

Golfberekeningen eiland in zee

t.b.v. studie naar de effecten van een eiland in de
Noordzee op de morfologie

September 1999

Golfberekeningen eiland in zee

t.b.v. studie naar de effecten van een eiland in de
Noordzee op de morfologie

September 1999

Opdrachtgever:
Directoraat-Generaal Rijksluchtvaartdienst
Postbus 90771
2509 LT Den Haag

Opdrachtnemer:
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Postbus 20907
2500 EX Den Haag

inhoudsopgave

1. INLEIDING	2
2. MODELLERING VAN HET GOLFEELD MET SWAN	3
2.1. INLEIDING.....	3
2.2. FUNCTIONALITEIT EN BEPERKINGEN VAN SWAN.....	3
2.3. MODELINSTELLINGEN.....	4
2.4. MODELINVOER	4
3. VERANDERINGEN IN HET LOKALE GOLFBEELD BIJ DIVERSE EILANDVARIANTEN	9
3.1. INLEIDING.....	9
3.2. EILAND OP 10 KILOMETER UIT DE KUST	10
3.2.1. <i>Inleiding</i>	10
3.2.2. <i>Optredende effecten bij windrichting noordwest</i>	10
3.2.3. <i>Optredende effecten bij windrichting zuidwest</i>	13
3.3. EILAND OP 20 KILOMETER UIT DE KUST	15
3.3.1. <i>Inleiding</i>	16
3.3.2. <i>Optredende effecten bij windrichting noordwest</i>	16
3.3.3. <i>Optredende effecten bij windrichting zuidwest</i>	19
3.4. EILAND OP 20 KM UIT DE KUST MET DAMVERBINDING MET GETIJDENCENTRALE	21
3.4.1. <i>inleiding</i>	21
3.4.2. <i>Optredende effecten bij windrichting noordwest</i>	21
3.4.3. <i>Optredende effecten bij windrichting zuidwest</i>	24
3.5. EILAND OP 20 KM UIT DE KUST MET EN GESLOTEN DAMVERBINDING	27
3.5.1. <i>Inleiding</i>	27
3.5.2. <i>Optredende effecten bij windrichting noordwest</i>	27
3.5.3. <i>Optredende effecten bij windrichting zuidwest</i>	30
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	32

1. Inleiding

Begin 1999 heeft het kabinet in haar beleidsvisie aangegeven dat de groei van het luchtverkeer slechts op twee locaties kan worden opgevangen. Eén van die locaties is een eiland in de Noordzee. De Rijksluchtvaartdienst heeft in samenwerking met Schiphol het project ONL (Ontwikkeling Nationale Luchthaven) opgestart. De programma-directie ONL heeft tot taak de verdere besluitvorming over mogelijke locaties te ondersteunen.

Vanuit de programma-directie ONL kwam de vraag aan het RIKZ om de effecten op kust en zee die optreden bij een eventuele aanleg van een eiland in de Noordzee te beschrijven. Ten behoeve van het EMA (Eerste Moment van Afweging) zal het RIKZ een advies leveren, waarbij ingegaan wordt op de inpasbaarheid van verschillende varianten van een eiland in zee. Het gaat hierbij om varianten die op een afstand van 10 tot 20 kilometer uit de kust zijn gelegen en om varianten die met de kust verbonden zijn door middel van een dam of dam met getijdecentrale. Naar verwachting kunnen door deze varianten niet-wenselijke effecten optreden op het kust- en zeesysteem. Deze effecten kunnen bijdragen aan de keuze die het kabinet zal maken over de (mogelijke) trechtering van varianten in het EMA. In het kader van de EMA is gevraagd om golfberekeningen te maken t.b.v. een studie naar de morfologische veranderingen die optreden bij de aanleg van diverse eiland varianten in de Noordzee. De resultaten van deze studie zullen geïntegreerd worden in het EMA-morfologie rapport.

