

# Memo



Aan  
Expertise Netwerk Waterveiligheid

Kopie aan  
R. Joosten, G.Ph. van Vledder, D. de Bake

Van	Doorkiesnummer	E-mail
E. Meisner	06-11377677	e.meisner@hhnk.nl
Onderwerp	Registratienummer	26 mei 2011
Semi-probabilistische rekenmethode voor dijkversterking Den Oever		

## Inleiding/probleemstelling

HHNK heeft het beheer over de Havendijk in Den Oever, een primaire waterkering, onderdeel van dijkkring 12, grenzend aan de westelijke Waddenzee. Over een lengte van circa 850 meter (tussen km 25.6 en km 26.5) moet deze kering worden versterkt om te voldoen aan de wettelijke veiligheidsnorm van 1/4000 per jaar. Kenmerkend voor dit dijkvak is de ligging aan een buitendijkse haven en de aanwezigheid van een stelsel van dammen en golfbrekers voor de kust. Om de Havendijk te laten voldoen aan de wettelijke veiligheidsnorm zoekt HHNK naar oplossingen die, naast een verhoging van de dijk, bestaan uit aanpassingen aan het stelsel van dammen, die de golfbelasting op de Havendijk moeten reduceren. Door het grote aantal dammen, zijn er vele mogelijke varianten die beoordeeld moeten worden.

Arcadis/Alkyon heeft in 2010 berekeningen gemaakt van de benodigde kruinhoogte van de dijk, op basis van een deterministische aanpak. Daarbij zijn golfberekeningen gemaakt voor verschillende windrichtingen, bij een vaste, omni-directionele waterstand. Deze berekeningen leidden tot de weinig realistische uitkomst dat de maatgevende condities optreden bij NO-wind (30°), waar de verwachting was dat dat NW-wind zou zijn. Dit resultaat bleek voornamelijk veroorzaakt te worden door de toepassing van een vaste waterstand voor alle windrichtingen.

De beschikbare, meer waterstandsafhankelijke golfdatabase RAND2001 is voor Den Oever niet goed toepasbaar, doordat hierin geen rekening is gehouden met de complexe transformatie van de golven over het dammenstelsel.

Een volledig probabilistische rekenmethodiek (Hydra-K), waarmee golfgegevens tot aan de teen van de dijk kunnen worden berekend is voor De Oever ook nog niet beschikbaar. Naar verwachting zullen eind 2011 de HR2011 worden opgeleverd, waarmee golfgegevens beschikbaar komen tot net buiten de haven. De transformatie tot aan de teen van de dijk zal dan alsnog apart berekend moeten worden.

## Gevolgde systematiek

Omdat de toepassing van de deterministische rekenmethodiek leidt tot onrealistische resultaten, de RAND2001 database niet toepasbaar is en een volledig probabilistische dataset nog niet

Hogheemraadschap	T 0299-66 30 00
Hollands Noorderkwartier	F 0299-66 33 33
Postbus 130, 1135 ZK Edam	info@hhnk.nl
Schepenmakersdijk 16, 1135 AG Edam	www.hhnk.nl

beschikbaar is, is voor Den Oever een semi-probabilistische rekenmethode ontwikkeld. Hierin zijn met SWAN golfberekeningen uitgevoerd voor richtingsafhankelijke waterstanden, horend bij een terugkeerperiode van 4000 jaar. De benodigde dijkhoogte is vervolgens met PC-Overslag berekend zodat de maatgevende windrichting bepaald kan worden. In de memo "Hoogwaterkering Den Oever - Vergelijking statistische methoden ter bepaling benodigde kruinhoogten" (Van Vledder et al, 03-03-2011) wordt deze methode nader toegelicht.

