

Enige beschouwingen omtrent de
mogelijkheid van een tandemdijk
als beveiliging van de Friese
Waddenzee kust.

A-83.034

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen
ir. J.J.W. Seijffert
december 1983.

Rapport A-83.034

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Vraagstelling	1
2. Inleiding	2
3. Opzet van een gedachte-experiment	3
4. Verlaging van de kruinhoogte van de buitenste dijk en golfoverslag	5
5. Golfdoordringing	7
6. Golfopzet en diverse kruinhoogtecombinaties	9
7. De stabiliteit van de binnenste dijk	11
8. Conclusies	12
9. Nabeschuwing	13
Geraadpleegde literatuur	14
Tabel 2 en 3	
Figuur 2, 3 en 4	

Enige beschouwingen omtrent de mogelijkheid van een tandemdijk als beveiliging van de Friese Waddenzee kust.

1. Vraagstelling

Het Waterschap Fryslân heeft de vraag gesteld of de beveiliging van de Friese kust tegen stormvloed en nabij Ferwerderadeel verkregen kan worden door een combinatie van twee elkaar aanvullende dijken die samen voldoen aan de normen die behoren bij de Deltawet. De huidige dijk die nog onvoldoende veiligheid biedt heeft een kruinhoogte van NAP + 4,75 à 5,00 m.

Daarvóór ligt aan de wadzijde een zeer breed hoog voorland (kwelder) dat oploopt tot NAP + 1,60 m nabij de teen van de bestaande dijk.

Eën van de mogelijkheden tot dijkversterking is de bouw van een nieuwe dijk op een afstand variërend van ca. 500 tot ruim 2000 m zeewaarts van de bestaande dijk, waarbij een oppervlakte van 1460 ha land wordt ingepolderd. Deze dijk wordt dan gebouwd op een plaats waar het voorland op NAP + 1,40 m ligt. De mogelijkheid is geopperd dat deze dijk minder zwaar van constructie kan zijn indien rekening wordt gehouden met een tweede dijk op enige afstand erachter. Hierbij wordt impliciet verondersteld dat het gebied tussen de twee dijken niet beveiligd hoeft te zijn tegen zware stormvloed en.

De vragen van waterschap Fryslân zijn (brief van 1 december 1983, kenmerk 1421/-1.793.11):

1. Is Deltaveiligheid mogelijk met een hiervoren aangegeven dijkstelsel van twee lage dijken?
2. Indien een dergelijk stelsel van dijken denkbaar is, welke combinatie van dijkhoogten is dan benodigd ter verkrijging van Deltaveiligheid?
3. Is er bij bedoelde twee dijkstelsel een oplossing mogelijk waarbij de oude dijk niet of nauwelijks behoeft te worden verhoogd?

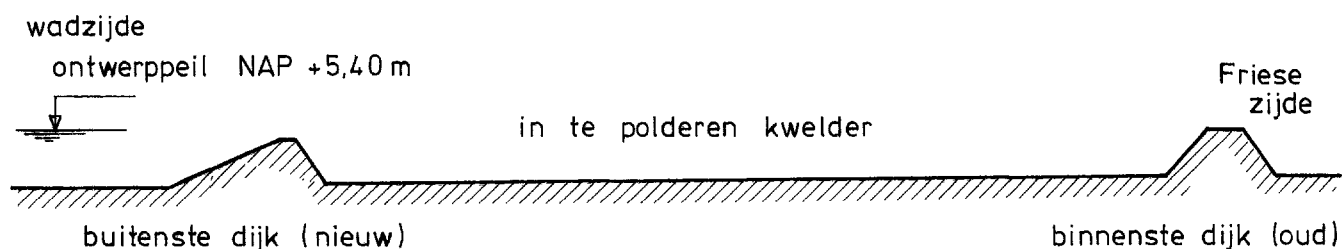


fig. 1 Principe - schets

Enige beschouwingen omtrent de mogelijkheid van een tandemdijk als beveiliging van de Friese Waddenzee kust.

1. Vraagstelling

Het Waterschap Fryslân heeft de vraag gesteld of de beveiliging van de Friese kust tegen stormvloeden nabij Ferwerderadeel verkregen kan worden door een combinatie van twee elkaar aanvullende dijken die samen voldoen aan de normen die behoren bij de Deltawet. De huidige dijk die nog onvoldoende veiligheid biedt heeft een kruinhoogte van NAP + 4,75 à 5,00 m.

Daarvóór ligt aan de wadzijde een zeer breed hoog voorland (kwelder) dat oploopt tot NAP + 1,60 m nabij de teen van de bestaande dijk.

Eén van de mogelijkheden tot dijkversterking is de bouw van een nieuwe dijk op een afstand variërend van ca. 500 tot ruim 2000 m zeewaarts van de bestaande dijk, waarbij een oppervlakte van 1460 ha land wordt ingepolderd. Deze dijk wordt dan gebouwd op een plaats waar het voorland op NAP + 1,40 m ligt. De mogelijkheid is geopperd dat deze dijk minder zwaar van constructie kan zijn indien rekening wordt gehouden met een tweede dijk op enige afstand erachter. Hierbij wordt impliciet verondersteld dat het gebied tussen de twee dijken niet beveiligd hoeft te zijn tegen zware stormvloeden.