De berekeningen die in deze studie zijn uitgevoerd, zijn gebaseerd op een conditie die ongeveer 10 procent van de tijd per jaar op de Noordzee voorkomt. Deze conditie wordt verondersteld het grootste effect (combinatie van frequentie van voorkomen en intensiteit) te hebben op de morfologie. Gekozen is om de berekeningen uit te voeren voor de windrichtingen zuidwest en noordwest, omdat deze windrichtingen vaak voorkomen langs de Nederlandse kust. Tevens zal het effect van diverse eilandvarianten op de kust bij deze windrichtingen naar verwachting het grootst zijn. Voor deze twee richtingen zijn de onderstaande situaties doorgerekend :

- ☞ Huidige situatie.
- ☞ Eiland van 12000 hectare op 10 kilometer uit de kust.
- ☞ Eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust.
- ☞ Eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust met een opening in de damverbinding (getijdecentrale).
- ☞ Eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust met gesloten damverbinding.

In dit verslag zal eerst een globale uitleg gegeven worden van het gebruikte golfmodel en de gebruikte modelinstellingen, daarna wordt een beschrijving gegeven van de effecten die optreden als gevolg van de aanleg van een kunstmatig eiland in de Noordzee.

2. Modelling van het golfveld met SWAN

2.1. Inleiding

De Golfberekeningen zijn gemaakt met het golfmodel SWAN. SWAN is een wiskundig rekenmodel en staat voor Simulating Waves Nearshore. Dit golfmodel is ontwikkeld door de Technische Universiteit Delft. Het modelleert op een tweedimensionaal rooster het golfveld. Nieuw aan dit model is dat het volledig spectraal is in richting en frequentie. Het energie-dichtheidsspectrum wordt berekend inclusief niet lineaire interacties. Dit maakt het model geschikt om realistische schattingen te maken van golfparameters voor kustgebieden, meren en estuaria bij gegeven wind-, bodem- en stromingscondities. De golfparameters worden berekend in het frequentie-domein, de belangrijkste zijn : de significante golfhoogte H_s , de golfperiodes T_p en T_m en de gemiddelde golfrichting. De in deze berekening gebruikte versie van het SWAN model is cycle 2 versie 30.75 (stationair). [Ris, Holthuysen, Booij '97]

2.2. Functionaliteit en beperkingen van SWAN

In het SWAN model zijn de volgende golf-voortplantingsprocessen opgenomen:

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

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

- ⇒ opwekking van golfenergie door wind,
- ⇒ dissipatie van golfenergie door whitecapping (het breken van golven in diep water)
- ⇒ dissipatie van golfenergie door diepte geïnduceerd breken van golven (het breken van golven in ondiep water)
- ⇒ dissipatie van golfenergie door bodemwrijving

SWAN kan zowel één-dimensionaal als twee-dimensionaal rekenen. De één dimensionale optie rekent over een profieldoorsnede, terwijl de twee-dimensionale optie in een geografische ruimte rekent. Diffractie en reflectie zijn niet in het SWAN-model opgenomen, zodat het golfveld direct achter obstakels (zoals de havendammen van IJmuiden) niet juist of minder goed berekend wordt. De invloed van reflectie en diffractie achter het eiland is nagenoeg verwaarloosbaar, omdat bij deze studie de oevers van de eiland- en damvarianten een helling van maximaal 10% hebben.

2.3. Modelinstellingen

In SWAN kunnen verschillende fysische processen voor de groei en dissipatie van golven gedefinieerd worden. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de volgende standaard instellingen [tabel 2.1].

Tabel 2.1 Modelinstellingen

Proces	Referentie	Instelling
Exponentiele windgroei	Komen et.al. (1984)	
Whitecapping	Komen et.al. (1984)	cds2 = 2,36 e-5
Quadruplet interactie	Hasselmann et. al. (1985)	grwmax = 0,1
Triad interactie	Elderberky (1996)	$\alpha_{EB} = 0,25$
Breken in ondiep water	Battjes & Janssen (1978)	$\gamma = 0,73$
Bodemwrijving	Hasselmann et. Al. JONSWAP (1973)	Cbottom=0,067 m^2s^{-3}

In het SWAN model is het mogelijk om de resolutie in zowel de spectrale richtingen als in de spectrale frequentieruimte in te stellen. De frequentieruimte wordt in deze studie bepaald op 0,07 Hz tot 0,8 Hz. De frequentie stappen zijn hierbij 0,03 Hz. In de spectrale richtingen-ruimte worden alle richtingen meegenomen. De verdeling hier wordt gemaakt in 36 gelijke stappen van 10°. Met deze instellingen zijn in eerder onderzoek goede resultaten behaald. [Winder & v. Vledder '98, Andorka et al, '98]

