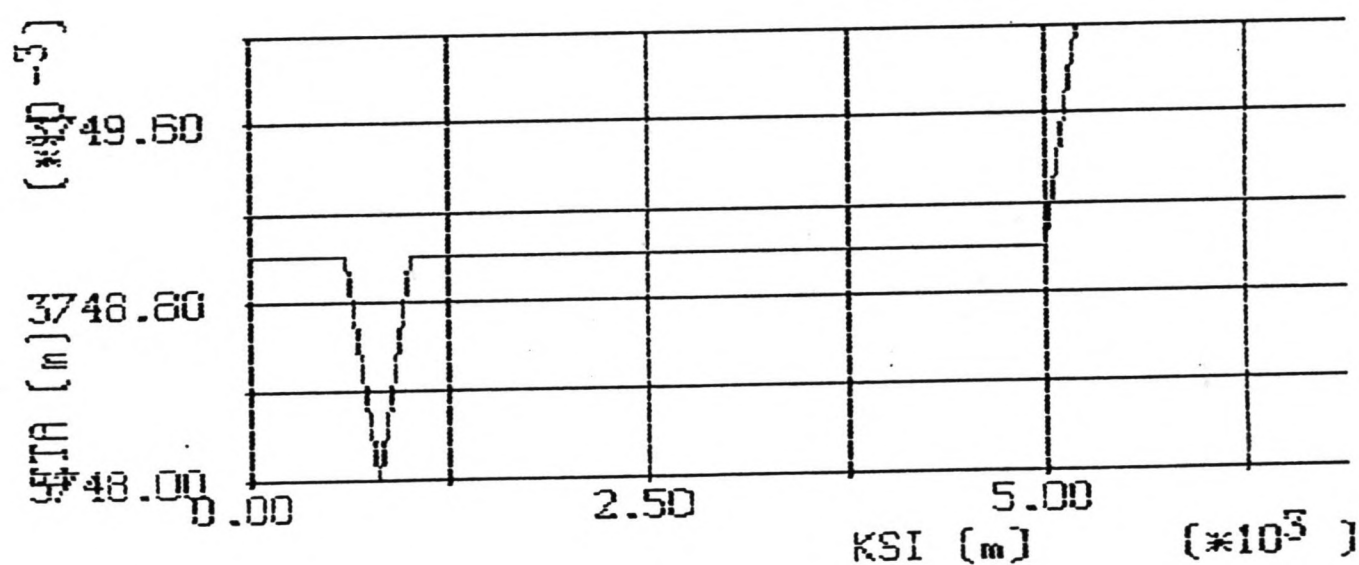
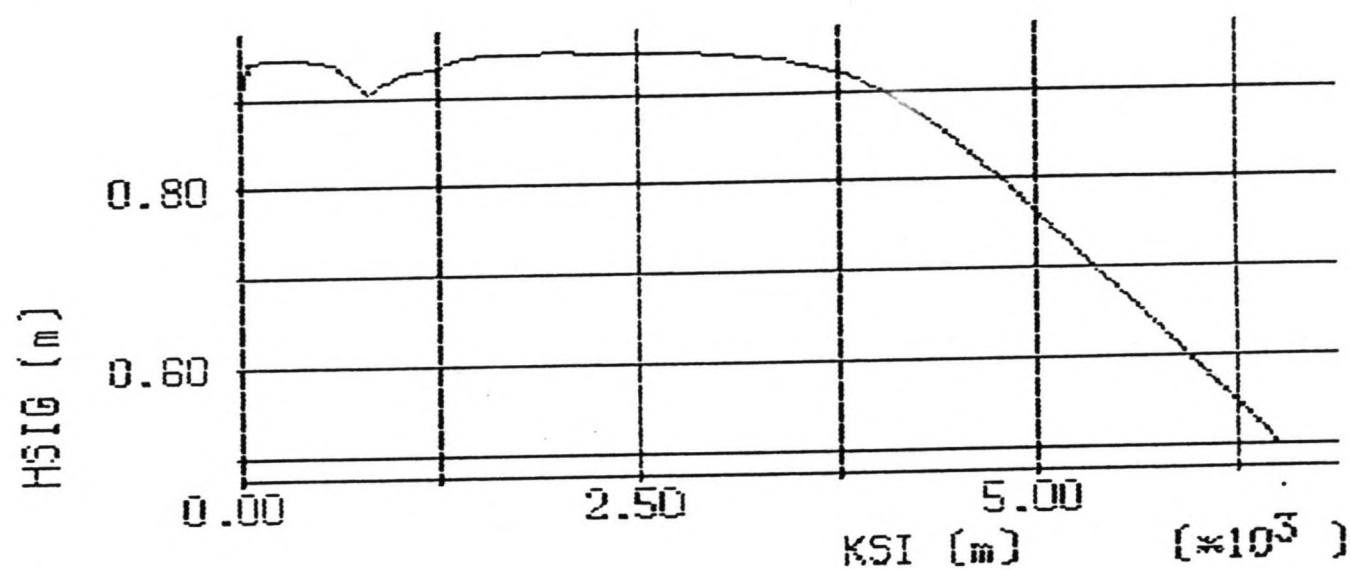


 ENDEC35 - DELFT HYDRAULICS (C) - RELEASE 1.0 / DEC 1986 PAG 1

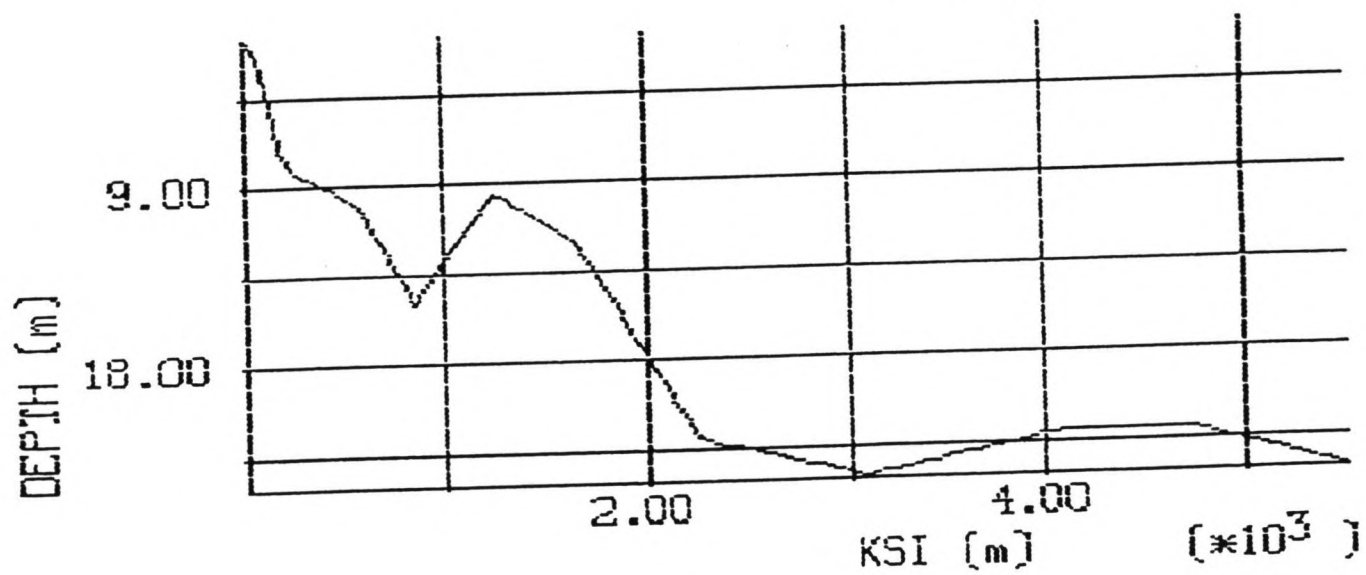
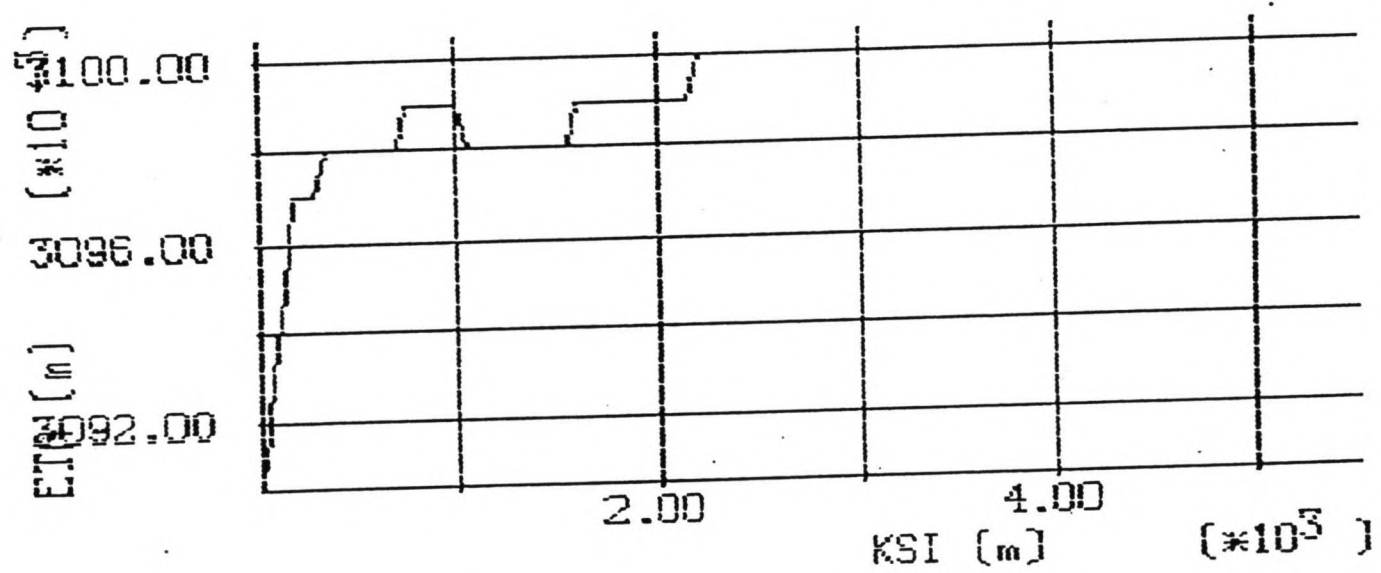
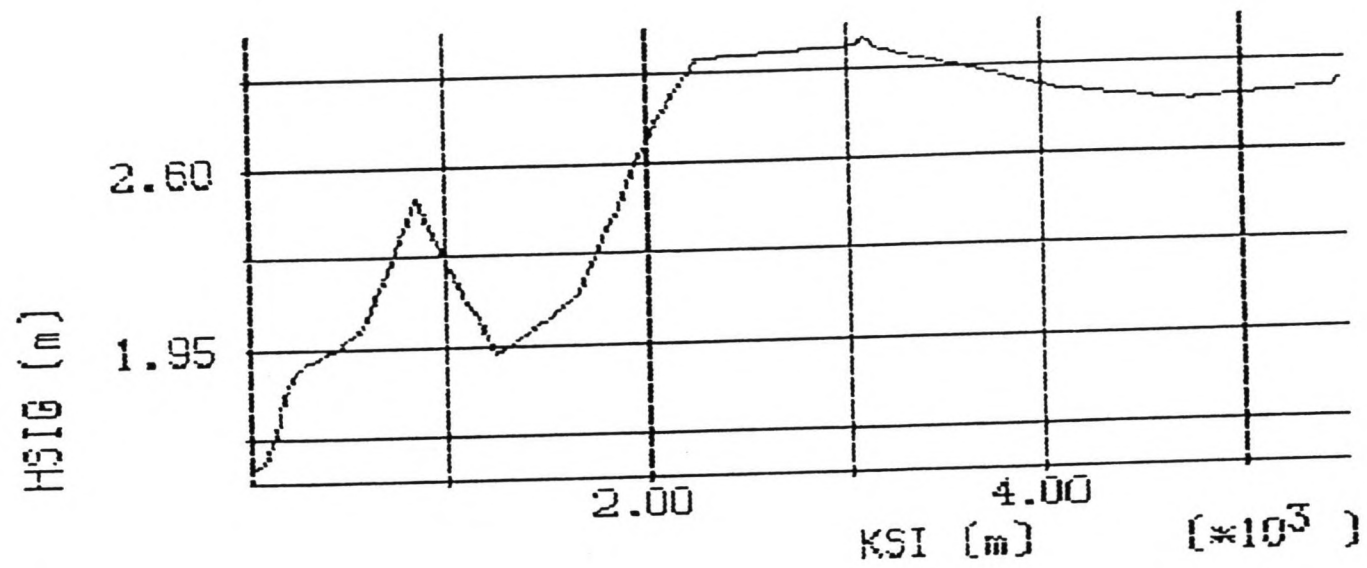
 RUN TITLE : breskens NO20

