

Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid



Project: DIJKBEKL
Rapport: RIKZ-97.046
Auteurs: J.H. Andorka Gal
J.C.M. de Jong
A.T. Kamsteeg
J.G. de Ronde

11 November 1997

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Samenvatting	3
1 Inleiding	4
2 SWAN	6
2.1 Inleiding.....	6
2.2 Functionaliteit en beperkingen van SWAN.....	6
3 SWAN toegepast op de Westerschelde	8
3.1 Inleiding.....	8
3.2 Geografische roosters	8
3.3 Bathymetrie	9
3.4 Randvoorwaarden	11
3.5 Modelinstellingen	12
3.6 Model correctie	13
4 Resultaten van de golfberekeningen op de Westerschelde	15
4.1 Gevolgde werkwijze	15
4.2 Voorbeeld.....	17
4.3 Resultaten van de berekeningen op het grove 100 m x 100 m rooster	25
4.4 Resultaten van de berekeningen op het fijne 20 m x 20 m rooster.....	26
4.5 Bijstelling van de eerder geleverde golfrandvoorwaarden ten behoefte van de eerste vier dijktrajecten (15 dijkvakken).	28
5 Conclusies	31
6 Literatuurlijst.....	32
7 Bijlagen	33

Samenvatting

Uit de eind 1996 in TAW verband verrichtte inventarisatie is gebleken dat de bekledingen van een groot aantal dijkvakken niet voldoen aan de daaraan te stellen normen. Door het projectbureau Zeeweringen is vervolgens aan het RIKZ gevraagd om nieuwe golfrandvoorwaarden te leveren voor de Westerschelde ten behoeve van het toetsen en eventueel ontwerpen van dijkbekledingen voor een ontwerp-frequentie van 1/4000 (gemiddeld één maal per 4000 jaar). In dit rapport staat beschreven op welke wijze de golfrandvoorwaarden voor 65 dijkvakken zijn bepaald. Voor de vier in 1997 uit te voeren dijktrajecten was al eerder, onder hoge tijdsdruk, door het RIKZ een set met golfrandvoorwaarden geleverd:

J.H. Andorka Gal en P. Roelse, 1997, Westerschelde golfmodellering en golfrandvoorwaarden voor de dijkvakken Borselepolder, Wilhelmus-/Kruispolder, Kleine Huissens-/Eendragtspolder en Hans van Kruiningenpolder (RIKZ\AB-96.868x, -97.801x, -96.869x, -97.832x en RIKZ/OS-97.110x)

De berekeningen zijn uitgevoerd met het volledig spectrale golfmodel SWAN. Voor een nauwkeurige bepaling van de golfrandvoorwaarden is het noodzakelijk om vooral vlak bij de dijk (ter plekke van het voorland) berekeningen uit te voeren met een voldoende kleine resolutie (fijn grid). Dit leidt tot een groot aantal detailberekeningen. Gekozen is om voor de gehele Westerschelde berekeningen uit te voeren op een grof (100 m rooster) en op dit rooster alle benodigde windrichting berekeningen uit te voeren. Voor de vele detailmodellen met een fijn grid (20 m rooster) is slechts voor één windrichting (soms meerdere) een berekening uitgevoerd. Alle berekeningen zijn verricht bij drie verschillende waterstanden (2, 4 en 6 m +NAP) om de grote invloed van de waterdiepte goed in rekening te kunnen brengen. Voor tussenliggende waterstanden mogen de resultaten lineair geïnterpoleerd worden.

In afwachting van de definitieve afregeling (gereed april 1998) zijn de modeluitkomsten aangepast aan de hand van een eerste toetsing in de Westerschelde. Volgens deze toetsing wordt in de Westerschelde de piekperiode te laag en de significante golfhoogte wat te hoog berekend. Besloten is om de SWAN uitkomsten voor de piekperiode te verhogen met 1 seconde terwijl die voor de significante golfhoogte onaangepast blijven.

Omdat de golfrandvoorwaarden eveneens voor het ontwerp gebruikt zullen worden is er rekening gehouden met eventuele toekomstige veranderingen in de bodemtopografie voor de komende 50 jaar. Dit is gerealiseerd doormiddel van een kunstmatige verlaging van platen en slikken van 0,5 meter (voor platen ten oosten van Ossensisse is een verlaging van 1 meter aangehouden).

De methodiek om van berekeningsresultaten te komen tot voor het ontwerp te gebruiken ontwerp-randvoorwaarden is door het RIKZ ontwikkeld en staat in dit rapport beschreven.

1 Inleiding

Door het projectbureau Zeeweringen is aan het RIKZ gevraagd om nieuwe golfrandvoorwaarden te leveren voor de Westerschelde ten behoeve van het toetsen en eventueel ontwerpen van dijkbekledingen voor een ontwerp-frequentie van 1/4000 (gemiddeld één maal per 4000 jaar). De bekleding van een dijk wordt aangevallen op verschillende niveaus, dit houdt in dat er golfrandvoorwaarden nodig zijn bij verschillende waterstanden. In deze gevallen is waterstand willekeurig en mag de 1/4000-ste belasting vertaald worden in een belasting behorende bij een 1/4000-ste wind situatie.

In het geval van een kruinhoogtebepaling heeft de hoogwaterstand een kans van voorkomen van 1/4000-ste en moet de "bijbehorende" golf- c.q. windrandvoorwaarde bepaald worden. Deze ligt meestal lager dan de 1/4000-ste golf- c.q. windrandvoorwaarde. Alleen via een probabilistische aanpak is te bepalen welke reductie mag worden toegepast. Deze reductie is afhankelijk van type randvoorwaarde, geografische situatie, faalmechanisme en constructie.

In eerste instantie is voor de eerste 4 dijktrajecten (15 dijkvakken) begonnen met het maken van berekeningen met het niet-spectrale HISWA model, terwijl als toets één berekening met het meer geavanceerde spectrale SWAN model werd gemaakt. Uit deze berekeningen bleken echter grote onderlinge verschillen ten aanzien van de golfhoogte tussen de beide modellen. Een snel uitgevoerde toetsing aan de hand van metingen in de Westerschelde voor drie tijdstippen [Lit. 3] leverde op dat het HISWA model in een aantal gevallen significant te lage golfhoogten gaf. Het SWAN model gaf aan de andere kant te hoge waarden voor de golfhoogte (zo'n 10 %).

Ten aanzien van de piekperiode kan gezegd worden dat het HISWA model deze niet geeft en dat de piekperiode alleen door middel van een omrekeningsfactor vanuit de gemiddelde golfperiode verkregen kan worden. Deze omrekeningsfactor is echter zeer gebiedsafhankelijk. De door het SWAN model geleverde piekperioden bleken volgens de toetsing aan de te lage kant. Gekozen is (zie paragraaf 3.6) om deze met één seconde te verhogen.

Hoewel het spectrale golfmodel SWAN nog vrij nieuw is en er zich nog mogelijk kinderziekten zullen voordoen is toch besloten om met dit model de golfberekeningen uit te voeren ten behoeve van de golfrandvoorwaarden. Belangrijke argumenten zijn hierbij de in een aantal gevallen gebleken significant te lage golfhoogten van het HISWA model en de slechte bepalingswijze van de piekperiode uit de door het HISWA model berekende gemiddelde golfperiode.

Voor een nauwkeurige bepaling van de golfrandvoorwaarden is het noodzakelijk om vooral vlak bij de dijk (ter plekke van het voorland) berekeningen uit te voeren met een voldoende kleine resolutie (fijn grid). Dit leidt tot een groot aantal detailberekeningen. Gekozen is om voor de gehele Westerschelde berekeningen uit te voeren op een grof (100 m rooster) en op dit rooster alle benodigde windrichting berekeningen uit te voeren. Voor de vele detailmodellen met een fijn grid (20 m rooster) is slechts voor één windrichting (soms meerdere) een berekening uitgevoerd. Alle berekeningen zijn verricht bij drie verschillende waterstanden (2, 4 en 6 m +NAP) om de grote invloed van de waterdiepte goed in rekening te kunnen brengen.

Alle berekeningen zijn in opdracht van het RIKZ verricht door ALKYON Hydraulic Consultancy & Research [Lit. 9]. Door het RIKZ zijn een aantal

controle berekeningen en gevoeligheidssommen verricht. Alle resultaten zijn op CD-ROM beschikbaar.

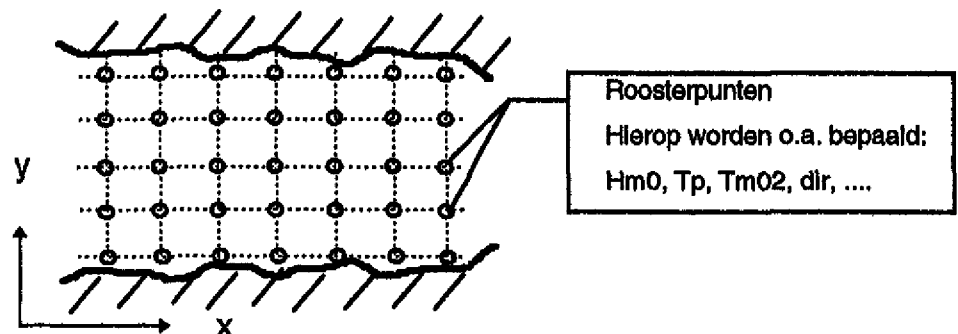
De methodiek om van berekeningsresultaten te komen tot voor het ontwerp te gebruiken ontwerpwaarden is door het RIKZ ontwikkeld en staat in dit rapport beschreven.

2 SWAN

2.1 Inleiding

SWAN is een wiskundig rekenmodel en staat voor Simulating Waves Nearshore. Het is ontwikkeld door de Technische Universiteit Delft [Lit. 4 en 5]. Het voorspelt op een tweedimensionaal rooster het golfveld (zie figuur 2.1). SWAN is een derde generatie golvenmodel en is gebaseerd op de actie balans vergelijking. Nieuw aan dit model is dat het volledig spectraal is in richting en frequentie. Het energiedichtheidsspectrum wordt berekend inclusief niet lineaire interacties. Dit maakt het model in staat realistische schattingen te berekenen van golfparameters voor kustgebieden, meren en estuaria bij gegeven wind-, bodem- en stromingscondities. De golfparameters worden berekend in het frequentiedomein, de belangrijkste zijn: de significante golfhoogte H_{m0} , de golfperiodes T_p en T_{m02} en de gemiddelde golfrichting. De gebruikte versie van het SWAN model is cycle 2 versie 30.51 (1997).

Figuur 2.1 Bovenaanzicht roostermodel 2-D golfveld



2.2 Functionaliteit en beperkingen van SWAN

De volgende golf voortplantingsprocessen zijn geïmplementeerd in het model:

- voortplanting in de geografische ruimte (x,y)
- refractie door bodem- en stromingsvariates
- shoaling door bodem- en stromingsvariates
- blocking en reflectie van golven door stroming

De volgende effecten van golfgroei en dissipatie zijn geïmplementeerd in het model:

- generatie van golfenergie door wind

- dissipatie van golfenergie door whitecapping (breken in diep water)
- dissipatie van golfenergie door diepte geïnduceerd breken van golven (breken in ondiep water)
- dissipatie van golfenergie door bodemwrijving
- herverdeling van golfenergie binnen het spectrum door niet lineaire golf-golfwisselwerkingen (quadruplets en triads)

DiffRACTIE is niet gemodelleerd in het model, dus het golfveld direct achter obstakels (zoals havenhoofden) wordt hierdoor niet juist of minder goed berekend.

Tot de modelinvoer van het model behoren:

- windveld (snelheid en richting)
- waterstandsveld (constant of variabel)
- stromingsveld (snelheid en richting)
- randvoorwaarden, H_m0 , T_p , spectrumvorm en golfrichting

Stroming wordt niet door het model berekend, dus golfgedreven set-up en golfgedreven stroming kunnen niet tezamen met golven berekend worden. Indien stroming van belang is worden stromingsvelden buiten het golvenmodel om berekend met een stromingsmodel (bijv. WAQUA) en later als externe randvoorwaarde aan het golvenmodel opgelegd.

In het uitgerekenende roosterveld is het mogelijk plaatselijk een verfijning aan te brengen van het rekenrooster. Dit zogenaamde nesten maakt het mogelijk gedetailleerder naar een interessegebied te kijken.

3 SWAN toegepast op de Westerschelde

3.1 Inleiding

In het zuidwesten van Nederland ligt het Westerschelde bekken. Dit is een complex gebied met banken en geulen die onder invloed staan van morfologische processen waardoor hun ligging en diepte continue aan verandering onderhevig zijn.

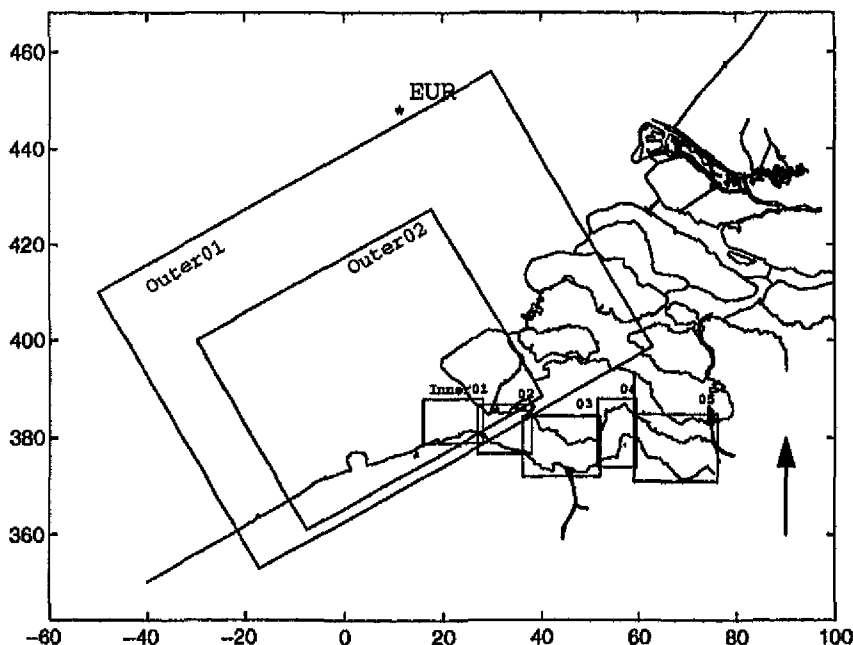
In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de opzet van het golfmodel. Hierbij wordt ingegaan op de gebruikte roosters (3.2), de bathymetrie (3.3), de randvoorwaarden (3.4), de modelinstellingen (3.5) en de model correctie (3.6).

3.2 Geografische roosters

Voor berekeningen met SWAN is het schelde bekken opgedeeld in verschillende deelgebieden. Het buitenste gebied heeft zijn offshore rand gelijk met de locatie van station Europlatform (EUR). Voor deze locatie is een relatief lange meetreeks beschikbaar. Door RIKZ is voor deze locatie de extreme waarden statistiek bepaald voor de golfhoogte H_s en de piekperiode T_p [Lit. 7 en Lit. 8].

Voor het buitengebied is een rooster gedefinieerd met een resolutie in geografische ruimte van 412,5 m x 500 m. Vanuit dit rooster worden golfrandvoorwaarden gegenereerd voor de monding van het Scheidebekken om met die golfrandvoorwaarden verder de golfcondities op de Westerschelde uit te kunnen rekenen. De Westerschelde zelf wordt volledig "berekend" op een 100m x 100m rooster (figuur 3.1).

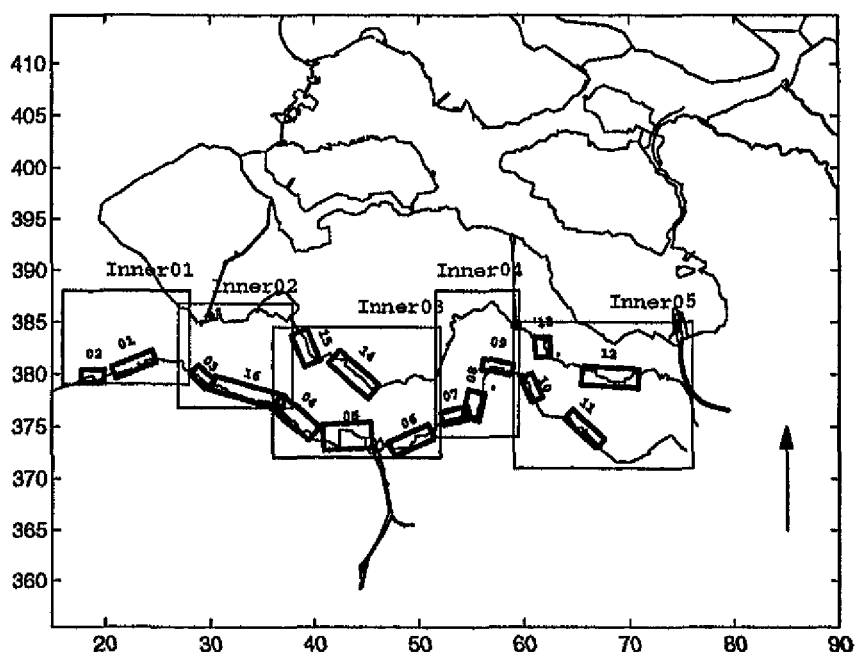
Figuur 3.1 grove roosters in de Westerschelde



Op locaties waar uitvoer gewenst is (de te berekenen dijkgebieden) wordt een fijner model (20m x 20m) gebruikt. De rekengridgroottes zijn gelijk gehouden aan de bodemgrid grootte. Testen met kleinere rekengridgroottes leverden geen verschil in resultaten. Deze detailgebieden worden gedraaid met randvoorwaarden die bepaald zijn uit de grove gebieden (figuur 3.2).

Om te weten te komen welke windrichting "maatgevend" is, zijn voor 13 windrichtingen met behulp van het grove Westerschelde rooster (100 m x 100 m) randvoorwaarden nabij de dijkvakken berekend. De golfrichting is op de rand van het model hetzelfde als de windrichting. Als maatgevend is die windrichting genomen waarbij de golfhoogte H_s het grootst is. Uit een aantal testen is gebleken dat de golfhoogte een betere maat is dan de piekperiode. Wel zijn nevenliggende richtingen vervolgens gecontroleerd op een eventueel hogere piekperiode. Vervolgens zijn de berekeningen op de detail roosters (20 m x 20 m) met die "maatgevende" windrichting uitgevoerd.

Figuur 3.2 fijne roosters in de Westerschelde



3.3

Bathymetrie

Voor de bodemschematisatie is gebruik gemaakt van vaklodingen, die voor gedeelten boven NAP zijn aangevuld met waterpassingen. Deze waterpassingen zijn vooral gebruikt in het land van Saeftinge en bij andere platen en slikken.