De vragen van waterschan Fryslân zijn (brief van 1 december 1983, kenmerk 1421/-1.793.11):

1. Is Deltaveiligheid mogelijk met een hiervoren aangegeven dijkensysteem van twee lage dijken?
2. Indien een dergelijk systeem van dijken denkbaar is, welke combinatie van dijkhoogten is dan benodigd ter verkrijging van Deltaveiligheid?
3. Is er bij bedoelde twee dijkensysteem een oplossing mogelijk waarbij de oude dijk niet of nauwelijks behoeft te worden verhoogd?

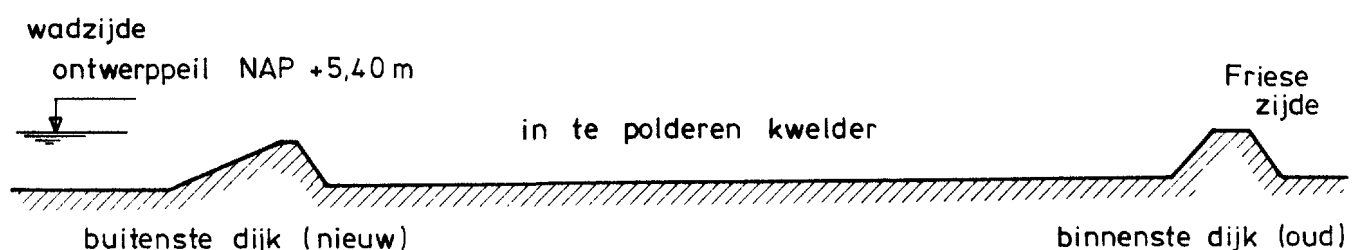


fig. 1 Principe - schets

2. Inleiding

De vereiste deltaveiligheid is te bereiken door middel van één zeedijk. Deze kan nieuw gebouwd worden of de bestaande zeedijk kan worden verzwaard.

Indien een dergelijke dijk aanwezig is brengt het bouwen of verzwaren van een tweede dijk extra kosten en inspanning met zich mee die voor de deltaveiligheid niet nodig is.

Een stelsel van twee dijken dat samen deltaveiligheid biedt, ofwel een tandemdijk, heeft derhalve slechts zin indien elk van de samenstellende dijken lichter kan zijn dan één enkele deltaveilige dijk. Om tot een antwoord op de gestelde vragen te komen zal de volgende gedachtengang worden gevolgd:

Ga uit van één enkele, deltaveilige dijk op de plaats van de buitenste, meest zeewaartse dijk.

Ga vervolgens na welke aanvullende eisen gesteld moeten worden aan een landwaartse tweede dijk indien de zeewaartse dijk stapsgewijs lichter wordt geconstrueerd. Dit geeft successievelijk een aantal verschillende combinaties van buitenste en binnenste dijk die samen voldoen aan de normen, behorende bij de Deltawet.

Impliciet is hiermee de eerste vraag van waterschap Fryslân beantwoord: De te beoordelen tandemdijken bieden deltaveiligheid omdat dat als randvoorwaarde wordt gesteld. Hiervoor komt echter een andere, nog niet beantwoorde vraag in de plaats: Biedt een tandemdijk een zinvolle oplossing?

Om het gedachte-experiment te ondersteunen zijn enkele aannamen gedaan en enkele berekeningen uitgevoerd.

Omdat gedetailleerde gegevens niet op korte termijn beschikbaar waren, de tijd voor het opstellen van het advies kort was en nauwkeurige uitkomsten niet verlangd werden zijn de aannamen zeer simpel en eenduidig gehouden en zijn de uitkomsten van de berekeningen niet meer dan indicatief. De geraadpleegde literatuur is een vrij willekeurige greep uit wat er is en nauwkeurige herberekening zal zeker tot bijstelling van de resultaten leiden.

De nagestreefde nauwkeurigheid is niet groter dan die, nodig om de eindconclusies met enige stelligheid te kunnen trekken.

3. Opzet van een gedachte-experiment

Voor bepaling van de gedachte zullen eerst de kwantitatieve uitgangspunten worden vermeld.

De kruinhoogte van de bestaande Friese zeedijk is NAP + 4,75 à + 5,00 m.

De buitendijkse kwelder ligt bij de teen van deze dijk op NAP + 1,60 m.

Het ontwerppeil volgens de Deltacommissie is NAP + 5,40 m.

De kwelder tussen buitenste en binnenste dijk heeft een breedte van 1000 m en loopt van NAP + 1,60 m geleidelijk af tot NAP + 1,40 m ter plaatse van de buitenste dijk.

De buitenste dijk krijgt een buitentalud met helling 1:8, een binnentalud met helling 1:4 en een kruinbreedte van 2 m.

Deze dijk heeft een bekleding met een grasmatten op klei.

De binnenste dijk krijgt een binnentalud met helling 1:3 en een kruinbreedte van 1 m. Voor de helling van het buitentalud worden twee verschillende aannamen gedaan: 1:8 en 1:4.

Tijdens de storm waarbij het ontwerppeil van NAP + 5,40 m optreedt waait er een wind van 35 m/s ongeveer loodrecht op de kruin van de dijk en de van het wad bij de teen van de dijk aankomende golf heeft een significante golfhoogte $H_s = 1,85$ m. De bijbehorende gemiddelde golfperiode is $\bar{T} = 4,65$ s.