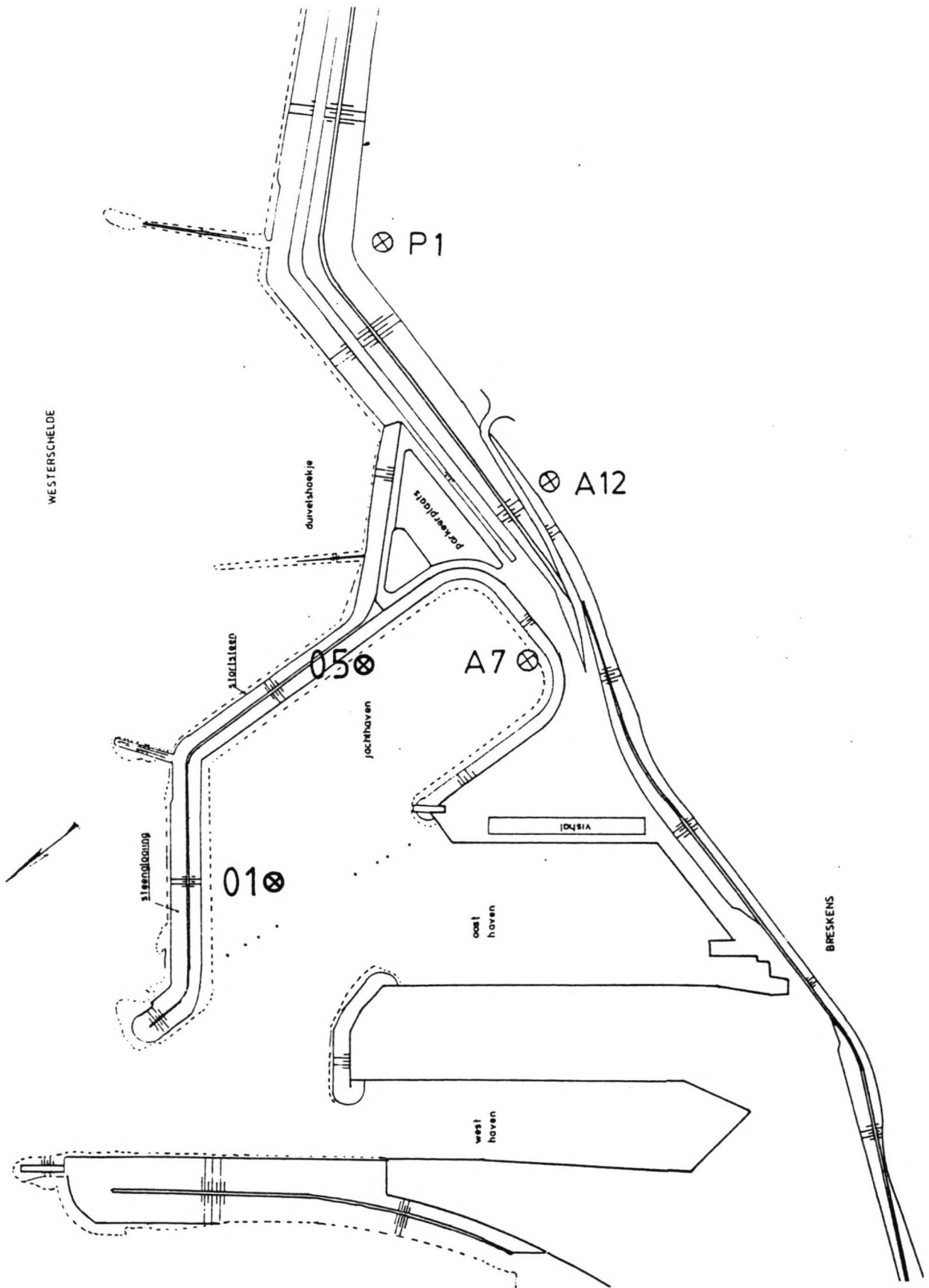
BASF	KSI	H	HRMS	HSIG	HMAX	ETA	100QB	CG	K	KX	100DHMS	TETA	UX	UY
1.	6500.00	22.000	.354	.500	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	.00	6.00	.000	.000
2.	6400.00	23.538	.367	.519	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	1.31	6.00	.000	.000
3.	6200.00	26.615	.392	.555	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.58	6.00	.000	.000
4.	6000.00	29.632	.418	.591	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.53	6.00	.000	.000
5.	5800.00	31.167	.443	.626	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.48	6.00	.000	.000
6.	5600.00	27.833	.467	.660	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.44	6.00	.000	.000
7.	5400.00	24.500	.491	.694	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.41	6.00	.000	.000
8.	5200.00	21.467	.515	.728	1.972	3.750	.00	2.344	.4463	.4438	2.37	6.00	.000	.000
9.	5000.00	19.333	.538	.761	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.4438	2.34	6.00	.000	.000
10.	4800.00	17.200	.561	.794	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.4438	2.31	6.00	.000	.000
11.	4600.00	15.067	.584	.826	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.4438	2.28	6.00	.000	.000
12.	4400.00	15.600	.607	.858	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.4438	2.26	6.00	.000	.000
13.	4200.00	18.800	.625	.883	1.972	3.749	.00	2.344	.4463	.4438	2.24	6.00	.000	.000
14.	4000.00	22.000	.639	.904	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.4438	2.22	6.00	.000	.000
15.	3800.00	22.000	.651	.920	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.4438	2.21	6.00	.000	.000
16.	3600.00	22.000	.658	.931	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.4438	2.20	6.00	.000	.000
17.	3400.00	22.000	.663	.938	1.972	3.749	.01	2.344	.4463	.4438	2.20	6.00	.000	.000
18.	3200.00	21.545	.667	.943	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
19.	3000.00	19.727	.668	.945	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
20.	2800.00	17.909	.669	.947	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
21.	2600.00	16.091	.670	.948	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
22.	2400.00	14.273	.670	.948	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
23.	2200.00	12.455	.671	.948	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
24.	2000.00	9.000	.671	.949	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
25.	1800.00	6.250	.671	.948	1.970	3.749	.02	2.344	.4464	.4439	2.19	6.00	.000	.000
26.	1600.00	4.750	.670	.948	1.965	3.749	.02	2.344	.4467	.4443	2.19	5.99	.000	.000
27.	1400.00	3.667	.669	.946	1.955	3.749	.02	2.344	.4474	.4450	2.19	5.98	.000	.000
28.	1200.00	3.000	.659	.933	1.943	3.749	.02	2.400	.4484	.4459	2.17	5.97	.000	.000
29.	1000.00	2.333	.656	.927	1.924	3.749	.02	2.431	.4500	.4476	2.14	5.95	.000	.000
30.	800.00	1.000	.640	.905	1.839	3.748	.03	2.541	.4579	.4556	2.09	5.85	.000	.000
31.	600.00	9.500	.665	.940	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.10	6.00	.000	.000
32.	400.00	12.000	.667	.944	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
33.	200.00	12.000	.669	.946	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	2.19	6.00	.000	.000
34.	180.00	12.000	.668	.945	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
35.	160.00	12.000	.668	.945	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
36.	140.00	12.000	.667	.944	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
37.	120.00	11.070	.667	.943	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
38.	100.00	10.140	.667	.943	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
39.	80.00	8.632	.666	.942	1.972	3.749	.02	2.344	.4463	.4438	.22	6.00	.000	.000
40.	60.00	5.871	.666	.942	1.969	3.749	.02	2.344	.4464	.4440	.22	6.00	.000	.000
41.	40.00	2.000	.650	.920	1.909	3.749	.02	2.453	.4513	.4488	.21	5.93	.000	.000
42.	20.00	1.667	.646	.914	1.891	3.749	.02	2.478	.4529	.4505	.21	5.91	.000	.000