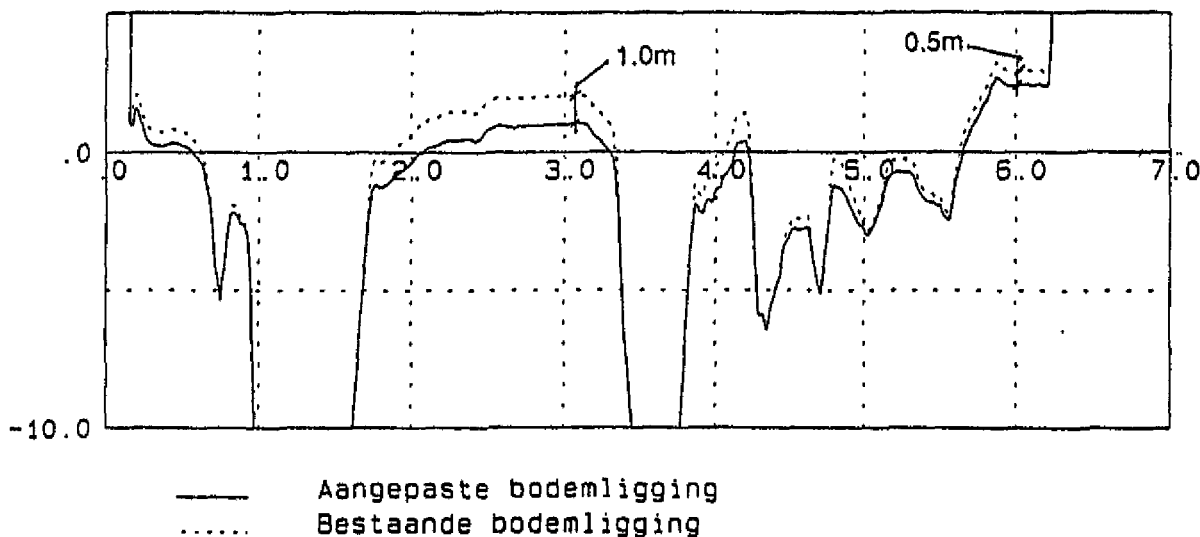
Omdat er mogelijk in de planperiode van 50 jaar een veranderde hoogteligging van de slikken en platen te verwachten is, door bijvoorbeeld een gewijzigde baggerstrategie, heeft de directie Zeeland beslist een conservatieve schatting aan te houden.

De bestaande schematisatie is daarom verlaagd volgens:

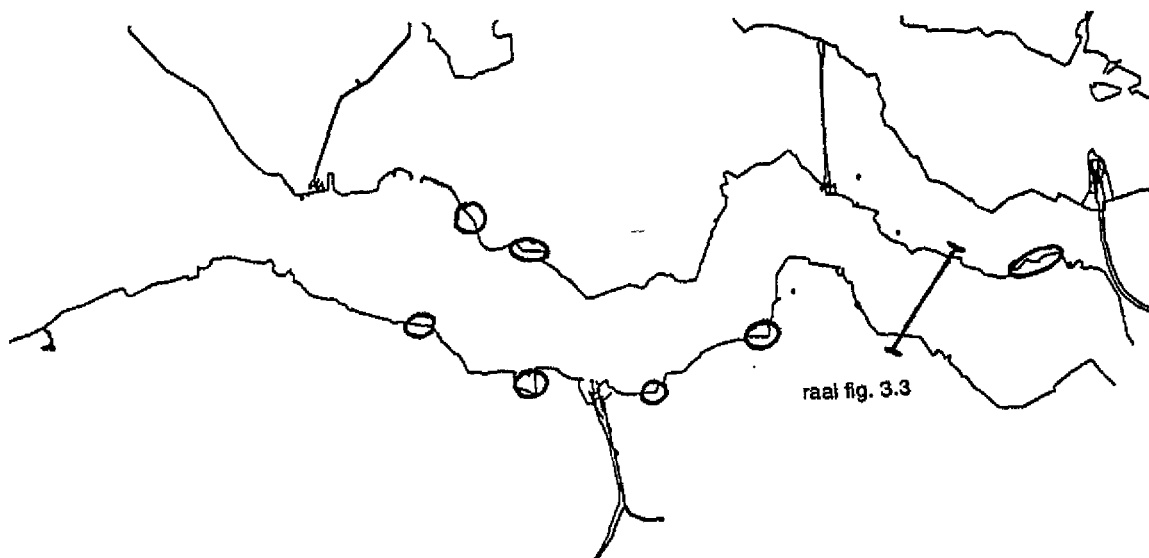
- Westelijk deel (tot Ossensisse) een verlaging van de platen en slikken met 0,5 m.
- Oostelijk deel een verlaging van de slikken met 0,5 m en voor de platen een verlaging van 1,0 m.
- Hoogteligging plaat 'het verdronken land van Saeftinge' blijft ongewijzigd.

De verlagingen zijn uitgevoerd op de bestaande bodem zie figuur 3.3. Bij overgangen is er gemiddeld zodat er geen 'vreemde' (extreem grote) gradiënten in de bodem schematisatie geïntroduceerd worden. Uit deze 20 m x 20 m bodem is een 100 m x 100 m bodem gemaakt door relevante informatie over dieptes te selecteren uit een gebied van 5 x 5 gridcellen, door het gemiddelde te nemen van de 25 gridcellen. Dit om zo veel mogelijk diepte informatie te behouden. Voor de detail berekeningen nabij de dijk is weer gebruik gemaakt van de 20 m x 20 m bodemschematisatie.

Figuur 3.3 locatie raal in de Westerschelde met aangepaste bodem ligging



Figuur 3.4 Overzicht gebieden die niet op tijd beschikbaar waren



Op een aantal plekken waren hoogtegegevens niet op tijd beschikbaar. Voor de voortgang van het project is besloten om de bodemschematisatie aan te vullen (geëxtrapoleerd tot aan de kustlijn) tot een fictieve waarde van 1.5 m + NAP op plaatsen waar geen gegevens beschikbaar zijn (zie figuur 3.4). Deze ingevulde plekken in de bodemschematisatie bevinden zich voornamelijk nabij dijkgebieden waarbij de voorlanden ruim boven NAP liggen. In de bodem van 1997, die gebruikt wordt voor de berekeningen van het tweede deel van de Westerschelde, zijn deze plekken wel goed geschematiseerd.

Deze ingevulde plekken bevinden zich in de dijkvakken:

Dijkkring 30; dijkvakken 18,19,26

Dijkkring 31; dijkvak 68

Dijkkring 32; dijkvakken 101,113,125,126,133

3.4 Randvoorwaarden

De golfrandvoorwaarden voor de berekeningen worden bepaald uit 'Golfrandvoorwaarden langs de Nederlandse kust op diep water' [Lit 7] en 'Randvoorwaarden voor golfperioden langs de Nederlandse kust' [Lit 8], voor het station Europlatform (EUR). De golfrandvoorwaarden worden bepaald voor condities met een kans op voorkomen van 1/4000 per jaar. Dit resulteert in een significante golfhoogte op de offshore rand van 8,16 m en een piekperiode van 13,0 sec. De richtingsspreiding voor deze berekeningen wordt gesteld op 25° (standaard voor 1/4000 per jaar condities, zie tabel 3.1).

Tabel 3.1 Extreme condities

Buitenrand condities	1/4000 per jaar
H _s	8,16 m
T _{piek}	13,0 s
Richtingsspreiding	25°
Waterstanden	2,4 en 6 m+NAP

Volgens Wieringa en Rijkooft [Lit. 10] en de Ronde en van Urk [Lit. 6] gelden voor de omnidirectionele windsnelheden 34 m/s voor het buitengebied en 33 m/s voor het binnengebied.

De windsnelheden hierbij zijn variërend voor de verschillende windrichtingen (tabel 3.2). Hierbij is rekening gehouden met het feit dat uit voornamelijk oostelijke en zuidelijke windrichtingen de wind een lagere snelheid heeft. De op het model opgelegde windsnelheden variëren van 34 m/s op het buitengebied en 33 m/s voor het binnengebied voor noord/westelijke windrichtingen via 29 m/s en 24 m/s voor zuidwestelijke en zuidelijke windrichtingen tot 20 m/s voor oostelijke windrichtingen.

Tabel 3.2 Gebruikte windsnelheden.

Wind Nr.	Richting (nautisch)	Windsnelheid (m/s) buitengebied (outer)	Windsnelheid (m/s) binnengebied (inner)
01	070°	-	20
02	090°	-	20
03	100°	-	20
04	110°	-	20
05	180°	-	24
06	210°	-	29
13 (*)	240°	34	31
07	270°	34	33
08	280°	34	33
09	290°	34	33
10	315°	34	33
11	330°	34	33
12	360°	34	33

* later toegevoegde windrichting.

3.5 Modelinstellingen

In SWAN kunnen verschillende fysische processen voor de groei en dissipatie gedefinieerd worden. Voor de SWAN berekeningen in de Westerschelde is gebruik gemaakt van SWAN cycle 2 versie 30.51. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de standaard instellingen (tabel 3.3).

Tabel 3.3 Standaard instelling SWAN 30.51

Lineaire windgroei	Cavaleri & Malanotte-Rizzoli (1981)	staat niet aan (= 0)
Exponentiele windgroei	Komen et.al. (1984)	
Whitecapping	Komen et.al. (1984)	$c_{ds2} = 2.36e-5$
Quadruplet interactie	Hasselmann et. al. (1985)	$grw_{max} = 0.1$
Triad interactie	Elderberky (1996)	$\alpha_{EB} = 0,25$
Breken op ondiep water	Battjes & Janssen (1978)	$\gamma = 0,73$
Bodemwrijving	Hasselmann et. al. JONSWAP (1973)	$C_{bottom} = 0,038 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$

In het SWAN model is het mogelijk om de resolutie in zowel de spectrale richtingen als in de spectrale frequentieruimte in te stellen. Vanwege jonge

golfgroei in de Westerschelde is het bereik in de frequentieruimte bepaald op 0,03 Hz tot 0,8 Hz. Dit bereik is verdeeld in 30 logaritmische deelintervallen. Deze SWAN standaard is aangehouden om nog voldoende resolutie te behouden in de frequentieruimte.

In de spectrale richtingen ruimte worden alle richtingen meegenomen. De verdeling hier wordt gemaakt in 36 gelijke stappen van 10°. Met deze instellingen zijn eerder goede resultaten behaald (o.a. Andorka 1996) [Lit. 1 en 2].

3.6 Model correctie

Voordat besloten is om het golfmodel SWAN in te zetten voor de Westerschelde is een snelle validatie van dit model verricht aan de hand van drie historische stormen op de Westerschelde [Andorka 1997, Lit 1]. Het gaat hier om 19 meetpunten in de monding van de Westerschelde en in de Westerschelde tot aan Terneuzen. De metingen zijn gedaan tijdens de stormen van 25-1-1990, 20-12-1991 en 13-3-1992.

Piekperiode

Na analyse van de resultaten is gebleken dat SWAN te lage waarden voorspelt voor de piekperiodes. In de Westerschelde is de gemiddelde fout en standaard afwijking berekend (geobserveerde-berekende waarden):

Gemiddelde fout	:	0,51 s
Standaard afwijking	:	1,08 s

Uit een nadere beschouwing van deze waarde blijkt echter dat in twee gevallen SWAN de tweede hoogfrequente (windgroei) piek overschat (afwijking ten opzichte van de metingen van resp. 2,6 s en 2,9 s). Als deze twee stations buiten beschouwing worden gelaten dan resulteert dit in:

Gemiddelde fout	:	0,24 s
Standaard afwijking	:	0,77 s.

Het is geoorloofd om de overschatte tweede (hoogfrequente) piek weg te laten en de lagere piekwaarde op te geven als voor elk dijkvak ook de spectrale uitvoer wordt meegenomen in de beschouwingen zodat hierop gecontroleerd wordt.

Door bij de door SWAN berekende T_{piek} -waarde de gemiddelde afwijking plus één maal de standaard afwijking op te tellen (+1 s) wordt een bruikbare waarde verkregen voor de dimensionering van de dijkbekledingen.

Significante golfhogte

In de Westerschelde is de gemiddelde fout en standaard afwijking van de significante golfhogte berekend (geobserveerde-berekende waarden):

Gemiddelde fout	:	≈ 10 %
Standaard afwijking	:	≈ 20 %

In afwachting van de definitieve verificatie is geen correctie toegepast voor de significante golfhogte.

De resultaten van het onderzoek naar de invloed van stroming op de golven waren nog niet volledig beschikbaar. Er is nog veel onduidelijkheid over het effect van stroming. Tegenstroming kan, vooral in geulen, een verhoging geven van de significante golfhogte (ondanks meer breking). Voor twee

dijkvakken waarbij de geul dicht langs de dijk loopt is daarom een correctie toegepast op de golfhoogte.

De correcties voor invloed van tegenstroom op de Hs zijn geschat op:

+ 0,20m voor dijkvak 31 (Ellew. dijkpolder)

+ 0,20m voor dijkvak 19 grenst aan 20 (Borsselepolder)

+ 0,20m voor dijkvak 20 grenst aan 21 (Borsselepolder)

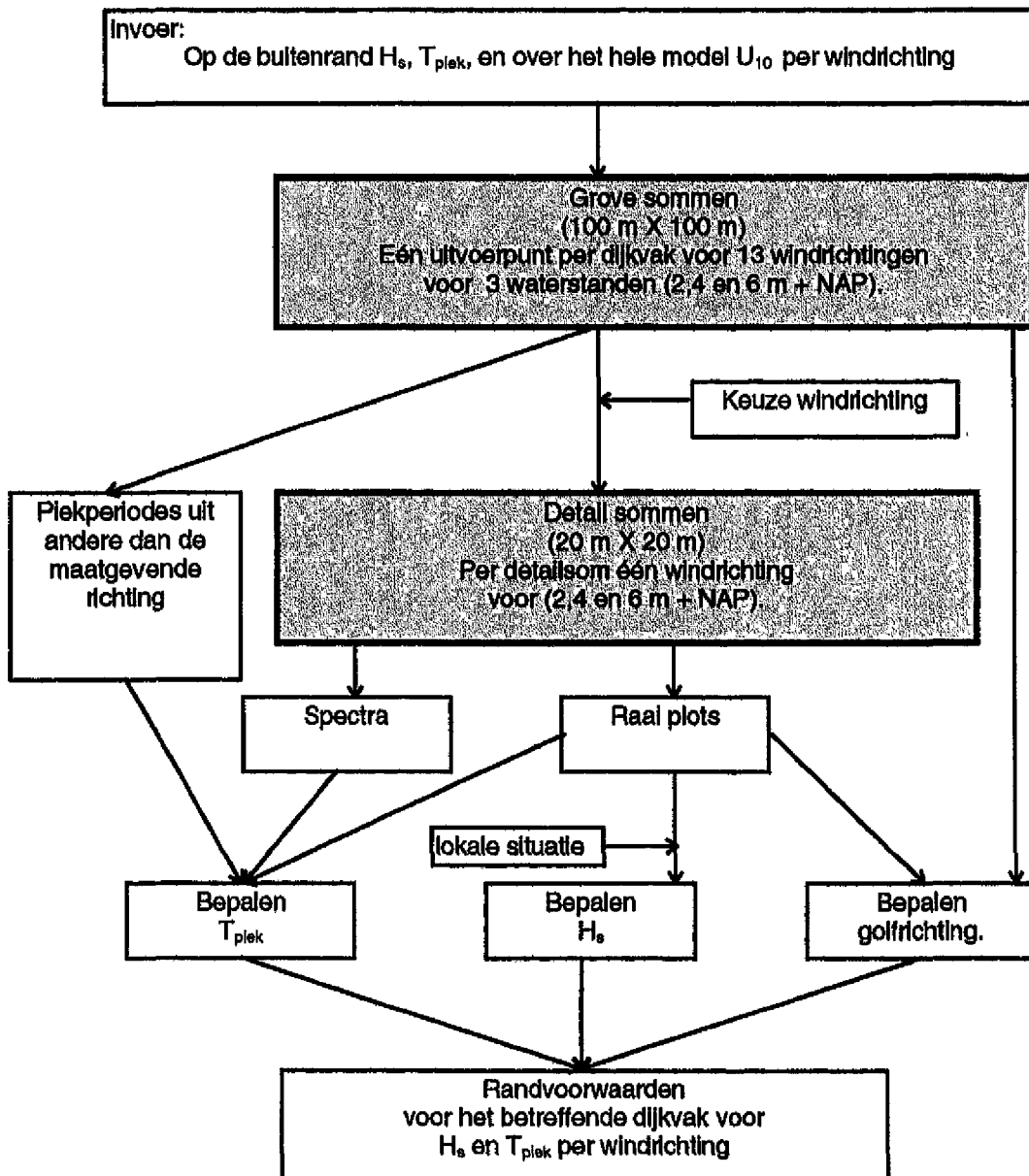
(zie tabel 4.4, bijlage 7).

4 Resultaten van de golfberekeningen op de Westerschelde

4.1 Gevolgde werkwijze

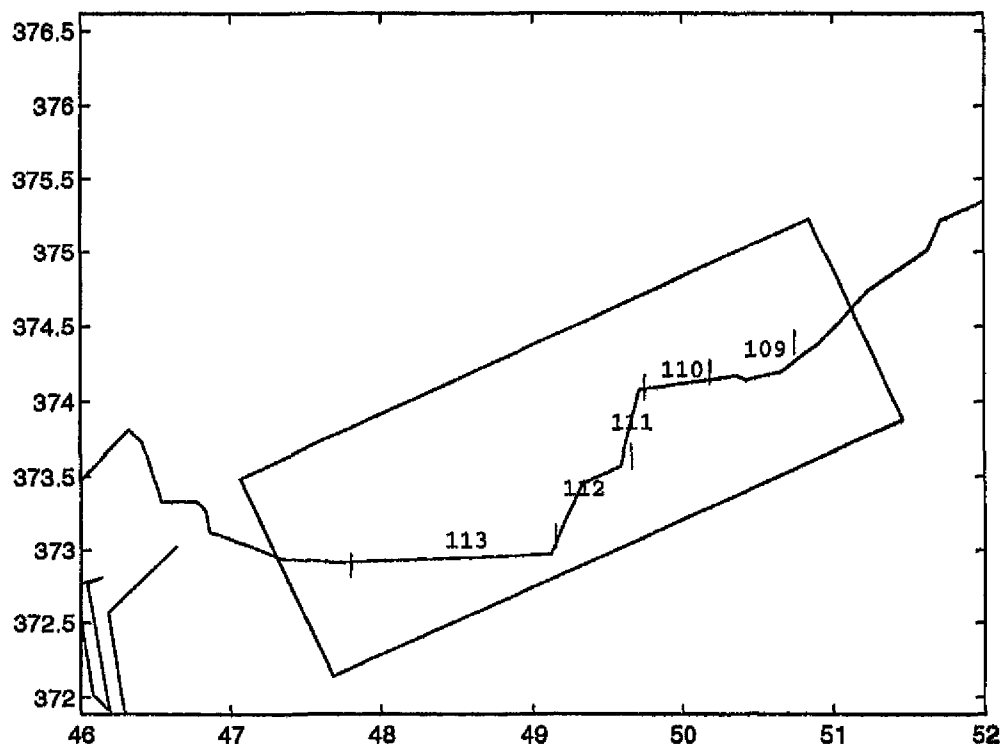
De gevolgde werkwijze voor de bepaling van golfrandvoorwaarden uit numerieke golfberekeningen op de Westerschelde is gegeven in figuur 4.1. Deze werkwijze is verder beschreven in deze paragraaf.

