



D2 78.09

Technische

Adviescommissie voor de

Waterkeringen

Inventarisatie van methoden voor de
berekening van de kruinhoogten van
zeedijken.

S-75.039 a.

<u>INHOUD</u>	<u>BLZ</u>
Inleiding	1
I. Algemeen	2
II. Groningen	4
III. Friesland	10
IV. Waddeneilanden	14
V. Noord-Holland	19
VI. Zuid-Holland	24
VII. Zeeland	27

Litteratuuropgave

Inleiding

Bij de verbetering van de hoogwaterkeringen langs de kust in het kader van de Deltawet, worden verschillende methoden gehanteerd ter berekening van de vereiste kruinhoogte.

Naar aanleiding van vragen van werkgroep 1 van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen en van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst, is van deze methoden een inventarisatie gemaakt. Deze inventarisatie is niet volledig: een aantal gegevens, met name over de hoogtebepaling van de afsluitdammen in het deltagebied, waar ook andere factoren een rol hebben gespeeld, zijn niet vermeld.

Aangezien met deze inventarisatie geen kritische beschouwing van de gehanteerde methoden wordt beoogd, ontbreekt een evaluatie hiervan.

I. Algemeen.

De kruinhoogte van een waterkering, waaronder de hoogte van de buitenkruinlijn wordt verstaan, wordt in principe bepaald door de volgende factoren:

- a. hoogte ontwerppeil;
- b. buistoten en bui-oscillaties;
- c. golfloop onder maatgevende omstandigheden;
- d. relatieve bodemdaling;
- e. zetting van dijklichaam en ondergrond op langere termijn;
- f. klink van het dijklichaam tijdens aanleg.

Het verschil tussen de hoogte van de kruin en het ontwerppeil wordt waakhoogte genoemd.

ad. a.

Voor de gehele kust geeft tabel 3.0.1. uit het eindverslag van de Deltacommissie (litt. 1) de aan te houden ontwerppeilen.

Slechts in enkele gevallen wordt hiervan afgeweken, zoals bij de Waddenzeedijken waar inmiddels de reductie i.v.m. tijdelijk te achten situatie is komen te vervallen en op plaatsen waar stormen uit andere windrichtingen dan NW - bij lagere waterstanden - maatgevend blijken voor de kruinhoogte.

ad. b.

Afhankelijk van de plaatselijke situatie wordt soms rekening gehouden met een extra waterstandsverhoging ten gevolge van buistoten en bui-oscillaties, volgens de aanbevelingen van de Deltacommissie (litt. 1, deel 4).

ad. c.

De golfloop onder maatgevende omstandigheden wordt meestal gelijk genomen aan de 2%-golfloop. In een enkel geval wordt hiervan afgeweken. Overigens vertonen de methoden volgens welke de golfbeweging en oploop worden berekend de meest uiteenlopende verschillen. Als minimum wordt veelal een oploophoogte van 0,50 m aangehouden.

ad. d.

Teneinde de relatieve bodemdaling - waardoor de overschrijdingsfrequentie van het ontwerppeil toeneemt - over de periode tot de volgende dijkverbetering te compenseren, wordt een extra waakhogte aangebracht.

ad. e.

Zettingen van dijklichaam en ondergrond over dezelfde periode (veelal enkele tientallen jaren) worden eveneens in rekening gebracht. In haar eindverslag beveelt de Deltacommissie een overhoogte van 0,50 m aan voor het onder d en e vermelde samen, tenzij uit grondmechanisch onderzoek een grotere overhoogte noodzakelijk blijkt.

ad. f.

De klink van het dijklichaam tijdens aanleg is afhankelijk van het materiaal waaruit de dijk wordt opgebouwd en dient aan de hand van grondmechanisch onderzoek te worden bepaald.

In de hiernavolgende hoofdstukken worden de gebruikte methoden voor kruinhoogtebepaling weergegeven in de vorm van een beknopte, doch zo volledig mogelijke samenvatting van hetgeen in de desbetreffende nota's wordt vermeld. Daarbij is het aspect "klink van het dijklichaam tijdens aanleg" (t) niet meer vermeld omdat hierover vrijwel in geen enkele bron een uitspraak wordt gedaan, de overige aspecten (a t/m e) worden puntsgewijs behandeld, en aangeduid met de corresponderende letter in de marge.

II. Groningen.

Dollard.

- a Voor de berekening van de kruinhoogte van de dijken langs de Dollard, is de Provinciale Waterstaat van Groningen uitgegaan van het door de Deltacommissie aanbevolen ontwerppeil. Daarbij wordt voor
- b buistoten of -oscillaties geen extra hoogte aangehouden (litt. 2).
- c Aanvankelijk werd de golfoploop berekend door extrapolatie van veekrandwaarnemingen, waarbij als minimum oploophoogte 1 m werd aangehouden. Inmiddels zijn echter golfberekeningen uitgevoerd. Gezien de ligging van de Dollard wordt voor de bepaling van de golfafmetingen gerekend met plaatselijke wind en plaatselijke diepte en overeenkomstig het advies van de Deltacommissie met windsnelheden van 30 m/s, terwijl gezien de ligging van de betreffende dijkgedeelten alleen de windrichtingen NNW en N in beschouwing worden genomen.

Bij de ontwerpwaterstand in de Dollard wordt met behulp van de grafiek van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft (Thijssen en Schijf) de golfbeweging bepaald. In verband met eventueel aanwezige restgolven vanuit de Eems wordt gerekend met een veronderstelde aanvangsgolfhoogte van $H_s = 0,50$ m.

De verandering die de golfhoogte ondergaat bij het bereiken van de hooggelegen kwelder voor de dijk volgt uit:

$$H_r = H_o \cdot K_s \cdot K_{fr} \text{ waarin:}$$

H_r = resulterende golfhoogte;

H_o = golfhoogte in diep water;

K_s = ondieptefactor volgens Groen en Dorrestein;

K_{fr} = gecombineerde factor voor bodemwrijving (Bretschneider, Reid) en refractie (Groen & Dorrestein);

De golfoploop is berekend met de formule $z = 8 H_s \cdot \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$. Volgens de Provinciale Waterstaat komen de aldus voor de Dollard-dijken berekende golfoplopen vrij goed overeen met de eerder met behulp van veekrandwaarnemingen bepaalde golfoplopen.

Eems.

- a In een nota uit 1956 (litt. 3) houdt de Provinciale Waterstaat als
 - b ontwerppeil de door de Deltacommissie aangegeven hoogte aan. Er wordt
 - c daarbij geen extra hoogte voor buistoten of -oscillaties aangehouden.
 - d Voor de bepaling van de onder maatgevende omstandigheden te ver-
 - e wachten golfloop voor de dijken langs de Eems, wordt uitgegaan
- van veekrandwaarnemingen na vroegere stormen. Het verschil tussen de hoogste waterstand (geïnterpoleerd tussen de peilschalen) en de veekrandhoogte wordt als golf-
- oploophoogte aangehouden. De golfploophoogte onder ontwerpomstandigheden wordt gevonden door de "waargenomen" golfloop te vermenigvuldigen met een factor 1,33 of 1,5, afhankelijk van de situering van het dijkvak.
- Op die plaatsen waar een hooggelegen buitenberm, met een breedte van 8 m wordt toegepast, wordt een reductie op de golfloop van ca. 30% verwacht - zulks in overleg met prof. Thijsse.
- d Voor de relatieve bodemdaling over 100 jaar wordt een hoogte van 0,20 m in rekening gebracht.
 - e Voor zettingen op lange termijn wordt geen hoogte gereserveerd.

Eemshaven

c De golfaanval op de dijk rond de Eemshaven is door de Studiedienst Delfzijl van de Rijkswaterstaat berekend. In de desbetreffende nota 68.020 (litt. 4) wordt gesteld dat tijdens superstormvloedomstandigheden met windsnelheden van 32 tot 35 m/s op de Noordzee dermate hoge golven zijn te verwachten dat deze op de buitengronden zullen breken. Derhalve is te rekenen met plaatselijke wind (30 m/s overeenkomstig de aanbevelingen van de deltacommissie), diepten en strijklengten (vanaf de binnenzijde van de eilanden).

a Als (lokale) windrichting worden de richtingen NW, NNW en N beschouwd; de bijbehorende golfbeweging wordt m.b.v. de grafieken van Bretschneider bepaald terwijl de waterstand gelijk wordt gehouden aan het ontwerppeil als gegeven door de Deltacommissie.

De veranderingen die de golfhoogte ondergaat bij het bereiken van ondiep water, wordt berekend m.b.v. de formule $H_r = H_0 \cdot K_s \cdot K_{fr}$, waarin

H_r = resulterende golfhoogte

H_0 = golfhoogte op diep water

K_s = shoalingscoëfficiënt volgens Groen en Dorrestein.