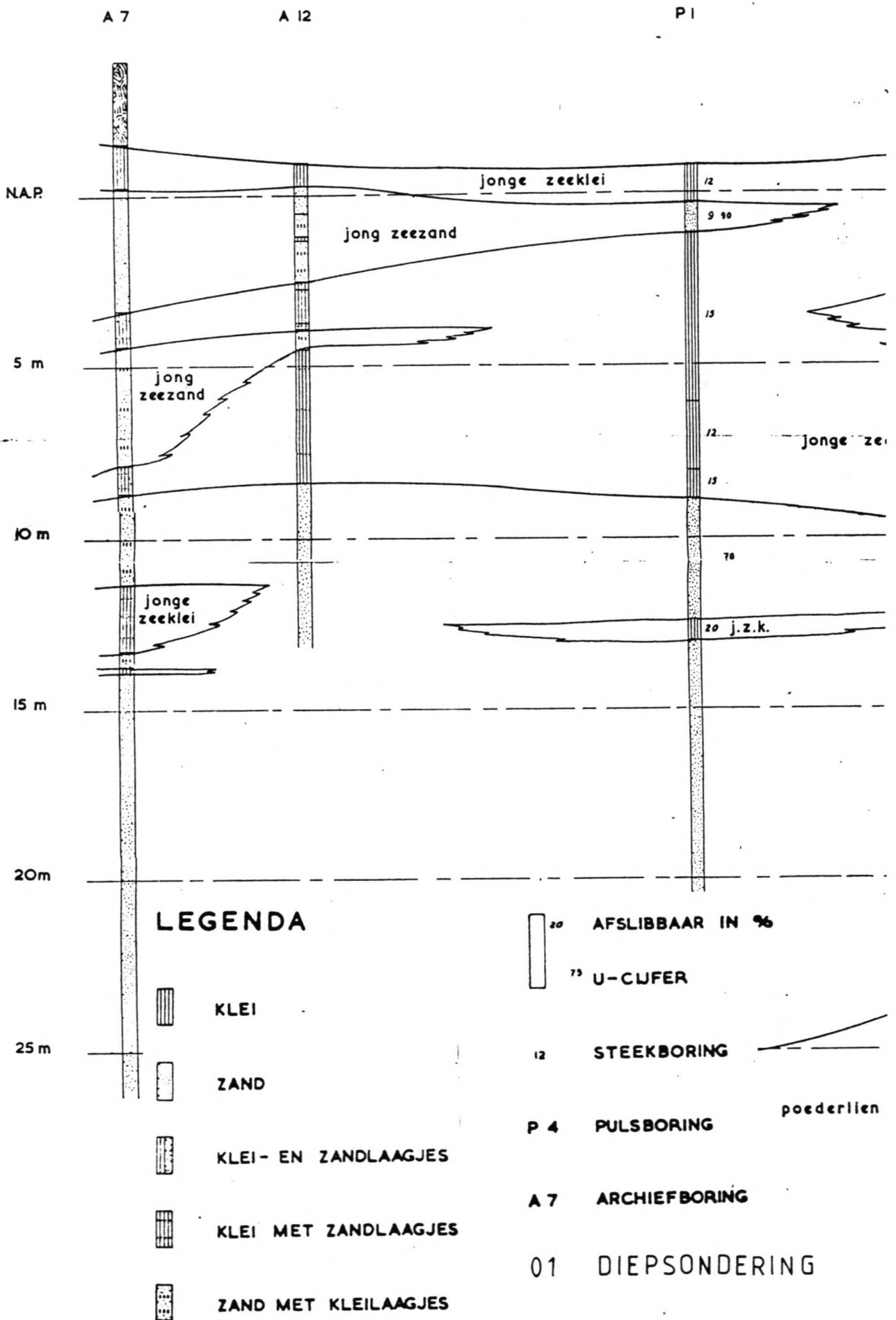
breskens N020

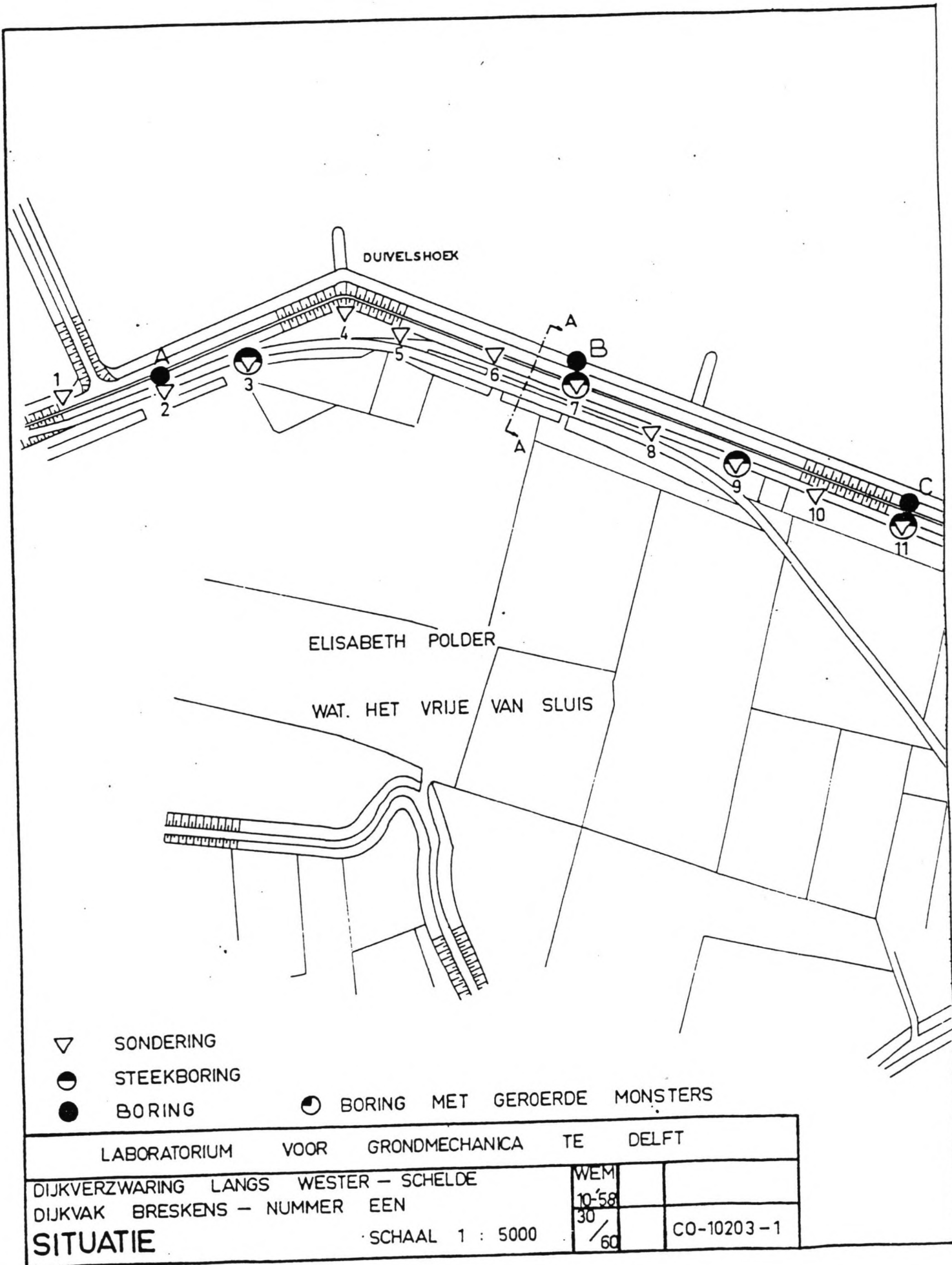


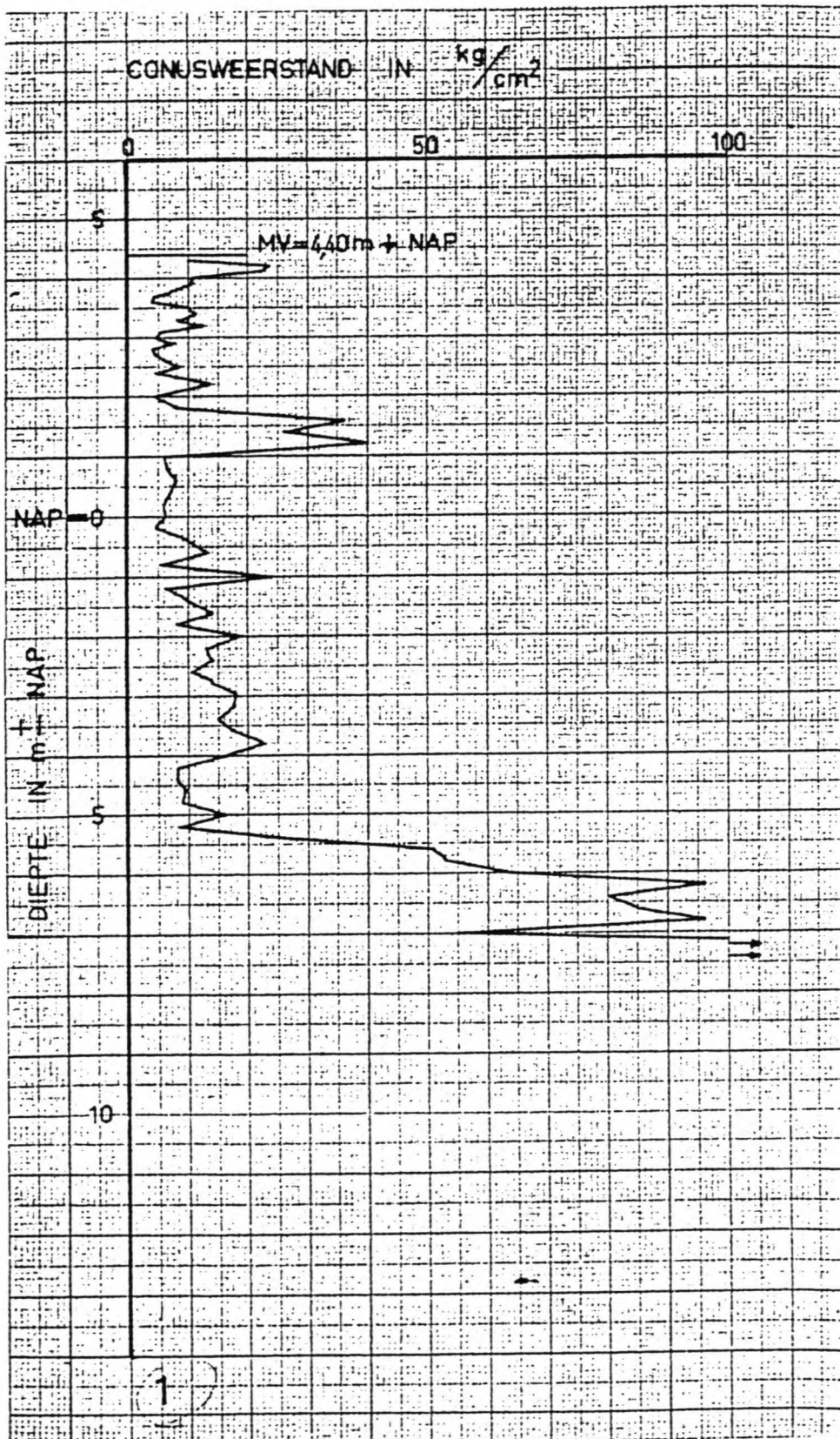
brekens NW3

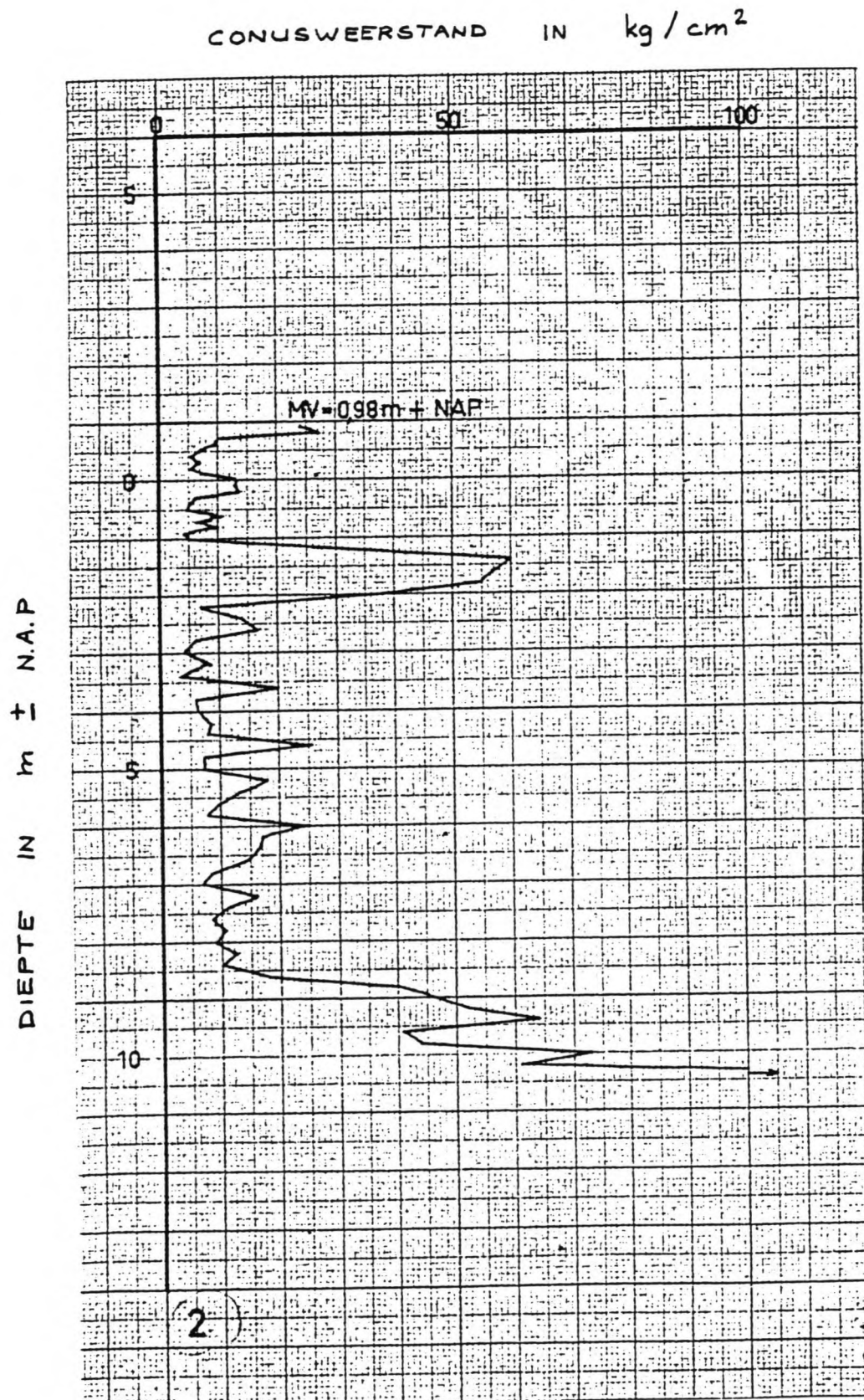