Onder deze omstandigheden is de 2%-golfoploop tegen de buitenste dijk 1,85 m en de daarbij behorende kruinhoogte NAP + 7,25 m.

Indien de kruin van de buitenste dijk lager wordt gekozen dan de kruinhoogte, behorende bij het 2%-golfoploopcriterium (NAP + 7,25) wordt de golfoverslag noemenswaard. Op grond van de ervaringen in 1953 toen de meeste doorgebroken dijken zijn bezweken door afschuiven van binnentalud en kruin ten gevolge van golfoverslag heeft de Deltacommissie gesteld dat indien de golfoverslag noemenswaard is het nodig is: "de dijk in beginsel bestand te maken tegen overslag van water, door de kruin en het binnenbeloop te voorzien van een waterdichte bekleding" (litt. [1], blz. 86).

Tot nu toe is er geen onderzoek uitgevoerd waaruit afgeleid zou kunnen worden of en zo ja onder welke omstandigheden overslag van betekenis bij niet beklede dijken veilig kan worden toegelaten. Dit noodzaakt er toe om bij toelaten van meer dan 2%-golfoploop

rekening te houden met de mogelijkheid dat de dijk doorbreekt. In dat geval loopt de polder tussen de twee dijken zo snel vol dat er rekening mee moet worden gehouden dat de binnenste dijk het stormvloedpeil (=ontwerppeil) moet kunnen keren. Om dit veilig te kunnen doen zal ook deze dijk op golfoploop gedimensioneerd moeten worden omdat boven het 1000 m brede geïnnundeerde land zeer snel golven ontstaan die een significante hoogte $H_s = 0,80 \text{ à } 0,90 \text{ m}$ kunnen bereiken.

Bij een buitentalud van de binnenste dijk onder helling 1:8 veroorzaakt dit een golfoploop van 0,90 m. Bij een buitentalud van 1:4 is dit 1,80 m.

Derhalve: indien de kruinhoogte van de buitenste dijk lager wordt gekozen dan NAP + 7,25 m zal voor de binnenste dijk een minimale kruinhoogte moeten worden aangehouden van, in eerste globale benadering, de volgende hoogte:

bij helling buitentalud 1:8 NAP + 6,30 m.

bij helling buitentalud 1:4 NAP + 7,20 m.

Bij lagere kruinhoogten van de binnenste dijk ontstaat een situatie die bekend is van doorbraken van zeedijken met daar achter een kleine polder en een te zwakke tweede waterkering. Indien deze laatste doorbreekt heeft dit een versterkt verrassingseffect (zie b.v. litt. [1], blz. 95).

Geconcludeerd kan worden dat verlaging van de kruinhoogte van de zeewaartse dijk t.o.v. de 2%-golfoploophoogte noodzaakt tot een niet onbetekenende verhoging van de binnenste (bestaande dijk), waarvan de huidige kruinhoogte niet hoger is dan NAP + 5,00 m. Tevens zal bij toepassing van een buitentalud met helling 1:4 nagegaan moeten worden of hier een harde taludbekleding nodig is. De golfaanval is weliswaar niet erg zwaar, maar de gunstige resultaten van recent onderzoek naar de sterkte van gras op klei zijn niet naar deze situatie te vertalen.

4. Verlaging van de kruinhoogte van de buitenste dijk en golfoverslag

Verlaging van de kruinhoogte van de buitenste dijk beneden NAP + 7,25 m kan in meer of mindere mate overwogen worden. Hiervóór is uitgegaan van een betrekkelijk geringe verlaging. Nu éénmaal is geconcludeerd dat de binnenste dijk minstens volledige veiligheid tegen het optreden van het ontwerppeil moet bieden kunnen ook de merites van verdergaande verlagingen bekeken worden.

Hierbij zal de buitenste dijk aanzienlijke golfoverslag toelaten waarbij de functie van deze dijk reduceert tot golfbreker die de belasting op de binnenste dijk beperkt.

Eerst zal worden gekeken hoe groot deze golfoverslag kan zijn. Hierbij is uitgegaan van twee reeksen modelonderzoekingen op kleine schaal met onregelmatige golven en bij verschillende taludhellingen. De gebruikte resultaten zijn ontleend aan de rapporten van het Waterloopkundig Laboratorium "Golfoverslag bij dijken met ononderbroken glad talud, M 544, september 1959" (litt. [2]) en "Golfoverslag bij dijken, M 1258, november 1980" (litt. [3]). Voor diverse kruinhoogten zijn berekend; het percentage overslaande golven, het gemiddelde overslagdebiet per m' dijk lengte in ℓ/s en de snelheid waarmee het water stijgt in een polder van 1000 m breedte parallel aan de buitenste dijk (zie tabel 1).

kruinhoogte buitenste dijk m boven NAP	gedeelte over- slaande golven %	overslag- debiet $\ell/(s.m')$	stijgsnelheid in de polder m/uur
+ 5,00		600*	2,2
+ 5,50		150	0,55
+ 6,00	55	53	0,19
+ 6,50	21	5,0	$1,8 \cdot 10^{-2}$
+ 7,00	3,5	0,3	$1,1 \cdot 10^{-3}$
+ 7,50	0,5	0,01	$4,0 \cdot 10^{-5}$

* resultaat van een grove overlaat-berekening.