Figuur 4.1 Schema gevolgde werkwijze



De in dit hoofdstuk gegeven resultaten zijn berekend met het spectraal golven model SWAN (Hoofdstuk 2). Voor de berekening van golfparameters heeft SWAN een windveld nodig. Het windveld is in dit onderzoek uniform per rekegebied, dus een uniforme windsnelheid in het binnengebied en het buitengebied die onderling verschillen. Door verschillende windrichtingen en de daarbij behorende windsnelheden te nemen voor het windveld ontstaan verschillende situaties. Voor het berekenen van de meest extreme golfrandvoorwaarde voor een bepaald dijkvak is het nodig te weten welke windrichting voor een bepaald dijkvak maatgevend is. Om dit te bepalen is uitgegaan van de berekeningen op het 100 m x 100 m rooster (paragraaf 3.2). Zodat niet voor elk van de windrichtingen ook alle detail sommen op het 20 m x 20 m rooster gemaakt hoeven te worden. Dit om het aantal detail sommen (en dus rekentijd) te beperken. Vlak voor alle dijkvakken is een punt gedefinieerd dat op 100 m uit de dijk in het midden van ieder dijkvak ligt. Voor al deze punten is voor elk van de golfparameters (H_s , T_p) bekeken welke van de 13 windrichtingen de meest extreme waarde voor de golfparameters voor het betreffende dijkvak oplevert. Omdat meerdere dijkvakken gegroepeerd zijn in één dijkgebied (figuur 4.2) wordt uit de maatgevende windrichtingen voor verschillende bij elkaar horende dijkvakken één maatgevende windrichting gekozen voor dit dijkgebied. Als de oriëntatie van de verschillende dijkvakken (bijvoorbeeld haaks ten opzichte van elkaar gelegen dijkvakken) het niet toestaat dat slechts één windrichting als maatgevend beschouwd wordt worden meerdere maatgevende windrichtingen voor dit dijkgebied gekozen. Met deze maatgevende windrichting(en) zijn de detailberekeningen op een 20 m x 20 m rooster gedaan voor het betreffende dijkgebied.

Figuur 4.2 ligging dijkvakken in dijkgebied



Om resultaten te vergelijken bij verschillende waterstanden is dit geheel van sommen uitgevoerd voor drie verschillende waterstanden (2, 4 en 6 m + NAP). Voor tussenliggende waarden kan lineair worden geïnterpoleerd tussen de opeenvolgende waterstanden.

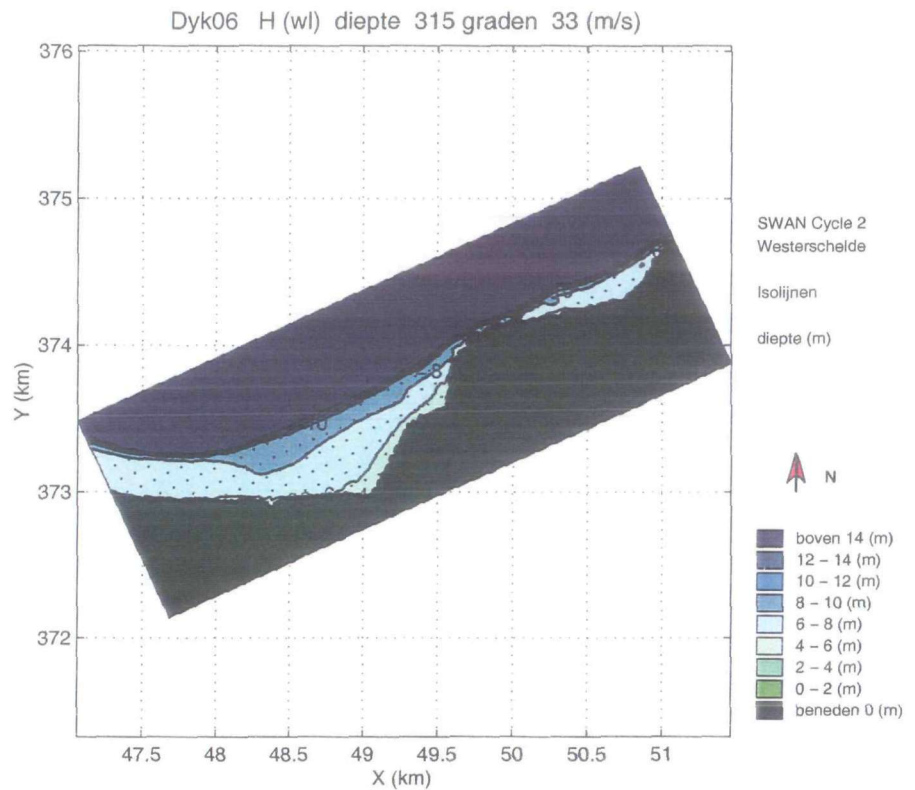
Aan de hand van een voorbeeld zal de gevolgde methodiek beschreven worden.

4.2 Voorbeeld

Om een en ander duidelijk te maken wordt u in deze paragraaf meegenomen om tot een uiteindelijke beoordeling van de resultaten voor één dijkvak te komen vanaf stap 1 (zie figuur 4.1).

Als eenvoudig voorbeeld is gekozen de Margaretha polder (dijkvak 112) gelegen aan de zuidkant van de Westerschelde vlak ten oosten van Terneuzen (zie figuur 4.3).

Figuur 4.3 Locatie dijkvak 112 inclusief bodem gegevens.



De werkwijze begint met de berekeningen op het 100 m x 100 m rooster voor alle windrichtingen. Hieruit volgen de golfparameters voor alle dijkvakken in punten nabij de dijk (zo'n 100 m uit de dijk). De verschillende dijkvakken zijn gegroepeerd in dijkgebieden. Voor elk van deze dijkgebieden wordt nu één (of soms meerdere al naar gelang de dijkvak oriëntatie in één dijkgebied) maatgevende windrichting gekozen uit de tabel met waarden voor H_s en T_{piek} op het grove rooster (tabel 4.1).

Voor dijkvak 112 blijkt de maatgevende richting 315° (windcodering W10) te zijn, zie tabel 4.1. Deze windrichting is ook maatgevend voor de andere dijkvakken in dit dijkgebied en wordt dus als maatgevende windrichting voor de detail som op het 20 m x 20 m rooster genomen.

De randvoorwaarden die vervolgens met windrichting 315°, 33 m/s berekend zijn op het 20 m x 20 m rooster zijn gepresenteerd in tabel 4.2.

Tabel 4.1 Waarden op het grove rooster voor H_s en T_{piek} nabij de dijk voor alle windrichtingen voor drie waterstanden

Golfrandvoorwaarden Margarethapolder (dijkvak 112)

Waterstand 2 m + NAP

Wind-richting (°)	Wind-snelheid (m/s)	Water-diepte (m)	H_s (m)	T_{m01} (s)	T_{m02} (s)	T_{piek} (s)	Richting (°)
70°	20	1.82	0.69	2.93	2.50	4.17	3
90°	20	1.82	0.57	2.46	1.96	4.17	11
100°	20	1.82	0.47	2.16	1.70	3.73	19
110°	20	1.82	0.34	1.78	1.40	3.73	32
180°	24	1.82	0.57	2.23	1.98	2.41	263
210°	29	1.82	0.94	3.01	2.55	4.65	303
240°	29	1.82	0.96	3.03	2.56	4.65	304
270°	33	1.82	0.95	3.07	2.60	4.65	308
290°	33	1.82	0.96	3.10	2.62	4.65	311
315°	33	1.82	0.97	3.11	2.62	4.65	321
330°	33	1.82	0.96	3.09	2.59	4.65	328
360°	33	1.82	0.94	3.00	2.54	4.17	343

Golfrandvoorwaarden Margarethapolder (dijkvak 112)

Waterstand 4 m + NAP

Wind-richting	Wind-snelheid	Water-diepte	H_s	T_{m01}	T_{m02}	T_{piek}	Richting
70°	20	3.82	0.90	2.84	2.32	4.17	15
90°	20	3.82	0.69	2.57	2.07	4.17	22
100°	20	3.82	0.57	2.33	1.85	4.17	27
110°	20	3.82	0.43	2.04	1.60	3.73	36
180°	24	3.82	0.77	2.06	1.75	2.69	245
210°	29	3.82	1.63	3.87	3.42	5.18	308
240°	29	3.82	1.65	3.89	3.45	5.18	308
270°	33	3.82	1.67	3.94	3.47	5.18	311
290°	33	3.82	1.75	3.96	3.49	5.18	314
315°	33	3.82	1.79	3.86	3.32	5.18	321
330°	33	3.82	1.78	3.81	3.28	5.18	326
360°	33	3.82	1.65	3.63	3.20	4.65	341

Golfrandvoorwaarden Margarethapolder (dijkvak 112)

Waterstand 6 m + NAP

Wind-richting	Wind-snelheid	Water-diepte	H_s	T_{m01}	T_{m02}	T_{piek}	Richting
70°	20	5.82	0.94	2.86	2.35	4.17	21
90°	20	5.82	0.72	2.62	2.12	4.17	27
100°	20	5.82	0.59	2.38	1.90	4.17	33
110°	20	5.82	0.45	2.07	1.63	3.73	41
180°	24	5.82	0.83	2.14	1.81	2.69	245
210°	29	5.82	2.16	4.40	3.92	5.78	308
240°	29	5.82	2.21	4.45	3.96	5.78	309
270°	33	5.82	2.27	4.50	3.98	5.78	311
290°	33	5.82	2.37	4.53	4.05	5.78	314
315°	33	5.82	2.43	4.39	3.85	5.78	319
330°	33	5.82	2.38	4.30	3.78	5.78	323
360°	33	5.82	2.00	3.82	3.41	4.65	341

Tabel 4.2 Waarden op het fijne rooster voor windrichting 315 voor dijkvak 112 voor drie waterstanden

Golfrandvoorwaarden Margarethapolder (dijkvak 112)

Water- Stand + NAP	Wind- richting	Wind- snelh.	Water- Diepte	H_s	T_{m01}	T_{m02}	Tpiek	Richting
2	315°	33	2.24	1.12	3.22	2.77	4.65	323
4	315°	33	4.24	1.92	3.95	3.51	5.18	320
6	315°	33	6.24	2.45	4.48	4.02	5.78	319

Dit zijn de waarden die het golven model berekend heeft als randvoorwaarden op een punt zo'n 100 m uit de dijk. Het effect van wind- en golfsetup is hierin niet meegenomen. Als echter de lokale omstandigheden nabij dijkvak 112 in ogenschouw worden genomen kan het zo zijn dat deze randvoorwaarden (tabel 4.2) aan de veilige kant zijn. Daarom is er ook lokaal ruimtelijke informatie gegeven in de vorm van raai plots (figuur 4.4).

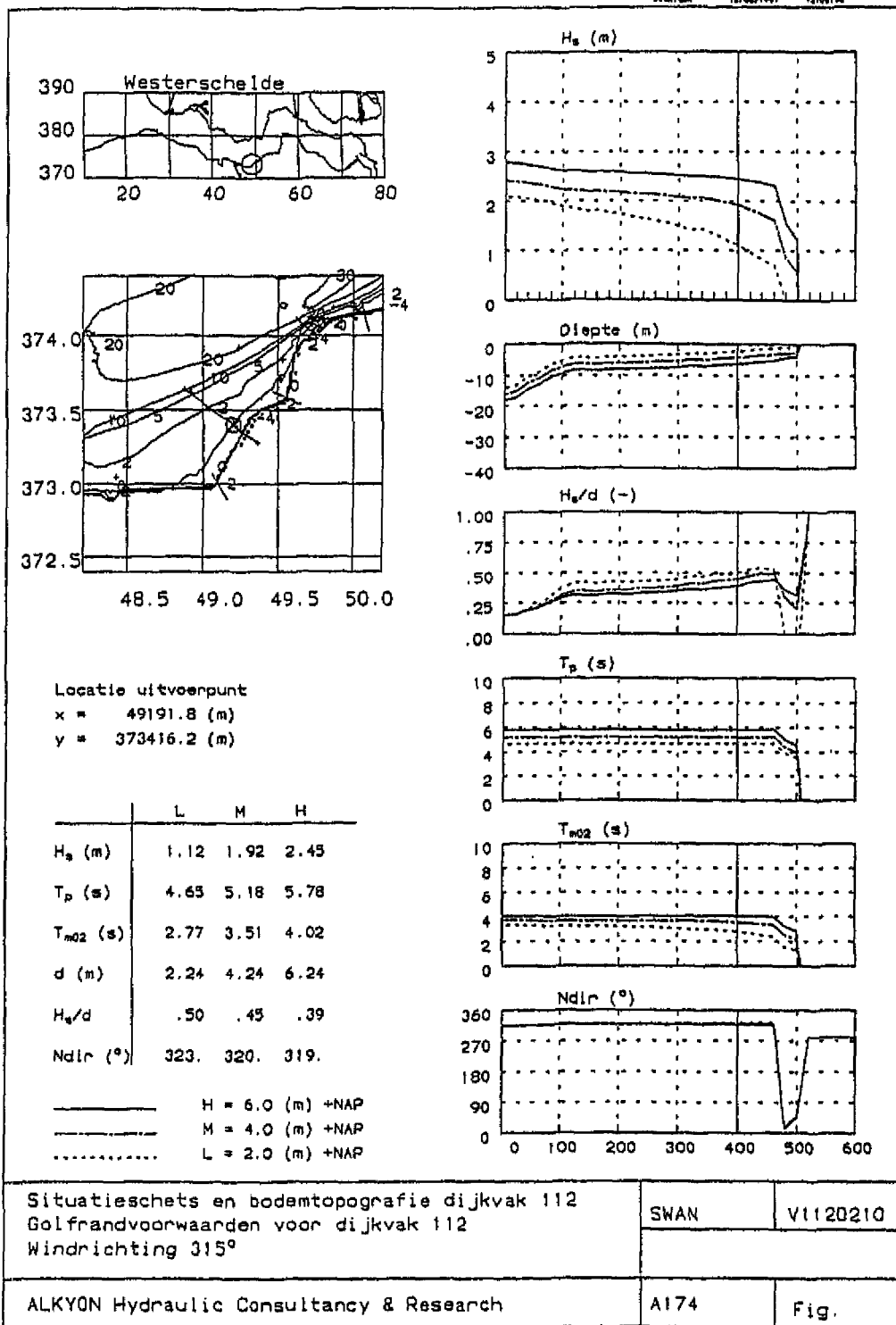
In figuur 4.4 staat de locatie van het dijkvak langs de Westerschelde links boven. Daaronder staan diepte gegevens in isolijnen van een gedeelte voor het betreffende dijkvak (dijkvak 112). De coördinaten die bij deze twee figuren vermeld zijn coördinaten in het RD coördinaten stelsel (Parijse coördinaten). Verder staat in deze isolijnen figuur het dijkvak aangegeven met een uitvoer raai voor dit dijkvak (de streep in de figuur) en de uitvoerlocatie nabij de dijk (het punt met \otimes). Voor deze uitvoerlocatie is in figuur 4.4 een tabel gegeven voor verschillende golfparameters (dit is een punt exact op een roosterpunt in het 20 m x 20 m rooster). Aan de rechter kant van figuur 4.4 is de verandering van golfparameters zoals significante golfhoogte (H_s), diepte, piekperiode (T_{piek}), gemiddelde periode (T_{m02}) en richting langs de uitvoerraai gegeven in verschillende raai plaatjes. In deze raai plots staat verticaal een lijn, dit komt overeen met het punt \otimes in de isolijnenplot. Langs de verticale as in deze figuren staat de beschouwde parameter en langs de horizontale as een lengte waarbij elk kort verticaal streepje overeen komt met 20 m. De lengte van elke gepresenteerde raai is steeds 600 m (400 m van de dijk af en 200 m naar de dijk toe vanuit het punt \otimes).

Uit figuur 4.4 blijkt dat er dichterbij de dijk randvoorwaarden afgegeven kunnen worden (raai H_s rechts boven). Voor de oplevering van de randvoorwaarde voor H_s nemen we niet de laatste waarde vanwege interpolatiefouten. Ook de op één na laatste waarde is nog te onbetrouwbaar. In dit geval is gekozen voor het derde natte gridpunt (pijlte onder de figuur). Verder wordt gekeken naar de grenzen van het dijkgebied of hier niet een hogere en dus meer maatgevende golfhoogte voorkomt, is dit het geval dan wordt deze gekozen. Ronden we de waarde af naar boven op 0,10 m nauwkeurig, dan volgt voor de lage waterstand een H_s nabij de dijk van 0,8 m, voor de midden waterstand 1,7 m en voor de hoge waterstand 2,4 m.

