

Opdrachtgever:

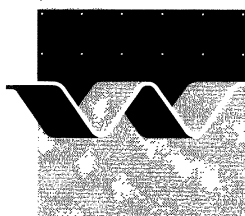
Rijkswaterstaat RIZA



Bruikbaarheid hydraulische  
randvoorwaarden Markermeer

ARBEIDSGOED

Verslag

juni 1999

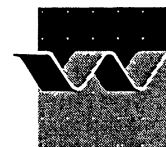


	WVW postbus 177 - 2600 MH Delft waterlooploop bij laboratorium/WVW
BB 67852	
VWL H 3566	
EXPL	 R0006654

## Bruikbaarheid hydraulische randvoorwaarden Markermeer

Verslag

juni 1999



OPDRACHTGEVER: Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, RIZA

TITEL: Bruikbaarheid hydraulische randvoorwaarden Markermeer

SAMENVATTING:

In de jaren 1997 en 1998 is door WL | DELFT HYDRAULICS in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde een studie uitgevoerd met als doel het aandragen van technische en bestuurlijk-juridische argumenten ter onderbouwing van de beslissing of het Markermeer wel of niet als 'buitenwater' moet worden opgenomen in de Wet op de Waterkering (verder genoemd: de Markermeerstudie).

Deze studie heeft ook informatie opgeleverd over de hydraulische randvoorwaarden langs Markermeer en de randmeren. Aangezien er met name bij het genereren van de windvelden in deze studie een andere aanpak is gevolgd dan voor het IJsselmeer zijn de consequenties hiervan nagegaan.

Er wordt geconcludeerd dat de voor het Markermeer gegenereerde windvelden in de belangrijke aanlandige stormsituaties in overeenstemming zijn met die voor het IJsselmeer. De hiermee berekende hydraulische randvoorwaarden zijn derhalve direct bruikbaar voor ontwerp en toetsing van de waterkeringen rond Markermeer en de randmeren.

REFERENTIES: Opdrachtbon no. 33412 / WSH

REV.	AUTEUR	DATUM	OPMERKINGEN	REVIEW	GOEDKEURING
1	ir. F. den Heijer	juni 1999		ir. A. Bijlsma	ir. W.M.K. Tilmans
	ir. I.B.M. Lammers			dr.ir. M. Kok	
2	ir. F. den Heijer	<i>ADH</i> juni 1999		ir. A. Bijlsma	<i>WSP</i> ir. W.M.K. Tilmans <i>hf</i>
	ir. I.B.M. Lammers	<i>l</i>		dr.ir. M. Kok	<i>llh</i>
TREFWOORDEN			INHOUD		STATUS
Veiligheid, waterkeringen, windvelden			TEKST:	8	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG
			TABELLEN:		<input type="checkbox"/> CONCEPT
			FIGUREN:		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF
			APPENDICES		
PROJECTNUMMER: H3566					

# Inhoud

## Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Windvelden.....</b>	<b>2</b>
2.1	Inleiding.....	2
2.2	De methoden voor het genereren van windvelden .....	2
2.3	Overeenkomsten en verschillen tussen methode 2 en 4 .....	4
2.4	Effecten op de hydraulische randvoorwaarden.....	6
<b>3</b>	<b>Motivatie keuze en conclusies .....</b>	<b>7</b>

## Referenties

## Samenvatting

In de jaren 1997 en 1998 is door WL | DELFT HYDRAULICS in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde een studie uitgevoerd met als doel het aandragen van technische en bestuurlijk-juridische argumenten ter onderbouwing van de beslissing of het Markermeer wel of niet als ‘buitenwater’ moet worden opgenomen in de Wet op de Waterkering (verder genoemd: de Markermeerstudie). Deze studie heeft ook informatie opgeleverd over de hydraulische randvoorwaarden langs Markermeer en de randmeren.

Rijkswaterstaat RIZA heeft aan HKV LJN IN WATER gevraagd een second opinion uit te voeren over de bruikbaarheid van deze hydraulische randvoorwaarden voor het toetsen en ontwerpen van de waterkeringen. Na de second opinion resteerde nog een onduidelijkheid over de door WL gebruikte methode voor het genereren van de windvelden. Er zijn hiervoor voor Markermeer en IJsselmeer andere methoden gebruikt. In voorliggend rapport wordt aangegeven dat het genereren van de windvelden *methodisch* inderdaad afwijkt van de werkwijze bij het IJsselmeer, maar in het grootste gedeelte van het Markermeer *numeriek* niet. Alleen in de randmeren verschillen de windvelden ook numeriek ten opzichte van het open water, maar daar is dit het gevolg van een verhoogde terreinruwheid, en is een verschil dus terecht.