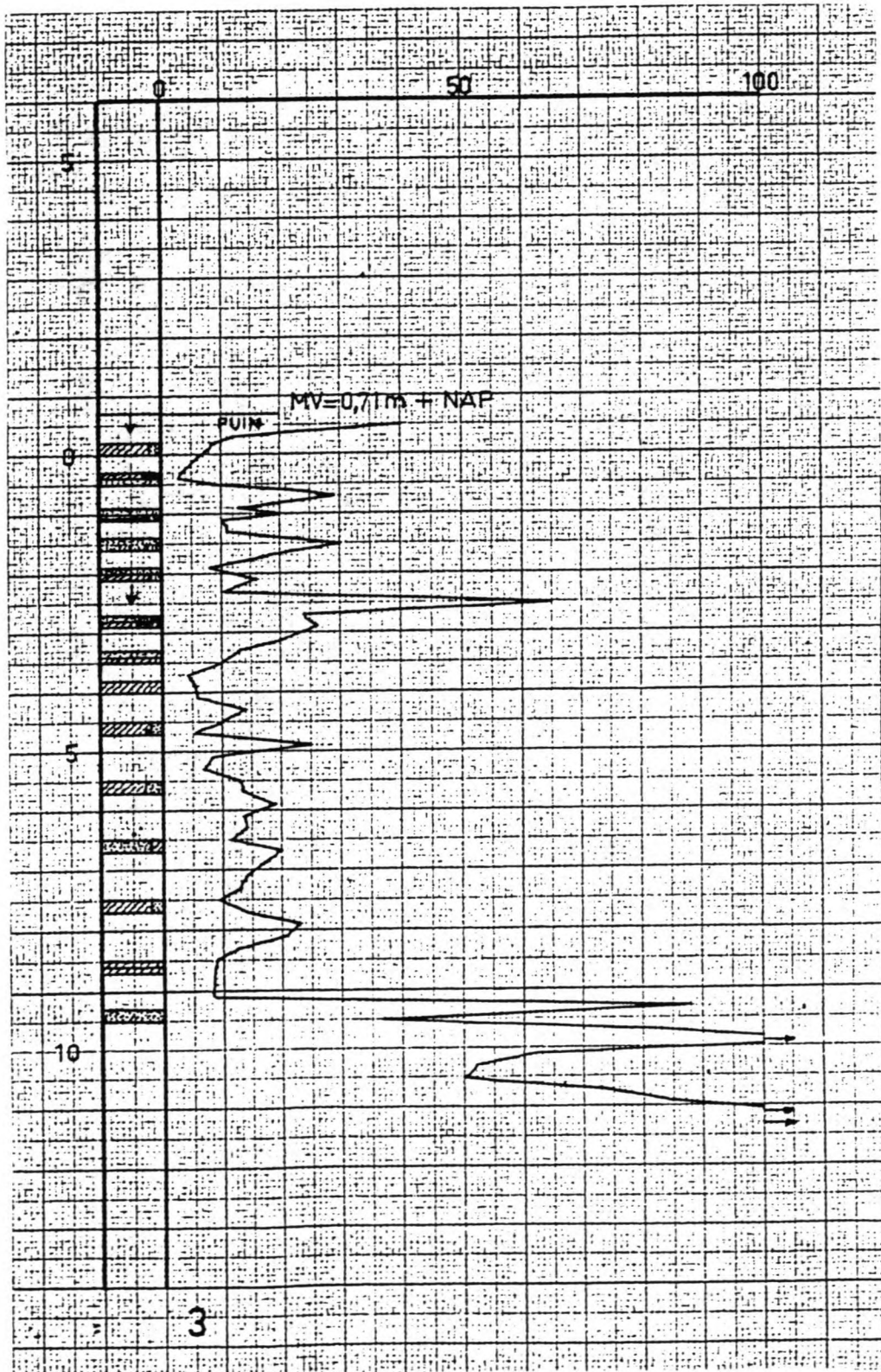


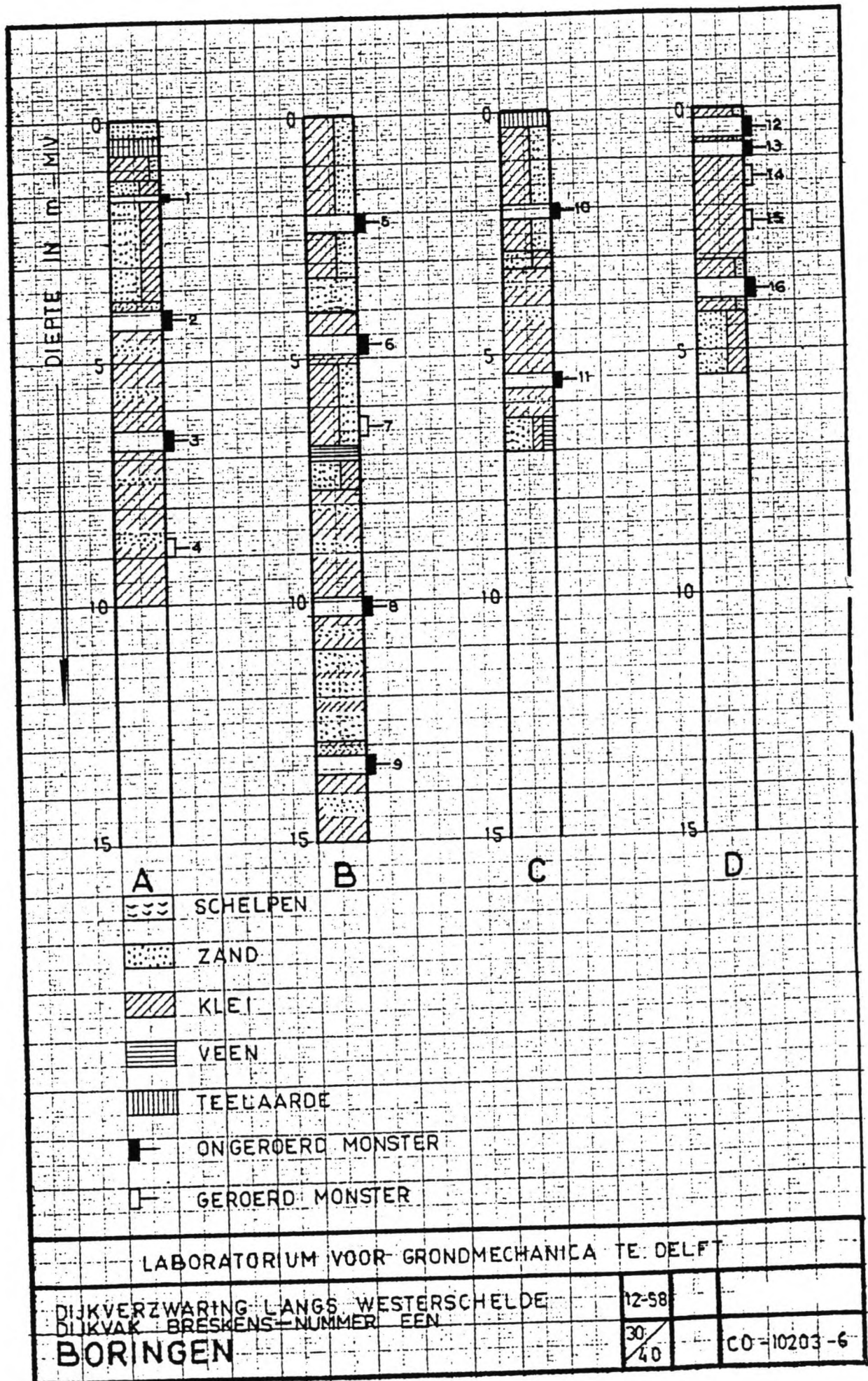


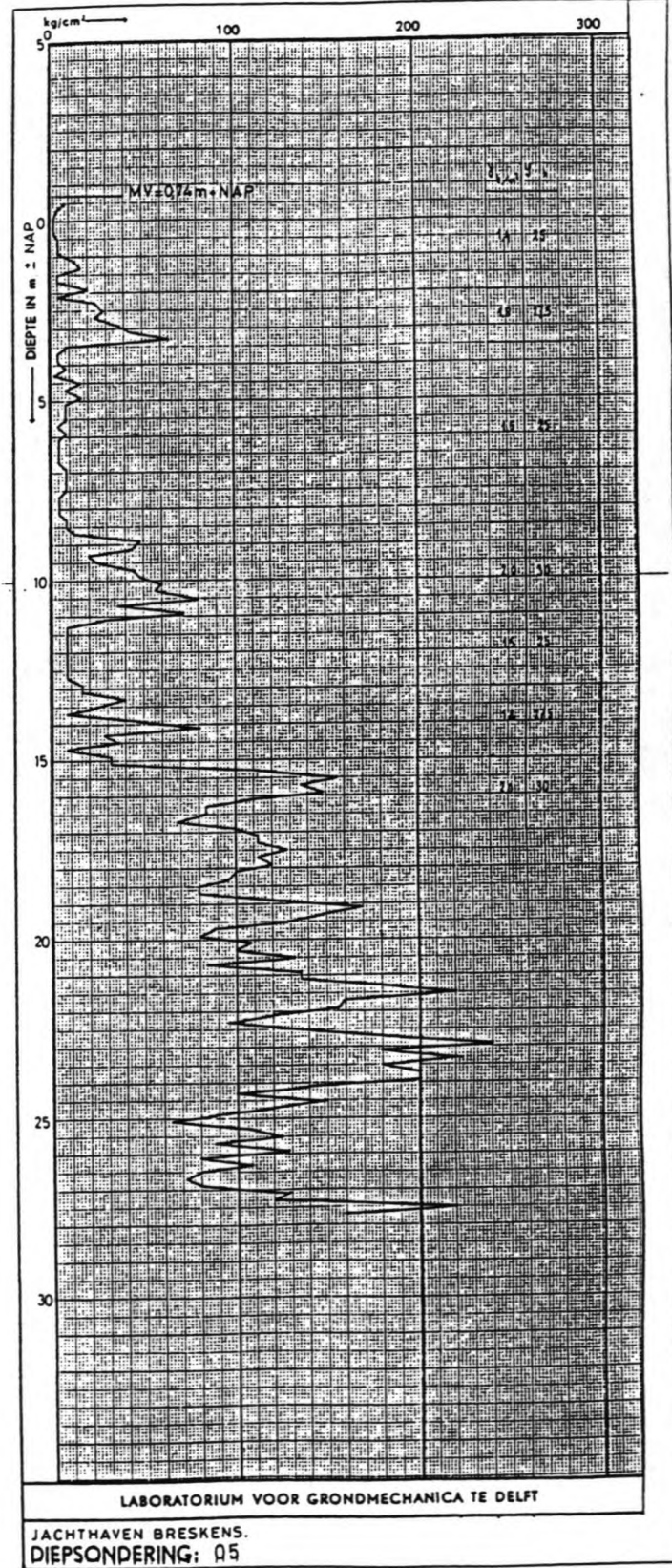
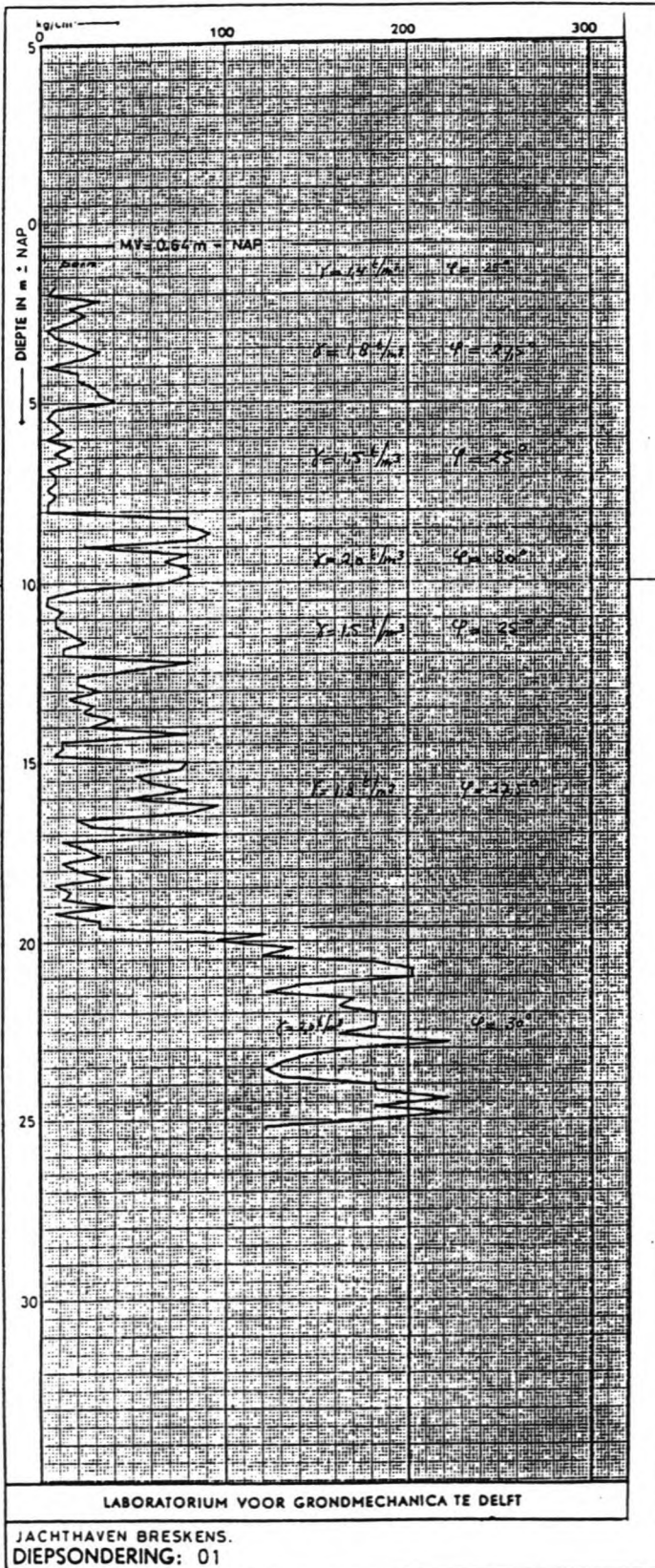