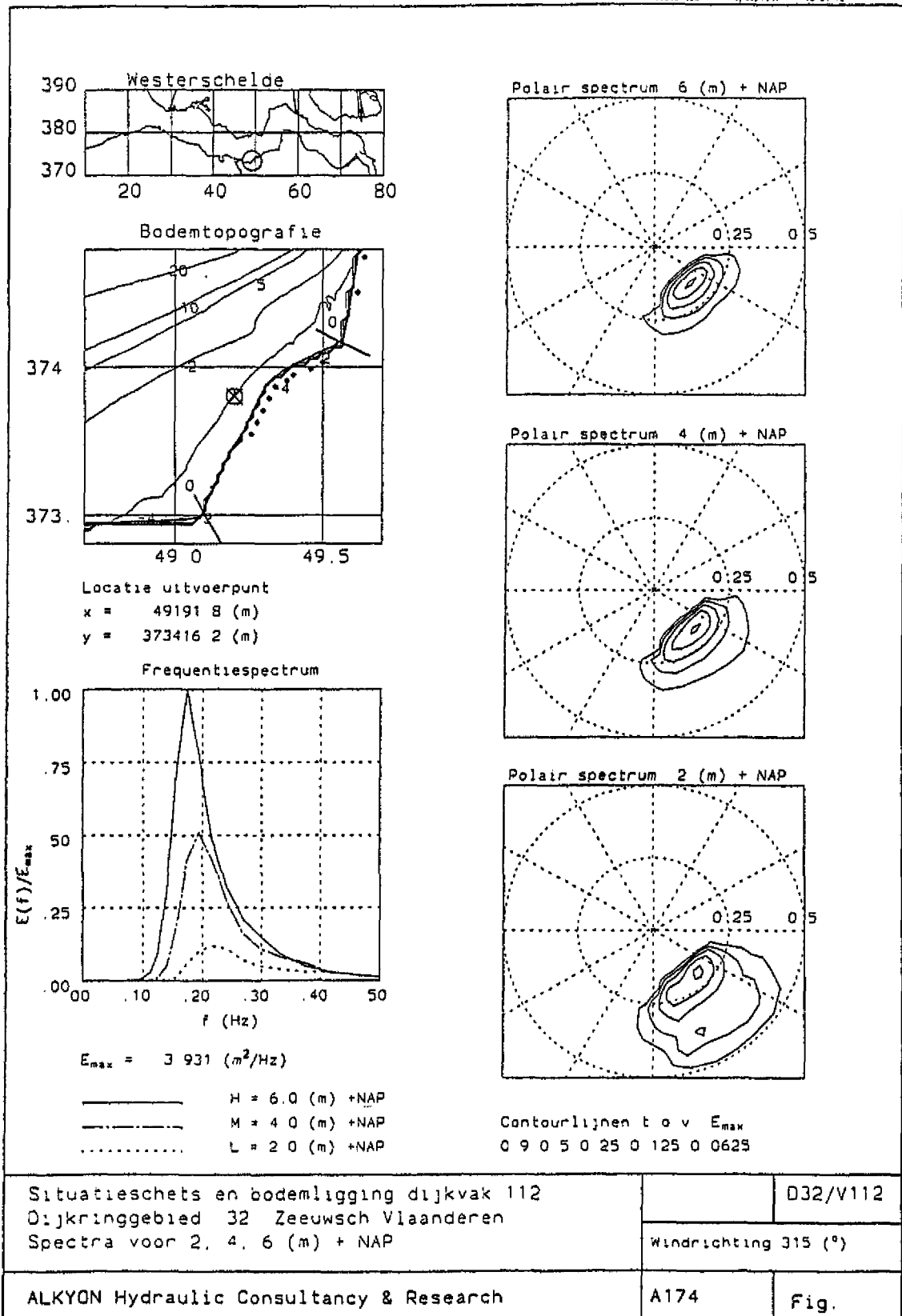
Voor de piekperiode wordt gekeken naar deze raaiplot, samen met tabel 4.1 en figuur 4.5. De opbouw van figuur 4.5 is gelijk aan die van figuur 4.4 met links boven het overzicht en een isolijnenplot van de diepte voor het betreffende dijkvak. Nu zijn echter energiedichtheidspectra (zowel frequentie als polaire spectra) voor punt \otimes in de isolijnenplot gepresenteerd voor de drie waterstanden.

In het plaatje van de frequentie spectra (1D) staat de golfenergie verdeling langs de frequenties uitgezet. De piek frequentie (daar waar zich de meeste energie bevindt) komt overeen met de reciproke van de opgegeven waarde voor piekperiodes in figuur 4.4. Soms echter (zie figuur 4.6) is in het frequentie spectrum een duidelijke tweede piek aanwezig bij een lagere frequentie. Mocht er zo'n piek aanwezig zijn wordt deze piek als maatgevend beschouwd, wat

Figuur 4.4 Raai plot uit het lijne rooster voor windrichting 315 voor dijkvak 112



Figuur 4.5 Spectra plots uit het fijne rooster voor windrichting 315 voor dijkvak 112



resulteert in een hogere piekperiode. Vervolgens wordt naar de grenzen van het dijkvak gekeken en naar ernaast gelegen dijkvakken (dijkvak 113 en 111). Als er op deze grenzen grotere piekperioden of golfhoogten voorkomen, worden deze als maatgevend opgegeven. Als model correctie wordt tenslotte 1 seconde bij de aldus verkregen waarden voor piekperiode opgeteld (zie paragraaf 3.6) en worden voor de piekperioden de volgende waarde verkregen: Voor de lage waterstand 5,7 s, voor de midden waterstand 6,8 s en voor de hoge waterstand 6,8 s.

De maatgevende golfrichting wordt bepaald uit figuur 4.4, tabel 4.1 en de werkelijke oriëntatie van de dijk in het geografische vlak (zie figuur 4.2). De maatgevende golfrichting voor dijkvak 112 wordt dan bepaald op 340 graden.

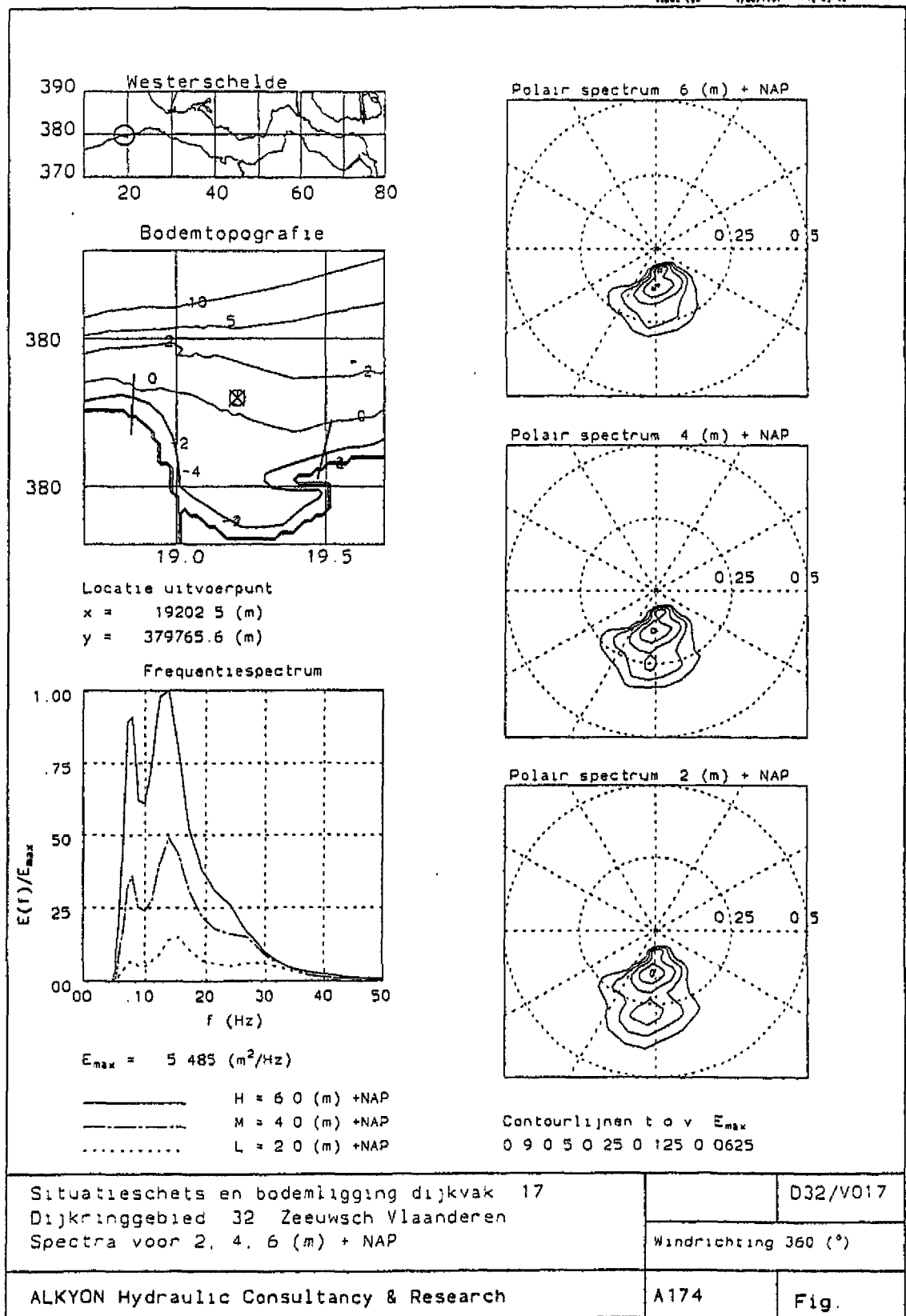
Deze exercitie geeft voor de Margaretha polder, dijkvak 120, de volgende randvoorwaarden (tabel 4.3):

Tabel 4.3 Uiteindelijk opgeleverde randvoorwaarden voor dijkvak 112 (Margaretha polder)

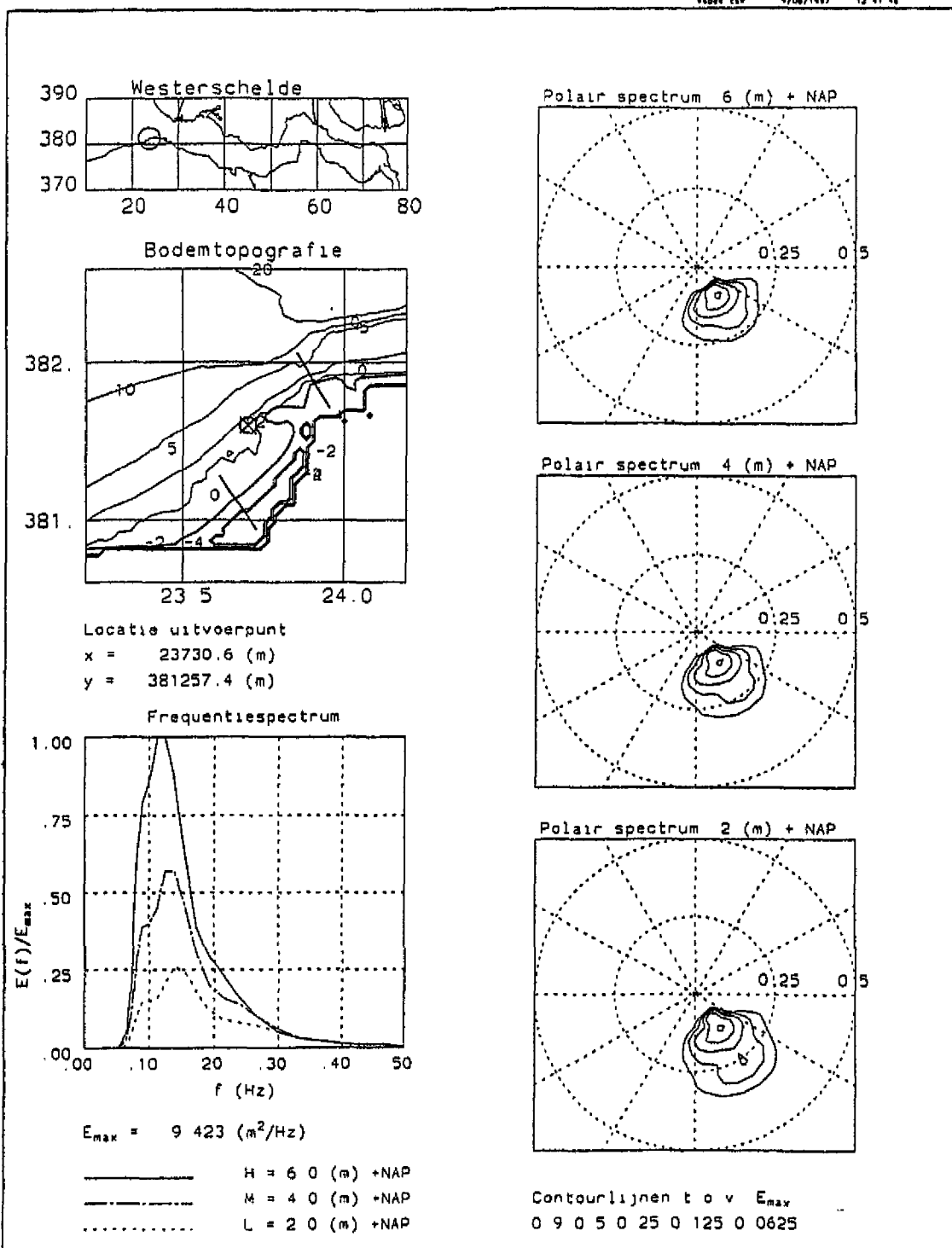
Parameter	Waterstand 2 m + NAP	Waterstand 4 m + NAP	Waterstand 6 m + NAP
H_s	0,8 m	1,7 m	2,4 m
T_{piek}	5,7 s	6,8 s	6,8 s
Richting	340°	340°	340°

De spectra zijn niet altijd zo netjes als in figuur 4.5. Figuur 4.6 geeft een voorbeeld van dubbelpiekige spectra waarbij duidelijk een aparte hoog frequente wind piek en een aparte deiningspiek (bij een lagere frequentie) te zien is. Figuur 4.7 geeft een voorbeeld van dikbuikige spectra waarbij de twee verschillende componenten niet meer afzonderlijk te onderscheiden zijn. Deze twee voorbeelden geven aanleiding om in deze gevallen niet de periode te nemen met de absoluut hoogste energiedichtheid, maar ook te kijken hoe de energie in het spectrum verdeeld is. In het geval van een twee piekig spectrum nemen we de piekperiode bij de laagste frequentie (is hoogste periode). Bij een dikbuikig spectrum zoals in figuur 4.7 ligt het iets moeilijker de exacte waarde van de piekperiode te bepalen. Hier is de bult in energieniveau aan de laagfrequente kant van het spectrum als maatgevend genomen (zie figuur 4.7). Dit is een veilige aanname. Een aangepaste waarde zoals T_{pb} of voor meer piekige spectra, T_{piek} equivalent is meer op zijn plaats. Deze waarden zijn met de beschikbare spectra eenvoudig te berekenen, maar dit is in deze studie niet gedaan.

Figuur 4.6 Voorbeeld van spectra plots voor dubbelpeukig spectrum



Figuur 4.7 Voorbeeld van spectra plots voor dikbuikig spectrum



Situatieschets en bodemligging dijkvak 9 Dijkringgebied 32 Zeeuwsch Vlaanderen Spectra voor 2, 4, 6 (m) + NAP		D32/v009
		Windrichting 330 (°)
ALKYON Hydraulic Consultancy & Research	A174	Fig

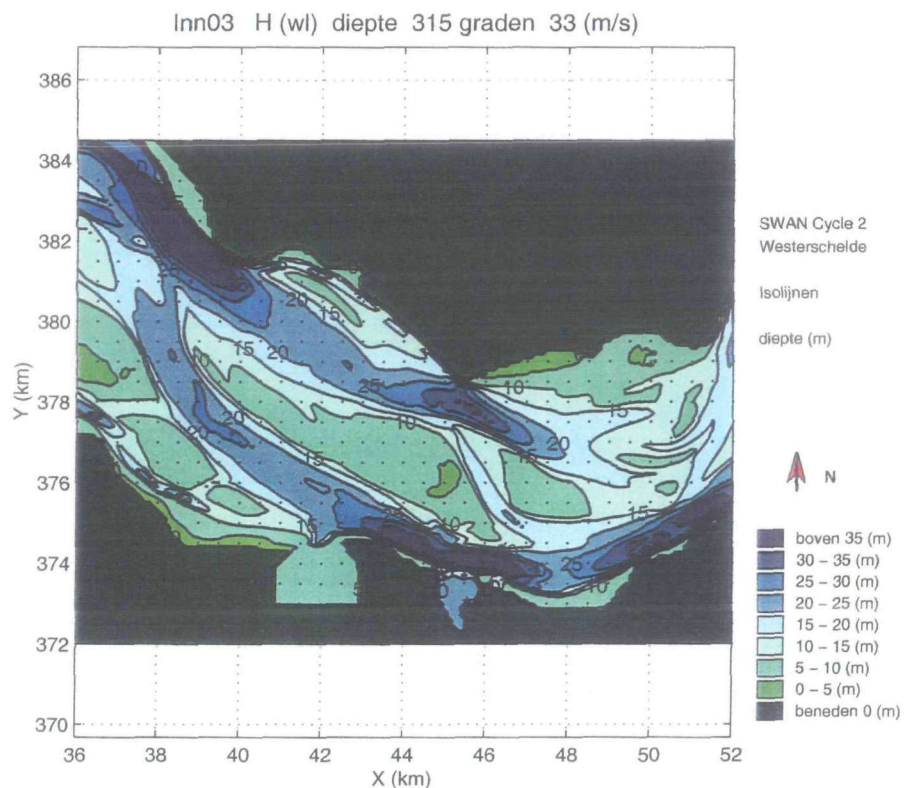
4.3 Resultaten van de berekeningen op het grove 100 m x 100 m rooster

De grove berekeningen op de Westerschelde zijn gedaan om een overzicht te krijgen van de variatie van golfparameters als significante golfhoogte en piekperiode op de Westerschelde. Verder zijn deze berekeningen op grove roosters nodig om golfrandvoorwaarden te genereren voor de detail berekeningen op de 20 m x 20 m roosters. De resultaten van de grove berekeningen op de 100 m x 100 m roosters zijn beschikbaar als:

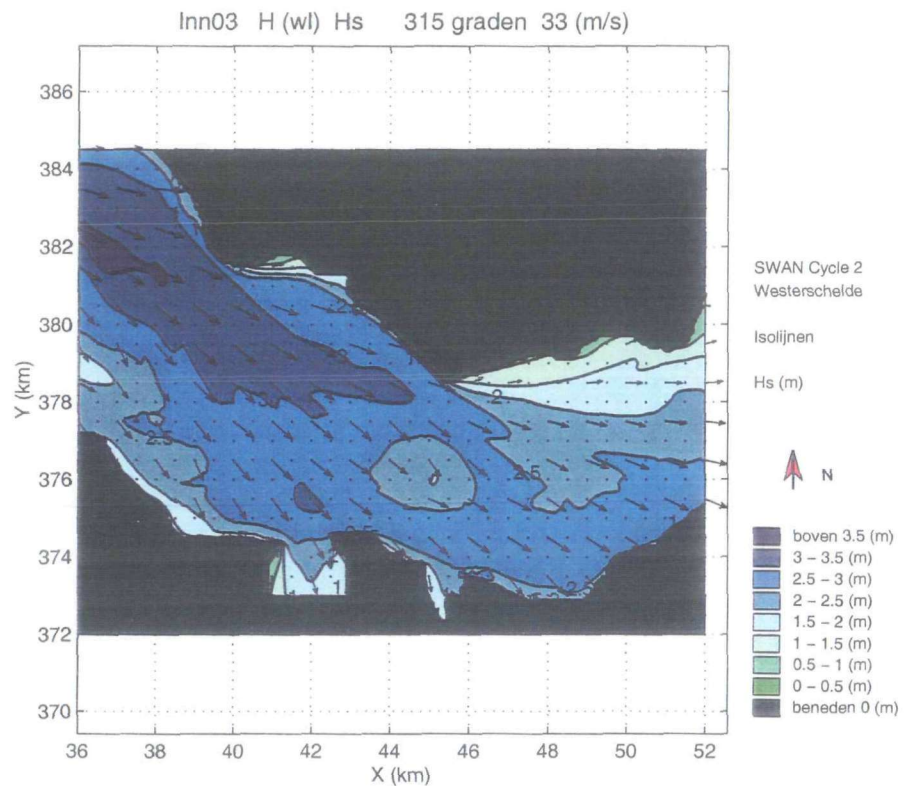
- Tabellen, met voor alle uitvoerpunten voor alle windrichtingen golfparameters voor drie waterstanden.
- Figuren met ruimtelijk de variatie van de golfparameters over de gehele Westerschelde voor drie waterstanden. (bijlagen 1-6)
- Figuren met spectra voor 40 locaties op de Westerschelde voor alle windrichtingen voor drie waterstanden.