In aanvulling op (HKV LJN IN WATER, 1999) wordt geconcludeerd dat ook de voor het Markermeer gegenereerde windvelden in de belangrijke aanlandige stormsituaties in overeenstemming zijn met die voor het IJsselmeer. De hiermee berekende hydraulische randvoorwaarden zijn derhalve direct bruikbaar voor ontwerp en toetsing van de waterkeringen rond Markermeer en de randmeren.

# I Inleiding

In de jaren 1997 en 1998 is door WL | DELFT HYDRAULICS in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde een studie uitgevoerd met als doel het aandragen van technische en bestuurlijk-juridische argumenten ter onderbouwing van de beslissing of het Markermeer wel of niet als 'buitenwater' moet worden opgenomen in de Wet op de Waterkering (verder genoemd: de Markermeerstudie). De methode voor het genereren van technische argumenten is gebaseerd op een vergelijking van het IJsselmeer (wel 'buitenwater') en het Markermeer als gevarenbronnen.

Bij het uitvoeren van de studie is reeds door RIZA kenbaar gemaakt dat de technische informatie (gegenereerde (tussen)resultaten, modellen, etc.) indien mogelijk direct gebruikt zou moeten kunnen worden voor de toetsing en het ontwerp van de waterkeringen, wanneer het Markermeer als 'buitenwater' zou worden aangewezen.

Na afloop van de studie heeft RIZA aan HKV LIJN IN WATER gevraagd een second opinion te geven over de *directe* bruikbaarheid van deze technische informatie voor het toetsen en ontwerpen van de waterkeringen langs het Markermeer. Deze informatie betrof hierbij met name de resultaten van de berekeningen van de waterstanden en golven. HKV heeft de bevindingen gegeven in (HKV LIJN IN WATER, 1999). Er is gekeken naar de fysische modellering van de waterbeweging, de wind, en naar het aantal combinaties van meerpeil en wind in HYDRA\_M. Bij de methode voor het genereren van de windvelden werd nader onderzoek aanbevolen naar de invloed ervan op de hydraulische randvoorwaarden. Verder werd alle informatie direct bruikbaar geacht.

Naar aanleiding hiervan heeft RIZA aan WL gevraagd een reactie op het rapport van HKV op te stellen (bij opdrachtbon nr. 33234 d.d. 25 mei 1999). WL heeft deze reactie bij brief MCI04392/H3566/FdH/im in een notitie vastgelegd. Op 4 juni 1999 heeft overleg plaatsgevonden tussen RIZA, HKV en WL, waarop duidelijk werd dat het genereren van de windvelden *methodisch* inderdaad afwijkt van de werkwijze bij het IJsselmeer, maar *numeriek* grotendeels niet. De slotconclusie van het overleg was dat de resultaten van de Markermeerstudie direct toepasbaar zijn voor het toetsen en ontwerpen van de waterkeringen rond het Markermeer.

Vervolgens heeft RIZA aan WL en HKV gevraagd gezamenlijk een rapport op te stellen waarin de bevindingen over de windvelden worden verwoord, en waarin de conclusie over de bruikbaarheid van de hydraulische randvoorwaarden wordt bevestigd (bij opdrachtbon nr. 33412 d.d. 11-6-1999). In voorliggend rapport wordt eerst kort ingegaan op diverse methoden voor het genereren van de windvelden, op de inhoudelijke overeenkomsten en verschillen tussen de windvelden in de IJsselmeerstudie en die in de Markermeerstudie en het effect ervan op de hydraulische randvoorwaarden. Daarna wordt de motivatie gegeven van de methode die gebruikt is in de Markermeerstudie. Tenslotte worden de conclusies gegeven.

## 2 Windvelden

### 2.1 Inleiding

Om de hydraulische randvoorwaarden voor het Markermeergebied te berekenen dienen windvelden te worden bepaald. Er zijn verschillende methoden om deze windvelden te genereren. In (WL|DELFT HYDRAULICS, 1997) is een methode gepresenteerd om de windvelden te genereren voor het Markermeergebied (methode 4). Deze methode is gebaseerd op twee andere methoden, die al eerder onderzocht waren: de methode die destijds is ontwikkeld door Van Agthoven voor het IJsselmeer (RIZA, 1997, methode 2) en de methode ontwikkeld door Kruitwagen voor het Markermeer (RIZA, 1993, methode 3). De drie methoden leveren alle verschillende ruimtelijk variërende windvelden.