K_{fr} = factor resulterend uit K_p , K_f en K_r

K_p = doorlatendheidscoëfficiënt (te verwaarlozen)

K_f = bodemwrijvingscoëfficiënt volgens Bretschneider/Reid

K_r = refractiecoëfficiënt volgens Groen en Dorrestein.

De golfoploop volgt uit invullen van H_r in de oploopformule

$$z = 8H \tan \alpha (\cos \beta - B/L).$$

b,d,e Omtrent de overige componenten van de kruinhoogte ontbreken de gegevens.

a Opgemerkt zij dat voor het meest westelijke gedeelte waar een uitbreiding van de Eemshaven is geprojecteerd, een reductie op het ontwerppeil van 0,40 m i.v.m. de tijdelijk te achten situatie is toegepast.

Emmapolderdijk.

In het memorandum nr. 70.6 (litt. 5) geeft de studiedienst Delfzijl van de Rijkswaterstaat een oriënterende berekening voor de kruinhoogte van de Emmapolderdijk.

a Als ontwerppeil wordt het basispeil verminderd met 0,20 m economische reductie aangehouden, terwijl voor het meest oostelijke deel dat slechts als waterkering dienst zal doen tot de uitvoering van de tweede fase van het Eemshaven project, een extra reductie van 0,40 m toelaatbaar wordt geacht. Voor buistoten en - oscillaties wordt geen hoogte gereserveerd.

c Aangezien de Noordzeegolven tijdens stormvloed zullen breken op de buitengronden, wordt uitsluitend gerekend met golven, opgewekt op de Waddenzee, waarbij wordt uitgegaan van een windsnelheid van 30 m/s. De golfkarakteristieken worden bepaald uit de grafieken van Bretschneider en het Waterloopkundig Laboratorium Delft, en de deiningtabellen van Wiegel. De uitkomsten geven volgens de studiedienst goede overeenstemming met de resultaten van een berekening overeenkomstig de methode gehanteerd bij het W.L.-onderzoek M 996 (litt. 6).

De golfoploop wordt berekend m.b.v. de formule

$$z = \frac{C'_{(\epsilon)} \cdot H_s \cdot \tan \alpha (\cos \beta - B/L)}{\sqrt{H_s/L_0}}$$

Als spectrumbreedte (ϵ) is voor het westelijk gedeelte 0,24 aangehouden, voor het oostelijk gedeelte, dat aan relatief diep water ligt, 0,45. De bijbehorende factor $C'_{(\epsilon)}$ wordt dan 1,38 resp. 1,50. Opgemerkt zij dat $\epsilon = 0,22$ redelijk representatief mag worden geacht voor de Waddenzee (litt. 6).

d,e Voor bodem - en kruindaling wordt tenslotte een extra hoogte van 0,50 m vereist.

Inmiddels zijn golfoploop- en golfhoogtemetingen verricht benevens een studie naar de waterstaatkundige gevolgen van bodemdaling door aardgaswinning.

Gebruikmakend van deze gegevens wordt in memorandum 76-2 (litt. 38) de kruinhoogte van de Emmapolderdijk bepaald.

a Als ontwerppeil wordt het basispeil, zoals geadviseerd door de Delta-commissie, verminderd met 0,20 m economische reductie aangehouden.

b Voor buistoten en - oscillaties wordt geen hoogte gereserveerd.

c De meest ongunstige windrichting tussen N en W wordt ingevoerd

in de berekeningen. De golfhoogte wordt bepaald door de uit de golfwaarnemingen gevonden relatie $H_s = 0,41 D - 0,04$. Vergelijking met door het W.L. samengestelde grafieken doet bij hogere waterstanden een afwijking van het lineaire verband vermoeden. Onder maatgevende omstandigheden wordt de golfhoogte daarom met 0,20 m gereduceerd.

De golfoploop wordt berekend met de uit golfoploopwaarnemingen gevonden relatie $z_{(2)} = 1,96 H_s + 0,19$.

Voor de berm en scheve golfinval worden reductiefactoren in rekening gebracht, te weten: $(1 - B/L)$ en $\cos \beta$. De formule krijgt dan de volgende vorm: $z_{(2)} = 1,96 H_s + 0,19) (1 - B/L) \cdot \cos \beta$.

De in rekening te brengen golflengte L wordt berekend uit $L = \bar{T}C$, waarin voor \bar{T} de uit metingen gevonden relatie $\bar{T} = 2H_s + 0,94$ wordt aangehouden en voor C de waarde \sqrt{gd} .

d
e

Voor de relatieve zeespiegelrijzing wordt 0,20 m in rekening gebracht, evenals voor zettingen van het dijklichaam en ondergrond.

Noordkust Emmapolder - Lauwerszee

Voor de dijkverbetering langs de noordkust van Groningen heeft het Waterloopkundig Laboratorium, in opdracht van de Provinciale Waterstaat van Groningen, een modelstudie (M 996) uitgevoerd. (litt. 6).

a Daarbij wordt als ontwerppeil het door de Deltacommissie aanbevolen peil gehanteerd.

b Voor buistoten en -oscillaties wordt geen extra hoogte gerekend.

c Voor de berekening van de golfbeweging onder ontwerpomstandigheden wordt uitgegaan van een windsnelheid van 30 m/s uit westelijke tot noordelijke richting. De golfkarakteristieken worden bepaald m.b.v. de grafieken van het W.L., waarbij de golfdemping op hoog voorland wordt berekend als negatieve golfgroei.

Deze berekeningsmethode wordt getoetst door vergelijking van de golfoploop volgens $8 H_s \cdot \tan \alpha$ met de veekrandwaarnemingen na de stormen van 24 december 1954 en 16 februari 1962.

De overeenstemming wordt redelijk goed geacht; $8 H \tan \alpha$ geeft voor $z(2)$ iets te hoge waarden doch de veekrand ligt op 1 à 0,5% oploophoogte.

De 2% - golfoploop onder maatgevende omstandigheden wordt voor enkele variant profielen bepaald aan de hand van de resultaten van het modelonderzoek.

d Voor de relatieve bodemdaling wordt volgens informatie van de Provinciale Waterstaat van Groningen 0,20 m in rekening gebracht.

e Over de aan te houden hoogte voor zettingen op langere termijn wordt geen uitspraak gedaan, in verband met de onzekerheden omtrent de bodemdaling t.g.v. aardgaswinning.

III. Friesland.

Lauwerszee-Slachte.

Voor de dijkverbetering langs de Friese kust tussen de Lauwerszee en Slachte heeft de studiedienst Hoorn van de Rijkswaterstaat in de nota 63.6 advies uitgebracht omtrent de aan te houden kruinhoogte (litt. 7). Het advies van de Deltacommissie wordt aangehouden voor wat betreft het ontwerppeil. Er wordt geen rekening gehouden met buistoten en -oscillaties.

De golfoploop wordt afhankelijk geacht van de volgende vier factoren:

- A. golfbeweging aan de teen van de dijk;
- B. profiel van het buitentalud;
- C. relatieve bodemdaling (waterdiepte voor de dijk);
- D. ruwheid van de taludbekleding.

ad A.

Tijdens superstorm wordt langdurig een windsnelheid van 30 m/s verwacht, windrichting tussen west en noord.

Voor de verschillende kustvakken worden i.v.m. de aanwezigheid van de Waddeneilanden grote verschillen in strijklengte verondersteld.

De invloed van het voorland is moeilijk te verdisconteren; de golfafmetingen worden berekend m.b.v. niet nader aangeduide Amerikaanse gegevens en onderzoeken van het W.L. te Delft. De golfoploop wordt berekend met $z = 8 H_s \tan \alpha$.

ad B.

Bij de berekening van de golfoploop wordt uitgegaan van een buitenbeloop met constante helling, waarbij wordt opgemerkt dat in ons land de dijken veelal een convexe vorm hebben, in tegenstelling tot de Duitse dijken die een concave vorm bezitten. Bij een concaaf profiel lopen de golven bij minder hoge waterstanden niet zo hoog op als bij een convex profiel, doch bij hogere waterstanden is het omgekeerde het geval.

ad C.

- d In verband met ~~het~~ ^{de} voornemen tot inpoldering van de Waddenzee ~~be-~~⁵
~~hoeft~~ hiervoor slechts 0,15 m ~~te~~ worden aangehouden.
- e De zetting van dijklichaam en ondergrond is niet in de kruinhoogte begrepen en dient grondmechanisch te worden bepaald.

ad D.

In verband met de onzekerheden in de bepaling van de golfafmetingen en de golfoploop is afgezien van een correctie voor de ruwheid van de Bekleding.