De figuren van de ruimtelijk gespreide variatie van de golfparameters geven een overzicht in de variatie van bijvoorbeeld de bodem en de golfhoogte of de piekperiode in de Westerschelde. In figuur 4.8 en 4.9 is de bodemligging en de variatie van de significante golfhoogte van een stuk Westerschelde ten Noorden van Terneuzen te zien. (In de figuur zijn duidelijk de Braakman haven en de Haven van Terneuzen te zien, beide ongeveer in het midden aan de zuidelijke oever.) De windrichting is uit het noordwesten met een snelheid van 33 m/s (kans 1/4000 per jaar). Het is duidelijk te zien dat de golfhoogte afneemt in oostelijke richting. Het patroon van het bodem profiel is terug te vinden in de golfhoogte variatie. In de bijlagen is ook voor de rest van de Westerschelde de variatie van golfhoogte en piekperiode (zonder bijtelling van 1 seconde) gegeven (bijlage 1-6).

Figuur 4.8 Bodem ligging voor een deel van de Westerschelde



Figuur 4.9 Isoplot inner03 voor de significante golfhoogte bij NW wind 33 m/s

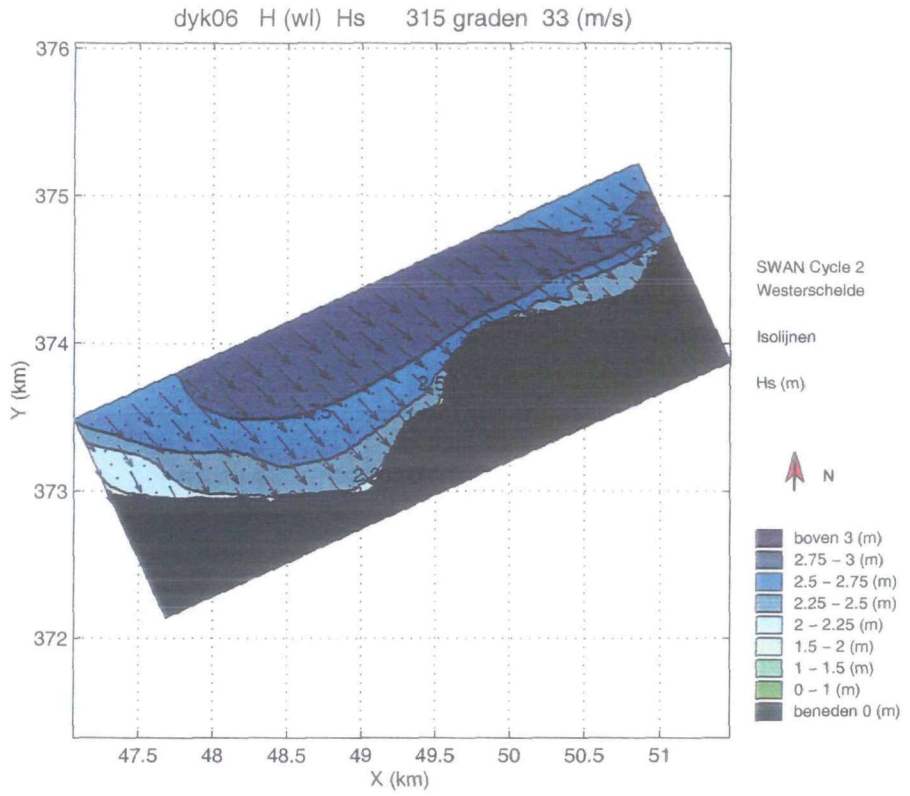


4.4 Resultaten van de berekeningen op het fijne 20 m x 20 m rooster

Om nauwkeurige golf informatie te bepalen vlak bij de dijk zijn berekeningen uitgevoerd op een 20 m x 20 m grid. De resultaten van deze detail berekeningen zijn beschikbaar als tabellen, raai-grafieken, spectrale grafieken en ruimtelijk gespreide informatie voor elke berekende windrichting (minimaal één) voor elk van de drie waterstanden. Met deze resultaten worden dan de randvoorwaarden voor elk dijkvak bepaald. De uiteindelijke randvoorwaarden voor alle dijkvakken, bij alle waterstanden, zijn gegeven in tabel 4.4.

Als voorbeeld is in figuur 4.8 is dijkvak 6 gegeven met het verloop van de significante golfhoogte in dit gebied. Dit dijkgebied ligt bij Terneuzen, de diepte gegevens zijn gegeven in figuur 4.3.

Figuur 4.10 Isoplot dijkgebied 6 voor de significante golfhoogte bij NW wind 33 m/s



4.5 Bijstelling van de eerder geleverde golfrandvoorwaarden ten behoeve van de eerste vier dijktrajecten (15 dijkvakken).

Na het gereedkomen van de golfrandvoorwaarden van de 65 dijkvakken is gecontroleerd of de eerder geleverde randvoorwaarden hier goed bij passen. Het betreft hier naastliggende dijkvakken zodat bekeken kan worden of het totale beeld consistent is. De vier dijktrajecten zullen opeenvolgend behandeld worden:

Traject 1: Borssele Polder; de dijkvakken 21 t/m 25.

Voor deze vakken bleken geen aanpassingen nodig. Als kanttekening dient vermeld te worden dat indien van het ene dijkvak op het volgende er zich een grote sprong in de golfrandvoorwaarden voordoet (zoals hier het geval is) men de hoge randvoorwaarde nog over een kleine afstand (ongeveer 100 meter) moet handhaven voor het dijkvak met de lagere randvoorwaarde. Dit geldt alleen in die gevallen waar zich een sterke knik voordoet in het dijktraject en waarbij het ene dijkvak sterk aangevallen wordt en het naastliggende door de andere richting relatief weinig aangevallen wordt.

Traject 2: Kruispolder, Wilhelmus polder; de dijkvakken 84 t/m 88.

Het betreft hier marginale aanpassingen om het verloop consistent te maken. Voor het geval NAP+6m is de Hs verhoogt van 1,87 (dijkvak 85) naar 2,1 meter en van 1,75 (dijkvak 84) naar 2,1 meter. De Hs waarden van de overige drie vakken zijn gelijk gebleven. De piekperiode is voor alle 5 dijkvakken verhoogd van 6 naar 6,2 seconde.

Traject 3: Eendragtspolder, Kleine Huissenspolder; de vakken 105 t/m 108.

De significante golfhoogte Hs is hier niet aangepast. De piekperiode is hier met ongeveer 1 seconde verhoogd van 5,9 naar 6,8 seconde voor de niveaus NAP+4m en NAP+6m. Voor NAP+2m is de piekperiode verhoogd van 5,9 naar 6,2 seconde. Ten tijde van de eerste afgifte van deze randvoorwaarden was de eerste verificatie nog niet gereed en werd de correctie van +1 seconde nog niet toegepast.

Traject 4: Hans van Kruiningenpolder; dijkvak 138

Voor dijkvak 138 zijn de aanpassingen het grootst. Uit nadere studie is gebleken dat de gradiënten in de golfrandvoorwaarden in dit gebied bijzonder groot zijn. Dit wordt veroorzaakt door de nabij gelegen Plaat van Breskens, die het westelijke gedeelte van de Hooge Platen vormt. Dit komt goed tot uiting in de in de bijlage 3 gegeven figuren voor Hs en Tpiek voor het gebied inn02. Tussen de x - coördinaten 29 t/m 33 zijn de grote veranderingen duidelijk waarneembaar. Op het moment dat de randvoorwaarden voor het dijkvak 138 afgegeven moesten worden waren er drie berekeningen met SWAN beschikbaar voor de waterstanden NAP+2m, NAP+4m en NAP+6m. Er was slechts puntinformatie aanwezig en resultaten voor één windrichting. Deze puntinformatie is destijds gebruikt, terwijl nu uit de omliggende informatie en informatie van nadere windrichtingen blijkt dat hogere waarden niet uit te sluiten zijn. De waarden zijn als volgt bijgesteld:

	Hs			Tpiek		
	NAP+2m	NAP+4m	NAP+6m	NAP+2m	NAP+4m	NAP+6m
Oud	1,40	1,70	2,00	5,0	5,5	6,0
Nieuw	1,60	1,80	2,10	6,8	7,5	8,2

Tabel 4.4 Golfrandvoorwaarden voor 65 dijkvakken in de Westerschelde.

gebied	vak	grens aan	Polder naam	Hs	Hs	Hs	Tp	Tp	Tp	Golf dlr.	
				wl+ 2m	wl +4m	wl+6m	wl +2m	wl +4m	wl+6m		
1	8	7	Jong-Breskenspolder	2	3	3,8	12,2	12,2	12,2	340	
	8	9	Jong-Breskenspolder	2,9	3,5	4,2	12,2	12,2	12,2	330	
	9	8	Oud en Jong-Breskenspolder	2,9	3,5	4,2	12,2	12,2	12,2	310	
	9	10	Oud en Jong-Breskenspolder	1,6	2,7	3,6	12,2	12,2	12,2	310	
	10		Kleine Polder	1,6	2,7	3,6	12,2	12,2	12,2	340	
	11		Clethenspolder	1,4	2,4	3,3	12,2	12,2	12,2	340	
	12		s-Gravenpolder	0,9	2	3	12,2	12,2	12,2	350	
	13		Baanspolder	0,9	2	3	12,2	12,2	12,2	350	
2	17	16	Herdljkte Zwartepolder (oostelijke zeedijk)	0,8	1,8	2,8	13	13	13	?	
	*	17	Herdljkte Zwartepolder (oostelijke zeedijk)	<=0,6	<=1,4	<=2,4	13	13	13	360	
		17	18	Herdljkte Zwartepolder (oostelijke zeedijk)	0,9	2	3,1	13	13	13	?
		18		Herdljkte Zwartepolder (noordelijke zeedijk)	0,9	2	3,1	13	13	13	350
3a	138		Hans v. Krulningenspolder	1,8	1,8	2,1	6,8	7,5	8,2	20	
3	139	138	Elisabethpolder	1,6	1,8	2,1	6,8	7,5	8,2	20	
	139	140	Elisabethpolder	1,6	1,9	2,4	6,8	7,5	8,2	20	
4	128		Paulinapolder	0,6	1,4	1,9	5,2	5,7	6,8	360	
	129		Paulinapolder	0,4	1,2	1,7	5,2	5,7	6,8	20	
	130		Thomaespolder	0,7	1,3	1,7	5,2	6,8	6,8	10	
	131		Thomaespolder	0,7	1,3	1,7	5,2	6,8	6,8	10	
	132	131	Hoofdplaatpolder	1	1,4	1,8	5,2	6,2	6,8	10	
	132	139	Hoofdplaatpolder	1,1	1,6	2,1	5,2	6,2	6,8	10	
	133	132	Hoofdplaatpolder	1,1	1,6	2,1	5,2	5,7	6,8	360	
	133	134	Hoofdplaatpolder	1	1,6	2,1	5,2	5,7	6,8	360	
	134		Hoofdplaatpolder	1,1	1,5	1,9	5,2	5,7	6,8	360	
	135		Hoofdplaatpolder	1,1	1,5	1,9	5,2	5,7	6,2	360	
	136		Hoofdplaatpolder	1,1	1,5	1,9	5,2	5,7	6,2	10	
	137	138	Hoofdplaatpolder	1	1,4	1,8	5,2	5,7	6,2	10	
	137	138	Hoofdplaatpolder	1,3	1,7	2,2	6,8	7,5	7,5	10	
5	120	119	Nieuw Neuzenpolder	1,6	1,9	2,3	5,7	6,2	6,8	360	
	120	121	Nieuw Neuzenpolder	1,4	1,9	2,2	5,7	6,2	6,8	360	
	121	120	Nieuw Neuzenpolder	1,4	1,9	2,2	5,7	6,2	6,8	360	
	121	122	Nieuw Neuzenpolder	1,9	2,2	2,5	6,2	6,2	6,8	360	
	122		Nieuw Neuzenpolder	1,9	2,2	2,5	6,2	6,2	6,8	360	
	123		Nieuw Neuzenpolder	2	2,4	2,8	6,2	6,2	6,8	360	
	124		Nieuw Neuzenpolder	2	2,4	2,7	6,2	6,2	6,8	300	
	125	124	Nieuw Neuzenpolder	2	2,3	2,6	6,2	6,2	6,8	300	
	125	128	Nieuw Neuzenpolder	1,7	2	2,3	6,2	6,2	6,8	300	
	126		Braakmanpolder	1,7	1,9	2,2	5,7	6,2	6,8	350	
6	109	108	Magarethapolder	1,6	2,1	2,5	5,7	6,2	6,8	350	
	109	110	Magarethapolder	2	2,3	2,6	5,7	6,2	6,8	350	
	110		Magarethapolder	2,1	2,4	2,7	5,7	6,2	6,8	350	
	111	110	Magarethapolder	2,1	2,4	2,7	5,7	6,2	6,8	340	
	111		Magarethapolder	1,6	2,1	2,5	5,7	6,2	6,8	340	
	111	112	Magarethapolder	1,8	2,1	2,5	5,7	6,2	6,8	340	
	112		Magarethapolder	0,8	1,7	2,4	5,7	6,8	6,8	340	
	113		Nieuw Othenepolder	1,3	1,8	2,3	5,7	6,2	6,8	360	
7	102		Eendragt	1,1	1,8	2,2	6,2	6,8	6,8	350	
	103		Eendragt	1,3	1,9	2,2	6,2	6,8	6,8	350	
	104	103	Eendragtspolder	1,3	1,9	2,2	6,2	6,8	6,8	350	
	104	105	Eendragtspolder	1,8	2,2	2,5	6,2	6,8	6,8	350	
7a	105		Eendragtspolder	2,2	2,6	2,8	6,2	6,8	6,8	350	
	106		Kleine Huissenspolder	2,2	2,6	2,8	6,2	6,8	6,8	350	
	107	106	Kleine Huissenspolder	2,2	2,6	2,8	6,2	6,8	6,8	350	
	107	108	Kleine Huissenspolder	1,5	2,2	2,4	6,2	6,8	6,8	350	
	108		Kleine Huissenspolder	1,5	2,2	2,4	6,2	6,8	6,8	350	

Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde

8	100	99	Ser. Arends	1,2	1,8	2,2	6,2	6,2	6,8	280
	100		Ser. Arends	1,1	1,8	2,2	6,2	6,2	6,8	280
	100	101	Ser. Arends	0,9	1,8	2,1	6,2	6,2	6,8	280
	101	100	Hellegat	0,5	1,3	1,9	6,2	6,2	6,8	350
	101	102	Hellegat	1	1,6	2,1	6,2	6,2	6,8	350
9	95	94	Klevit	0,9	1,6	1,9	4,8	5,7	5,7	20
	95		Klevit	0,9	1,6	1,9	4,8	5,7	5,7	20
	95	96	Klevit	1,5	1,9	2,1	4,8	5,7	5,7	20
	96	95	Molen	1,5	1,9	2,1	4,8	5,7	5,7	360
	96	97	Molen	1,5	1,8	2	4,8	5,7	5,7	360
	97		Molen	1,5	1,9	2	4,8	5,7	5,7	360
10	89		Noorddijk	1,5	1,6	1,7	5,7	5,7	5,7	40
	90		Noorddijk	1,5	1,6	1,7	5,7	5,7	5,7	40
	91		Noorddijk	1,3	1,7	1,9	5,7	5,7	5,7	40
11	79		van Alstein	-	0,7	1,4	-	4,4	5,2	20
	80		Melo	0,7	1,2	1,6	4	5,2	6,2	20
	81	80	Kleine Molen	0,7	1,2	1,6	4	5,2	6,2	20
	81	82	Kleine Molen	-	1,1	1,6	-	5,7	6,2	20
	82		Kleine Molen	-	0,8	1,5	-	5,7	6,2	20
	83	82	Kruls	-	0,7	1,5	-	5,7	6,2	30
	83	84	Kruls	1,2	1,7	2,1	6,2	5,7	6,2	360
11a	84		Kruls	1,2	1,7	2,1	5,7	5,7	6,2	345
	85	84	Kruls	1,2	1,7	2,1	5,7	5,7	6,2	355
	85	86	Kruls	1,2	1,6	1,8	5,7	5,7	6,2	355
	86		Wilhelmus	1,2	1,6	1,7	5,7	5,7	6,2	355
	87		Wilhelmus	1,5	1,6	1,7	5,7	5,7	6,2	355
	88		Wilhelmus	1,5	1,6	1,7	6,7	5,7	6,2	15
12	64		Zimmermanpolder	-	1	1,7	-	6,2	6,8	240
	65		Zimmermanpolder	0,5	1,3	1,8	5,2	6,2	6,8	220
	66		Zimmermanpolder	0,7	1,3	1,7	5,2	6,2	6,8	190
	67	66	Zimmermanpolder	1	1,5	1,8	5,2	6,2	6,8	220
	67	68	Zimmermanpolder	1,2	1,6	1,9	5,2	6,2	6,8	220
	68	67	Zimmermanpolder	1,2	1,6	1,9	5,2	6,8	6,8	180
**	68	69	Zimmermanpolder	0,8	1,3	1,7	5,2	6,8	6,8	180
13	51		Waardepolder	0,9	1,6	2,1	5,7	6,2	6,8	270
	52		Waardepolder	1,6	2	2,3	5,7	6,2	6,8	280
	53		Waardepolder	1,7	2,1	2,4	5,7	6,2	6,8	220
	54		Waardepolder	2	2,3	2,5	5,7	6,2	6,8	270
14	26	25	Ellew.dijkpolder	0,6	1,4	2,1	5,7	6,2	7,5	260
	26		Ellew.dijkpolder	1,4	1,9	2,4	5,7	6,2	7,5	260
	26	27	Ellew.dijkpolder	1,9	2,3	2,7	5,7	6,2	7,5	260
	27		Ellew.dijkpolder	2	2,4	2,8	5,7	6,2	7,5	250
	28		Ellew.dijkpolder	2	2,4	2,8	5,7	6,2	7,5	250
	29		Ellew.dijkpolder	2,1	2,5	2,8	5,7	6,2	7,5	250
	30		Ellew.dijkpolder	2,3	2,6	2,9	6,2	6,2	7,5	260
***	31		Ellew.dijkpolder	2,5	2,6	3,1	6,8	6,8	7,5	260
15	18		v. Critterspolder	0,5	1,4	2,3	6,8	7,5	8,2	260
	19	18	Borsselepolder	1	1,9	2,7	6,8	7,5	8,2	260
***	19	20	Borsselepolder	2,7	3,1	3,4	6,8	7,5	8,2	260
***	20	19	Borsselepolder	2,7	3,1	3,4	6,8	7,5	7,5	270
	20	21	Borsselepolder	2,3	2,6	2,9	6,8	7,5	7,5	270
*	noot:		Dijk en voorland zitten niet goed in gebruikte schematizatie							
**	noot:		Dit dijkvak kan verder gedetailleerd worden							
***	noot:		Incl. +0,20 m golfhoogte door stroming.							