CONUSWEERSTAND IN kg/cm^2

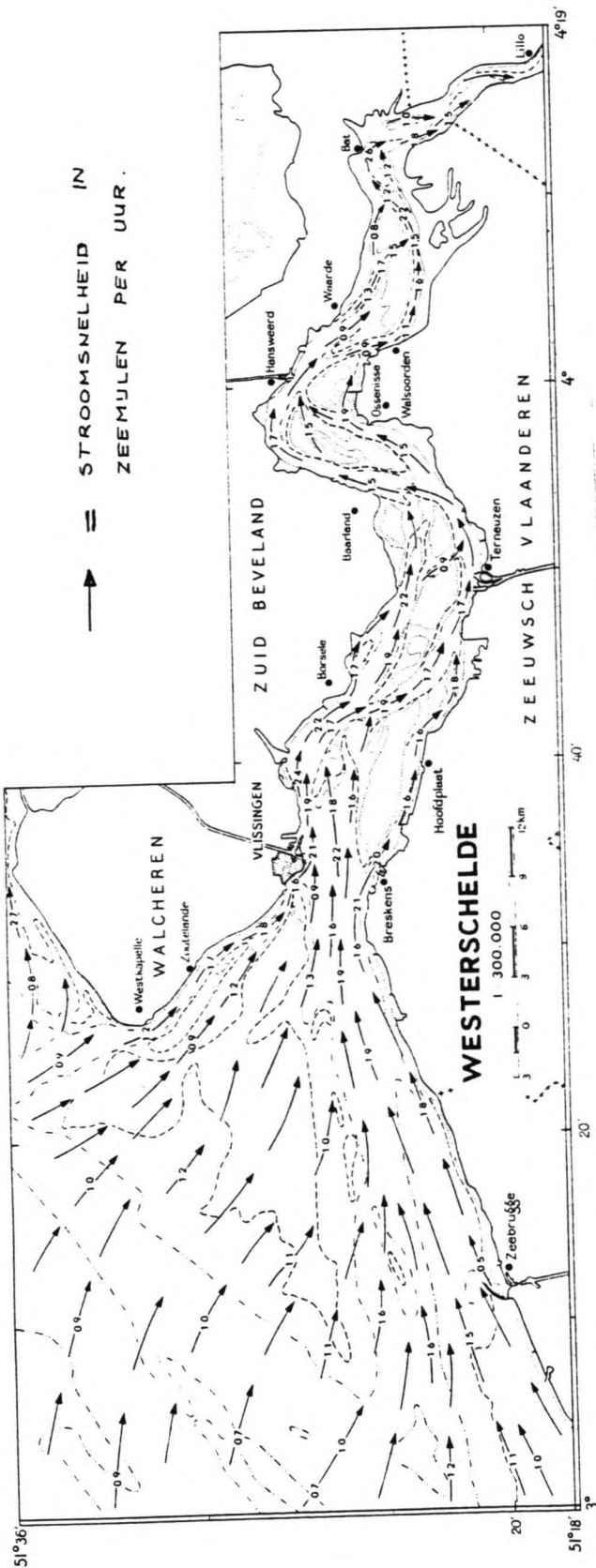
DIEPTE IN m t N.A.P



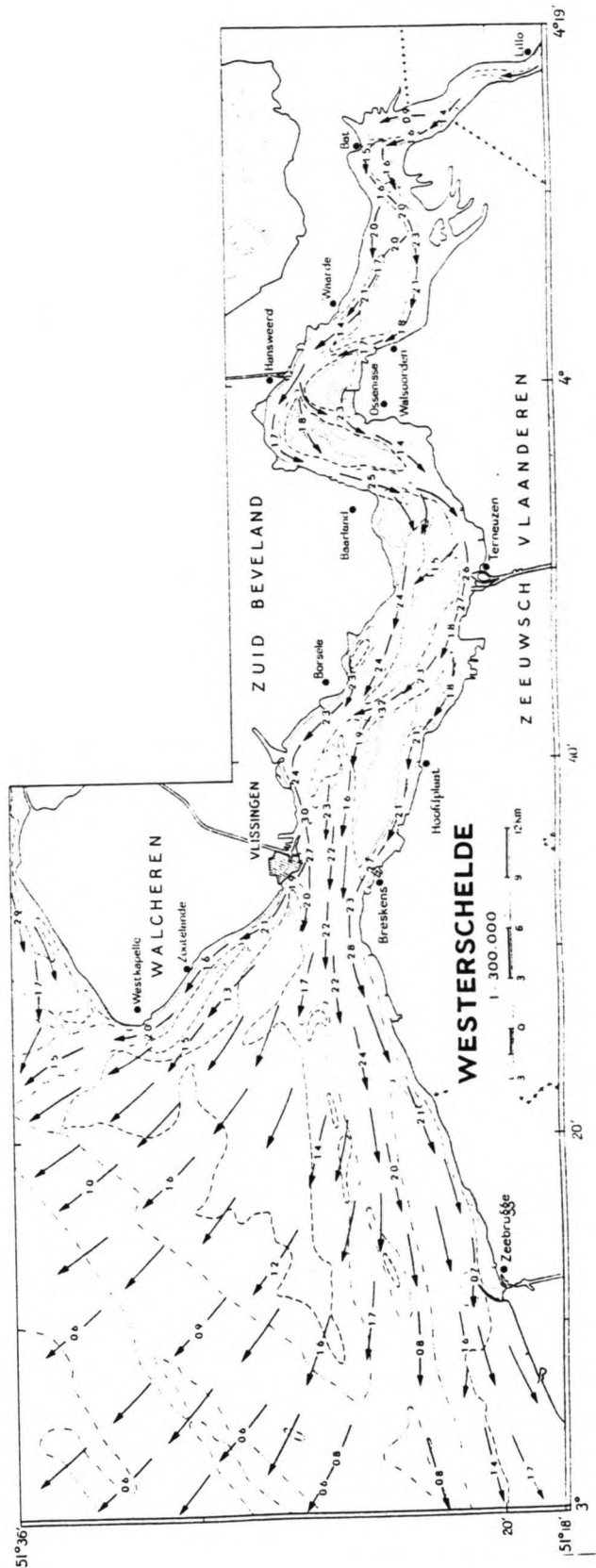




2.03 voor HW Vlissingen

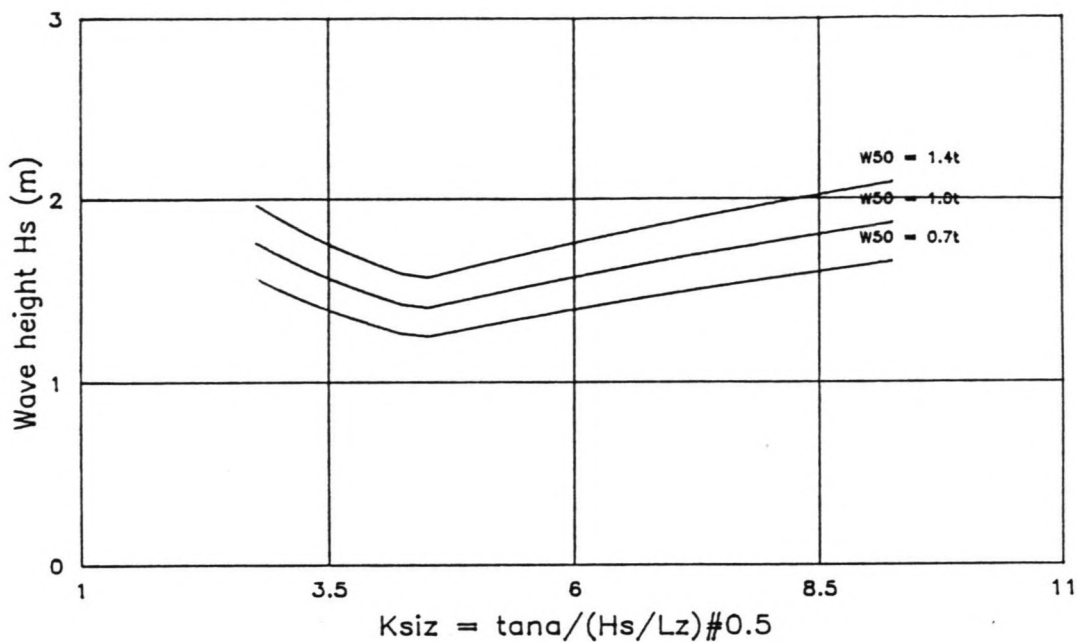


3.57 na HW Vlissingen



influence of mass

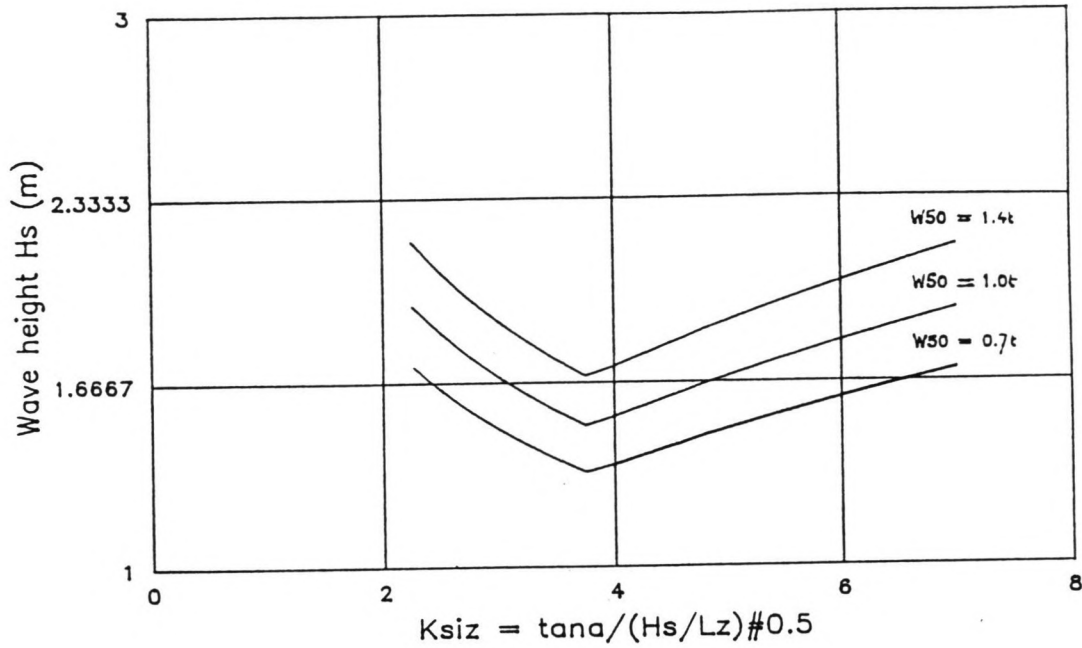
Hs - Ksiz PLOT



PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS

CURVE 1 -----	CURVE 2 -----	CURVE 3 -----	DESCRIPTION
DATA FOR $H_s/\Delta D_{n50} - K_{siz}$ PLOT (graph 1)			
$\cot \alpha = 1.5$	$\cot \alpha = 1.5$	$\cot \alpha = 1.5$	slope angle
$S = 2$	$S = 2$	$S = 2$	damage level
$N = 4000$	$N = 4000$	$N = 4000$	number of waves
$P = .4$	$P = .4$	$P = .4$	permeability
EXTRA DATA FOR $H_s - K_{siz}$ PLOT (graph 2)			
$W_{50} = 700$	$W_{50} = 1000$	$W_{50} = 1400$	mass (kg)
$\rho_{ca} = 2600$	$\rho_{ca} = 2600$	$\rho_{ca} = 2600$	mass dens. rock
$\rho_w = 1030$	$\rho_w = 1030$	$\rho_w = 1030$	mass dens. water