Voor het genereren van ruimtelijk variërende windvelden moeten keuzen worden gemaakt op de volgende punten:

- de windstatistiek
- de globale stormkarakteristieken (schematisatie van het overkomen van een depressie tot één standaardstorm met de eigenschappen vorm, duur en richtingsverandering)
- de uitgangspunten en de methode voor de opbouw van het ruimtelijk windveld

Deze punten worden in de volgende paragraaf per methode beschreven. Verder is het van belang na te gaan waarom er voor verschillende methoden voor het genereren van de windvelden is gekozen (paragraaf 2.3), hoe groot de verschillen ongeveer zijn, en hoe sterk deze verschillen doorwerken op de hydraulische randvoorwaarden (paragraaf 2.4).

### 2.2 De methoden voor het genereren van windvelden

In deze paragraaf worden drie methoden voor het genereren van windvelden kort beschreven. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar de rapporten (WL|DELFT HYDRAULICS, 1997) en (HKV LIN IN WATER, 1999). Per methode worden de 3 in paragraaf 2.1 genoemde keuzen ten aanzien van de windvelden aangegeven.

#### *Methode 2: IJsselmeer 1997*

Er is gebruik gemaakt van de windstatistiek te Schiphol uit (KNMI, 1983).

Er is een trapeziumvormig stormprofiel aangenomen. Voor de duur van de voorflank is 9 uur aangenomen. Voor de duur dat de maximale windsnelheid aanhoudt is 2 uur aangenomen. Overall is dan de maximale waterstand bereikt.

Voor het bepalen van de ruimtelijke variatie van het windveld is uitgegaan van windstatistieken in (KNMI, 1983) op verschillende locaties rond het IJsselmeer. Er is uitgegaan van de veronderstelling dat tijdens een zeer zware storm overall rond het meer een windsnelheid optreedt met eenzelfde herhalingsstijd. Uit een potentiële windsnelheid te Schiphol is op deze wijze een bijbehorende potentiële windsnelheid voor een achttal locaties rond het IJsselmeer bepaald. Er zijn zo windsnelheidsverschillen over het

IJsselmeer gevonden van enkele meters per seconde. Deze invloed is in (WL|DELFT HYDRAULICS, 1997) benoemd als het 'grootschalig ruwheidseffect'. Dit is het effect dat de potentiële windsnelheden in het binnenland kleiner zijn dan aan zee. De potentiële windsnelheid is een (fictieve) windsnelheid die geldt op 10 meter hoogte boven land met een standaardruwheid. Op basis van bovenstaande uitgangspunten wordt voor de acht locaties rond het IJsselmeer de potentiële windsnelheid vertaald naar de werkelijke windsnelheid op 10 meter boven het water middels de 'openwatertransformatie'. Dit is een transformatie waarbij in rekening wordt gebracht dat boven open water de werkelijke windsnelheid groter is dan de potentiële windsnelheid. Tenslotte worden via interpolatie de windsnelheden bepaald voor de roosterpunten van WAQUA/HISWA.

#### *Methode 3: Markermeer 1993*

Er is gebruik gemaakt van de windstatistiek te Schiphol uit (KNMI, 1983).

Er is een trapeziumvormig stormprofiel aangenomen. Voor de duur van de voorflank is 9 uur aangenomen. Voor de duur dat de maximale windsnelheid aanhoudt is 10 uur aangenomen. Overal, - ook in de randmeren - is dan de maximale waterstand bereikt.

Voor het bepalen van de ruimtelijke variatie van het windveld is uitgegaan van de in (KNMI, 1983) aangegeven methode om de terreinruwheidsverschillen in het Markermeergebied in rekening te brengen. De invloed van terreinruwheidsverschillen is in (WL|DELFT HYDRAULICS, 1997) benoemd als het 'kleinschalig ruwheidseffect'. Uit de potentiële windsnelheid te Schiphol wordt met behulp van de mesoruwheid (een maat voor de terreinweerstand die de wind op 60 m hoogte ondervindt) de macrowind (wind op veel grotere hoogte) afgeleid. Deze macrowind is onafhankelijk van de lokale gebiedsruweden en aangenomen wordt dat deze macrowind geldig is voor het hele Markermeergebied. Vervolgens wordt deze wind terugvertaald naar de potentiële wind op de punten van het mesoruwheidsrooster van het Markermeergebied. Uit de potentiële wind wordt net als in methode 2 de werkelijke wind bepaald en deze worden geïnterpoleerd om de wind voor de roosterpunten van WAQUA/HISWA te bepalen.