5 Conclusies

- Met het volledig spectrale golfmodel SWAN cycle 2 zijn op betrouwbare wijze golfrandvoorwaarden bepaald voor 65 dijkvakken in de Westerschelde.
- In afwachting van de definitieve afregeling (gereed april 1998) zijn de modeluitkomsten aangepast aan de hand van een eerste toetsing in de Westerschelde. De piekperiode is verhoogd met 1 seconde terwijl de significante golfhoogte niet aangepast is.
- Er is rekening gehouden met eventuele toekomstige veranderingen in de bodemtopografie doormiddel van een kunstmatige verlaging van platen en slikken van 0,5 meter (voor platen ten oosten van Ossenisse is een verlaging van 1 meter aangehouden).
- De bodemligging van een aantal slikken was bij het begin van het project nog onvoldoende bekend. Waar nodig zijn deze bijgewerkt doormiddel van een interpolatie naar de waarde NAP + 1,5 m bij de dijk.
- Bij de gekozen gridafstand van 20 m van het model SWAN dienen de uitvoerpunten minimaal 40 m uit de teen van de dijk te liggen. Dichter bij de dijk mogen de uitkomsten door interpolaties en randeffecten niet als betrouwbaar gekenmerkt worden.
- In de berekeningen met SWAN is geen rekening gehouden met stroming.
- Voor twee dijkvakken die dicht aan een diepe geul liggen is een verhoging van de golfhoogte te verwachten als gevolg van sterke tegenstroom. De correctie die toegepast is op de significante golfhoogte H_s is geschat op +0,2m.
- Bij meerpiekige spectra is in dit rapport voorlopig voor de hoogste waarde gekozen als piekperiode. Een aangepaste waarde zoals Tpiek equivalent te bepalen uit het gehele spectrum zou hier meer op zijn plaats zijn. Bij "dikbuikige" spectra is in dit rapport voorlopig een veilige waarde aangehouden voor de Tpiek. Een aangepaste waarde zoals Tpb te bepalen uit het gehele spectrum zou hier meer op zijn plaats zijn.

6 Literatuurlijst

[1]	J.H. Andorka Gal, 1997, Golfrandvoorwaarden dijkbekleding Hans van Kruiningenpolder werkdocument RIKZ\OS-97.110x
[2]	J.H. Andorka Gal en P. Roelse, 1997, Westerschelde golfmodellering en golfrandvoorwaarden voor de dijkvakken Borselepolder, Wilhelmus-/Kruispolder, Kleine Huissens-/Eendragtpolder en Hans van Kruiningenpolder.
[3]	J.H. Andorka Gal, 1997, Betrouwbaarheid golfmodellen HISWA & SWAN in Westerschelde, RIKZ/OS-97.112x
[4]	R.C. Ris, 1997, Spectral modelling of wind waves in coastal areas.
[5]	R.C. Ris, N. Booij, L.H. Holthuijsen, R. Padilla-Hernandez, 1997, SWAN user manual.
[6]	J.G. de Ronde en A. van Urk, 1994, Extreme windsnelheden langs de kust en in de estuaria, RIKZ/OS.101x
[7]	J.G. de Ronde, J.G.A. van Marle, A.P. Roskam, J.H. Andorka Gal, 1995, Golfrandvoorwaarden langs de Nederlandse kust op relatief diep water, Rapport RIKZ - 95.024
[8]	A.P. Roskam, J. Hoekema, 1996, Randvoorwaarden voor golfperioden langs de Nederlandse kust, Rapport RIKZ-96.019
[9]	G. van Vledder, G. van Banning, juli 1997, Golfberekeningen Westerschelde, A174, Alkyon Hydraulic Consultancy & Research.
[10]	J. Wierenga en P.J. Rijkoort, 1983, Windklimaat van Nederland, KNMI, Staatsuitgeverij, Den Haag.

7 Bijlagen

	Beschrijving Bijlagen 1-6
1	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied out01 bij windsnelheid 34 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
2	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn01 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
3	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn02 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
4	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn03 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
5	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn04 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
6	Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn05 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand + 6m N.A.P.
7	Tabel met bepaalde golfrandvoorwaarden voor 65 dijkvakken in de Westerschelde.

Beschrijving Bijlagen

Om een indruk te geven van het verloop van de golfhoogte en de piekperiode over de Westerschelde zijn de bijlage 1 t/m 6 opgenomen in dit rapport. Gekozen is voor een situatie met een Noordwesten wind (315°) en een windsnelheid van 33 m/s over de Westerschelde (kans van 1/4000 per jaar).

Voor elk gebied is een isolijnenkaartje van de significante golfhoogte (Hs) en de piekperiode (Tp) gegeven. Ook is in het golfhoogteplaatje de voortplantingsrichting van de golven weergegeven.

Bijlage 1, outer 1

De golfhoogte op diep water begint bij een waarde boven de 7 m (op de rand is een golfhoogte van 8.16 ingevoerd). De golfhoogte neemt af richting de kust. In de monding van de Westerschelde bij Vlissingen is de golfhoogte afgenomen tot 4-5 m. Ook de piekperiode neemt af richting de kust. De waarde neemt af van boven de 9 s (13 s ingevoerd op de rand) tot 7-8 s in de monding van de Westerschelde. De afname van de golfhoogte wordt veroorzaakt door de afname in waterdiepte en door het breken van de golven. De piekperiode neemt pas verder naar het oosten af in het gebied waar de golfhoogte al voor een groot gedeelte is afgenomen en waar de door lokale wind gegenereerde golven (met een lagere piekperiode) gaan overheersen. De pijltjes die de golfrichting aangeven laten zien dat de golven bijbuigen vanuit zee de Westerschelde op.

Bijlage 2, Inner1

Bijlage 2 laat een meer gedetailleerd beeld van de monding van de Westerschelde zien. De golfhoogten en piekperioden berekend in Bijlage 1 dienen hier als randvoorwaarden. De golfhoogte is het hoogst in de geul voor de zuidoever (5-6 m) omdat dit deel het diepst is. De golfhoogte neemt langs beide oevers af tot 2 à 3 m. De piekperiode laat een ander patroon zien. De piekperiode neemt af in de voortplantingsrichting van de golven. In het laatste stuk voor de zuidelijke oever neemt de piekperiode weer wat toe. Dit patroon wordt veroorzaakt door de vorm van het spectrum. In het ondiepe gedeelte van de monding van de Westerschelde wordt de piekperiode lager en neemt de piek af in hoogte door breking. Tegelijk ontstaat er, door het lokale windveld, een tweede piek in het spectrum, met hogere frequentie dan de eerste piek. Als door breking, wrijving en niet-lineaire interacties deze twee pieken in grootte veranderen kan de tweede piek groter worden dan de eerste piek. De waarde van de piekperiode verspringt dan. Dit zorgt voor de lagere piekperioden in het zuidelijke deel van de monding. Als de golven de zuidoever naderen neemt de diepte weer af en treedt er weer breking op, waardoor beide pieken in het spectrum afnemen. De tweede piek in het spectrum neemt iets sterker af en de piekperiode verspringt nu weer naar de hogere piek in het spectrum. De piekperiode laat dus fluctuaties zien die veroorzaakt worden door de twee toppen in het spectrum (zie figuur 4.6).

Bijlage 3, Inner2

Verder de Westerschelde in neemt de golfhoogte verder af. Het patroon van golfhoogten wordt sterk bepaald door de ondiepten die zich in de Westerschelde bevinden. Ook de piekperiode neemt geleidelijk af. Het patroon van de piekperiode wordt ook bepaald door de diepte, maar minder duidelijk als de golfhoogte. In de diepere delen is de piekperiode 6 - 8 s. In het ondieper zuidelijke deel 4 - 6 s. Ook hier is een groot deel van de variatie te verklaren door de tweetoppigheid van de spectra. Dit is heel duidelijk te zien in het zuidelijke deel, tussen $x = 32$ km en $x = 34$ km. Hier verspringt de piekperiode van boven de 8 s naar 4-5 s. Als gevolg van breking, wrijving en niet-lineaire interacties neemt de piek met de laagste frequentie af t.o.v. de piek met hogere frequentie. Hierdoor verspringt de piekperiode. Het moge duidelijk zijn dat deze 4 - 5 s een te onveilige maat is om een dijkbekleding op te ontwerpen.

Bijlage 4, Inner3

Het patroon van afnemende golfhoogte en piekperiode zet zich voort in dit deel van de Westerschelde. De hoogste golfhoogten en piekperioden komen voor in de diepste delen van de Westerschelde. Op plaatsen waar de dijken aan diep water liggen (in het zuidoostelijke en centraal-noordelijke deel van het gebied) kan de golfhoogte vlak voor de dijk tussen de 2.5 en 3 m zijn. De golfhoogte blijft, ook op en achter ondieptes, constant op 2.5 - 3 m. De piekperiode varieert niet veel in het gebied.

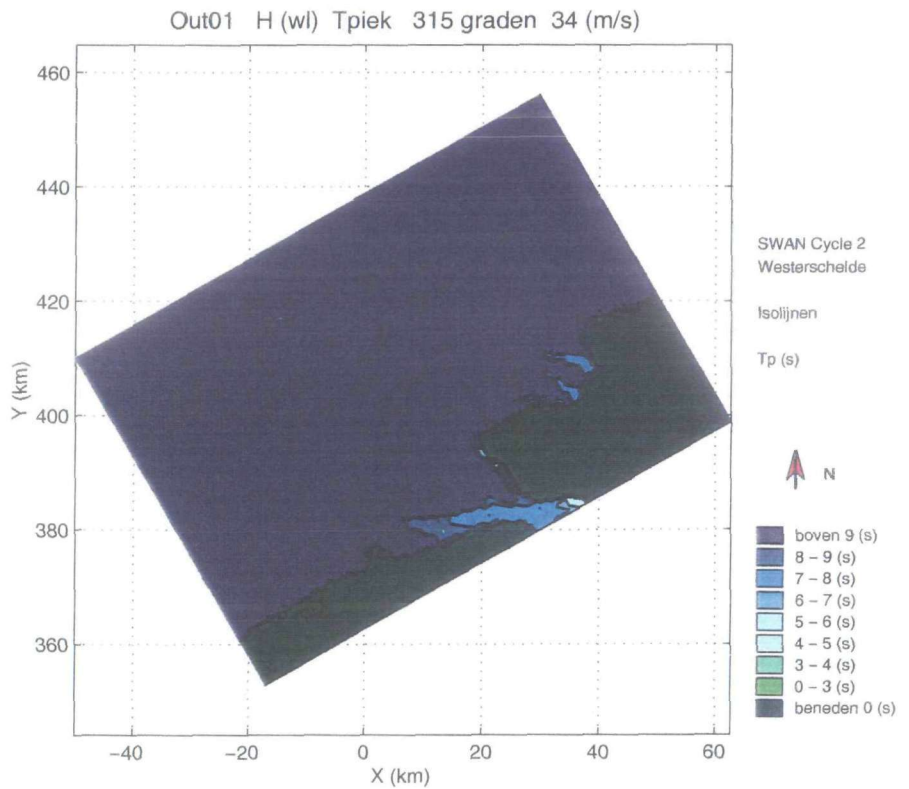
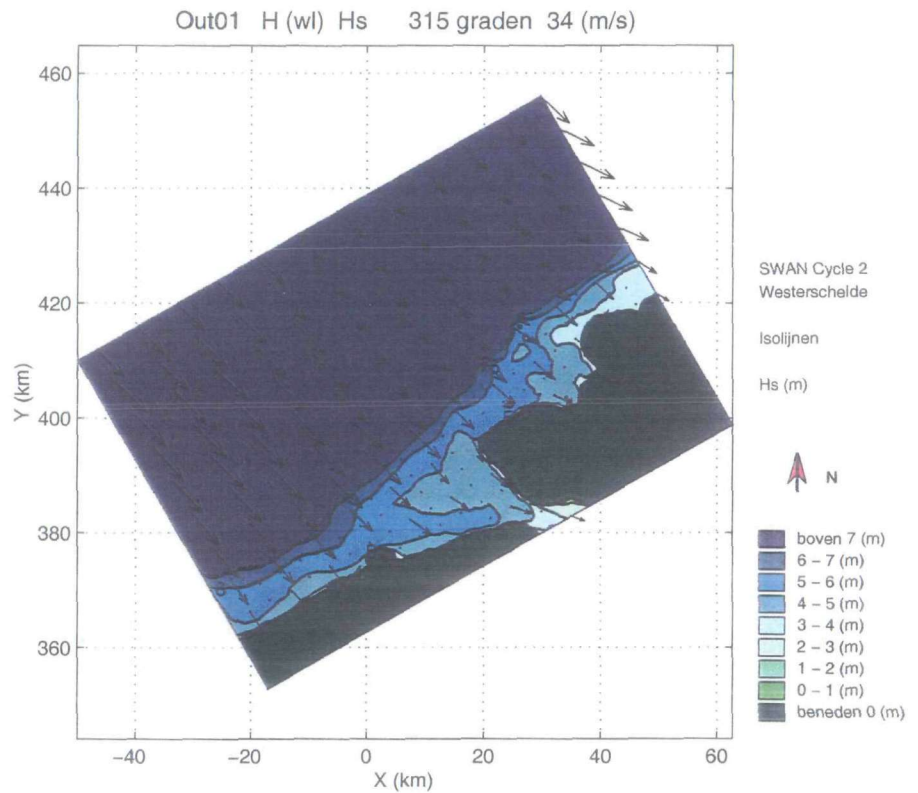
Bijlage 5, Inner4

De golfhoogte in de noordelijke helft van het gebied is aanzienlijk lager dan in het zuidelijke deel. De golven in het zuiden zijn hoger vanwege de grotere strijklengte vanuit het westen. In het noordelijke gedeelte van het gebied is de strijklengte zeer kort. De wind komt hier vanaf het land. De golven worden dan ook vanaf de noordwestkant opgebouwd. De golfhoogte neemt toe naarmate de strijklengte toeneemt. De piekperiode volgt dit beeld. De piekperiode neemt toe naarmate de strijklengte toeneemt, behalve de strook vlak voor de noordoever. Hier is de piekperiode aanzienlijk hoger. Dit wordt veroorzaakt door deining die vanuit het westen wordt afgebogen en doorloopt naar het noorden. Dit deiningsveld is zeer zwak, en heeft een veel hogere piekperiode dan de windgedreven golven. De windgedreven golven zijn in dit gebied nog zo klein dat de deiningspiek wel hoger is dan de piek van de windgedreven golven. De piekperiode in dit gebied is dus de piekperiode van het deiningsveld. Na enkele honderden meters zijn de windgedreven golven zo ver gegroeid dat de windgroeie piek in het spectrum hoger wordt. Hier verspringt de piekperiode naar lagere waarden, behorend bij de windgedreven golven.