Tabel 1. Overslag-hoeveelheden

Bij het presenteren van dit resultaat moet op het volgende gewezen worden:

Overslagmetingen blijken steeds zeer moeilijke metingen te zijn met zeer grote spreiding in de resultaten.

Bovendien kunnen door de kleine schaal van de modellen schaal-effecten zijn opgetreden en afwijkingen van de windinvloed. (In één van de onderzoeken was bovendien het windeffect geheel afwezig).

Bij het bekijken van het resultaat moet bedacht worden dat de werkelijk optredende overslagwaarden nog wel een factor 3 hoger of lager kunnen liggen terwijl de afwijking bij de lagere waarden (kruinhoogten hoog) zelfs een factor 5 zouden kunnen zijn.

Niettemin kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Indien de buitenste dijk niet bezwijkt is het bij kruinhoogten t/m NAP + 5,50 m waarschijnlijk en bij kruinhoogten t/m NAP + 6,00 m mogelijk dat de polder tussen de buitenste en de binnenste dijk door golfoverslag geheel gevuld wordt binnen de duur van de stormvloed waarbij het ontwerppeil (NAP + 5,40 m) wordt bereikt.

5. Golfdoordringing

Indien het bekken tussen de twee dijken gevuld is met water moet met nog drie factoren rekening worden gehouden:

1. golfdoordringing vanuit het wad naar de binnenste dijk.
2. opzet van de waterstand tussen de twee dijken t.g.v. golfbreking tegen de buitenste dijk.
3. instabiliteit van de binnenste dijk en/of uitspoeling van de binnenteen door sterk verhoogde grondwaterspanning als gevolg van een langdurige hoge waterstand in de buitenpolder.

Als eerste wordt nu de golfdoordringing besproken.

In verband met golfdoordringing over een dam die onder water of er in geringe mate boven ligt zijn enige publicaties geraadpleegd die zich baseren op modelonderzoek met regelmatige golven. De gebruikte dammen en golfeigenschappen komen slechts bij benadering overeen met de hier te beschouwen situatie en de resultaten van de verschillende onderzoeken sluiten niet geheel bij elkaar aan. Getracht is een gemiddelde te schatten dat op de buitenste dijk van toepassing kan zijn.

Aan enige subjectiviteit valt hierbij niet te ontkomen.

De geraadpleegde publicaties zijn litt. [4], [5] en [6].

Het resultaat is vermeld in kolom (2) van tabel 2.

Bij een kruinhoogte van de buitenste dijk van NAP + 3,0 m is er nog nauwelijks sprake van beïnvloeding van de golf vanuit de Waddenzee.

Bij NAP + 6,5 m wordt aangenomen dat de golfoverslag geen golf van betekenis meer opwekt. In dat geval wordt alleen de plaatselijke golf opgewekt die eerder is geschat op $H_s = 0,90$ m.

In tussen liggende gevallen zal door plaatselijke golfgroei een geringere bijdrage worden toegevoegd aan de golfenergie omdat bij een golfhoogte van $H_s = 1,85$ m de energietoevoer door de wind nagenoeg in evenwicht is met het verlies door bodemwrijving. De waarden tussen 0,0 m en 0,90 m in kolom 4 zijn zeer arbitrair geschat.

De wijze waarop uit de samengestelde golfoploop uit kolom (3) en (4) wordt samengesteld tot (5) is echter weinig gevoelig voor foute interpolaties.

Toelichting verdient nog kolom (3), die uit (2) is afgeleid. Voor

golfoploop wordt vaak de formule $Z_{2\%} = 8.H_s.tg\alpha$ toegepast.
(α is de taludhelling).

Dit is ook gebeurd op de regel voor kruinhoogte + 3,0 m.

Voorwaarde voor deze formule is een golfsteilheid zoals die optreedt in door wind aangedreven groeiende zeegang.

Bekend is echter dat golfoploop feitelijk bepaald wordt door de wortel uit het product van golfhoogte en -lengte ($Z=A \sqrt{HL}_0.tg\alpha$, de formule van Hunt).

Indien nu door breking op een dam onder water de golfhoogte vermindert blijft echter de dominante periode en dus de golflengte constant, zodat de golfoploop slechts zal reduceren in evenredigheid met de wortel uit de golfhoogte.

De samengestelde golfoploop in kolom (5) is dan ook zeker geen som van voorafgaande kolommen, maar een samenstelling waarbij het resultaat tussen de 0,90 m en 1,85 m moet uitkomen en waarvoor gebruik is gemaakt van resultaat van golfoplooponderzoek bij samengestelde golfspectra, door het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerd t.b.v. de dijk van de Onrustpolder op Noord-Beveland.

6. Golfopzet en diverse kruinhoogtecombinaties

Bij golfbreking hebben golven, in tegenstelling tot vrij lopende golven, het vermogen een massa water voor zich uit te stuwen en daarbij een stroom te introduceren of, indien het water niet weg kan, een waterstandsverhoging in stand te houden.

Een schatting hiervan is gemaakt aan de hand van een tijdschrift-artikel uit 1970: "Piling up behind Low and submerged permeable breakwaters", (Litt. [7], waarin resultaten van modelonderzoek zijn weergegeven). Evenals bij de gegevens over de golfdoordringing was enige (subjectieve) interpretatie nodig om deze gegevens te kunnen gebruiken.