Voor het nog niet verbeterde dijkvak Zwarte Haan - Ternaarderpolder heeft de studiedienst Hoorn in de nota 75.7a het voorgaande getoetst aan de inmiddels verworven inzichten (litt. 8).

- a Het ontwerppeil als gegeven door de Deltacommissie wordt ook hierbij als uitgangspunt aangehouden, waarbij echter de reductie voor tijdelijk te achten situatie - tot afsluiting van de Waddenzee - komt te vervallen.
- b Met buistoten en -oscillaties wordt geen rekening gehouden omdat de berekende golfoploop meer dan 1,0 m bedraagt, overeenkomstig de aanbevelingen van de Deltacommissie (litt. 1.d.).
- c De golfbeweging voor de dijk wordt m.b.v. de verbeterde grafiek van Bretschneider berekend voor windsnelheden van 35 m/s i.p.v. 30 m/s; dit omdat verondersteld wordt dat de windsnelheidsvertikaal over de Waddenzee voldoende gelegenheid krijgt zich aan te passen na het passeren van de eilanden.
- Ook onderzoek van Deltadienst en KNMI wijzen in die richting. De aangehouden windrichting bedraagt 315° t.o.v. het Noorden in plaats van de door deltacommissie aanbevolen 300° , omdat in het algemeen langs de Waddenkust tijdens stormvloed noordelijker windrichtingen worden gemeten dan in het Deltagebied.
- De golfoploop wordt berekend met de formule $z = 8 H_s \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta$, waarin β de invalshoek minus 10° is en $\alpha = \alpha_{\text{aeq}}$ volgens Saville. Waar β groter is dan 50° à 60° , wordt de strijkgolfhypothese toegepast, die inhoudt dat de 2% golfoploop gelijk is aan de kruinhoogte van H_{max} .
- Aangezien H_{max} overeenkomt met $2 H_s$ en onder aanname dat golftop en golfdal ongeveer symmetrisch liggen t.o.v. de gemiddelde waterstand, bedraagt de kruinhoogte van H_{max} dan H_s . Deze hypothese wordt door

veekrandwaarnemingen ondersteund (zie ook litt. 14).

De ruwheid van het talud wordt niet in rekening gebracht.

- d Voor de relatieve bodemdaling, die de afgelopen 100 jaar 0,15
à 0,20 m heeft bedragen, wordt een toeslag van 0,20 m aangehouden.
- e Omtrent de zettingen van de ondergrond van de dijk wordt gesteld
dat deze grondmechanisch bepaald dienen te worden.

Slachte-Afsluitdijk.

Over de aan te houden kruinhoogte bij verhoging van dat tracé geeft de studiedienst Hoorn een beschouwing in de nota 59-3 (litt. 39).

a Voor het ontwerppeil wordt het advies van de Deltacommissie aangehouden.

c Bij de bepaling van de golfbeweging is een windsnelheid aangenomen van 28 m/s. De windrichting wordt verondersteld NNW tot NW te zijn.

De golfhoogte wordt berekend met behulp van niet nader aangeduide grafieken of formules. Hierbij wordt rekening gehouden met demping van de golven op het wad. Interferentieverschijnselen vanuit de zeegaten worden verwaarloosd. De verwachte golfhoogte onder maatgevende omstandigheden bedraagt ongeveer 2,50 m, bij een periode van 6 sec en een golflengte van 37 m.

De golfploop wordt berekend met de formule $8H \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta$.

De invloed van de ruwheid van de bekleding en toestand van het voorland wordt als gevolg van onbekendheid van de reductiefactoren en onzekerheid in de bepaling van de golfkarakteristieken niet in de kruinhoogtebepaling opgenomen. Ook de reductie van een eventueel toe te passen berm is om dezelfde reden niet toegepast.

d Voor de relatieve bodemdaling wordt 0,15 m aangehouden.

IV. Waddeneilanden.

De kruinhoogten van de Waddenzeedijken van de eilanden worden door de studiedienst Hoorn van de Rijkswaterstaat berekend.

Ameland

- In een eerste berekening van de kruinhoogte in de nota 74.7 (litt. 9) gaat de studiedienst uit van twee verschillende ontwerpomstandigheden, n.l. een storm met windsnelheid 30 m/s uit de richting 300° t.o.v. het noorden, met een waterstand overeenkomstig de aanbevelingen van de Deltacommissie (zonder de reductie voor tijdelijk te achten situatie) en een storm uit westelijke richting met een gereduceerde waterstand. De reductie van de waterstand wordt berekend door de opzet boven GHW bij windrichtingen afwijkend van 300° sinusoïdaal te laten verlopen:

$$h'_0 = GHW + (h_0 - GHW) \cdot \cos \Delta\phi, \text{ waarin}$$

h'_0 = ontwerppeil bij afwijkende windrichting,

h_0 = ontwerppeil volgens Deltacommissie,

GHW = gemiddeld hoogwater,

$\Delta\phi$ = afwijking van de windrichting t.o.v. $\phi = 300^{\circ}$.

Indien in plaats van GHW het GHWS wordt gehanteerd komt h'_0 slechts enkele centimeters hoger uit bij westerstorm.

- b Voor buistoten en - oscillaties wordt een toeslag van 0,10 tot 0,05 m in rekening gebracht, op grond van de aanbevelingen van de Deltacommissie.
- c De berekening van de golfoploop is gebaseerd op veekrandwaarnemingen. Met behulp van een refractieberekening (uitgangspunten golfperiode 5s, nulrichting 270°) wordt de richting van de golfaanval (β) per dijkvak bepaald, waarbij voor wester- en voor noordwesterstorm dezelfde golf-richting wordt verondersteld, d.w.z., dezelfde nulrichting, hetzelfde refractiepatroon, enz. De veekrandhoogten worden gelijkgesteld aan de 2%-oploop, en omgerekend via $z_{(2)} = 8 H_s \cdot \tan\alpha \cdot \cos \beta$ tot significante golfhoogten voor elk dijkvak. Hierbij blijken voor wester- en noordwesterstormen duidelijke verschillen, omdat de veekrandligging voor deze stormtypen niet gelijk is.

Uit diagram IV van Groen en Dorrestein (litt. 10) wordt voor de onderzochte stormen en opgetreden waterdiepten de theoretische H_s van ongefracteerde golven bepaald. Het quotiënt van de "waargenomen" gere-

fracteerde en de theoretische H_s , wordt de reductiefactor genoemd, waarin het verlies aan golfhoogte als gevolg van bodemwrijving en refractie is verdisconteerd. Voor wester- en noordwester stormen wordt een gemiddelde reductiefactor berekend.

Onder beide genoemde ontwerpomstandigheden (NW-storm met ontwerp-peil volgens deltacommissie en W-storm met ontwerppeil volgens cosinusregel) wordt uit het genoemde diagram de theoretische H_s bepaald, die na vermenigvuldiging met de gemiddelde reductiefactor de H_s voor de dijk geeft. Daarbij wordt de in rekening te brengen toeslag op de golfhoogte volgens Putnam & Johnson (litt. 11) verwaarloosd tegen het feit dat de bovenkant van het veek is gemeten.

De grotere waterdiepte geeft ook minder refractie zodat de aanvalshoeken β groter worden, hetgeen een gunstige invloed heeft. Aangezien er fluktuaties optreden rondom de bij de berekening aangehouden vloedmerkhogte wordt de daardoor geïntroduceerde onzekerheid door de grotere β iets verkleind.

d De golfoploop wordt tenslotte berekend volgens $z = 8 H_s \tan \alpha \cdot \cos \beta$. Voor de relatieve bodemdaling, die op 0,20 m per 100 jaar wordt geschat, wordt 0,10 m in rekening gebracht voor een tijdvak van 50 jaar.

e Kruindaling ten gevolge van zetting van de ondergrond dient grondmechanisch te worden bepaald.

a De resultaten van bovenomschreven berekening heeft de studiedienst naderhand getoetst aan nieuwere inzichten in de nota 75.5 (litt. 12), waaraan de ontwerppeilen volgens de Deltacommissie ten grondslag liggen, terwijl voor buistoten en -oscillaties dezelfde waarden (0,10 tot 0,05 m) in rekening worden gebracht.

b Voor de berekening van de golfoploop wordt echter uitgegaan van m.b.v. golfmeters (systeem Wemelsfelder) tijdens storm gemeten golfhoogten (H_{sj}), de opgetreden waterstanden (d_j) en de geregistreeerde windsnelheden (U_j). In navolging van diagram IV (litt. 10) zijn

$\frac{H_{sj}}{d_j}$ en $\frac{U_j}{\sqrt{d_j}}$ tegen elkaar uitgezet. Door de buitenste 5% van de

gevonden punten is een lijn getrokken, de 2½%-overschrijdingslijn van $\frac{H_s}{d}$ voor gerefracteerde golven, die als bovengrens wordt be-

schouwd.