2.4. Modelinvoer

Om het golfveld rondom het eiland goed in kaart te kunnen brengen met SWAN is de volgende modelinvoer nodig :

- bodemschematisatie
- golfparameters op de randen van het golfmodel
- windparameters

Bodemrooster

De gebruikte bodemschematisatie bestaat uit in 1997 uitgevoerde vak- en detailloadingen langs de Hollandse kust en waarden afkomstig uit de bodem van het Kuststrookmodel (WAQUA) op diep water. Aangezien deze studie grootschalig verkennend is, en de exacte vorm van het eiland niet bekend is, is de resolutie van de bodem gekozen op 200 meter.

Golfrandvoorwaarden

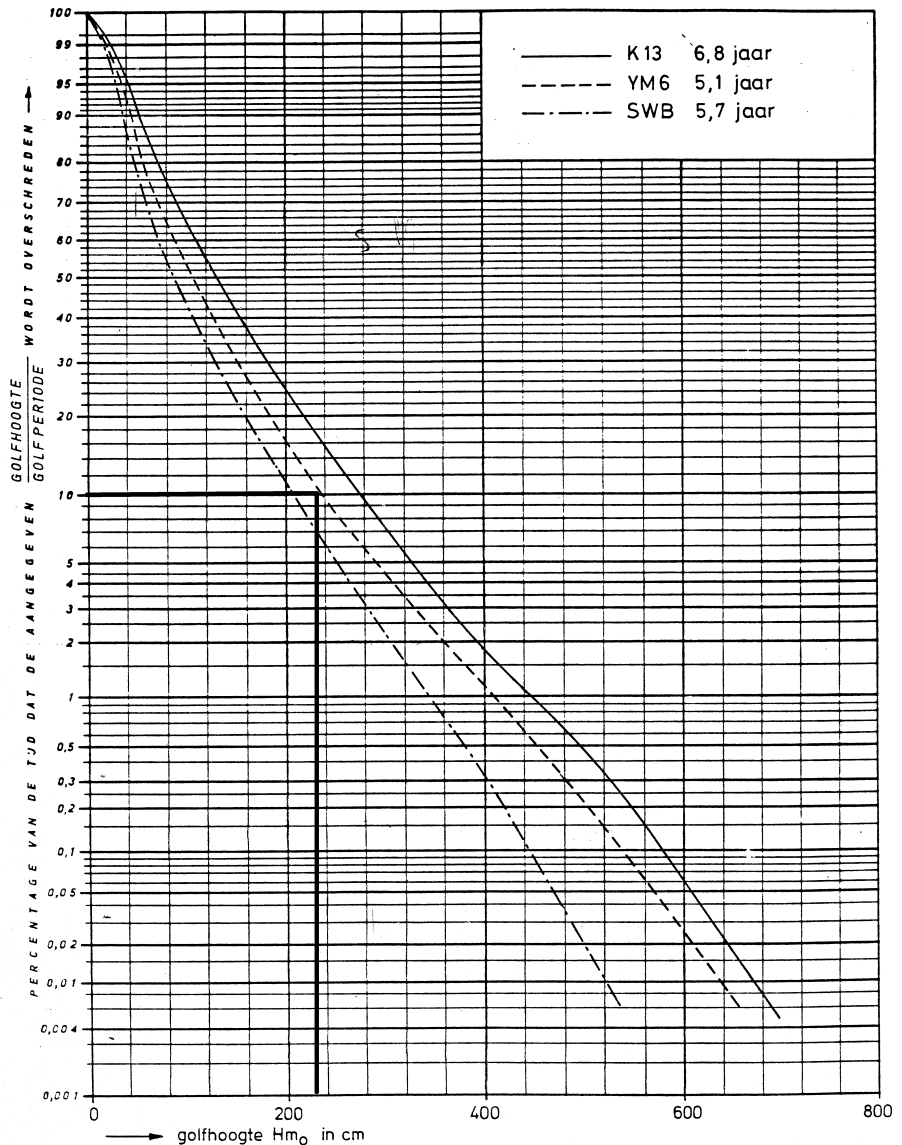
Bij deze berekeningen zijn als hydraulische randvoorwaarden op de randen buitenranden van het rekenrooster een significante golfhoogte, piekperiode en golfrichting opgegeven. De betreffende golfparameters zijn gebaseerd op een conditie die ongeveer 10% van het jaar voorkomt. Deze conditie wordt geacht de grootste invloed te hebben op de morfologie van het kustgebied door de aanleg van een eiland in de Noordzee (combinatie van duur en intensiteit).