Doordat de in het model geteste dam enige doorlatendheid had werden vooral de hoogste golfopzetten, waarbij de dam boven water uitsteekt, gereduceerd door terugstromend water.

Hierdoor en door de geringere optredende overslaghoeveelheden kunnen de gegevens beter niet worden toegepast bij kruinhoogten boven NAP + 5,5 m.

Wat echter uit de proeven duidelijk blijkt is dat de golfopzet niet onaanzienlijke waarden kan bereiken.

Ze zijn weergegeven in tabel 2, kolom (6).

In kolom (7) zijn de kruinhoogten gegeven indien de golfoploop en golfopzet beide werkzaam zijn.

In de praktijk hoeft dit echter niet het geval te zijn.

In modelproeven ter bepaling van de golfdoordringing was namelijk geen sprake van golfopzet, terwijl bij de modelproeven betreffende de opzet geen waarden voor de golfdoordringing werden gegeven.

Het is zeer wel denkbaar dat de retourstroom die door de golfopzet wordt geïntroduceerd de golfdoordringing belangrijk reduceert.

In kolom (8) zijn daarom, ter vergelijking met (7) kruinhoogten gegeven die alleen zijn samengesteld uit stormvloedstand (NAP + 5,40 m), golfoploop uit alléén plaatselijk opgewekte golf ($H_s = 0,90$ m) en golfopzet.

De doordringing van de wadgolf is daarbij op 0 gesteld.

Hiermee verkrijgt men een soort schatting van de ondergrens van de aanwezige onzekerheidsmarge.

De golfdoordringing, golfopzet en kruinhoogtebepaling in tabel 2 zijn opgezet voor een buitentalud van de binnenste dijk met helling 1:8.

Een vergelijkbare tabel voor een taludhelling 1:4 is gegeven in tabel 3.

De resultaten zijn weergegeven in de figuren 2 en 3.

Hierin zijn met een cirkeltje de waarden aangegeven waarbij de doordringende wadgolf niet in rekening is gebracht.

Met een vierkantje zijn de in paragraaf 3 genoemde kruinhoogten aangegeven voor het geval de buitenste dijk niet geheel overslag vrij is (kruinhoogte NAP + 6,50 of + 7,00 m) en met risico van doorbraak rekening wordt gehouden.

Onder aanname van de zeer simpele dwarsprofielen zoals die bij de uitgangspunten in paragraaf 3 zijn aangegeven is, uitgaande van de kruinhoogten uit figuur 2 en 3 de inhoud berekend van de buitenste dijk, de binnenste dijk en de som van deze twee.

Figuur 4 geeft deze waarden grafisch weer.

Figuur 2 en in sterkere mate figuur 3 geven de indruk dat verhoging van de kruinhoogte van de buitenste dijk tot belangrijke reductie van de kruinhoogte van de binnenste dijk kan leiden.

Indien de resultaten worden omgerekend tot volumes in figuur 4 blijkt echter, dat zelfs onder gunstige schatting van de onzekerheden (de ondergrenzen) de som van de volumes minimaal is bij een zo laag mogelijke buitenste dijk, waarbij de binnenste dijk met taludhelling 1:8 iets kleiner uitkomt dan die met helling 1:4.

De conclusie moet dan ook zijn dat het onwaarschijnlijk is dat door de bouw van een tandemdijk die voldoet aan de normen die bij de Deltawet horen, een aanmerkelijke besparing in materiaal mogelijk is.

In elk geval zal verhoging van de bestaande (binnenste) dijk nodig zijn.

7. De stabiliteit van de binnenste dijk

Een derde belangrijke factor waarmee rekening moet worden gehouden is de stabiliteit van de binnenste dijk. Bij kruinhoogten van de buitenste dijk lager dan NAP + 6,50 m moet rekening worden gehouden met meer of minder inundatie van de buitenpolder indien het ontwerppeil optreedt, waarbij een volledige vulling van het bekken zonder dat de buitenste dijk bezwijkt, mogelijk is. In dat geval zal na de stormvloed het water niet snel naar zee kunnen stromen. Indien een normale polderbemaling aanwezig is met een capaciteit van 0,01 à 0,015 m waterschijf per etmaal kan het leegpompen een klein jaar duren. Indien een uitwateringssluis aanwezig is met een spui-capaciteit van 20 à 30 m³/s voor het gebied van ± 1400 ha zal het nog omstreeks 1 maand duren om de polder weer droog te zetten.

Deze perioden zijn lang genoeg om de grondwaterstroming in de binnenste dijk een situatie van permanente stroming te laten bereiken, een situatie die b.v. ook voor kan komen bij rivierdijken, maar die bij zeedijken normaal niet optreedt. Dit vraagt een zeer zorgvuldig ontwerp en zorgvuldige uitvoering van de opbouw van de binnenste dijk, waarbij rekening moet worden gehouden met de noodzaak om extra materiaal aan te brengen teneinde de vereiste stabiliteit te garanderen.