Met behulp van deze bovengrens is onder ontwerpomstandigheden ($U = 30$ m/s) de bijbehorende H_s af te lezen, die met 2,5% kans wordt overschreden.

De aanvalsrichting van de golven op de dijk worden bepaald aan de hand van een luchtfoto van een refractiepatroon bij een windrichting van 300° t.o.v. N. Onder ontwerpomstandigheden zal de geringere refractie leiden tot grotere hoeken β , doch de Delta-commissie beveelt aan β met 10° te verminderen, zodat de golfoploop berekend mag worden met $z = 8 H_s \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta$, waarin de gemeten aanvalsrichting op het refractiepatroon is.

d Tenslotte wordt voor de relatieve bodemdaling nog 0,10 m in rekening gebracht.

De nu berekende kruinhoogten komen gemiddeld 0,5 m boven die berekend in litt. 9.

(a) Overigens beveelt de studiedienst een verlaging van de ontwerppeilen op de Waddenzee aan op grond van de verlenging van de waarnemingreeks sedert het advies van de Deltacommissie.

Texel

In de nota 62.12 heeft de studiedienst Hoorn de aan te houden kruinhoogten voor de dijken van Texel bepaald (litt. 13).

- a Als ontwerppeil wordt het advies van de Deltacommissie aangehouden, met inbegrip van de reductie voor tijdelijk te achten situatie.
- b Buistoten en -oscillaties worden verwaarloosd (0,05 m extra waakhogte) t.o.v. de onnauwkeurigheden in de golfoploop berekening.
- c De golfoploop wordt bepaald door extrapolatie van de veekrandwaarnemingen van 1953 en 1960. De golfhoogte langs de Waddenzeedijk van Texel wordt recht-evenredig gesteld aan de hoogte van de diepwatervolven.

Een factor wordt bepaald als verhoudingsgetal tussen de diepwatervolvenhoogte (geschat bij lichtschip Texel) in 1953 en bij superstorm en een als verhoudingsgetal 1960 - superstorm, waarbij onder superstormomstandigheden bij het lichtschip een golfhoogte van 8 m wordt verwacht. Van beide verhoudingsgetallen resp. 1,8 en 1,5 wordt 1,8 aangehouden voor de onzekerheden met betrekking tot de invloed van de hogere waterstand. Door de veekrandhoogte boven de opgetreden waterstand met 1,8 te vermenigvuldigen, wordt de golfoploop onder maatgevende omstandigheden gevonden. Omrekening van de golfoploop naar andere taludhellingen geschiedt door vermenigvuldiging met het quotiënt der tangenten.

De nu gevonden kruinhoogte wordt verhoogd met 0,50 m extra waakhogte; voor dijkvakken buiten de toekomstige afsluitdammen 0,80 m.

- e De gevonden dijktafelhoogte is exclusief eventuele overhoogte voor zettingen, die (eventueel) aan de hand van een grondmechanisch advies bepaald dienen te worden.

De hiervoor geschetste berekeningsmethode heeft de studiedienst Hoorn in de nota 75.6 getoetst aan de jongste inzichten (litt. 14).

- a Als ontwerppeil wordt nu de door de Deltacommissie aangegeven waterstand zonder reductie voor de tijdelijk te achten situatie aangehouden.
- b Voor buistoten en -oscillaties wordt nu een toeslag van 0,05 m in rekening gebracht.
- c De golfhoogte wordt op analoge wijze berekend als in litt. 12 (Ameland).

Gezien de verwachte golfsteilheden tijdens ontwerpomstandigheden ($1/15$ à $1/20$) kan de formule $z = 1,84 (\pi/\beta)^{\frac{1}{2}} H_s \tan \alpha$ ook worden geschreven als $z = 8 H_s \tan \alpha$.

Op die plaatsen waar de hoek van golfaanval (β) zo groot wordt dat de oploop volgens de formule minder bedraagt dan H_s wordt de strijk-golfhypothese toegepast ($z_{(2)} = H_s$).

- d Voor de relatieve bodemdaling wordt op grond van litt. 1 een maat van 0,20 m gerekend.
- e De kruindaling t.g.v. zettingen wordt niet in de kruin-hoogte begrepen en dient middels een grondmechanisch onderzoek nader te worden vastgesteld.

V Noord-Holland

Wieringen en Amsteldiep dijk.

- a Als uitgangspunt voor de kruinhoogte berekening hanteert de studiedienst Hoorn in de nota 74.2 (litt. 15) het ontwerppeil volgens de Deltacommissie echter zonder de reductie i.v.m. tijdelijk te achten situatie in rekening te brengen.
- b Buistoten geven op de Waddenzee waterstandsverhogingen tot 0,10 m; aangezien de golfoploop meer dan 2 m bedraagt, wordt geen toeslag in rekening gebracht. Bui-oscillaties worden evenmin in rekening gebracht.
- c Uitgaande van een windsnelheid van 30 m/s gedurende 5 uur uit de richting 300° t.o.v. N, wordt de significante golfhoogte berekend uit een extrapolatie van simultaan waargenomen golfhoogte en waterdiepten: $\log H_s = 0,835 \log d - 0,149$.

De golfrichting is gelijk genomen aan de windrichting (300°).

Er zijn geen golfperioden of spectra gemeten, doch er is een golfperiode \bar{T} bepaald aan de hand van Groen en Dorrestein (litt. 10) bij de significante golfhoogte, waaruit L_0 is berekend uit de formule

$$L_0 = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi}$$

De golfoploop wordt berekend m.b.v. de formule $z = 8 H_s \cdot \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$ waarbij β met 10° wordt verminderd overeenkomstig het advies van de Deltacommissie. Uit waarnemingen van de Dienst Zuiderzeewerken is gebleken dat $z = C \cdot H_s \cdot \tan \alpha \cdot \cos \beta$ aanzienlijke spreiding in de C-waarden gaf, met als maximum $C = 8$.

Aangezien in een aantal gevallen de taludhelling boven en beneden de berm niet gelijk is, wordt een aequivalente taludhelling α_{aeq} toegepast volgens de methode Saville. De brekerdiepte wordt

daarbij berekend volgens $\frac{db}{H_0} = 0,39 \frac{(H_0)^{-1/3}}{L_0}$.

Voor scheef invallende golven wordt eerst de fictieve taludhelling voor loodrechte inval bepaald:

$$8 \cdot H_s \cdot \tan \alpha_{\text{fict.}} (1 - B/L) = 8 H_s \cdot \tan \alpha_{\text{aeq.}}$$

Vervolgens wordt de scheve oploop berekend met

$$z = 8 H_s \cdot \tan \alpha_{\text{fict.}} (\cos \beta - B/L).$$

- d Voor de relatieve bodemdaling wordt een maat van 0,20 m gerekend, bij een geschatte daling van 0,20 m per 100 jaar.
- e De kruindaling t.g.v. zettingen, dient afzonderlijk te worden berekend en in rekening te worden gebracht.
- Voor afwijkende windrichtingen ($u = 30$ m/s) wordt een vergelijking gemaakt. De waterstand verloopt volgens de cosinusregel, d.w.z.
- a $h'_0 = \text{GHW} + (h'_0 - \text{GHW}) \cos \Delta\phi$, terwijl de golfhoogte wordt aangepast aan deze veranderde waterstand. Per dijkvak wordt de maatgevende combinatie aangehouden.
- c

Havendijk Den Helder.

- In nota 76.11 geeft de studiedienst Hoorn van de Rijkswaterstaat een kruinhoogtebepaling voor de Havendijk, waaraan een wiskundig modelonderzoek naar de grootte van de te verwachten opslingering door buistoten en -oscillaties ten grondslag ligt (litt. 40). Uitgaande van een ontwerpwaterstand overeenkomstig het advies van de Deltacommissie, kunnen bui-oscillaties met een amplitude van 0,06 m opslingeringen tot 0,30 m ten gevolge hebben; buistoten (tot 0,25 m) geven opslingeringen tot 0,50 m. In de nota 76.036 van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst (litt. 41) wordt aangetoond dat een toeslag op het ontwerppeil van 0,15 m oplopend tot 0,35 m in rekening moet worden gebracht.
- a
- b
- c De golfbeweging in de mond van de haven wordt opgevat als een combinatie van golfdoordringing vanuit de Noordzee en plaatselijk opgewekte golven. Simultane waarnemingen in de havenmond en nabij het lichtschip Texel geven een doordringingsfactor kleiner dan 1 (0,03 à 0,05); onder ontwerpomstandigheden wordt 0,1 aangehouden bij een $H_s = 8,5$ m en $\bar{T} = 12$ s buitengaats. Lokale golfgroei wordt berekend volgens Bretschneider, uitgaande van 35 m/s en windrichting 300° t.o.v. het noorden.
- Overeenkomstig de diagrammen uit Shore Protection Manual (litt. 42) wordt voor beide golven een diffractieberekening uitgevoerd in de havenmond. Beide gediffracteerte golfhoogten worden samengesteld tot een nieuwe $H_s (= \sqrt{H_1^2 + H_2^2})$. Lokale golfgroei volgens Bretschneider wordt in het havenbekken in rekening gebracht.
- Voor strijkgolven wordt als ophoop de kruinhoogte van $H_{(2)}$ boven de waterlijn aangehouden, d.w.z. bij veronderstelde Rayleighverdeling $0,5 \cdot 1,4 \cdot H_s$.