#### *Methode 4: Markermeer 1997.*

Er is gebruik gemaakt van de windstatistiek te Schiphol uit (KNMI, 1983).

Er is een trapeziumvormig stormprofiel aangenomen. Voor de duur van de voorflank is 9 uur aangenomen. Voor de duur dat de maximale windsnelheid aanhoudt is 4 uur aangenomen. Overal, - behalve in de randmeren - is dan de maximale waterstand bereikt.

Voor het bepalen van de ruimtelijke variatie van het windveld is een combinatie van methoden 2 en 3 toegepast. Net als in methode 2 wordt uit de potentiële windsnelheid van Schiphol, via de statistieken uit (KNMI, 1983) van vier andere locaties rond het Markermeer, de potentiële windsnelheid op deze locaties bepaald. Vervolgens wordt net als in methode 3 voor deze vier locaties de macrowind afgeleid. Op basis van de macrowind wordt met behulp van bilineaire interpolatie de macrowind voor de punten op het mesoruwheidsrooster bepaald. Vervolgens wordt deze wind terugvertaald naar de potentiële wind op de punten van het mesoruwheidsrooster van het Markermeergebied. Uit de potentiële wind wordt net als in methode 2 de werkelijke wind bepaald en deze worden geïnterpoleerd om de wind voor de roosterpunten van WAQUA/HISWA te bepalen.



## 2.3 Overeenkomsten en verschillen tussen methode 2 en 4

De belangrijkste inhoudelijke verschillen en overeenkomsten in de aanpak van de windvelden zijn in de onderstaande tabel samengevat:

	IJsselmeer (1997)	Markermeer (1997)
Windstatistiek	Schiphol	
Grootschalig ruwheidseffect	Maximale windsnelheid tijdens storm overal in het gebied relatief even zwaar (in termen van overschrijdingskans per jaar)	
Kleinschalig ruwheidseffect (Invloed landpartijen op windsnelheid en -richting)	Nihil. Niet meegenomen	Lokaal groot (Gooi- en Eemmeer en Nijkerkernauw). Zodanig meegenomen dat het alleen op die lokaties effect heeft)
Duur voorflank	9 uur	
Duur stormtop	2 uur (overal waterstandsmaximum bereikt)	4 uur (bij Nijkerk waterstands-maximum nog niet bereikt)

Tabel 1 Verschillen en overeenkomsten aanpak windvelden IJsselmeer- en Markermeerstudie.

Uit bovenstaande tabel wordt duidelijk dat de aanpak tussen IJsselmeer en Markermeer verschilt. De keuze voor een afwijkende methode is niet nieuw. In (RIZA, 1993) over de achtergronden van de rekenmethodiek voor het Markermeer is reeds geconstateerd dat deze methode in het Gooi- en Eemmeer en in het Nijkerkernauw veel betere resultaten opleverde. Wanneer in deze lange smalle waterlopen de windsnelheid niet werd gereduceerd, en de windrichting niet werd bijgesteld, ontstonden irreëel hoge waterstanden. Het aanpassen van windvelden aan gebiedseigenschappen past binnen het veiligheidsconcept zoals dat ook voor het IJsselmeer is toegepast. In het IJsselmeer gaven de gebiedseigenschappen geen aanleiding de windvelden lokaal aan te passen.

Het is belangrijk aan te geven dat op de locaties waar landpartijen geen invloed hebben, er feitelijk alleen een methodisch en geen numeriek verschil is tussen Markermeer en IJsselmeer. In methode 2 en 4 worden allereerst de potentiële windsnelheden op vier hoekpunten afgeleid uit het Rijkoort-Weibullmodel uit (KNMI, 1983) op basis van de potentiële wind op Schiphol. Om de wind voor de overige punten te bepalen past methode 2 een 'openwater-transformatie' toe op de vier punten en vervolgens vindt interpolatie plaats voor de overige windpunten. In methode 4 wordt eerst voor de vier hoekpunten de macrowind bepaald met een mesoruwheid van open water 0.0002 meter. Vervolgens wordt de macrowind geïnterpoleerd voor de punten in het mesoruwheidsrooster en hieruit wordt dan de mesowindsnelheid en de potentiële windsnelheid bepaald. Hierbij wordt de werkelijke bovenwindse mesoruwheid gebruikt. Dit heeft tot gevolg dat voor landpunten de potentiële wind lager uitkomt dan volgens methode 2. Voor de open-waterpunten is de potentiële wind hetzelfde als in methode 2 berekend zou zijn. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een aantal voorbeelden.