8. Conclusies

1. Een deltaveilige zeewaterkering langs de Friese kust kan verkregen worden door de bouw van een tandemdijk, waarbij de kering bestaat uit twee elkaar aanvullende dijken.
2. De reductie van de kruinhoogte van de buitenste dijk ten opzichte van de hoogte als enkele dijk vraagt een relatief hoge binnenste dijk.
Een kruinhoogte van de buitenste dijk omstreeks stormvloedpeil geeft daarbij de meeste complicaties die tot relatief onvoordelige combinaties leiden.
De verschillende combinaties zijn aangegeven in figuur 2 en 3.
3. Alle tandemdijken vragen een groter dijkvolume dan één enkele dijk.
4. Alle tandemdijken vereisen een niet onbelangrijke verhoging van de bestaande dijk (méér dan 1 m).
De enige oplossing waarbij deze dijk niet verhoogd hoeft te worden is de aanleg van een geheel nieuwe deltaveilige dijk.

Noot: Gezien de gedane aannamen en gevolgde berekeningswijzen die gericht zijn geweest op het aftasten van enkele gevoeligheden is geen der gegeven getalsmatige resultaten geschikt om als uitgangspunt te dienen voor een ontwerp van een (te versterken) zeedijk.

9. Nabeschuwing

Men kan zich afvragen hoe het komt dat een tandemdijk zo weinig voordeel biedt boven een enkele dijk.

Zeer algemeen zijn daar enkele oorzaken voor aan te wijzen:

1. Een deling van het verval, zoals b.v. analoog aan die in een sluis, vraagt een beheersing van de middelste waterstand. Door het betrekkelijk geringe waterstandsverschil waarbij de golf-overslag varieert van zeer weinig tot zeer veel, gevoegd bij de onzekerheid die bij een gegeven stand bestaat betreffende de optredende golfoverslag maakt dat deze middelste waterstand volledig onbeheersbaar is.
2. Een opzet van de waterstand aan de lijzijde van een dijk wordt niet of nauwelijks gehonoreerd met een eenvoudiger dijkontwerp. Integendeel. Een hoge waterstand die kans heeft snel weg te vallen (b.v. na doorbraak van één der dijken) vergroot eerder de risico's van instabiliteit.

Geraadpleegde literatuur:

- [1] Rapport Deltacommissie, 1960
deel 1, "Eindverslag en interimadviezen".
- [2] Waterloopkundig Laboratorium
"Golfoverslag bij dijken met ononderbroken glad talud;
M 544, september 1959".
- [3] Waterloopkundig Laboratorium
"Golfoverslag bij dijken; M 1258, november 1980"
(Alleen in concept-vorm uitgebracht. Is nog in bewerking).
- [4] US Army, Coastal Engineering Research Center
"Shore protection manual, vol. II, 1973" (paragraaf 7,23
"Wave transmission").
- [5] R.L. Wiegel
"Oceanographical Engineering, 1964". (Hoofdstuk 6, paragraaf 4:
"Submerged breakwater").
- [6] M.H. Abdul Khader and S.P. Rai
"A study of submerged breakwaters".
Journal of hydraulic research vol. 18 (1980) no. 2, pp. 113-121.
- [7] M.H. Diskin, M.L. Vajda en I. Amir,
"Piling up behind Low and submerged permeable breakwaters"
Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, WW2, mei 1970
pp. 359-371.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Kruinhoogte buitenste dijk	Doordringing wadgolf H_s in	Oploop t.g.v. alléén wadgolf	Schatting lo-kaal opgewekte golf	uit (2) en (4) Samengestelde oploop	Golfopzet t.g.v. breken wad-golf	Kruinhoogte binnenste dijk som (5) en (6)	Als (7) maar zonder wad-golf	Volume binnenste dijk
m + NAP	m	m	H_s in m	m	m	m + NAP	m + NAP	m ³ /m'
3,0	1,85	1,85	0,00	1,85	0,00	7,25		181
3,5	1,45	1,65	0,50	1,65	0,00	7,05		169
4,0	1,25	1,50	0,60	1,50	0,00	6,90		160
4,5	1,10	1,40	0,70	1,40	0,20	7,00		166
5,0	0,95	1,30	0,75	1,35	0,45	7,20	6,75	178
5,5	0,65	1,10	0,80	1,20	0,75	7,35	7,05	188
6,0	0,40	0,85	0,85	1,00	0,75?	7,15?		175?
6,5	0,00	0,	0,90	0,90				



Centrum voor Onderzoek Waterkeringen

Tabel 2: Schatting van golfhoogten tussen buitenste en binnenste dijk, golfopzet en golfoploop tegen de binnenste dijk en de kruinhoogte van deze laatste Buitentalud 1:8 en H_s op het wad van 1,85 m.

Voor:

get	gew	gez	schaal	bijlage
		<i>Yus</i>	werknr A-83.034	tek nr A4-

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Kruinhoogte buitenste dijk	Doordringing wadgolf H_s in	Oploop t.g.v. alléén wadgolf	Schatting lo-kaal opgewekte golf	uit (2) en (4) Samengestelde oploop	Golfopzet t.g.v. breken wad-golf	Kruinhoogte binnenste dijk som (5) en (6)	Als (7) maar zonder wad-golf	Volume binnenste dijk
m + NAP	m	m	H_s in m	m	m	m + NAP	m + NAP	m^3/m'
3,0	1,85	3,70	0,0	3,70	0,00	9,10		204
3,5	1,45	3,25	0,50	3,25	0,00	8,65		181
4,0	1,25	3,00	0,60	3,00	0,00	8,40		168
4,5	1,10	2,80	0,70	2,85	0,20	8,45		171
5,0	0,95	2,60	0,75	2,65	0,45	8,50	7,65	174 (134)
5,5	0,65	2,20	0,80	2,35	0,75	8,50	7,95	174 (147)
6,0	0,40	1,65	0,85	2,05	0,75?	8,20?		159?
6,5	0,00	0	0,90	1,80				