- d Voor NAP-daling wordt 0,20 m aangehouden.
- e Zettingen op lange termijn worden niet in de nota beschouwd.

Helderse zeevering - oostelijk gedeelte.

In aansluiting op de vroegere nota 59.8, waarin de studiedienst Hoorn de kruinhoogte van de Helderse zeevering heeft getoetst aan veekrandwaarnemingen (litt. 17), worden de uitkomsten daarvan in nota 73.10 (litt. 18) nader bekeken.

- a Als uitgangspunt geldt het ontwerppeil van de Deltacommissie.
- b Voor buistoten en -oscillaties wordt als maximale buistoot 0,30 m (litt. 1, deel 4) aangehouden, zodat bij een golfoploop van 4,00 m en een gewichtscoefficiënt $\alpha = 1/5$ een extra verhoging van 0,10 m moet worden aangebracht.
- c De golfoploopberekening wordt gebaseerd op golfbeweging bij windsnelheid 35 m/s uit de richting 300° t.o.v. N, d.w.z. $H_s = 8$ m, golfperiode $T = 12$ s ter plaatse van de N.A.P. - 20 m - lijn. Door de afdeling kustonderzoek van de directie W & W van de Rijkswaterstaat is een refractieberekening uitgevoerd die in het Molengat een golfhoogte van 4,80 m gaf. (litt. 19) .
Voor deze golfhoogte is een fictieve strijklengte te berekenen; verlengen van deze strijklengte met de afstand tussen het Molengat en de dijk geeft een golfgroei tijdens deze refractie van 0,40 m te zien. De golfhoogte voor de dijk wordt dus 5,20 m.
Voor de dijk ontbreekt een hoge vooroever, zodat de golfoploop te berekenen valt met $z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$. In dit geval blijkt $\beta = 70^{\circ}$, doch in verband met de benadering, gebruikt bij de invoering van $\cos \beta$ in de oploopformule, wordt gerekend met $\beta = 60^{\circ}$. De golflengte L is voor de langste golven meer dan 100 m; de reductie t.g.v. de aanwezige 6 m brede berm is dus gering.
De taludhelling onder en boven de berm is echter niet dezelfde; aangezien B/L klein is geldt dat $8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$ ongeveer gelijk is aan $8 H_s \tan \alpha (1 - B/L) \cos \beta$. Met behulp van de methode Saville voor loodrechte inval wordt een aequivalente taludhelling $\tan \alpha_{\text{aeq}}$ bepaald die wordt gesubstitueerd voor $\tan \alpha (1 - B/L)$.
De golfoploop wordt berekend met $8 H_s \tan \alpha_{\text{aeq}} \cos \beta$.
- d De relatieve bodemdaling heeft om de laatste 100 jaar 0,15 tot 0,20 m bedragen. Als toeslag op de dijkhoogte wordt 0,20 m aangehouden.
- e De kruindaling t.g.v. zettingen en klink is door het L.G.M. berekend op 0,05 tot 0,80 m, en moet nog bij de kruinhoogte worden opgeteld.

Helderse zeevering - westelijk gedeelte.

Ook voor dit gedeelte heeft de studiedienst Hoorn de resultaten van voorgaande studies (litt. 17) getoetst aan de jongste inzichten in nota 73.7 (litt. 20).

- a Als ontwerppeil wordt het advies van de Deltacommissie overgenomen.
- b Voor buistoten en -oscillaties wordt bij een golfoploop van 7,5 m een gewichtsfactor van 1/5 en een maximale buistoot van 0,50 m, een toeslag van 0,15 m in rekening gebracht.
- c De golfoploop wordt berekend bij een golfbeweging ten gevolge van windsnelheid 35 m/s, richting 300° t.o.v. N, gedurende minstens 5 uur. Volgens litt. 1, deel 6, wordt de golfhoogte ter plaatse van de N.A.P. - 20 m lijn geschat op 8 m en de golfperiode op 12 s. Deze golven zullen de Haaksgronden, die op ca. N.A.P. - 1,50 m liggen moeten passeren, waarbij de hoogste golven zullen breken. De maximale golf die kan passeren is $H_b = 0,78 d_b$. H_s zal na het passeren hoogstens gelijk aan H_b zijn. Voor deze golfhoogte is een fictieve strijklengte te bepalen, zodat m.b.v. de golfgroeigrafieken van Groen en Dorrestein (litt. 10) de golfgroei tussen de Haaksgolven en de dijk, en dus de golfhoogte voor de dijk wordt bepaald.
Indien de golven dempen op de aanwezige vooroever kan uit gegevens van de Deltadienst (litt. 21 en 22) worden afgeleid:
 $H_{sb} = 0,3 \text{ à } 0,5 d_b$. Bescherming door de Haaksgronden is hier niet in verdisconteerd. Recentere gegevens van de afdeling kustonderzoek van de directie W & W leiden tot $0,6 \text{ à } 1,0 d_b$. Omdat zowel de bescherming van de Haaksgronden als de aanwezigheid van hoog voorland realistischer zijn wordt de laagste H_s aangehouden; in dit geval $0,78 d_b +$ golfgroei.
De golfoploop wordt berekend met $z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$. Deze formule geldt in principe voor golfsteilheden (H_s/L_0) van 1:18,2. Voor zeegang met steilheden 1:15 tot 1:20, varieert de factor 8 tussen 8,2 en 7,1. De formule wordt een redelijke benadering geacht.
- d Voor de relatieve bodemdaling, die de laatste 100 jaar 0,15 tot 0,20 m heeft bedragen, wordt 0,20 m in rekening gebracht.
- e Door het L.G.M. worden geen zettingen van de ondergrond verwacht; er wordt dan ook geen overhoogte in rekening gebracht.

Pettemer en Hondsbossche zeewering.

Voor de hoogtebepaling van de kruin van deze zeeweringen is gebruik gemaakt van door het Waterloopkundig Laboratorium verricht modelonderzoek (litt. 23).

- a Als uitgangspunt wordt het ontwerppeil overeenkomstig het advies van de Deltacommissie aangehouden.
- bde In het rapport van het W.L. wordt uitsluitend ingegaan op de golfoploophoogte; gegevens m.b.t. de overige factoren ontbreken.
- c Voor de golfoploop wordt uitgegaan van een windsnelheid van 30 m/s, waardoor bij de lichtscheperen een golfhoogte H_s van 7 m met een periode van 12 s of meer wordt opgewekt.
- Door middel van modelonderzoek in de windgoot (windsnelheid 31,5 m/s i.p.v. 30 m/s) worden voor verschillende dwarsprofielen de kruinhoogten bepaald, waarbij de 2% -overslag als criterium dient. Dit blijkt overeen te komen met een overslag van 3 tot 4 $\ell/s.m^1$, waarvan 2,5 $\ell/s.m^1$ als "regen".

Door de studiedienst Hoorn is de kruinhoogtebepaling van de Hondsbossche zeewering getoetst aan de nieuwere inzichten volgens memo 74.9 (litt. 43).

- a Voor zowel het ontwerppeil als de toeslag voor buistoten wordt het advies van de Deltacommissie aangehouden. Bij een buistoot van 0,50 m, een gewichtsfactor 1/5 en golfoploop ca. 6 m, bedraagt de toeslag 0,15 m.
- b
- c Voor de golfoploopberekening wordt gebruik gemaakt van de oplooppformule $z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - B/L)$.
- De golfhoogte wordt berekend uit $H_s/d_b \approx 0,6$. Met behulp van de aequivalente hellingmethode van Saville wordt bij α_{aeq} voor het geknikte talud berekend.
- d Voor de relatieve bodemdaling wordt 0,20 m in rekening gebracht. De zo verkregen kruinhoogte blijkt goed overeen te komen met de voorgestelde kruinhoogte.

VI Zuid-Holland

Katwijk - nieuwe kering t.p.v. uitwateringsluis.

Het ingenieursbureau Dwars, Hederik en Verhey heeft voor de aanleg van deze kering een ontwerp gemaakt (litt. 24).