De golfrandvoorwaarden zijn gebaseerd op metingen van station YMW. Een golfhoogte die daar 10% van de tijd per jaar voorkomt is 2,2 meter. De bijbehorende golfperiode is 7,2 seconden (spectrumvorm Jonswap).

Windparameters

In deze serie berekeningen is gekozen als randvoorwaarde voor de wind; de windrichtingen zuidwest (11 m/s) en noordwest (8 m/s). Per windrichting is de windsnelheid gekozen die een golf opwekt van 2,2 meter en 7,2 seconden. Deze waarden zijn gebaseerd op onderstaande grafieken. De weergegeven periode is de T_{m01} (gemiddelde periode), de golfhoogte is de H_{m0} gemiddelde golfhoogte.

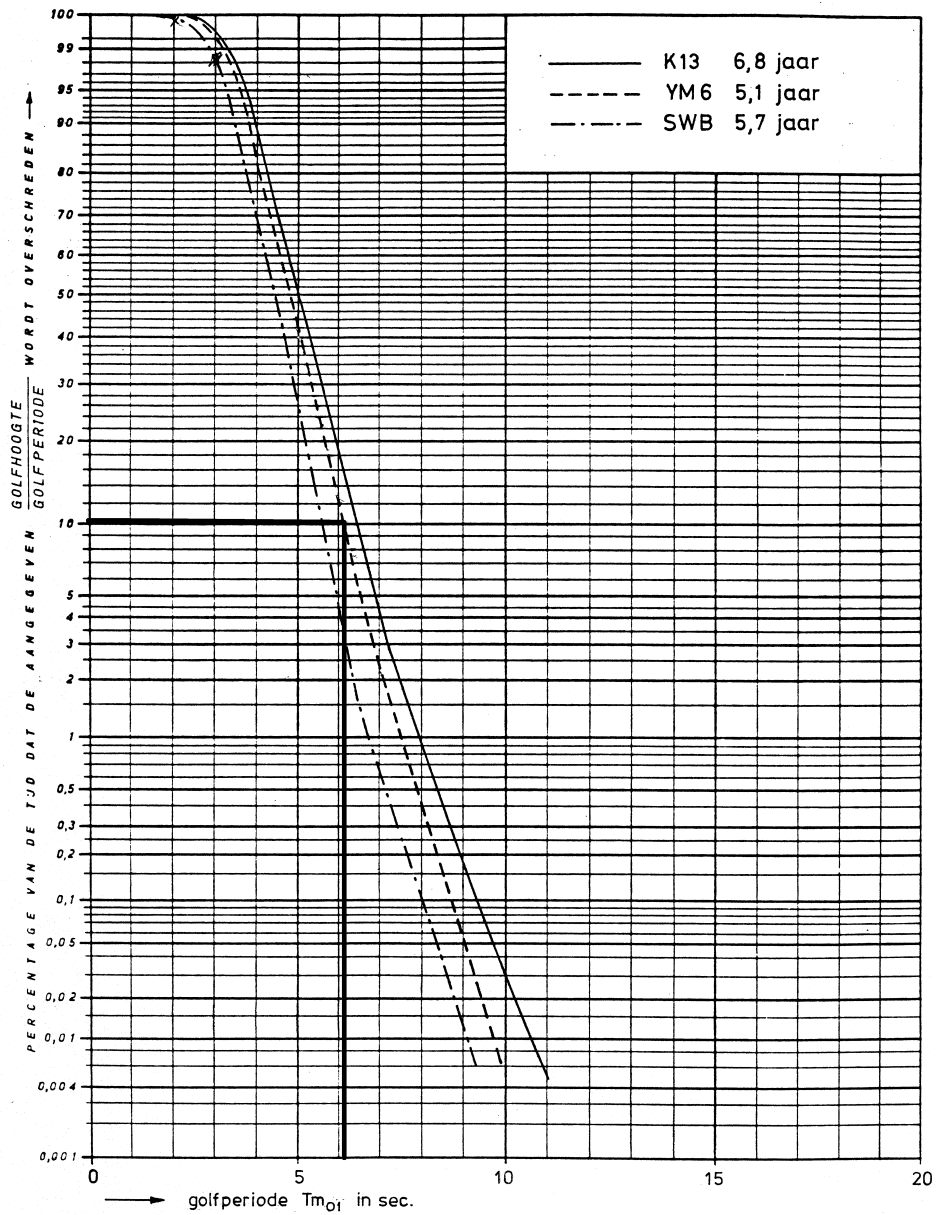
Figuur 2.1 golfhoogte
statistiek YMW



Overschrijdingskrommen golfhoogte H_{m0}