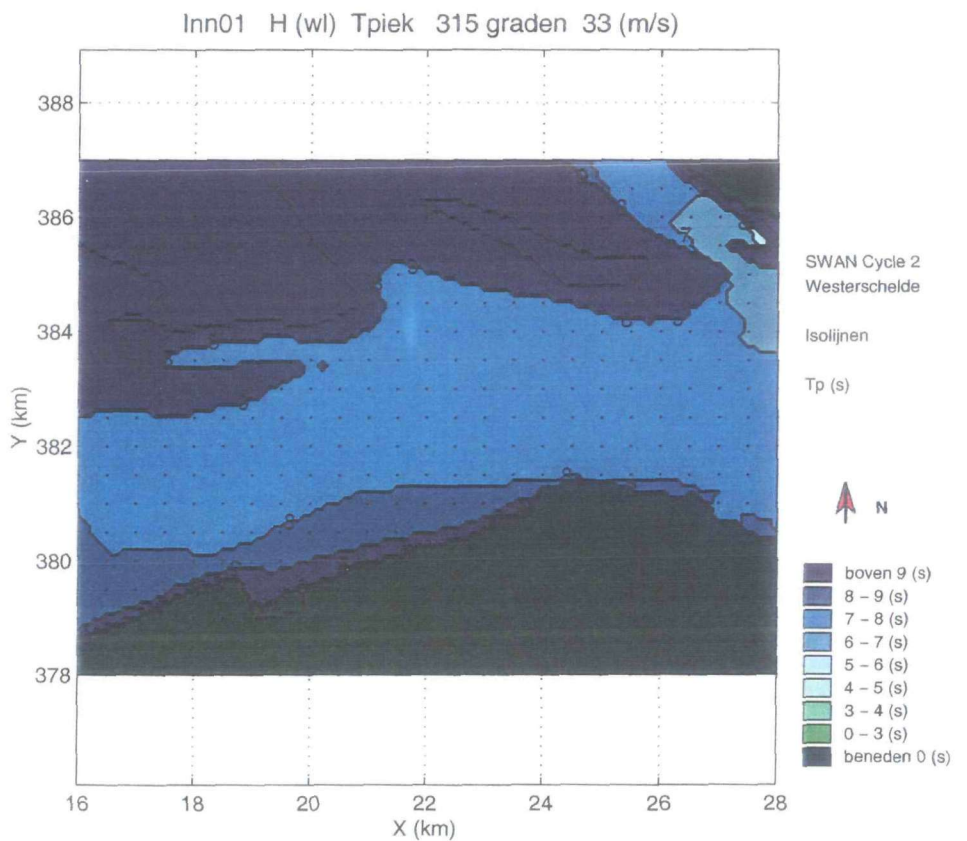
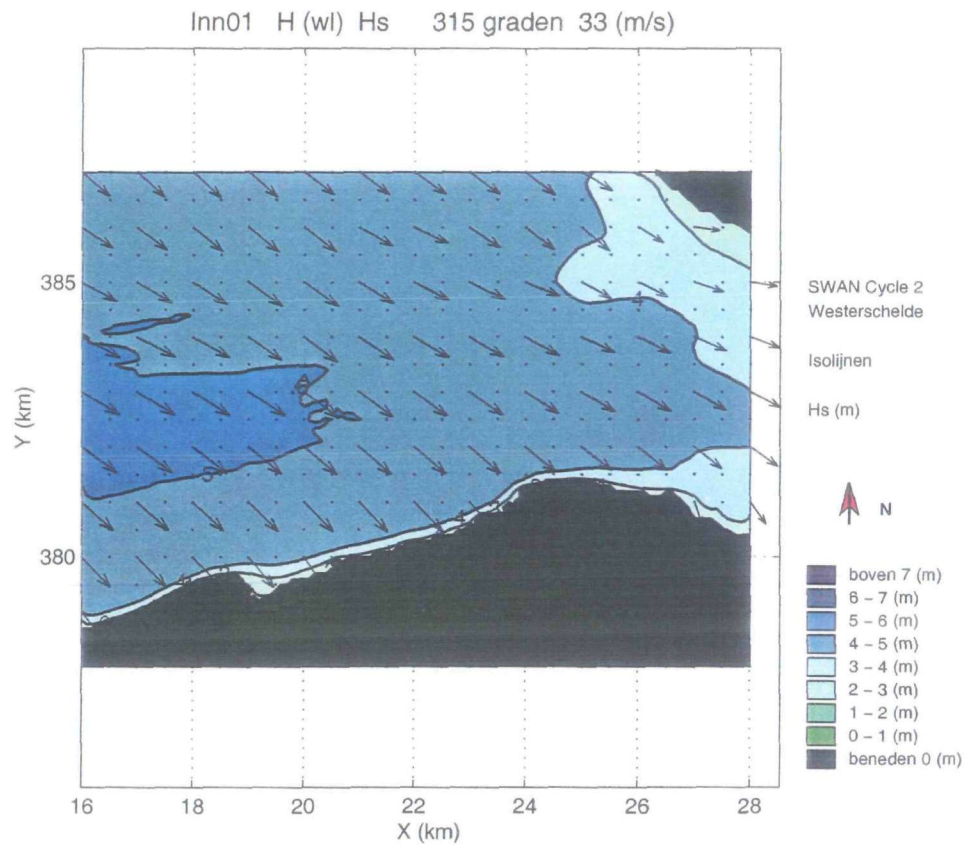
Bijlage 6, Inner5

De golfhoogte en piekperiode nemen eerst verder toe vanwege de steeds grotere strijklengte vanuit het Noordwesten. In het midden en oostelijk deel van dit gebied blijven golfhoogte en piekperiode constant of nemen af, vanwege de afnemende diepte in het achterste deel van de Westerschelde.

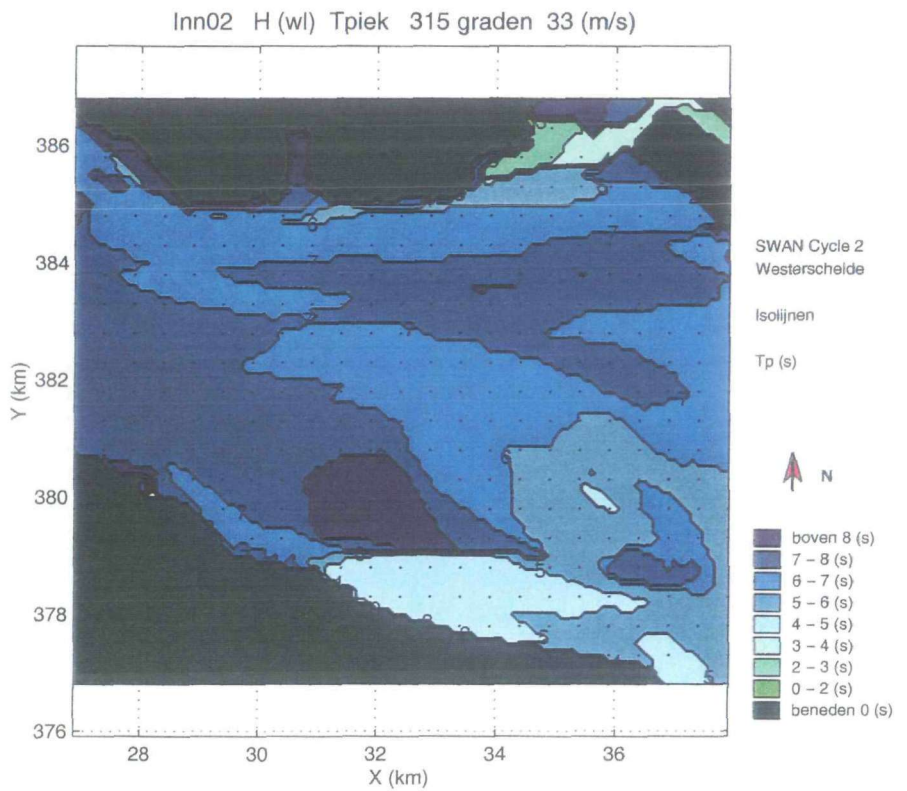
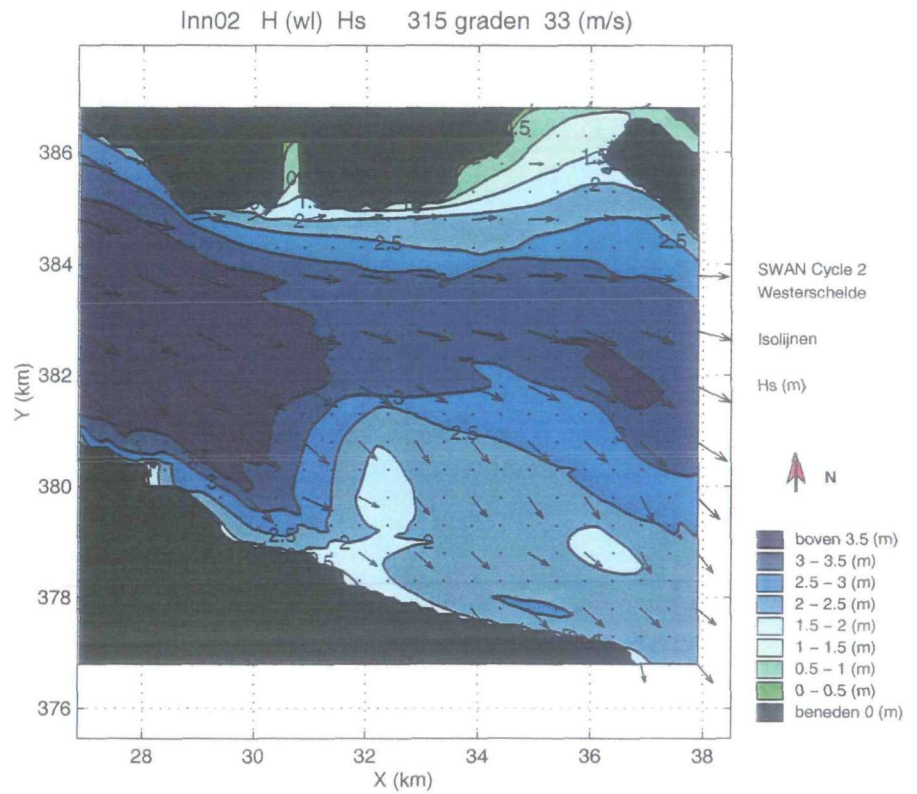
Bijlage 1: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied out01 bij windsnelheid 34 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



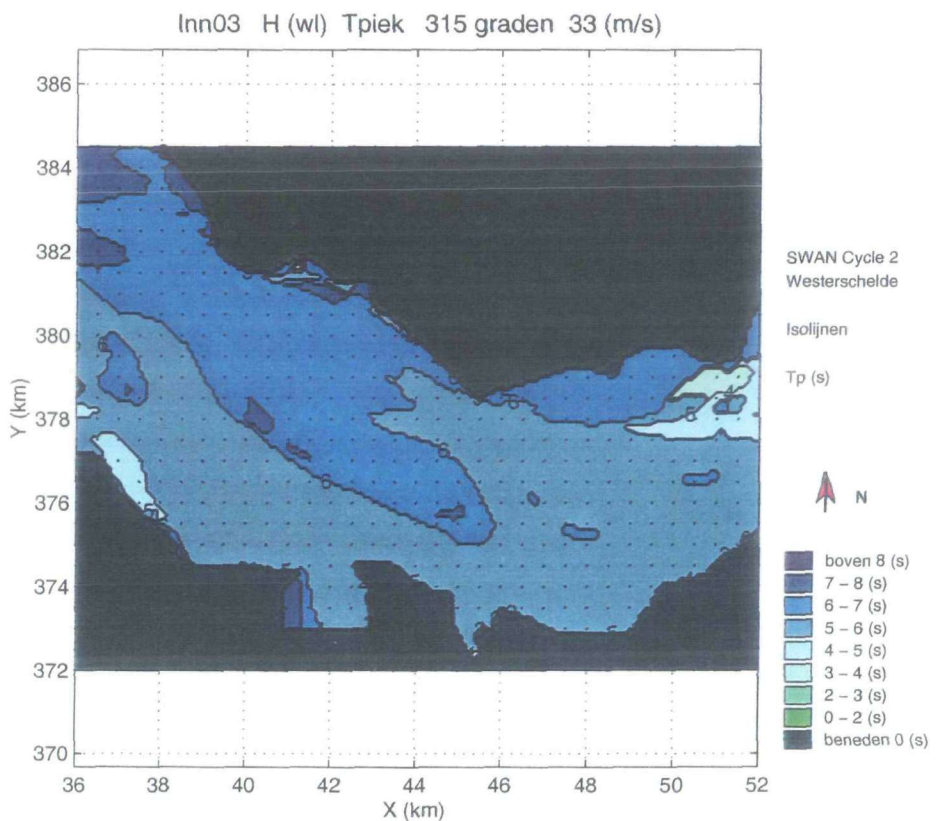
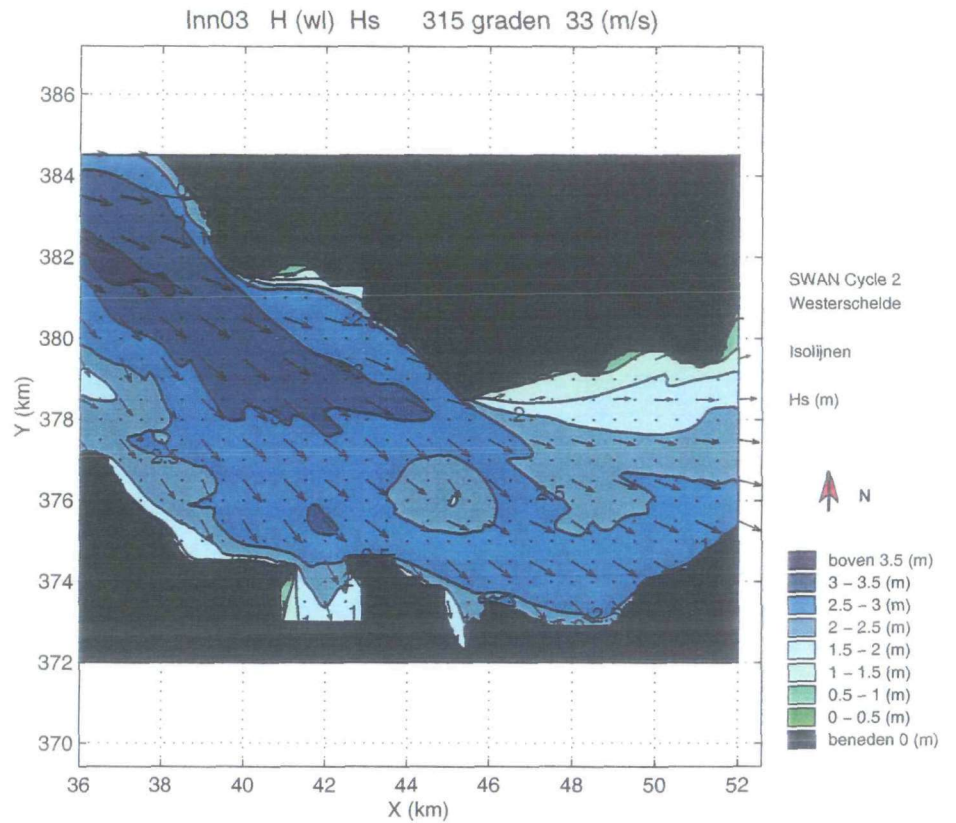
Bijlage 2: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn01 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



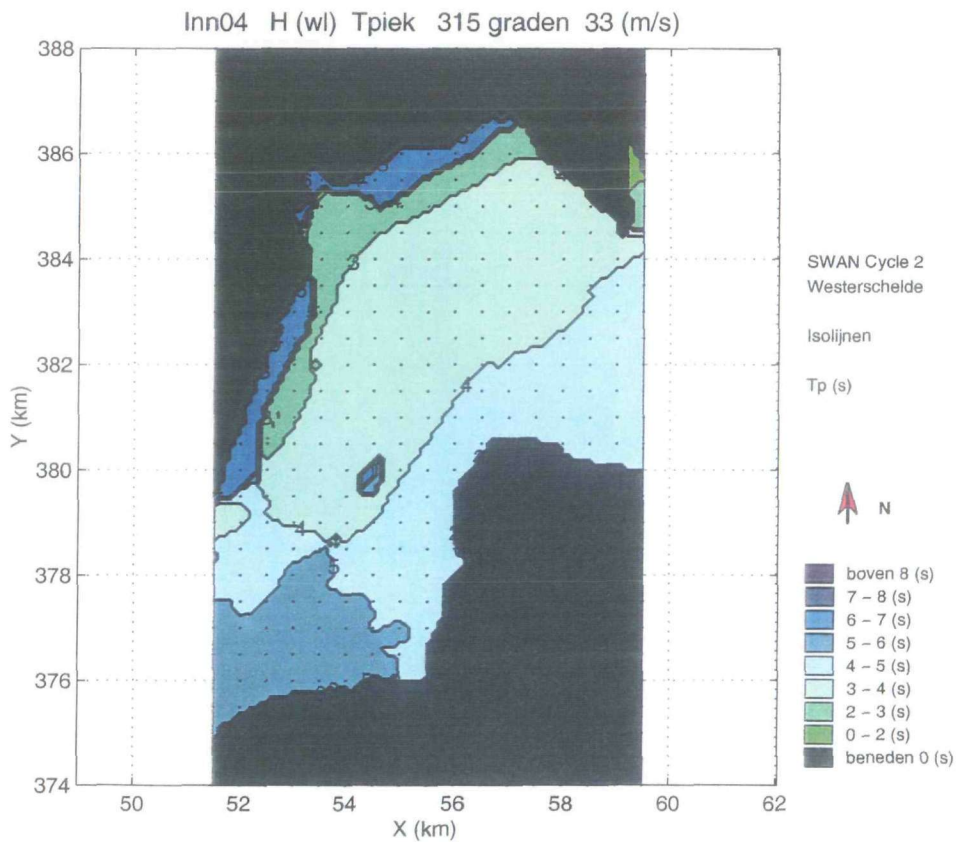
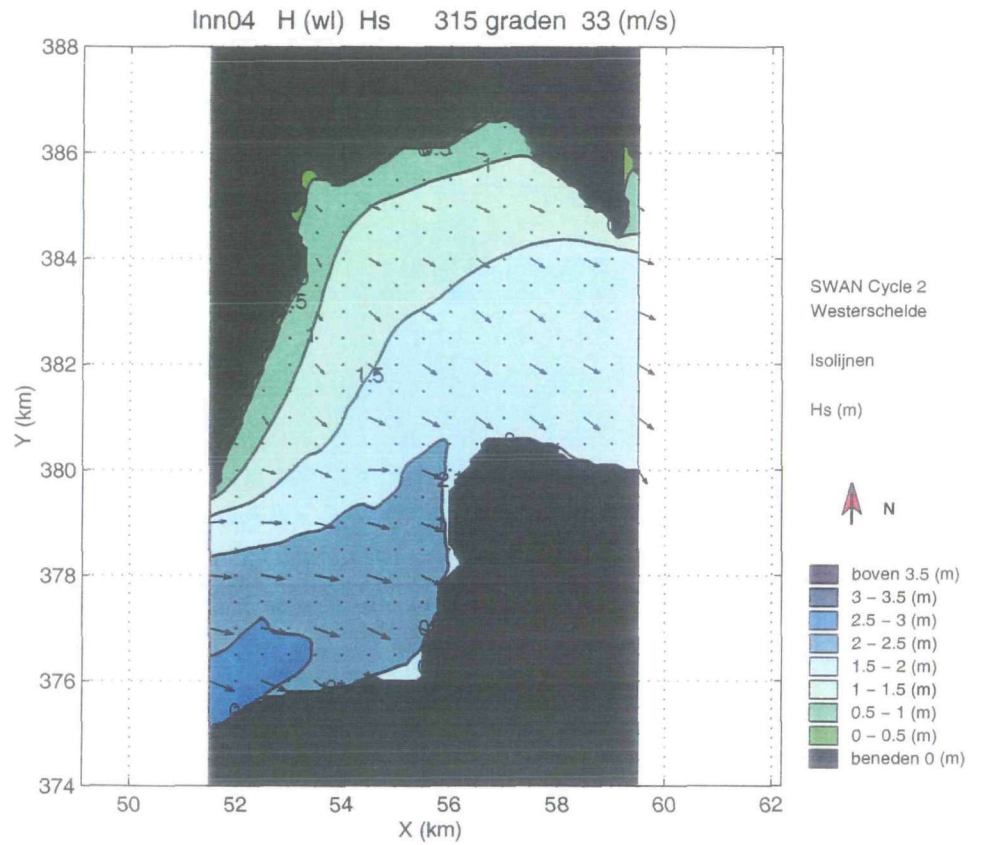
Bijlage 3: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn02 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