- a Als ontwerppeil wordt het advies van de Deltacommissie gevolgd.
- b Voor buistoten wordt bij een maximum stoot van 0,50 m, een golfoploop van 4 m en een gewichtsfactor $\alpha = 1/5$, een toeslag van 0,20 m gerekend. Voor buioscillaties wordt bij een halve amplitude van 0,25 m, op gelijke wijze een toeslag van 0,10 m in rekening gebracht (litt. 1, deel 4).
- c Voor berekening van de golfoploop wordt verondersteld dat het huidige buitenkanaal zal aanzanden tot ongeveer N.A.P. De maximale golfhoogte bedraagt 0,4 d. De golfoploop wordt berekend met $z = 8 H_s \tan \alpha$ (loodrechte inval), terwijl reductie van 10% op de oploop worden toegepast in verband met de golfremmende werking van de asfaltbekleding op het talud.
- d De in rekening te brengen relatieve bodemdaling bedraagt 0,20 m.
- e Voor verdere kruindaling wordt geen extra hoogte gerekend.

Scheveningen

Voor een gedeelte van de zeekering ten zuiden van het Zuiderhoofd, heeft de Deltadienst advies uitgebracht omtrent de aan te houden kruinhoogte in de nota 70.094 (litt. 25).

- a Het aangehouden ontwerppeil stemt overeen met het advies van de Deltacommissie.
- b Voor buistoten en - oscillaties wordt, bij een maximale buistoot van 0,50 m, een golfoploop van 2,20 m en een gewichtsfactor $\alpha = 1/5$, een toeslag van 0,30 m in rekening gebracht (litt. 1, deel 4).
- c De maximale significante golfhoogte blijkt uit onderzoeken (litt. 26) 0,4 à 0,5 d te bedragen, waarin d de waterdiepte boven de vooroever is. Veiligheidshalve wordt H_s gelijk genomen aan 0,5 d. De waterdiepte ter plaatse wordt geschat aan de hand van de te verwachten duinafslag. De golfoploop wordt berekend met $z = 8 H_s \tan \alpha$.
- d De in rekening te brengen relatieve bodemdaling bedraagt 0,20 m (0,15 tot 0,20 m in de laatste 100 jaar).

- e Voor kruindaling op langere termijn wordt 0,50 m in rekening gebracht, als aanbevolen in litt. 1.

Afdamming Brielse Maas.

In het advies betreffende de kruinhoogte van de Brielse Maasdam in de nota 68.054 (litt. 27) gaat de Deltadienst uit van het door de Delta-

a commissie aanbevolen ontwerppeil. Twee situaties worden bekeken.

I. Bij een gesloten Brielse Gat en voldoende hoog voorliggend haven-

b,c terrein behoeft niet op golfoploop te worden gerekend, zodat de volledige buistoot (0,50 m) in rekening wordt gebracht. Relatieve bodemdaling en zettingen op lange termijn worden niet in rekening gebracht.

II. Indien de kering op de situatie met open Brielse Gat moet worden gedimensioneerd, worden weer twee gevallen onderscheiden:

II.A: met maximale waterstand (noordwesterstorm) en

II.B: met maximale golfoploop (westerstorm).

a II.A: waterstand = ontwerppeil Deltacommissie.

b Voor buistoten in een zeegat, rekening houdend met golfoploop, wordt 0,20 m gerekend; voor seiches wordt een hoogte van 0,50 m geschat.

c Voor de golfoploop wordt bij $H_s = 1$ m een hoogte van 2,00 m gerekend.

II.B: maximale golfoploop.

a Als waterstand bij westerstorm met gelijke overschrijdingsfrequentie als het ontwerppeil bij noordwesterstorm (N.A.P. + 5,00 m), wordt N.A.P. + 4,50 m aangenomen.

b Voor buistoten en seiches wordt resp. 0,20 en 0,50 m gerekend.

c De golfoploop wordt bij $H_s = 1,5$ m op 3,00 m gesteld.

Latere gegevens (litt. 28) duiden er op dat i.v.m. het zeer hooggelegen voorland de golfoploop buiten beschouwing kan worden gelaten.

a De kruinhoogte wordt nu berekend door bij het ontwerppeil volgens
b de Deltacommissie te verhogen met 0,30 m voor buistoten in zeegat
c zonder golfoploop, met 0,50 m voor seiches (geschat), met 0,20 m

- d,e voor de relatieve bodemdaling en met minimaal 0,50 m voor zettingen van de kruin.

Waterkering langs het Hartelkanaal.

- a Ook hier gaat de Deltadienst uit van het ontwerppeil volgens de Deltacommissie (litt. 28).
- b Voor buistoten in zeegat bij geringe golfoploop wordt 0,30 m in rekening gebracht, voor de (geschatte) seiches een bedrag van 1,00 m. Nader onderzoek naar de grootte van de seiches wordt aanbevolen.
- c Voor de golfoploop wordt slechts rekening gehouden met de plaatselijk in het Hartelkanaal opgewekte golf ($H_s = 0,25$ m), omdat blijkens het modelonderzoek M 816 de via de mond Europoort binnendringende golf aan het eind van het Beerkanaal praktisch geheel gedempt is.
Bij een H_s van 0,25 m, scheve inval onder 45° en taludhelling 1:4, wordt een oploop van 0,35 m berekend hetgeen overeenkomt met $z = 8 H_s \tan \alpha \cos \beta$.
- d Voor relatieve bodemdaling wordt 0,20 m gerekend en voor zettingen
- e van de kruin minimaal 0,50 m.

Brouwersdam.

- a De Deltadienst gaat uit van de ontwerppeilen van de Deltacommissie
- b (litt. 29); toeslagen voor buistoten of -oscillaties worden niet vermeld.
- c Uitgaande van een golfhoogte van 7 m en een periode van 12 s ter plaatse van de lichtscheperen, heeft de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst een refractiepatroon bepaald. Hieruit blijkt een golfhoogte van 5 m aan de teen van de dam.
Voor verschillende taludhellingen is hieruit op niet nader aangegeven wijze de golfoploop bepaald waarbij voor een berm op stormvloedhoogte een reductiefactor van 0,75 m is gehanteerd indien de bermbreedte tenminste een kwart van de maximaal te verwachten golflengte is.
- d,e Over relatieve bodemdaling of kruindaling wordt niet gerept.

VII Zeeland

Oosterschelde

Door de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde zullen de dijken rond de Oosterschelde in de toekomst aan een ander regiem worden onderworpen. Hieromtrent vindt momenteel nog nader onderzoek plaats.

Voor de partiële dijkverbetering is geen algemene lijn aan te geven daar van geval tot geval naar een oplossing wordt gezocht om de waterkering aan te passen aan ontwerp-omstandigheden overeenkomend met een waterstand met een overschrijdingsfrequentie van 1:500.

Vandaar dat is afgezien van de gedetailleerde beschouwing voor deze dijken.

Westerschelde

In tegenstelling tot de Oosterschelde, waar vrijwel uitsluitend over veekrandwaarnemingen kan worden beschikt, kan bij de Westerschelde gebruik worden gemaakt van golfwaarnemingen.

De door de studiedienst Vlissingen gehanteerde methode voor kruinhoogtebepaling (litt. 30) is dan ook aan de waarnemingen getoetst.

- a Als uitgangspunt voor de kruinhoogtebepaling dient het ontwerppeil volgens de Deltacommissie. Voor dijkvakken waar stormen uit andere richting maatgevend kunnen zijn, wordt de ontwerpwaterstand bij andere windrichting bepaald. Het stormvloedeffect (opzet boven GHWS) wordt geacht sinusoidaal te verlopen bij wijziging van de windrichting,

$$h'_0 = \text{GHWS} + (h_0 - \text{GHWS}) \cos \Delta\phi, \text{ waarin}$$

h'_0 = ontwerppeil bij afwijkende windrichting

h_0 = ontwerppeil volgens Deltacommissie

GHWS = gemiddeld hoogwater tijdens springtij

$\Delta\phi$ = afwijking van de windrichting t.o.v. $\phi = 320^\circ$

- b Buistoten dienen volgens litt. 1, deel 4 in rekening te worden gebracht; buioscillaties worden niet vermeld.
- c De golfoploop wordt berekend bij windsnelheid 31 m/s - zowel in het oostelijke als in het westelijke gedeelte van het bekken - waarbij rekening wordt gehouden met de bijbehorende waterstand.
- De strijklengte wordt afhankelijk van de topografie onderverdeeld in vakken. In vakken met relatief diepwater worden de karakteristieken van de dominerende golf m.b.v. de grafieken van Bretschneider en het Waterloopkundig Laboratorium bepaald: de resultaten van beide methoden worden gemiddeld. Bij de overgang naar een volgend vak wordt de fictieve strijklengte, nodig om een golf met dezelfde karakteristieken op water met een diepte van dit volgende vak te krijgen, bepaald enz.
- Indien de aankomende golf hoger is dan de evenwichtsgolf op het volgende vak, zal bij $H > \frac{d}{1,3}$ de golf breken en een nieuwe golfveld optreden met een dominerende golf die maximaal gelijk aan $0,5 d$ zal zijn (litt. 10 en litt. 31). Is de golfhoogte kleiner dan $\frac{d}{1,3}$, dan treedt demping op, die met de methode Bretschneider of Miche kan worden berekend. De laatstgenoemde methode wordt het meest betrouwbaar geacht, gezien de toetsing aan de natuur.
- De overige karakteristieken van de dominerende golf ($L_{1/3}$ en $T_{1/3}$) zijn te vinden door δ of $L_{1/3}$ te bepalen met de grafiek van het W.L. en $T_{1/3}$

te berekenen uit $T = \sqrt{\frac{2\pi}{g} L \operatorname{cotgh} \frac{2\pi\Delta}{L}}$ of $T_{1/3}$ te bepalen aan de hand van Bretschneider en de bijbehorende $L_{1/3}$ weer te berekenen met de bovenstaande formule.