In essentie wordt met Hydra-K en met PC-Overslag hetzelfde gedaan, namelijk het bepalen van de minimum kruinhoogte van een dijk. De rekenroutines voor golfoploop zijn in beide programma's ook vergelijkbaar. Hydra-K genereert uit een database met een grote hoeveelheid combinaties van windsnelheden, waterstanden en golfparameters de meest waarschijnlijke combinatie die zorgt voor de grootste benodigde dijkhoogte. Voor PC-Overslag is voor dezelfde bepaling een discrete set van een gegeven waterstand en bijbehorende golfparameters nodig als invoer.

Voor de berekeningen aan de Havendijk Den Oever zijn hydraulische randvoorwaarden nodig aan de teen van de dijk. Hiertoe zijn met behulp van SWAN de golftransmissie over de havendammen en de lokale golfgroei in de haven berekend. De onderzoeksopgave is: het bepalen van de effecten van de aanwezigheid en eventuele aanpassing van de 16 havendammen op de benodigde hoogte van de Havendijk. Hiertoe moeten ruim 100 deelvarianten doorgerekend worden. Om de database van Hydra-K te kunnen vullen zou een volledige doorrekening met SWAN van alle mogelijke combinaties van waterstand en golfparameters bij iedere onderscheiden windrichting nodig zijn. Dat is erg rekenintensief. Voor iedere te onderzoeken deelvariant in de constellatie van havendammen zou deze SWAN rekensessie opnieuw nodig zijn.

De semi-probabilistische methode vergt aanzienlijk minder rekeninspanning. Bij deze methode is gekozen voor een vaste relatie tussen waterstand en golfparameters (windsnelheid) per windrichting, bij de gegeven kans van voorkomen (hier 1/4000). Hierdoor is per te onderzoeken deelvariant in de dammenconstellatie een enkelvoudige SWAN berekening per relevante windrichting nodig. De effecten van iets meer wind en iets lagere waterstand, of net andersom, worden hiermee niet zichtbaar. In statistische zin zijn dat de bijdragen van andere belastingcombinaties dan behorend bij de 1/4000 conditie. Uit een analyse van de verschillen tussen onafhankelijk van elkaar uitgevoerde berekeningen voor een hypothetische dijk met Hydra-K en de semi-probabilistische aanpak is echter duidelijk geworden dat, in deze specifieke situatie bij de hier relevante windrichtingen, de resulterende kruinhoogten nagenoeg aan elkaar gelijk zijn.

Kortom, voor het beoogde doel en in de gegeven situatie is de toepassing van de semi-probabilistische aanpak aanzienlijk efficiënter dan het gebruik van het probabilistische model Hydra-K, zonder dat dit geweld doet aan de gewenste precisie. De resultaten van de vergelijking tussen beide methoden geeft het vertrouwen dat de semi-probabilistische methode voor de situatie in Den Oever een goed toepasbaar alternatief is voor Hydra-K. In feite combineert de semi-probabilistische methode de voordelen van een deterministische methode (weinig rekeninspanning) met die van een probabilistische methode (realistische aannames)

Wanneer de formele HR2011 beschikbaar zijn, zal met een volledig probabilistische berekening nog een cross-check worden uitgevoerd op de resultaten met de semi-probabilistische berekening voor de voorkeursoplossing.

Uit de berekeningen met de semi-probabilistische methode blijkt dat de maatgevende windrichting de realistische waarde van 330° heeft (NW-wind).

De toepassing van de semi-probabilistische methode leidt tot minder ingrijpende dijkversterkingsmaatregelen dan de toepassing van de deterministische methode, wat positieve gevolgen heeft voor de inpassing in de omgeving en de kosten van de oplossingsrichtingen.

**Gevraagd advies**

Aan het Expertise Netwerk Waterveiligheid wordt het volgende gevraagd:

Is, gelet op de overige beschikbare en nog beschikbaar te stellen ontwerprandvoorwaarden voor de westelijke Waddenzee, naar de mening van het ENW de in bijgaande memo beschreven semi-probabilistische rekenmethode geschikt voor de bepaling van de benodigde kruinhoogte van de Havendijk van Den Oever?