**Voorbeeld Methode 2**

Stel de potentiële wind op de vier hoekpunten rond het Markermeer is 10 m/s (afgeleid van Schiphol en het Rijkoort-Weibull model, methode 2). De potentiële wind op de roosterpunten in het Markermeergebied zijn dan een interpolatie van de potentiële windsnelheden op de vier hoeken. In dit geval wordt de potentiële wind voor alle windroosterpunten 10 m/s. (De werkelijke wind wordt berekend met behulp van de zogenaamde ‘openwatertransformatie’.)

**Voorbeeld Methode 4**

Stel de potentiële wind op de hoekpunten rond het Markermeer is 10 m/s (afgeleid van Schiphol en het Rijkoort-Weibull model, methode 2). De bijbehorende mesowind is dan (per definitie)  $1.31 * 10 = 13.1$  m/s. Dan wordt de bijbehorende macrowind met een mesoruwheid van 0.0002 m berekend. Deze wordt gelijk aan 16 m/s.

Stel dat de bovenwindse ruwheid voor de landpunten gelijk is aan 0.15 meter (dit is een relatief hoge landruwheid), dan wordt de bijbehorende mesowind 10.5 m/s. De potentiële wind wordt dan 8.0 m/s. Dit is dus 20% lager dan de oorspronkelijke heersende potentiële wind van 10 m/s. Hetzelfde percentage treedt op bij andere windsnelheden.

Voor open-waterpunten met een mesoruwheid van 0.0002 meter wordt de mesowind 13.1 m/s en de potentiële wind 10 m/s. Deze is *dus* gelijk aan de vanuit de vier hoekpunten geïnterpoleerde originele potentiële wind, en heeft daarmee dezelfde waarde als die welke met methode 2 verkregen zou zijn.

Uit de rekenvoorbeelden blijkt dat de potentiële windsnelheid met methode 4 voor de (land)punten met een ruwheid van 0.15 m ongeveer 20% lager uitkomt dan met methode 2. Voor de (openwater)punten met een mesoruwheid van 0.0002 m levert methode 4 dezelfde resultaten als methode 2. Het ruimtelijk windveld boven het Markermeergebied voor de openwaterpunten, die alle een mesoruwheid hebben van 0.0002 m, is dus hetzelfde voor methode 4 als voor methode 2. Dit geldt ook voor punten boven land, wanneer de wind vanaf het water komt (de ‘aanlandige’ windrichtingen). Voor de landpunten (de ‘aflandige’ windrichtingen) of punten in het gebied van de randmeren is de mesoruwheid veelal groter dan 0.0002 m en is de windsnelheid ongeveer 20 % lager dan die voor methode 2 (en lokaal zelfs meer).

## 2.4 Effecten op de hydraulische randvoorwaarden

De kruinhoogte is de som van het meerpeil, de opwaaiing en de golfoploop. Het meerpeil is veelal van minder groot belang voor de kruinhoogte en wordt hier verder buiten beschouwing gelaten.

Als de wind aanlandig is met voldoende strijklengte, (bijvoorbeeld noordwestenwind op de Oostvaardersdijk van Flevoland), zal de opwaaiing en de golfoploop met name bepaald worden door de wind op de openwaterpunten. De kruinhoogte met methode 4 zal dan nauwelijks verschillen van de kruinhoogte met methode 2.

Als de wind aflandig is (bijvoorbeeld westenwind bij Volendam) dan zal er afwaaiing zijn en de golfoploop zal nihil zijn. Hoewel de windsnelheden in dit geval bij methode 4 bepaald zijn door wind op de landpunten, en dus ongeveer 20% lager zijn dan bij methode 2, zal de benodigde kruinhoogte niet door deze gevallen worden bepaald.

De benodigde kruinhoogte zal voor Volendam bepaald worden door wind vanaf het Markermeer (aanlandige wind), omdat dan de opwaaiing en golfoverslag het grootste zijn. Voor Volendam zal de maatgevende kruinhoogte met methode 4 dus ook nauwelijks verschillen van de maatgevende kruinhoogte met methode 2.