Bij nadering van de zeevering (diepte-vermindering) ondergaat de golfbeweging wijzigingen.

A. Shoaling

Te bepalen met litt. 10 en 31, waarbij wordt verondersteld dat de veranderingen van de regelmatige sinusvormige golf ook gelden voor de dominerende golfhoogte en - lengte.

B. Refractie.

Voor regelmatig verlopende dieptelijnen wordt verwezen naar litt. 10; voor onregelmatige dieptelijnen verloop worden litt. 32 en 33, beiden gebaseerd op litt. 34, aanbevolen.

C. Diffractie.

Voor enkele gevallen kan diffractie van regelmatige golven worden bepaald aan de hand van litt. 31 en 35.

Deze uitkomsten worden ook voor windgolven gebruikt.

D. Bodemwrijving.

Bij hooggelegen vooroever van aanzienlijke breedte niet meer te verwaarlozen: kan bepaald worden volgens Miche of Bretschneider/Reid.

E. Golfhoogtevermindering door obstakels onder water.

Hierover is weinig bekend; algemene gegevens zijn te vinden in litt. 35 en 36.

F. Golfbreking.

Gezien de waterdiepte voor de dijk tijdens stormvloed, vindt breking vrijwel altijd plaats aan de teen van de dijk of op het talud. Het effect is dan verdisconteerd in de golfoploopformules. (zie ook litt. 35).

De golfoploop kan worden berekend met de formule

$z = 8 f H_{1/3} \cdot \tan\alpha \left(\cos\beta - \frac{B}{L} \right)$. In deze formule wordt voor f (ruwheidsfactor) veelal 1 aangehouden, voor β de invalshoek minus 10° , voor L de dominerende golflengte $L_{1/3}$ en voor $B/L_{1/3}$ maximaal 0,25.

In het algemeen verdient de formule $z = C(\epsilon) \hat{T} \sqrt{g \cdot H_{1/3}} \tan\alpha$ de voor-

keur, doch i.v.m. de beperkte toepasbaarheid wordt veelal de eerste formule nog gehanteerd.

Uit modelonderzoek (litt. 37) blijkt dat bij een waterdiepte van minder dan 6 m de golfoploop formule overgaat in

$z = C' \bar{T} \sqrt{g \cdot H_{1/3}} \cdot \tan \alpha + \Delta d$; Δd heeft niet zonder meer een fysische betekenis, maar hangt wel samen met een waterstandsverhoging ten gevolge van o.a. het massatransport van de golven.

d,e Tenslotte dient een overhoogte van 0,50 m te worden aangehouden ter compensatie van klink van diepere lagen, relatieve bodemdaling e.d. (litt. 1). Deze overhoogte wordt tevens beschouwd als een reserve in verband met mogelijke ongunstige wijzigingen in het geulen en platenstelsel.

Litteratuuropgave.

1. Eindverslag, interimadviezen en bijdragen Rapport Deltacommissie.
2. Deltahoogte zeedijk langs de Dollard.
Provinciale Waterstaat van Groningen.
3. Nota ter vaststelling van de dijkhoogte en dijkprofielen van de provinciale zeedijk langs de Eems ter weerszijden van Delfzijl, Provinciale Waterstaat van Groningen, 1956.
4. Golfaanval Dijk Eemshaven.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Delfzijl, nota nr. 68.020.
5. Oriënterende berekening golfaanval en kruinhoogten Emmapolderdijk.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Delfzijl, memorandum nr. 70 - 6.
6. Verhoging zeedijk noordkust Groningen
Waterloopkundig Laboratorium Delft, M 996
7. Beschouwingen omtrent de bepaling van de vereiste kruinhoogten dijkstraject Slachte - toekomstige afsluitdijk Lauwerszee.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 63.3.
8. Omtrent de kruinhoogte van de Waddenzeedijk Zwarte Haan-Amelanderveer.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 75.7a.
9. Verhoging zeedijk van Ameland.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 74.7.
10. Zeegolven.
P. Groen en R. Dorrestein, 1958.
11. The dissipation of wave energy bij bottom friction
J.A. Putnam en J.W. Johnson, 1949.
12. Verhoging zeedijk van Ameland, II.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 75.5.
13. Vereiste dijktafelhoogten zeedijken Texel
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 62.12.
14. Verhoging van de Waddenzeedijk van Texel
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 75.6.
15. De verhoging van de Amsteldiepdijk en van de dijken langs de Waddenzeekust van Wieringen.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 74.2

Litteratuuropgave

16. De golfbeweging in het Waddengebied nabij Wieringen
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 74.1.
17. Verhoging Helderse Zeewering
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 59.8
18. Verhoging Helderse Zeewering (oostelijk deel)
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 73.10.
19. Golfrefractie zeegat van Texel, deel I
Rijkswaterstaat, directie W & W, afdeling Kustonderzoek 1969
20. Verhoging Helderse Zeewering
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota nr. 73.7.
21. Golfhoogte frequentiekrommen met analytische beschouwing
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, nota H-151-H
22. Invloed brekende golven
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, 1968.
23. Golfoverslag Hondsbossche en Pettemer Zeewering
Waterloopkundig Laboratorium Delft, M 663.
24. Ontwerp hoofdwaterkering met uitwateringsluis te Katwijk.
Dwars, Hederik en Verhey, 1973.
25. Bepaling van de kruinhoogte van de zeewering ten zuiden van het
Zuiderhoofd te Scheveningen.
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, nota
W-70.094.
26. Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, nota
W-68.083.
27. Kruinhoogte zuidelijk gedeelte afsluitdam Brielse Maas
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, nota
W-68.054.
28. Kruinhoogte zuidelijk gedeelte afsluitdam Brielse Maas
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, aanvulling
nota W-68.054.
29. Afsluiting Brouwershavensche Gat, Ontwerp dwarsprofiel
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Afsluitingswerken Zuid.
30. Over het berekenen van deltaprofielen
Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen (1972).

Litteratuuropgave

31. Shore protection, planning and design
U.S. Army Coastal Engineering Center, T.R. 4, 1966
32. Het bepalen van golfrefractie diagrammen
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, rapport 6, 1961.
33. Refractie en diffractie, deel I.
Rijkswaterstaat, directie W & W, studierapport WWK 66-2
34. The direct construction of wave rays
R.S. Arthur, W.H. Munk en J.O. Isaacs, 1952.
35. Oceanographical engineering
R. Wiegel, 1965
36. Wavedamping effect of submerged dike.
M. Makemura, H. Shiraisky en Y. Sasiki, 1966
37. Golfoploop op een dijk met hoog voorland
Waterloopkundig Laboratorium Delft, M 1084.
38. Berekening kruinhoogte Emmapolderdijk.
Rijkswaterstaat, Meet- en Adviesdienst Delfzijl, memorandum 76-2.
39. Beschouwing omtrent de golfbeweging op de Waddenzee voor de friese kust,
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota 59.3.
40. De kruinhoogte van de Havendijk te Den Helder.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, nota 76.11.
41. Seiches in de haven van Den Helder bij extreme waterstanden.
Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling, nota W-76.036.
42. Shore protection manual, vol. I.
Coastal Engineering Research Center.
43. Toetsing kruinhoogte Hondsbossche Zeewering.
Rijkswaterstaat, Studiedienst Hoorn, memo 74.9.