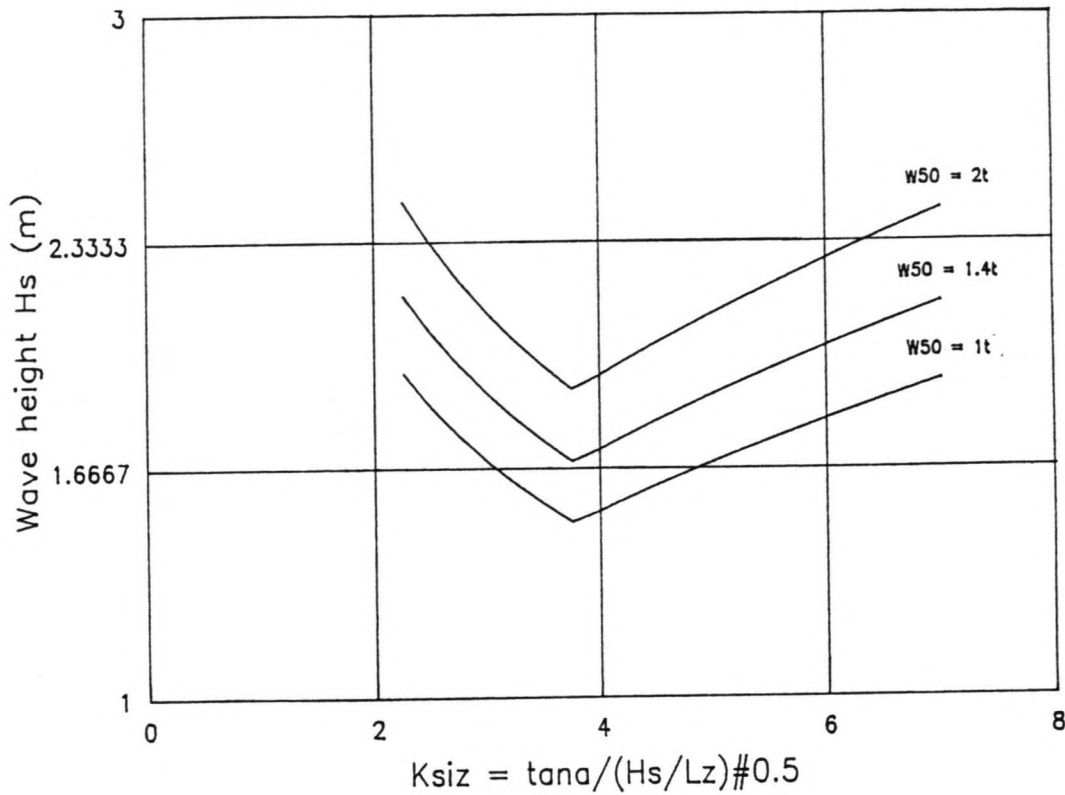
influence of mass
Hs - ksiz PLOT



PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS PLOTS

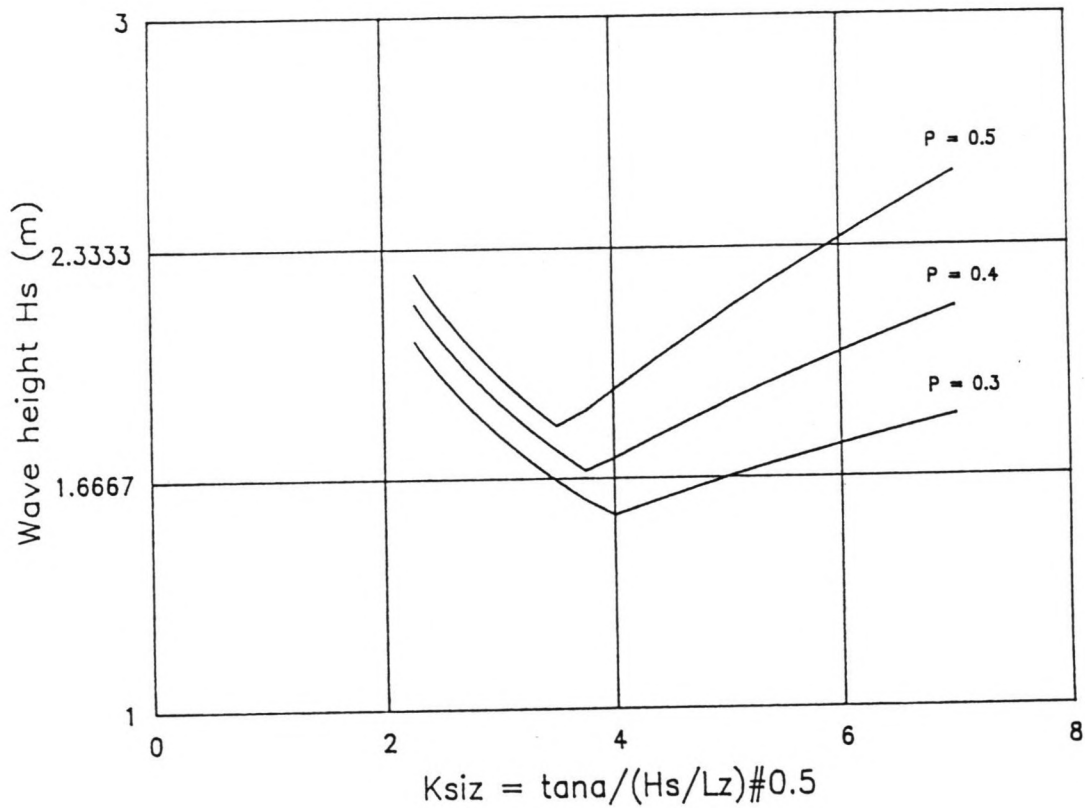
CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR Hs/deltaDn50 - Ksiz PLOT (graph 1)			
cota = 2	cota = 2	cota = 2	slope angle
S = 2	S = 2	S = 2	damage level
N = 4000	N = 4000	N = 4000	number of waves
P = .4	P = .4	P = .4	permeability
EXTRA DATA FOR Hs - Ksiz PLOT (graph 2)			
W50 = 700	W50 = 1000	W50 = 1400	mass (kg)
rho-a = 2600	rho-a = 2600	rho-a = 2600	mass dens. rock
rho = 1030	rho = 1030	rho = 1030	mass dens. water

influence of mass
Hs - ksiz PLOT



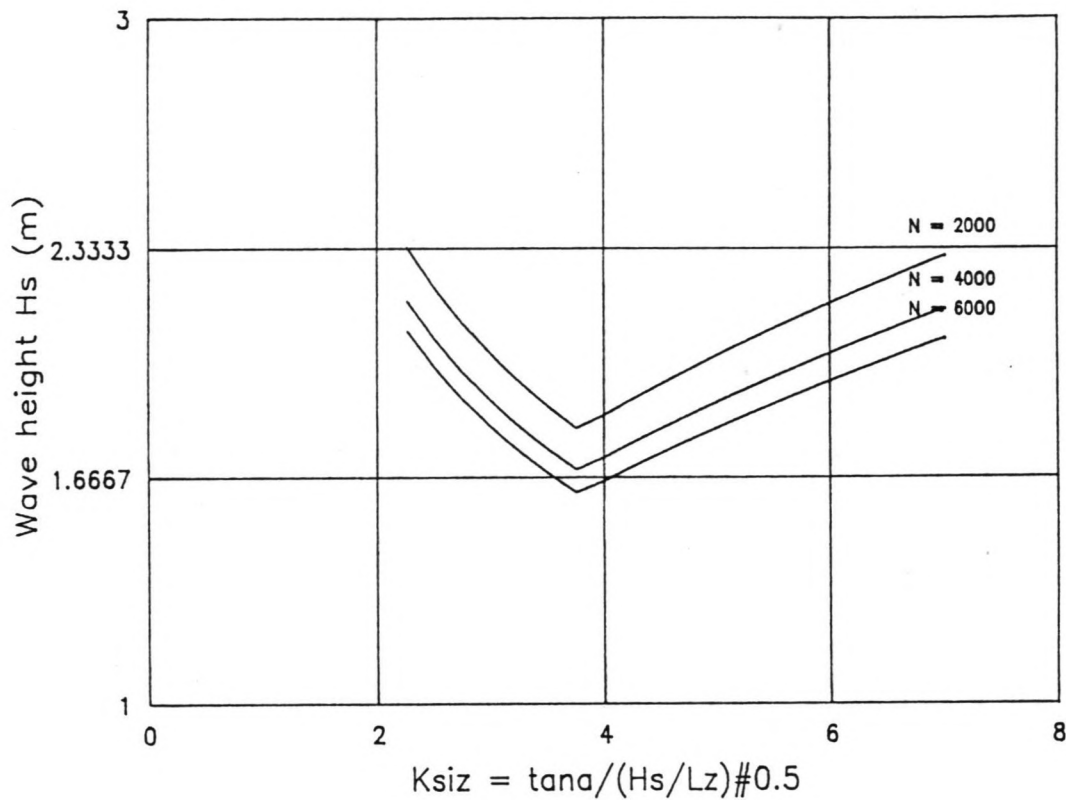
CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR Hs/deltaDn50 - Ksiz PLOT (graph 1)			
cota = 2	cota = 2	cota = 2	slope angle
S = 2	S = 2	S = 2	damage level
N = 4000	N = 4000	N = 4000	number of waves
P = .4	P = .4	P = .4	permeability
EXTRA DATA FOR Hs - Ksiz PLOT (graph 2)			
W50 = 1000	W50 = 1400	W50 = 2000	mass (kg)
rho-a = 2600	rho-a = 2600	rho-a = 2600	mass dens. rock
rho = 1030	rho = 1030	rho = 1030	mass dens. water

influence of permeability Hs - ksiz PLOT



CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR Hs/deltaDr50 - Ksiz PLOT (graph 1)			
cota = 2	cota = 2	cota = 2	slope angle
S = 2	S = 2	S = 2	damage level
N = 4000	N = 4000	N = 4000	number of waves
P = .3	P = .4	P = .5	permeability
EXTRA DATA FOR Hs - Ksiz PLOT (graph 2)			
W50 = 1400	W50 = 1400	W50 = 1400	mass (kg)
rho-a = 2600	rho-a = 2600	rho-a = 2600	mass dens. rock
rho = 1030	rho = 1030	rho = 1030	mass dens. water

influence of number of waves
Hs - ksiz PLOT



CURVE 1	CURVE 2	CURVE 3	DESCRIPTION
-----	-----	-----	
DATA FOR Hs/delta Dn50 - Ksiz PLOT (graph 1)			
cota = 2	cota = 2	cota = 2	slope angle
S = 2	S = 2	S = 2	damage level
N = 2000	N = 4000	N = 6000	number of waves
P = .4	P = .4	P = .4	permeability
EXTRA DATA FOR Hs - Ksiz PLOT (graph 2)			
W50 = 1400	W50 = 1400	W50 = 1400	mass (kg)
rho-a = 2600	rho-a = 2600	rho-a = 2600	mass dens. rock
rho = 1030	rho = 1030	rho = 1030	mass dens. water

OVERZICHT TECHNISCHE SPECIFICATIES

Kwaliteit type of nr.	Gewicht gr/m²	Weefsel kettling/inslag	Stand. breedte in m	Rol lengte in m	trekmateriaal		Inslag (breedte) N/5 cm	kettling (lengte) N/5 cm	Inslag (breedte) KN/m	Rek bij breuk		Zanddichtheid (zand/analyse)		Microverlenging		U.V. bestandig- heid.	trek- sterkte luis (kg)
					Kettling (lengte) N/5 cm	Inslag (breedte) N/5 cm				Kettling % (lengte)	Inslag % (breedte)	0 90 mu (10-6 m)	0 98 mu (10-6 m)	verval: 10 cm L/m²/sec	verhang 11		
Proper																	
PP filterweefsel																	
6040	85	bandjes/bandjes	5,00	var	850	850	17	17	17	20	15	180	210	14	--	+	--
6050	100	bandjes/bandjes	5,20	"	850	850	17	17	17	14	14	150	185	13	360	+	--
6060	130	bandjes/bandjes	5,20	"	1200	1100	24	24	22	14	14	150	185	13	144	+	--
6062	185	bandjes/bandjes	5,20	"	1600	1500	32	32	30	20	12	280	344	45	65	+	--
6061	220	bandjes/bandjes	5,20	"	2400	1250	48	48	25	20	12	350	321	40	23	+	--
6071	300	bandjes/bandjes	5,20	"	2300	2300	46	46	46	20	12	260	321	25	20	+	--
6084	375	bandjes/bandjes	5,20	"	2400	2600	78	78	52	24	12	260	322	20	15	+	--
6088	480	bandjes/bandjes	5,05	"	3900	3000	200	200	68	22	16	350	--	--	30	+	--
RIG 1500	750	bandjes/bandjes	5,05	"	10000	2000	200	200	40	18	10	--	--	--	--	+	--
weefsel met lussen																	
6262	185	bandjes/bandjes	5,20	"	1600	1500	32	32	30	15	15	185	184	20	65	+	180
6261	220	bandjes/bandjes	5,20	"	2400	1750	48	48	25	20	12	280	344	45	15	+	180
6271	300	bandjes/bandjes	5,20	"	2300	2300	46	46	46	20	12	350	--	40	23	+	180
6264	375	bandjes/bandjes	5,20	"	2400	2600	78	78	52	24	12	260	321	25	20	+	180
6268	480	bandjes/bandjes	5,05	"	3900	3000	200	200	68	22	16	350	322	--	15	+	180
RIG 1500 L	750	bandjes/bandjes	5,05	"	10000	2000	200	200	40	18	10	--	--	--	30	+	180
HIGH FLOW																	
PE filterweefsel																	
HF 250	190	mono/11/bandjes	5,05	"	2350	1100	47	47	22	25	20	250	--	65	3,5	+	--
HF 1200	195	mono/11/mono/11	5,05	"	2100	1850	42	42	37	20	15	1200	--	800	0,18	+	--
HF 360	210	mono/11/mono/11	5,05	"	2600	1700	52	52	34	25	20	360	--	280	1,60	+	--
HF 460	200	mono/11/mono/11	5,05	"	2350	2100	47	47	42	25	20	460	--	400	0,37	+	--
HF 300	125	mono/11/mono/11	5,05	"	1650	1300	33	33	26	25	20	300	--	350	0,58	+	--
HF 180	225	mono/11/mono/11	5,05	"	2350	2000	47	47	40	25	30	180	--	50	1,0	+	--
HIGH STRENGTH polyester weefsel																	
HS 150/HS	380	multifil/multifil	5,05	"	7500	2250	150	150	45	8	20	200	--	10	--	+	--
HS 200/HS	440	multifil/multifil	5,05	"	10000	2250	200	200	45	9	20	350	--	14	--	+	--
HS 400/HS	850	multifil/multifil	5,05	"	20000	2250	400	400	45	10	18	90	--	1	--	+	--