Het bovenstaande betekent dat voor het westen, zuiden en oosten van het Markermeer de benodigde kruinhoogten met methode 2 en 4 nagenoeg gelijk zijn. Voor de noordzijde van het Markermeer zou het nog iets anders kunnen liggen. Als de wind aanlandig is met beperkte strijklengte (bijvoorbeeld westenwind bij de Hoornse Kop) dan wordt de opwaaiing en de golfoverslag ten dele door wind op de landpunten en ten dele door wind op de openwaterpunten bepaald. Echter het is uit de Markermeerstudie gebleken dat de kruinhoogten ook hier worden bepaald door een aanlandige wind uit zuidoost tot zuidzuidwest en dan wordt de opwaaiing en de oploop ook door wind op de openwaterpunten bepaald.

Rest nu nog het randmerengebied. Hier bevinden zich met name landpunten en zal het windveld dus ongeveer 20 % lager zijn dan bij methode 2. Echter zoals eerder is aangegeven, volgt dit logisch uit gebiedseigenschappen die in de randmeren wel, en in het IJsselmeer niet voorkomen. De windvelden behoeven hier dus niet overeen te komen met die uit methode 2.

In aanvulling op (HKV LJN IN WATER, 1999) kan dus worden geconcludeerd dat ook de windvelden op het Markermeer in de belangrijke aanlandige stormsituaties in overeenstemming zijn met methode 2. De windvelden ter plaatse van de randmeren verschillen terecht van die volgens methode 2. De hiermee berekende hydraulische randvoorwaarden zijn derhalve direct bruikbaar voor ontwerp en toetsing van de waterkeringen rond Markermeer en de randmeren.

### 3 Motivatie keuze en conclusies

Er zijn diverse argumenten die een rol hebben gespeeld bij de keuze om de windvelden voor het Markermeer af te leiden op basis van methode 4, terwijl voor het IJsselmeer voor methode 2 is gekozen.

Een belangrijke voorwaarde was dat er op een vergelijkbare wijze kruinhoogten worden bepaald voor IJsselmeer en Markermeer.

Er is met name bij de randmeren in het Markermeergebied echter een duidelijk verschil in gebiedseigenschappen ten opzichte van het IJsselmeergebied. Het randmerengebied is veel ruwer dan een openwatergebied, waardoor de windsnelheden kleiner zijn. Dit is eerder in (RIZA, 1993) al herkend, en hiervoor is destijds methode 3 ontwikkeld.

Daarnaast werd het noodzakelijk geacht om één methode te hebben voor zowel het Markermeer als de randmeren. Dan wordt een geleidelijke overgang, zonder discontinuïteiten verkregen, en wordt een expliciete keuze voor een overgang van de ene op de andere methode vermeden.

Methode 4 combineert de essentiële punten van de methoden 2 en 3, en levert daarmee het gewenste resultaat in de randmeren, en is tegelijkertijd voor de open watervlakte (dus voor de kruinhoogte bepalende stormsituaties) in numeriek opzicht gelijk aan methode 2.

Dit laatste argument is van doorslaggevende betekenis geweest. In aanvulling op het rapport (HKV LJN IN WATER, 1999) kan dus worden geconcludeerd dat ook de op basis van methode 4 gegenereerde windvelden voor het Markermeer in de belangrijke aanlandige stormsituaties in overeenstemming zijn met de in het IJsselmeer gebruikte methode 2.

De hiermee berekende hydraulische randvoorwaarden zijn derhalve direct bruikbaar voor ontwerp en toetsing van de waterkeringen rond Markermeer en de randmeren.

## Referenties

WL|DELFT HYDRAULICS, 1997. Onafhankelijk onderzoek Markermeer. Technisch inhoudelijke en integrerende studie. Verslag fase 1b-3. Stormprofiel en windvelden. Rapport H3211, Oktober 1997.

HKV LUN IN WATER, 1999. Kwaliteitsborging Markermeerstudie. Rapport PR215. Maart 1999.

KNMI, 1983. Windklimaat van Nederland. ISBN 90 12044669.

WL|DELFT HYDRAULICS, 1999. Windvelden Markermeer. Notitie bij brief MCI04392/H3566/FdH/im, juni 1999.

RIZA, 1993. Achtergronden en rekenmethodiek voor het Markermeer, Kruitwagen, 1993.

RIZA, 1997. Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied. Deel 3: Statistiek windklimaat IJsselmeergebied. Concept maart 1997.