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen

Tabel 3: Als tabel 2, echter voor buitentalud binnenste dijk 1:4.

get

gew

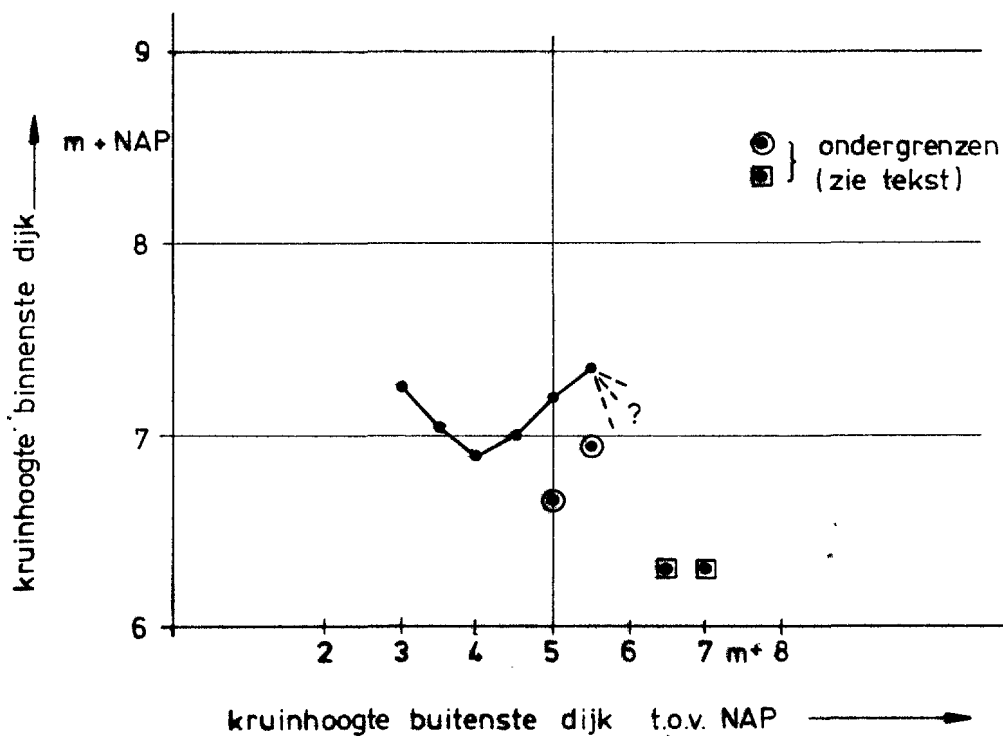
gez

schaal




bijlage

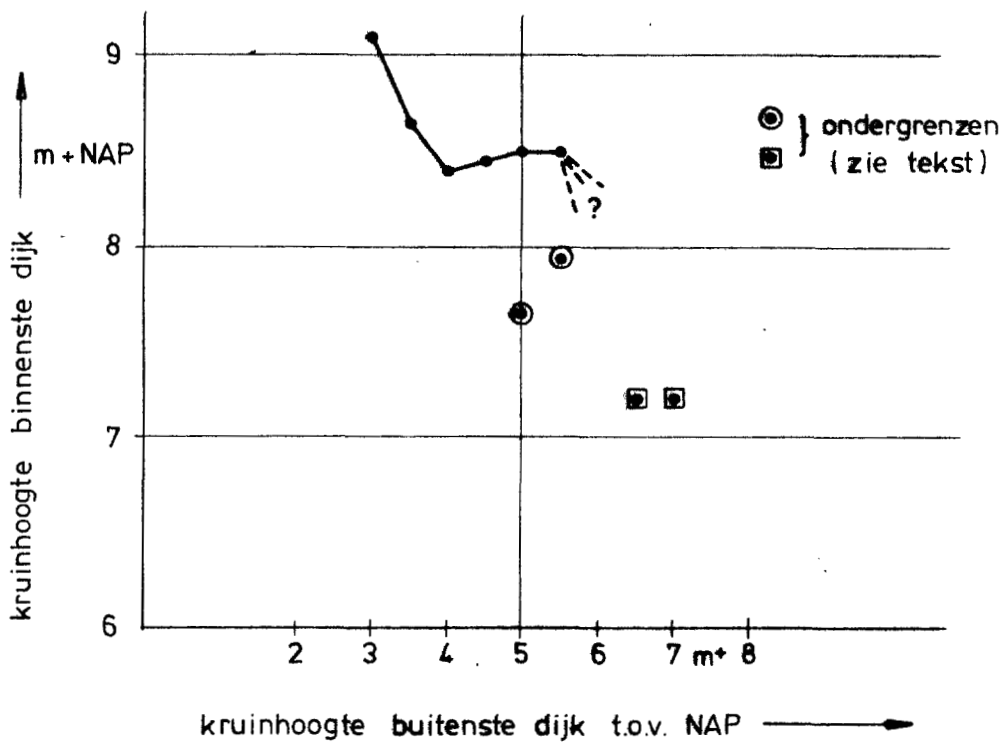
werknr A-83.034

tek nr A4-






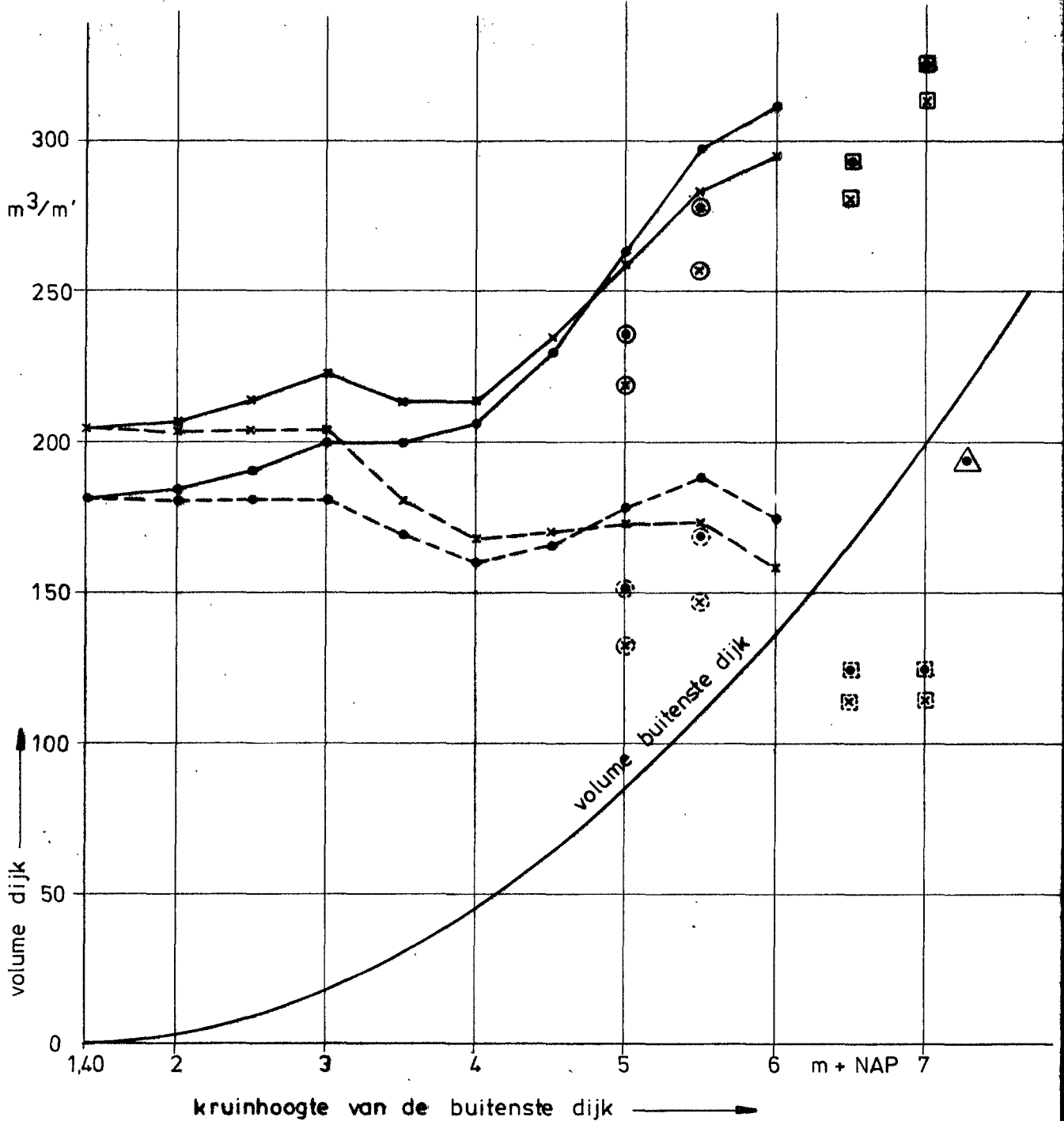
figuur 2 : kruinhoogte binnenste dijk als functie van de kruinhoogte buitenste dijk helling buitentalud binnenste dijk 1:8

 Centrum voor Onderzoek Waterkeringen	get	gew	gez	Schaal	Bijlage
				werknr A-83.034	tek nr A4 -



figuur 3 kruinhoogte binnenste dijk als functie van de kruinhoogte buitenste dijk helling buitentalud binnenste dijk 1:4


 Centrum voor Onderzoek Waterkeringen	get	gew	gez	Schaal	Bijlage
				werknr A-83.034	tek nr A4 -



kruinhoogte van de buitenste dijk →

- volume alléén binnenste dijk
- volume totaal buitenste + binnenste dijk
- taludhelling (buiten) binnenste dijk 1:8
- x " " " " " " 1:4
- ⊙ ⊗ } ondergrenzen
- ⊠ ⊡ } (zie tekst)
- △ volume enkele delta-dijk op de plaats van de buitenste dijk met profiel binnenste dijk (buitentalud 1:8)

figuur 4 ; dijkvolumes

 Centrum voor Onderzoek Waterkeringen	get	gew	gez	Schaal	Bijlage
	<i>2/1/81</i> <i>[handwritten]</i>		<i>[handwritten]</i>	werknr A-83.034	tek nr A4 -