PP = Polypropyleen
PE = Polyethyleen

STANDARD GRADE - SCHEIDINGSWEEFSEL WEGEN

Referentienummer kwaliteit

Gewicht (g/m²)

Treksterkte bij breuk-ketting (N/5 cm)

Treksterkte bij breuk-inslag (N/5 cm)

Rek bij breuk-ketting (%)

Rek bij breuk-inslag (%)

Scheursterkte - ketting (N)

Scheursterkte - inslag (N)

Waterdoorl. ($\Delta h = 10 \text{ cm}$) (l/m²/s)

Zanddichtheid (basis 090) in micron

Dikte (mm)

Samenstelling

SG 16/16 (*)	SG 22/22L (*)	SG 22/22M (*)	SG 22/22H (*)	SG 25/25 (*)	SG 34/29 (*)	SG 34/34 (*)	SG 42/45 (*)	SG 52/50 (*)	SG 52/52 (*)	SG 70/70 (*)	SG 74/74 (*)	SG 80/50 (*)	SG 90/90 (*)	SG 200/40 (*)	SG 200/84 (*)
105	140	140	120	130	143	180	203	270	315	220	525	355	500	750	540
300	1100	1100	1100	1250	1700	1700	2100	2600	2600	3500	3700	4000	4500	10000	10000
800	1100	1100	1100	1250	1450	1700	2250	3000	2600	3500	3700	2500	4500	2000	4200
20	20	20	20	25	12	15	12	20	25	11	8	8	8	8	20
20	20	20	20	25	10	15	10	8	20	14	8	8	8	8	20
250	300	300	300	680	510	900	535	1250	800	1100	1200	1400	1500	3200	3200
350	300	300	500	740	510	900	535	1250	800	1100	1000	600	1500	550	1150
15	15	28	50	90	10	15	10	35	40	5	10	30	125	10	3
150	130	230	200	300	130	120	130	350	220	120	150	400	260	200	100
0.6	0.65	0.65	0.65	0.50	0.60	0.80	0.70	1.20	1.10	0.40	1.80	1.50	1.80	2.60	1.80
PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PES/PES	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PP/PP	PES/PES

(*) Uit voorraad leverbaar.

HIGH FLOW - WEEFSEL VOOR WATERBOUW

Referentienummer kwaliteit

Gewicht (g/m²)

Treksterkte bij breuk-ketting (N/5 cm)

Treksterkte bij breuk-inslag (N/5 cm)

Rek bij breuk-ketting (%)

Rek bij breuk-inslag (%)

Scheursterkte - ketting (N)

Scheursterkte - inslag (N)

Waterdoorl. ($\Delta h = 10 \text{ cm}$) (l/m²/s)

Zanddichtheid (basis 090) in micron

Dikte (mm)

Samenstelling

HF 80	HF 180 (*)	HF 190	HF 240	HF 250	HF 255 (*)	HF 290 (*)	HF 300 (*)	HF 350 (*)	HF 360 (*)	HF 460 (*)	HF 500 (*)	HF 1200 (*)	HF 1300
220	225	220	225	220	290	275	125	208	210	200	185	195	90
3000	2700	2400	2500	2700	2700	2700	1650	3000	2700	2100	2100	2100	900
1500	2000	1800	1800	1350	3400	2000	1300	1470	1700	2100	1900	1850	900
15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20
15	25	25	15	20	15	15	20	20	20	20	20	15	15
1200	1200	650	800	1400	1350	1550	500	1100	1200	950	950	900	450
400	800	650	650	900	1150	650	400	600	550	650	500	800	350
15	50	50	50	50	100	85	600	550	560	900	1000	1400	1500
80	180	190	240	250	255	290	300	350	360	450	500	1200	1300
0.80	0.70	0.80	0.85	0.80	0.70	0.90	0.50	0.80	0.80	0.70	0.70	0.85	0.40
PE/PP	PE/PP	PP/PE	PE/PP	PE/PP	PE/PES	PE/PP	PE/PE	PE/PE	PE/PE	PE/PE	PE/PE	PE/PE	PE/PE

(*) Uit voorraad leverbaar.

HIGH STRENGTH - WAPENINGSWEEFSEL

Referentienummer kwaliteit

Gewicht (g/m²)

Treksterkte bij breuk-ketting (N/5 cm)

Treksterkte bij breuk-inslag (N/5 cm)

Rek bij breuk-ketting (%)

Rek bij breuk-inslag (%)

Samenstelling

HS 80/60	HS 80/80	HS 100/60	HS 120/40	HS 120/60	HS 130/60	HS 150/45	HS 150/60	HS 200/45 (*)	HS 300/45 (*)	HS 400/50	HS 400/100	HS 600/50	HS 600/100	HS 800/100	HS 1000/100
250	280	285	300	320	342	360	377	440	625	850	945	1135	1240	1550	1820
4000	4000	5000	6000	6000	6500	7500	7500	10000	15000	20000	20000	30000	30000	40000	50000
3000	4000	3000	2000	3000	3000	2250	3000	2250	2250	2500	5000	2500	5000	5000	5000
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES	PES/PES

(*) Uit voorraad leverbaar.

REFLECTIVE CRACKING ASFALTWAPENING
LINERGARDS MEMBRAANBESCHERMING

Referentienummer kwaliteit

Gewicht (g/m²)

Treksterkte bij breuk-ketting (N/5 cm)

Treksterkte bij breuk-ketting (KN/50 cm)

Treksterkte bij breuk-inslag (N/5 cm)

Rek bij breuk-ketting (%)

Rek bij breuk-inslag (%)

Scheursterkte - DIN 53363 (N)

Scheursterkte - NFG 38015 (kN)

Waterdoorl. ($\Delta h = 10 \text{ cm}$) (l/m²/s)Transmissiviteit (10⁻² m²/s)

Zanddichtheid (basis 090) in micron

Dikte (mm)

Samenstelling

RC 30/30	RC 60/60	LG 10/10	LG 30/30
130	260	340	420
1500	3000	500	1500
15	30	5	15
1500	3000	500	1500
20	20	6	20
20	20	6	10
		150	150
		80	300
PES/PES	PES/PES	PP/PP	PP/PP

(*) Uit voorraad leverbaar.

NIET-GEWEVEN VLIEZEN

NW 150 (*)	NW 200 (*)	NW 250 (*)	NW 300 (*)	NW 350 (*)	NW 400 (*)	NW 450 (*)
120	150	180	230	280	340	430
340	420	530	640	780	950	1310
4.3	6.1	8.3	10.4	12.7	15.5	20.4
340	420	530	640	780	950	1310
50	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50
210	270	380	450	550	750	1100
0.95	1.25	1.65	2.03	2.35	2.85	3.45
300	220	150	100	80	50	50
1.36	1.30	2.9	2.35	2.5	3.6	5.2
105	108	90	63	55	50	46
1.8	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	4.1
PES	PES	PES	PES	PES	PES	PES

(*) Uit voorraad leverbaar.


GOUDERAK BV
PRIJSLIJST PROPEX GEOTEXTIELEN
Polypropyleen weefsels

<u>Type</u>	<u>Standaard breedte</u>	<u>Gewicht, gram per m2.</u>	<u>Prijs per m2.</u>	<u>Meerprijs Anti- oxydant, per m2</u>
Propex 6040	3.25/5.00 m.	95	- 1,05	niet mogelijk
Propex 6050	5.20 m.	95	- 1,15	niet mogelijk
Propex 6060	3.50/5.20 m.	135	- 1,40	f1. 0,06
Propex 6062	5.20 m.	190	- 2,00	- 0,08
Propex 6061	5.20 m.	210	- 2,35	- 0,09
Propex 6071	5.20 m.	290	- 2,65	- 0,12
Propex 6064	5.05 m.	325	- 2,80	- 0,13
Propex 6068	5.05 m.	470	- 3,50	- 0,20
Amopave	3.80 m.	--	- 2,00	niet mogelijk

meerprijs per m2:

Weefsels met ingeweven lussen (vanaf type 6062)	f1. 0,10
Rietmatten, inclusief opstikken	- 2,90
Confectioneren (breder maken)	- 0,20
Thermisch snijden, breder dan 100 cm	- 0,10
Thermisch snijden, smaller dan 100 cm	- 0,10/m1

Prijzen excl. B.T.W.

Prijslijst 1988/2

GLOBALE KOSTPRIJSBEREKENING ZINKSTUK

Hieronder wordt een keuze gemaakt voor het toe te passen type zinkstuk ten behoeve van een globale kostprijsberekening.

Het gekozen type:

basisdoek: Propex 6068 (gewicht 470 g/m²)

vlies: NW200 zanddichtheid O₉₀ = 108 µm; gewicht 150 g/m²

Prijsberekening:

basisprijs doek:	f 3,50 / m ²
meerprijs anti-oxydant:	0,20 / m ²
meerprijs lussen:	0,10 / m ²
meerprijs rietmatten:	<u>2,90 / m²</u>

subtotaal doek	f 6,70 / m ²
B.T.W. 20%	1,40 / m ²
wiepenrooster:	<u>8,- / m²</u>

kostprijs	f 16,- / m ²
-----------	-------------------------

Rekening houdend met kosten van transport en plaatsen van het zinkstuk (ca. diremaal de basisprijs) komt de totaalprijs per m² op ongeveer f 48,-

```

=====
=====
===== Slope stability =====
===== STABIL 2.3 =====
===== A. Verruijt, 1986 =====
=====
=====

```

Laboratorium voor Geotechniek
 Technische Universiteit Delft
 === Alleen voor studenten ===

Method used : Bishop

golfbresk

Coordinates of nodal points :

i	x	y
1	0.000	4.000
2	10.000	4.000
3	14.000	5.000
4	26.000	8.000
5	30.000	8.000
6	42.000	16.000
7	44.000	16.000
8	56.000	8.000
9	60.000	8.000
10	34.000	8.000
11	42.000	14.000
12	44.000	14.000
13	52.000	8.000
14	60.000	5.000
15	0.000	2.000
16	60.000	2.000

Water table :

i	x	y
1	0.000	12.000
2	36.000	12.000
3	39.000	12.000
4	47.000	12.000
5	50.000	12.000
6	60.000	12.000

Boundary 1 : Points : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9

Soil below previous boundaries and above next boundaries :

Soil A

Volumetric weight dry soil	: 16 kN/m ³
Volumetric weight soil + water	: 20 kN/m ³
Cohesion	: 0 kN/m ²
Angle of internal friction	: 40 Degrees
Pore pressures hydrostatic	
Capillary zone	: 0 m

STABIL 2.3

golfbresk

Boundary 2 : Points : 5 - 10 - 11 - 12 - 13 - 8

Soil below previous boundaries and above next boundaries :

Soil B

Volumetric weight dry soil	: 17 kN/m ³
Volumetric weight soil + water	: 21 kN/m ³
Cohesion	: 0 kN/m ²
Angle of internal friction	: 40 Degrees
Pore pressures hydrostatic	
Capillary zone	: 0 m

Boundary 3 : Points : 10 - 13

Soil below previous boundaries and above next boundaries :

Soil C

Volumetric weight dry soil	: 18 kN/m ³
Volumetric weight soil + water	: 20 kN/m ³
Cohesion	: .2 kN/m ²
Angle of internal friction	: 27.5 Degrees
Pore pressures hydrostatic	
Capillary zone	: 0 m

Boundary 4 : Points : 3 - 14

Soil below previous boundaries and above next boundaries :

Soil D

Volumetric weight dry soil	: 15 kN/m ³
Volumetric weight soil + water	: 17 kN/m ³
Cohesion	: .18 kN/m ²
Angle of internal friction	: 25 Degrees
Pore pressures hydrostatic	
Capillary zone	: 0 m

Boundary 5 : Points : 15 - 16

Soil below previous boundaries and above next boundaries :

Soil E

Volumetric weight dry soil	: 20 kN/m ³
Volumetric weight soil + water	: 22 kN/m ³
Cohesion	: 0 kN/m ²
Angle of internal friction	: 30 Degrees
Pore pressures hydrostatic	
Capillary zone	: 0 m