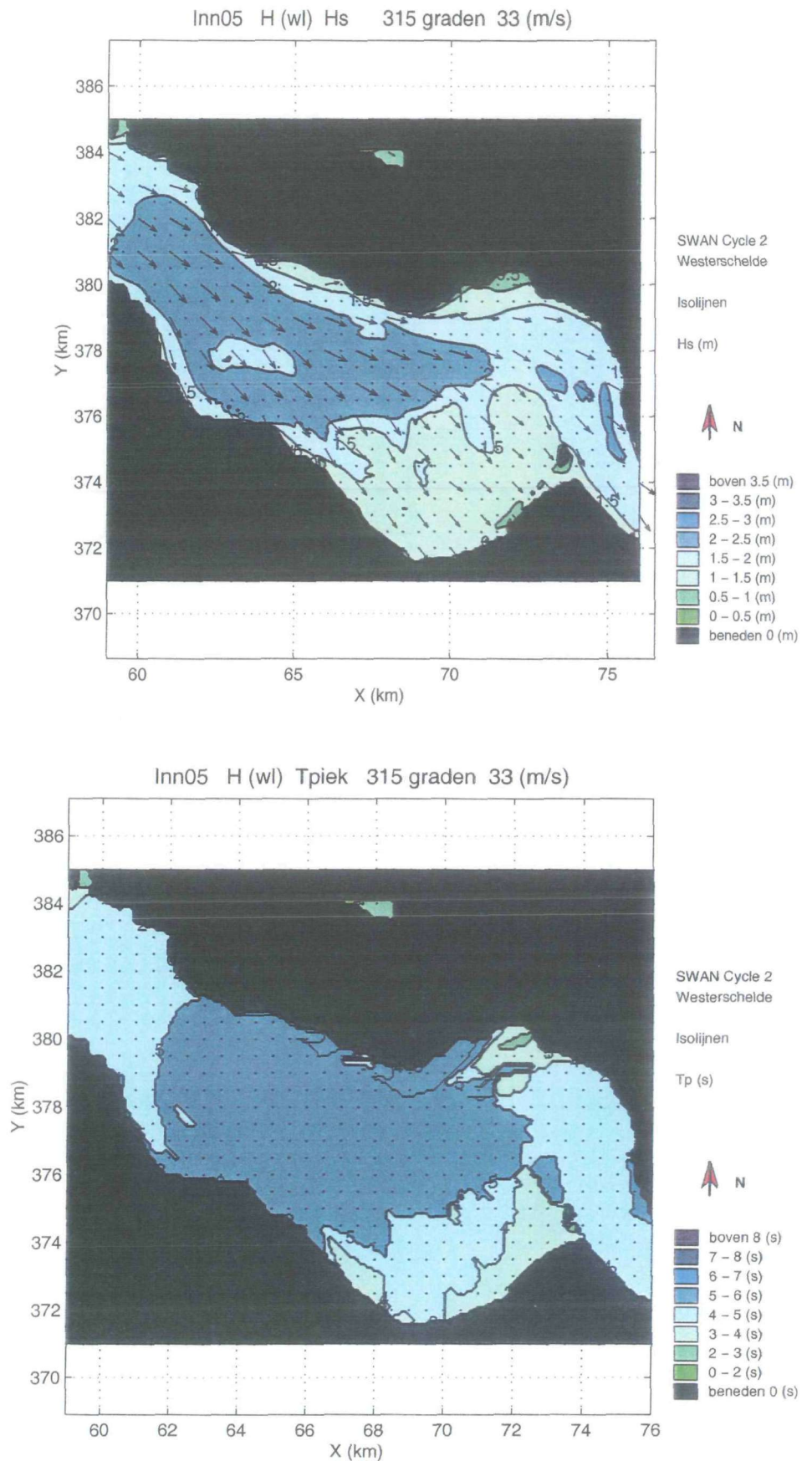
Bijlage 4: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn03 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



Bijlage 5: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn04 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



Bijlage 6: Significante golfhoogte en piekperiode in gebied inn05 bij windsnelheid 33 m/s, windrichting 315°, waterstand +6m N.A.P.



Bijlage 7: De bepaalde golfrandvoorwaarden voor 65 dijkvakken in de Westerschelde

gemaal	vak	gemaal naam	Ho. wv. Zm	Ho. wv. 2m	Ho. wv. 4m	Ho. wv. 6m	Ho. wv. 8m	Ho. wv. 10m	Ho. wv. 12m	Ho. wv. 14m	Ho. wv. 16m	Ho. wv. 18m	Ho. wv. 20m	Ho. wv. 22m	Ho. wv. 24m	Ho. wv. 26m	Ho. wv. 28m	Ho. wv. 30m	Ho. wv. 32m	Ho. wv. 34m	Ho. wv. 36m	Ho. wv. 38m	Ho. wv. 40m	Ho. wv. 42m	Ho. wv. 44m	Ho. wv. 46m	Ho. wv. 48m	Ho. wv. 50m	Ho. wv. 52m	Ho. wv. 54m	Ho. wv. 56m	Ho. wv. 58m	Ho. wv. 60m	Ho. wv. 62m	Ho. wv. 64m	Ho. wv. 66m	Ho. wv. 68m	Ho. wv. 70m	Ho. wv. 72m	Ho. wv. 74m	Ho. wv. 76m	Ho. wv. 78m	Ho. wv. 80m	Ho. wv. 82m	Ho. wv. 84m	Ho. wv. 86m	Ho. wv. 88m	Ho. wv. 90m	Ho. wv. 92m	Ho. wv. 94m	Ho. wv. 96m	Ho. wv. 98m	Ho. wv. 100m	Ho. wv. 102m	Ho. wv. 104m	Ho. wv. 106m	Ho. wv. 108m	Ho. wv. 110m	Ho. wv. 112m	Ho. wv. 114m	Ho. wv. 116m	Ho. wv. 118m	Ho. wv. 120m	Ho. wv. 122m	Ho. wv. 124m	Ho. wv. 126m	Ho. wv. 128m	Ho. wv. 130m	Ho. wv. 132m	Ho. wv. 134m	Ho. wv. 136m	Ho. wv. 138m	Ho. wv. 140m	Ho. wv. 142m	Ho. wv. 144m	Ho. wv. 146m	Ho. wv. 148m	Ho. wv. 150m	Ho. wv. 152m	Ho. wv. 154m	Ho. wv. 156m	Ho. wv. 158m	Ho. wv. 160m	Ho. wv. 162m	Ho. wv. 164m	Ho. wv. 166m	Ho. wv. 168m	Ho. wv. 170m	Ho. wv. 172m	Ho. wv. 174m	Ho. wv. 176m	Ho. wv. 178m	Ho. wv. 180m	Ho. wv. 182m	Ho. wv. 184m	Ho. wv. 186m	Ho. wv. 188m	Ho. wv. 190m	Ho. wv. 192m	Ho. wv. 194m	Ho. wv. 196m	Ho. wv. 198m	Ho. wv. 200m	Ho. wv. 202m	Ho. wv. 204m	Ho. wv. 206m	Ho. wv. 208m	Ho. wv. 210m	Ho. wv. 212m	Ho. wv. 214m	Ho. wv. 216m	Ho. wv. 218m	Ho. wv. 220m	Ho. wv. 222m	Ho. wv. 224m	Ho. wv. 226m	Ho. wv. 228m	Ho. wv. 230m	Ho. wv. 232m	Ho. wv. 234m	Ho. wv. 236m	Ho. wv. 238m	Ho. wv. 240m	Ho. wv. 242m	Ho. wv. 244m	Ho. wv. 246m	Ho. wv. 248m	Ho. wv. 250m	Ho. wv. 252m	Ho. wv. 254m	Ho. wv. 256m	Ho. wv. 258m	Ho. wv. 260m	Ho. wv. 262m	Ho. wv. 264m	Ho. wv. 266m	Ho. wv. 268m	Ho. wv. 270m	Ho. wv. 272m	Ho. wv. 274m	Ho. wv. 276m	Ho. wv. 278m	Ho. wv. 280m	Ho. wv. 282m	Ho. wv. 284m	Ho. wv. 286m	Ho. wv. 288m	Ho. wv. 290m	Ho. wv. 292m	Ho. wv. 294m	Ho. wv. 296m	Ho. wv. 298m	Ho. wv. 300m	Ho. wv. 302m	Ho. wv. 304m	Ho. wv. 306m	Ho. wv. 308m	Ho. wv. 310m	Ho. wv. 312m	Ho. wv. 314m	Ho. wv. 316m	Ho. wv. 318m	Ho. wv. 320m	Ho. wv. 322m	Ho. wv. 324m	Ho. wv. 326m	Ho. wv. 328m	Ho. wv. 330m	Ho. wv. 332m	Ho. wv. 334m	Ho. wv. 336m	Ho. wv. 338m	Ho. wv. 340m	Ho. wv. 342m	Ho. wv. 344m	Ho. wv. 346m	Ho. wv. 348m	Ho. wv. 350m	Ho. wv. 352m	Ho. wv. 354m	Ho. wv. 356m	Ho. wv. 358m	Ho. wv. 360m	Ho. wv. 362m	Ho. wv. 364m	Ho. wv. 366m	Ho. wv. 368m	Ho. wv. 370m	Ho. wv. 372m	Ho. wv. 374m	Ho. wv. 376m	Ho. wv. 378m	Ho. wv. 380m	Ho. wv. 382m	Ho. wv. 384m	Ho. wv. 386m	Ho. wv. 388m	Ho. wv. 390m	Ho. wv. 392m	Ho. wv. 394m	Ho. wv. 396m	Ho. wv. 398m	Ho. wv. 400m	Ho. wv. 402m	Ho. wv. 404m	Ho. wv. 406m	Ho. wv. 408m	Ho. wv. 410m	Ho. wv. 412m	Ho. wv. 414m	Ho. wv. 416m	Ho. wv. 418m	Ho. wv. 420m	Ho. wv. 422m	Ho. wv. 424m	Ho. wv. 426m	Ho. wv. 428m	Ho. wv. 430m	Ho. wv. 432m	Ho. wv. 434m	Ho. wv. 436m	Ho. wv. 438m	Ho. wv. 440m	Ho. wv. 442m	Ho. wv. 444m	Ho. wv. 446m	Ho. wv. 448m	Ho. wv. 450m	Ho. wv. 452m	Ho. wv. 454m	Ho. wv. 456m	Ho. wv. 458m	Ho. wv. 460m	Ho. wv. 462m	Ho. wv. 464m	Ho. wv. 466m	Ho. wv. 468m	Ho. wv. 470m	Ho. wv. 472m	Ho. wv. 474m	Ho. wv. 476m	Ho. wv. 478m	Ho. wv. 480m	Ho. wv. 482m	Ho. wv. 484m	Ho. wv. 486m	Ho. wv. 488m	Ho. wv. 490m	Ho. wv. 492m	Ho. wv. 494m	Ho. wv. 496m	Ho. wv. 498m	Ho. wv. 500m	Ho. wv. 502m	Ho. wv. 504m	Ho. wv. 506m	Ho. wv. 508m	Ho. wv. 510m	Ho. wv. 512m	Ho. wv. 514m	Ho. wv. 516m	Ho. wv. 518m	Ho. wv. 520m	Ho. wv. 522m	Ho. wv. 524m	Ho. wv. 526m	Ho. wv. 528m	Ho. wv. 530m	Ho. wv. 532m	Ho. wv. 534m	Ho. wv. 536m	Ho. wv. 538m	Ho. wv. 540m	Ho. wv. 542m	Ho. wv. 544m	Ho. wv. 546m	Ho. wv. 548m	Ho. wv. 550m	Ho. wv. 552m	Ho. wv. 554m	Ho. wv. 556m	Ho. wv. 558m	Ho. wv. 560m	Ho. wv. 562m	Ho. wv. 564m	Ho. wv. 566m	Ho. wv. 568m	Ho. wv. 570m	Ho. wv. 572m	Ho. wv. 574m	Ho. wv. 576m	Ho. wv. 578m	Ho. wv. 580m	Ho. wv. 582m	Ho. wv. 584m	Ho. wv. 586m	Ho. wv. 588m	Ho. wv. 590m	Ho. wv. 592m	Ho. wv. 594m	Ho. wv. 596m	Ho. wv. 598m	Ho. wv. 600m	Ho. wv. 602m	Ho. wv. 604m	Ho. wv. 606m	Ho. wv. 608m	Ho. wv. 610m	Ho. wv. 612m	Ho. wv. 614m	Ho. wv. 616m	Ho. wv. 618m	Ho. wv. 620m	Ho. wv. 622m	Ho. wv. 624m	Ho. wv. 626m	Ho. wv. 628m	Ho. wv. 630m	Ho. wv. 632m	Ho. wv. 634m	Ho. wv. 636m	Ho. wv. 638m	Ho. wv. 640m	Ho. wv. 642m	Ho. wv. 644m	Ho. wv. 646m	Ho. wv. 648m	Ho. wv. 650m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	8	Jong-Breakezspolder	2	3	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2	10,6	11,0	11,4	11,8	12,2	12,6	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	15,0	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	17,4	17,8	18,2	18,6	19,0	19,4	19,8	20,2	20,6	21,0	21,4	21,8	22,2	22,6	23,0	23,4	23,8	24,2	24,6	25,0	25,4	25,8	26,2	26,6	27,0	27,4	27,8	28,2	28,6	29,0	29,4	29,8	30,2	30,6	31,0	31,4	31,8	32,2	32,6	33,0	33,4	33,8	34,2	34,6	35,0	35,4	35,8	36,2	36,6	37,0	37,4	37,8	38,2	38,6	39,0	39,4	39,8	40,2	40,6	41,0	41,4	41,8	42,2	42,6	43,0	43,4	43,8	44,2	44,6	45,0	45,4	45,8	46,2	46,6	47,0	47,4	47,8	48,2	48,6	49,0	49,4	49,8	50,2	50,6	51,0	51,4	51,8	52,2	52,6	53,0	53,4	53,8	54,2	54,6	55,0	55,4	55,8	56,2	56,6	57,0	57,4	57,8	58,2	58,6	59,0	59,4	59,8	60,2	60,6	61,0	61,4	61,8	62,2	62,6	63,0	63,4	63,8	64,2	64,6	65,0	65,4	65,8	66,2	66,6	67,0	67,4	67,8	68,2	68,6	69,0	69,4	69,8	70,2	70,6	71,0	71,4	71,8	72,2	72,6	73,0	73,4	73,8	74,2	74,6	75,0	75,4	75,8	76,2	76,6	77,0	77,4	77,8	78,2	78,6	79,0	79,4	79,8	80,2	80,6	81,0	81,4	81,8	82,2	82,6	83,0	83,4	83,8	84,2	84,6	85,0	85,4	85,8	86,2	86,6	87,0	87,4	87,8	88,2	88,6	89,0	89,4	89,8	90,2	90,6	91,0	91,4	91,8	92,2	92,6	93,0	93,4	93,8	94,2	94,6	95,0	95,4	95,8	96,2	96,6	97,0	97,4	97,8	98,2	98,6	99,0	99,4	99,8	100,2	100,6	101,0	101,4	101,8	102,2	102,6	103,0	103,4	103,8	104,2	104,6	105,0	105,4	105,8	106,2	106,6	107,0	107,4	107,8	108,2	108,6	109,0	109,4	109,8	110,2	110,6	111,0	111,4	111,8	112,2	112,6	113,0	113,4	113,8	114,2	114,6	115,0	115,4	115,8	116,2	116,6	117,0	117,4	117,8	118,2	118,6	119,0	119,4	119,8	120,2	120,6	121,0	121,4	121,8	122,2	122,6	123,0	123,4	123,8	124,2	124,6	125,0	125,4	125,8	126,2	126,6	127,0	127,4	127,8	128,2	128,6	129,0	129,4	129,8	130,2	130,6	131,0	131,4	131,8	132,2	132,6	133,0	133,4	133,8	134,2	134,6	135,0	135,4	135,8	136,2	136,6	137,0	137,4	137,8	138,2	138,6	139,0	139,4	139,8	140,2	140,6	141,0	141,4	141,8	142,2	142,6	143,0	143,4	143,8	144,2	144,6	145,0	145,4	145,8	146,2	146,6	147,0	147,4	147,8	148,2	148,6	149,0	149,4	149,8	150,2	150,6	151,0	151,4	151,8	152,2	152,6	153,0	153,4	153,8	154,2	154,6	155,0	155,4	155,8	156,2	156,6	157,0	157,4	157,8	158,2	158,6	159,0	159,4	159,8	160,2	160,6	161,0	161,4	161,8	162,2	162,6	163,0	163,4	163,8	164,2	164,6	165,0	165,4	165,8	166,2	166,6	167,0	167,4	167,8	168,2	168,6	169,0	169,4	169,8	170,2	170,6	171,0	171,4	171,8	172,2	172,6	173,0	173,4	173,8	174,2	174,6	175,0	175,4	175,8	176,2	176,6	177,0	177,4	177,8	178,2	178,6	179,0	179,4	179,8	180,2	180,6	181,0	181,4	181,8	182,2	182,6	183,0	183,4	183,8	184,2	184,6	185,0	185,4	185,8	186,2	186,6	187,0	187,4	187,8	188,2	188,6	189,0	189,4	189,8	190,2	190,6	191,0	191,4	191,8	192,2	192,6	193,0	193,4	193,8	194,2	194,6	195,0	195,4	195,8	196,2	196,6	197,0	197,4	197,8	198,2	198,6	199,0	199,4	199,8	200,2	200,6	201,0	201,4	201,8	202,2	202,6	203,0	203,4	203,8	204,2	204,6	205,0	205,4	205,8	206,2	206,6	207,0	207,4	207,8	208,2	208,6	209,0	209,4	209,8	210,2	210,6	211,0	211,4	211,8	212,2	212,6	213,0	213,4	213,8	214,2	214,6	215,0	215,4	215,8	216,2	216,6	217,0	217,4	217,8	218,2	218,6	219,0	219,4	219,8	220,2	220,6	221,0	221,4	221,8	222,2	222,6	223,0	223,4	223,8	224,2	224,6	225,0	225,4	225,8	226,2	226,6	227,0	227,4	227,8	228,2	228,6	229,0	229,4	229,8	230,2	230,6	231,0	231,4	231,8	232,2	232,6	233,0	233,4	233,8	234,2	234,6	235,0	235,4	235,8	236,2	236,6	237,0	237,4	237,8	238,2	238,6	239,0	239,4	239,8	240,2	240,6	241,0	241,4	241,8	242,2	242,6	243,0	243,4	243,8	244,2	244,6	245,0	245,4	245,8	246,2	246,6	247,0	247,4	247,8	248,2	248,6	249,0	249,4	249,8	250,2	250,6	251,0	251,4	251,8	252,2	252,6	253,0	253,4	253,8	254,2	254,6	255,0	255,4	255,8	256,2	256,6	257,0	257,4	257,8	258,2	258,6	259,0	259,4	259,8	260,2	260,6	261,0	261,4	261,8	262,2	262,6	263,0	263,4	263,8	264,2	264,6	265,0	265,4	265,8	266,2	266,6	267,0	2