Dijkvak	Ontwerppeil Δ = volgens advies Deltacom. s = stormeffect	buistoten (s) en oscillaties (o) in m, t = toeslag	wind			golfberekening	golfoploopberekening	NAP- daling	zettingen
			snelheid	strijk- lengte	richting				
Dollard	Δ	-	30 m/s	lokaal	NNW en N	aanvangshoogte 0,5 m met Thijsse/ Schijf; $H_s = H_0 \cdot K_s \cdot K_{fr}$	$z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - \frac{B}{L})$	0,20	-
Eems	Δ	-	-	-	-	-	$z =$ veekrand x 1,33 of 1,5; reductie door berm 30%	0,20	-
Eemshaven Oost Eemshaven West	Δ $\Delta -0,40$	-	32-35 m/s 30 m/s	Noordzee Waddenz.	NNW, NNW & N	Bretschneider; $H_s = H_0 \cdot K_s \cdot K_{fr}$	$z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - \frac{B}{L})$	-	-
Emmapolder Oost Emmapolder West	$\Delta -0,40$ Δ	-	30 m/s	Waddenz.	-	Bretschneider, WL & Wiegel	$z = \frac{C'(\epsilon) \cdot H_s \cdot \tan \alpha (\cos \beta - \frac{B}{L})}{\sqrt{H_s/L_0}}$; $\epsilon = 0,45 \text{ à } 0,24$	0,50	
Emmapolder (Nieuw)	$\Delta +0,15$	-	-	-	W-N	$H_s = (0,41 - 0,04) - 0,20$	$z = (1,96 H_s + 0,19)(1 - \frac{B}{L}) \cos \beta$; $L = (2 H_s + 0,94) \sqrt{gd}$	0,20	0,20 ev. n.t.b.
Noordkust Groningen	Δ	-	30 m/s	Waddenz.	W-N	WL; demping= negatieve groei	$z =$ uit model ($\epsilon=0,22$)	-	-
Lauwerszee/Slachte	Δ	-	30 m/s	W'zee/N'z	-	Bretschneider(?) WL.	$z = 8 H_s \tan \alpha$	0,15	n.t.b.
Zw. Haan-Ternaard	$\Delta +0,15$	-	35 m/s	Waddenz.	315°	Bretschneider	$z = 8 H_s \cdot \tan \alpha \cos(\beta - 10^\circ)$; $z_{\min} = H_s$	0,20	n.t.b.
Slachte-Afsluitdijk	Δ	-	28 m/s	-	NW-NNW	(?) $H_s = 2,5$ m $\bar{T} = 6s, L = 37$ m	$z = 8 H_s \tan \alpha \cos \beta$	0,15	-
Ameland	$\Delta +0,15$ $\Delta +0,15$ $-\cos \Delta \phi \cdot s$	t = 0,05 à 0,10 t = 0,05 à 0,10	30 m/s 30 m/s	-	300° $270^\circ (\Delta \phi = 30^\circ)$	H_s via $8 H_s \tan \alpha \cos \beta$ uit veek- rand; reductie t.o.v. H_s buiten tijdens superstorm gelijk geacht.	$z = 8 H_s \tan \alpha \cos \beta$	0,10	n.t.b.
Ameland (Nieuw)	$\Delta +0,15$ $\Delta +0,15$	t = 0,05 à 0,10 t = 0,05 à 0,10	30 m/s 30 m/s	-	WNW-NNW WZW-WNW	Uit relatie $\frac{H_s}{d}$ en $\frac{U}{\sqrt{d}}$, H_s berekend met 2,5% overschrijdingskans tijdens superstorm	$z = 8 H_s \tan \alpha \cos \beta$; $z_{\min} = H_s$ β uit refractiepatroon met nul- richting 300°	0,10	n.t.b.
Texel	Δ	-	-	-	-	H_s buiten = 8 m; uit '53 en '60 blijkt verhoudingsgetal 1,8	$z = 1,8$ x veekrandhoogte in '53 en '60 extra waakhoogte 0,50 à 0,80 m.	-	n.t.b.
Texel (Nieuw)	$\Delta +0,15$	t = 0,05	30 m/s	-	WZW-WNW WNW-NNW	Uit relatie $\frac{H_s}{d}$ en $\frac{U}{\sqrt{d}}$, H_s met 2,5% overschrijdingskans berekend	$z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - \frac{B}{L})$; $z_{\min} = H_s$, β uit refraktiepatroon met nulrichting 300°	0,20	n.t.b.

Dijkvak	Ontwerppeil Δ = volgens advies Deltacom. s = stormeffect	buistoten (s) en oscillaties (o) in m, t = toeslag	wind			golfberekening	golfploopberekening	NAP-daling	zettingen
			snelheid	strijklengte	richting				
Wieringen en Amsteldiepdiijk	$\Delta+0,15$ $\Delta+0,15$ $-\cos \Delta\phi$	$s = 0,10$ $t = 0$	30 m/s 30 m/s	-	300^0 $300^0 + \Delta\phi$	$\log H_s = 0,835 \log d - 0,149$	$z = 8 H_s \tan \alpha_{aeq} (\cos \beta - \frac{B}{L})(1 - \frac{B}{L})^{-1}$	0,20	n.t.b.
Havendijk Den Helder	Δ	$t = 0,15 \text{ à } 0,35$	35 m/s	Noordzee lokaal	300^0	diffractionberekening + Bretschneider	$z = 0,7 H_s$ (strijkgolfhypothese)	0,20	-
Helderse zeewering Oost	Δ	$s = 0,30$ $t = 0,10$	35 m/s	Noordzee	300^0	refractieberekening ($H_0 = 8$ m, $\bar{T} = 12$ s) en additionele groei	$z = 8 H_s \tan_{aeq} \cos(\beta - 10^0)$	0,20	0,05 à 0,80
Helderse zeewering West	Δ	$s = 0,30$ $t = 0,10$	35 m/s	Noordzee	300^0	$H_s = 0,78 d$ + additionele groei volgens Groen & Dorrestein	$z = 8 H_s \tan \alpha (\cos \beta - \frac{B}{L})$	0,20	0
Pettemer en Hondsbossche zeewering	Δ	-	30 m/s	Noordzee	-	$H_s = 7$ m, $\bar{T} = 12$ s	$z =$ uit model	-	-
idem, (Nieuw)	Δ	$s = 0,50$ $t = 0,15$	-	-	-	$H_s = 0,6 d$	$z = 8 H_s \tan \alpha_{aeq} (\cos \beta - \frac{B}{L})$	0,20	n.t.b.
Katwijk	Δ	$s=0,50$ $t=0,20$ $o=0,25$ $t=0,10$	-	-	-	$H_s = 0,4 d$	$z = 8 r H_s \tan \alpha$ $r = 0,9$	0,20	-
Scheveningen	Δ	$s = 0,50$ $t = 0,30$	-	-	-	$H_s = 0,5 d$	$z = 8 H_s \tan \alpha$	0,20	0,50
Brielse Maas (open)	Δ	$s = t = 0,50$	-	-	-	($H_s = 0$)	$z = 0$	-	-
idem (gesloten)	Δ $\Delta-0,50$	$s=t=0,50$ $o=t=0,20$	-	-	NW W	$H_s = 1$ m $H_s = 1,5$ m	$z = 2 H_s$ $z = 2 H_s$	- -	- -
idem (Nieuw)	Δ	$s=t=0,50$ $o=t=0,20$	-	-	-	($H_s = 0$)	($z = 0$)	0,20	0,50
Hartelkanaal	Δ	$s=t=0,30$ $o=t=1,00$	-	-	-	$H_s = 0,25$ m	$z = 8 H_s \tan \alpha \cos \beta$	0,20	0,50
Brouwersdam	Δ	-	-	-	-	$H_0 = 7$ m $\bar{T} = 12$ s;	-	-	-
Westerschelde	Δ $\Delta - \cos \Delta\phi s$	Δ Δ	31 m/s 31 m/s	Noordzee/ lokaal Noordzee/ lokaal	320^0 $320^0 + \Delta\phi$	H_s : Bretschneider/Miche L : WL/Bretschneider	$z = 8 r H_s \tan \alpha [\cos(\beta - 10^0) - \frac{B}{L}]$ $\frac{B}{L} \leq 0,25$ òf $z = C_{(\epsilon)} \bar{T} \sqrt{g H_s} \cdot \tan \alpha$ voor $d < 6$ m: $z' = z + \Delta d$	0,50	

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen werd door de Minister van Verkeer en Waterstaat ingesteld.

De commissie adviseert de minister omtrent alle technisch-wetenschappelijke aspecten die van belang kunnen zijn voor een doelmatige constructie en het onderhoud van waterkeringen, dan wel voor de veiligheid van door waterkeringen beschermde gebieden.

**Met vragen omtrent het werk van de TAW kan men zich wenden tot het werkorgaan van de commissie, ondergebracht bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat.
Postbus 5044, 2600 GA Delft,
tel. 015-699440.**