Number of slices : 30

STABIL 2.3

golfbresk

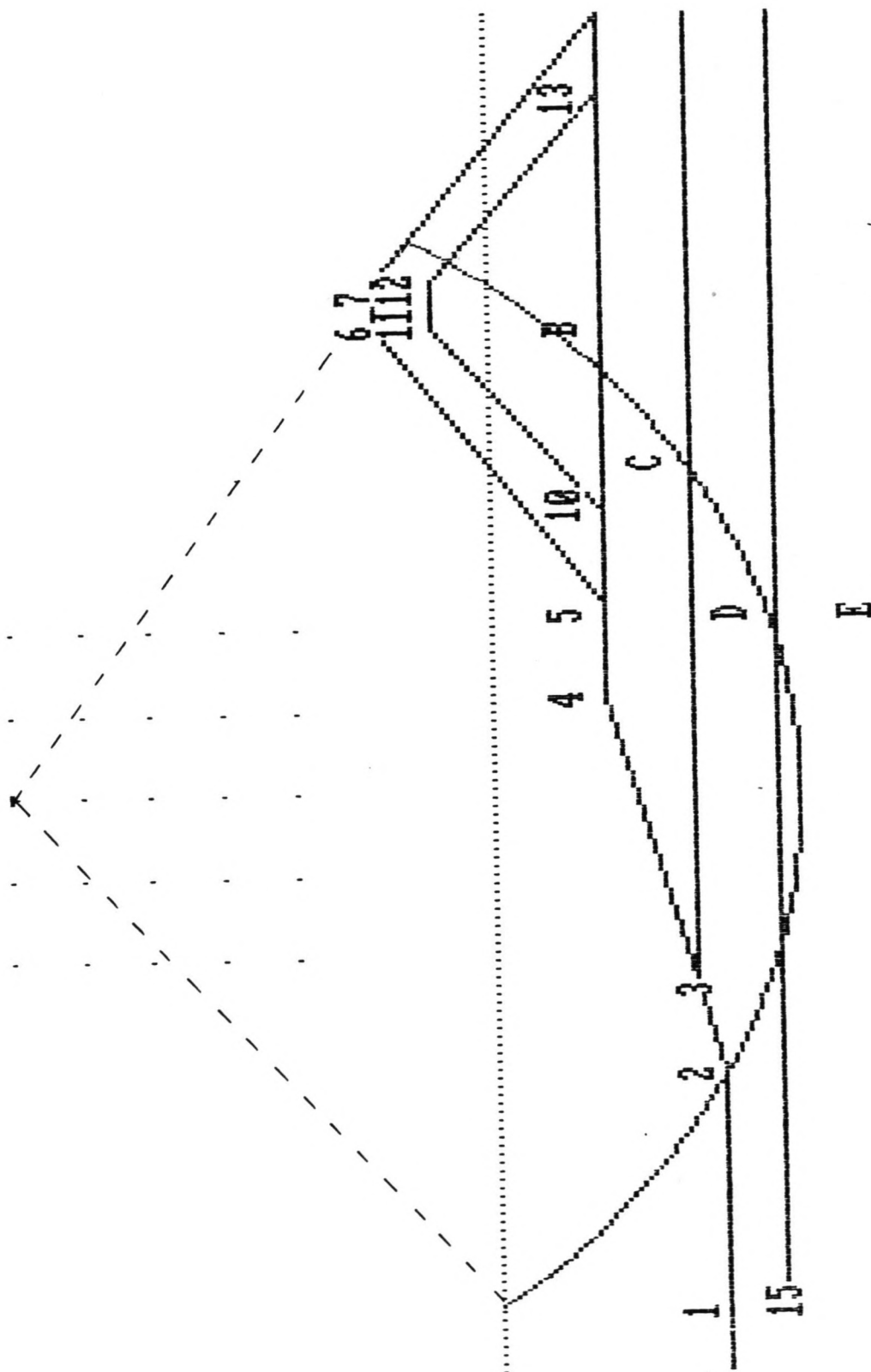
Circle : x =	15.000,	y =	19.000,	R =	17.493	: F =	2.542
Circle : x =	15.000,	y =	19.000,	R =	15.811	: F =	1.969
Circle : x =	18.500,	y =	19.000,	R =	19.526	: F =	3.017
Circle : x =	18.500,	y =	19.000,	R =	17.241	: F =	2.492
Circle : x =	22.000,	y =	19.000,	R =	21.932	: F =	2.591
Circle : x =	22.000,	y =	19.000,	R =	19.209	: F =	2.365
Circle : x =	25.500,	y =	19.000,	R =	24.602	: F =	2.981
Circle : x =	25.500,	y =	19.000,	R =	21.570	: F =	2.374
Circle : x =	29.000,	y =	19.000,	R =	27.459	: F =	4.502
Circle : x =	29.000,	y =	19.000,	R =	24.207	: F =	3.333
Circle : x =	15.000,	y =	21.500,	R =	19.679	: F =	2.365
Circle : x =	15.000,	y =	21.500,	R =	18.200	: F =	2.003
Circle : x =	18.500,	y =	21.500,	R =	21.506	: F =	2.657
Circle : x =	18.500,	y =	21.500,	R =	19.455	: F =	2.180
Circle : x =	22.000,	y =	21.500,	R =	23.712	: F =	2.306
Circle : x =	22.000,	y =	21.500,	R =	21.219	: F =	2.028
Circle : x =	25.500,	y =	21.500,	R =	26.201	: F =	2.855
Circle : x =	25.500,	y =	21.500,	R =	23.377	: F =	2.236
Circle : x =	29.000,	y =	21.500,	R =	28.901	: F =	4.320
Circle : x =	29.000,	y =	21.500,	R =	25.831	: F =	3.246
Circle : x =	15.000,	y =	24.000,	R =	21.932	: F =	2.250
Circle : x =	15.000,	y =	24.000,	R =	20.616	: F =	2.039
Circle : x =	18.500,	y =	24.000,	R =	23.585	: F =	2.263
Circle : x =	18.500,	y =	24.000,	R =	21.731	: F =	2.034
Circle : x =	22.000,	y =	24.000,	R =	25.612	: F =	2.177
Circle : x =	22.000,	y =	24.000,	R =	23.324	: F =	1.869
Circle : x =	25.500,	y =	24.000,	R =	27.933	: F =	2.731
Circle : x =	25.500,	y =	24.000,	R =	25.303	: F =	2.124
Circle : x =	29.000,	y =	24.000,	R =	30.480	: F =	4.176
Circle : x =	29.000,	y =	24.000,	R =	27.586	: F =	3.153
Circle : x =	15.000,	y =	26.500,	R =	24.233	: F =	2.242
Circle : x =	15.000,	y =	26.500,	R =	23.049	: F =	2.105
Circle : x =	18.500,	y =	26.500,	R =	25.739	: F =	2.054
Circle : x =	18.500,	y =	26.500,	R =	24.052	: F =	1.868
Circle : x =	22.000,	y =	26.500,	R =	27.609	: F =	2.085
Circle : x =	22.000,	y =	26.500,	R =	25.500	: F =	1.753
Circle : x =	25.500,	y =	26.500,	R =	29.774	: F =	2.705
Circle : x =	25.500,	y =	26.500,	R =	27.322	: F =	2.092
Circle : x =	29.000,	y =	26.500,	R =	32.175	: F =	4.111
Circle : x =	29.000,	y =	26.500,	R =	29.449	: F =	3.146
Circle : x =	15.000,	y =	29.000,	R =	26.571	: F =	2.178
Circle : x =	15.000,	y =	29.000,	R =	25.495	: F =	2.158
Circle : x =	18.500,	y =	29.000,	R =	27.951	: F =	1.854
Circle : x =	18.500,	y =	29.000,	R =	26.405	: F =	1.745
Circle : x =	22.000,	y =	29.000,	R =	29.682	: F =	2.015
Circle : x =	22.000,	y =	29.000,	R =	27.731	: F =	1.708
Circle : x =	25.500,	y =	29.000,	R =	31.706	: F =	2.645
Circle : x =	25.500,	y =	29.000,	R =	29.415	: F =	2.057
Circle : x =	29.000,	y =	29.000,	R =	33.971	: F =	4.082
Circle : x =	29.000,	y =	29.000,	R =	31.401	: F =	3.101

---- Smallest stability factor : F = 1.708

Circle : x = 22.000, y = 29.000, R = 27.731

First point .. : x = 0.091, y = 12.000

Last point ... : x = 45.814, y = 14.791



STABIL 2.3 ----- golfresk ----- Stability Factor: 1.708

BESCHRIJVING RELATIES IN HET LOGISCH MODEL

Hieronder zal voor zover mogelijk voor de relaties in het logisch model een mathematische beschrijving worden gegeven.

De volgende factoren zijn gesymboliseerd:

a = aantal loopbruggen
 B_i = breedte schip van type i
 $B_{box,i}$ = breedte ligplaats van boottype i
 f_i = percentage schepen van type i
 i = index voor type schip
 L_i = lengte schip van type i
 $L_{box,i}$ = lengte ligplaats van boottype i
 m = aantal boottypen
 n_i = aantal ligplaatsen van type i
 N = totaal aantal ligplaatsen
 $O_{box,i}$ = oppervlak ligplaats van boottype i
 $O_{lp,i}$ = totaal oppervlak ligplaatsen van type i
 $O_{st,i}$ = steiger-oppervlak van type i
 $O_{vw,i}$ = vaarwater-oppervlak van type i
 O_{lp} = totaal ligplaats-oppervlak
 O_{st} = totaal steiger-oppervlak
 O_{vw} = totaal vaarwater-oppervlak
 O_{tot} = totaal benut oppervlak
 p = breedte hoofdsteiger
 p_i = ruimtelijk percentage boten van type i
 R = rendement ruimte-benutting
 DS = gemiddelde loopafstand
 W = beschikbaar havenoppervlak

Luxe eisen komen middels coëfficiënten met een vaste waarde in de relaties voor.

De factoren 'orientatie ligplaatsen' en 'golfrichting' kunnen niet in mathematische relaties worden uitgedrukt. Daarom is aan deze factoren geen symbool toegekend.

$O_{box,i} = L_{box,i} * B_{box,i}$
 $L_{box,i} = 1.15 * L_i$
 $B_{box,i} = 1.25 * B_i$
 $O_{vw,i} = 1.8 * L_{box,i} * B_{box,i}$
 $O_{st,i} = 0.5 * p * B_{box,i}$
 $p_i = f_i * O_{box,i} / \sum_{i=1}^m (f_i * O_{box,i})$
 $n_i = O_{lp,i} / O_{box,i}$
 $N = \sum_{i=1}^m n_i$
 $O_{vw} = \sum_{i=1}^m n_i * O_{vw,i}$
 $O_{st} = \sum_{i=1}^m n_i * O_{st,i}$
 $O_{lp} = O_{tot} - O_{st} - O_{vw}$
 $O_{lp,i} = p_i * O_{lp}$
 $R = O_{tot} / W$
 $DS = O_{st} / a$

Jun 9 15:29 1988 parcon Page 1

```
swi gra on
errpau off
@vtwid$lw 8@vtwid$R@vtwid$lm 801@vtwid$R@vtwid$lb 2 8 2 1@vtwid$R
errpau on
ech on
prompt 'probe RICHTINGBEPALLENDE hoek' dum chr
@vdum
fin a15 p1 edil
let alfa=(ang$)
let beta=(alfa+90)
prompt 'geef offset' dist int
let x=(-dist*cos(alfa))
let y=(-dist*sin(alfa))
newl lcn layn 27 las ang (beta) 0 end las (x) (y)
loop conl
  prompt 'Nog een constructielijn ?' keus chr def 'next'
  break conl if(keus.eq.'end')
  newl lcn layn 27 las ang (beta) 0 end las (x) (y)
endloop conl
endrun
```

Jun 9 15:29 1988 steig Page 1

```

swi ech on
errpau off
@vtwid$lw 8@vtwid$r@vtwid$lm 80l@vtwid$r@vtwid$b 2 8 4 3@vtwid$r
errpau on
swi ech off
swi gra on
loa Y.1
prompt 'probe EERSTE locatie' dum chr
@vdum
edil
nexv 1
let dist=(len$)
nexv -1
end
let subtot=(subtot+1)
let x=(dist*cos(beta))
let y=(dist*sin(beta))
loa Y.1
loop steig
  prompt 'Nog een STEIGER ?' keus chr def 'next'
  break steig if(keus.eq.'end')
  if (keus.eq.'del')then
    del c
    let subtot=(subtot-1)
  else
    las (x) (y)
    let subtot=(subtot+1)
  endif
endloop steig
exit
let gentot=(gentot+subtot)
let tgtot =(todec(gentot;0))
let gstr= ('Generaaltotaal = ';(tgtot))
let tstot=(todec(subtot;0))
let sstr=('Subtotaal = ';(tstot))
write ' '
write ' '
write (sstr)
write (gstr)
write ' '
swi ech on
endrun

```