Stations : K13 / YM6 / SWB
Periode : 1979 - 1986

Bijlage 9

Figuur 2.2 gem golfperiode statistiek YMW



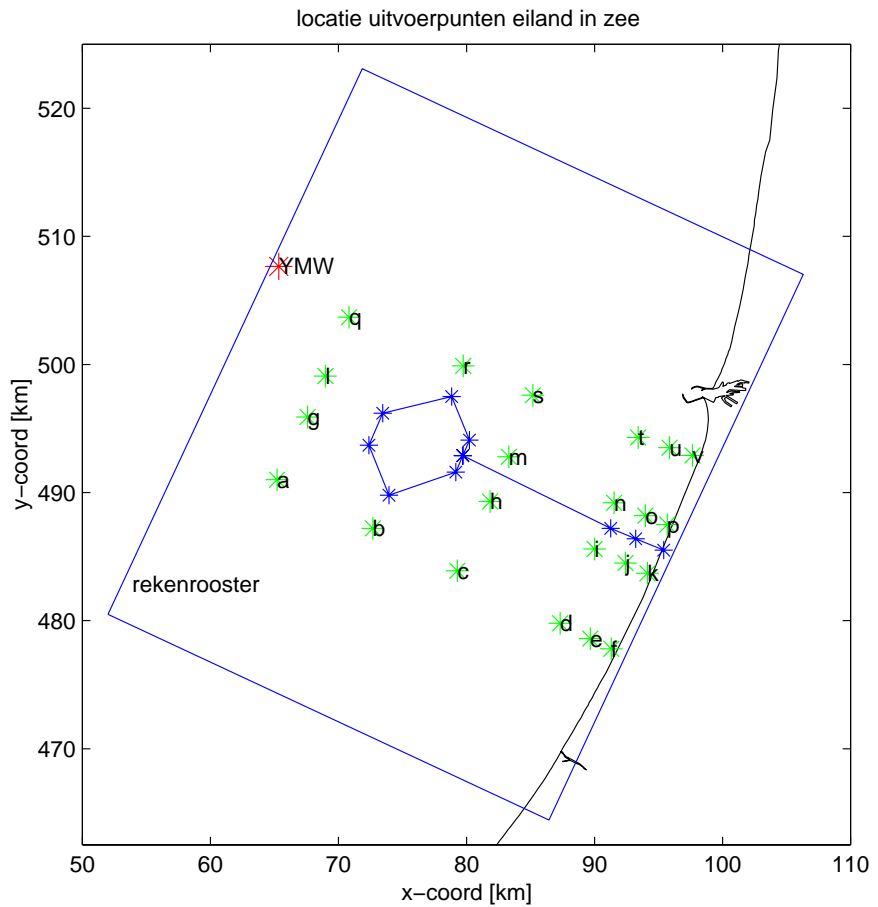
Overschrijdingskrommen golfperiode T_{m01}
 Stations: K13 / YM6 / SWB
 Periode: 1979 - 1986

Bijlage 12

Definitie rekenrooster en uitvoerpunten

Bij deze studie is gekozen voor een rekenrooster met een resolutie van 200 meter. Deze gridresolutie is fijn genoeg om voor deze studie de effecten die optreden door de aanleg van een eiland weer te geven. De "diepwater-rand" van het rekenrooster loopt langs station YMW, zodat de metingen van dit station gebruikt kunnen worden als randvoorwaarden op het rekenrooster. Op de in figuur 2.1 afgebeelde uitvoerpunten is uitvoer gegenereerd.

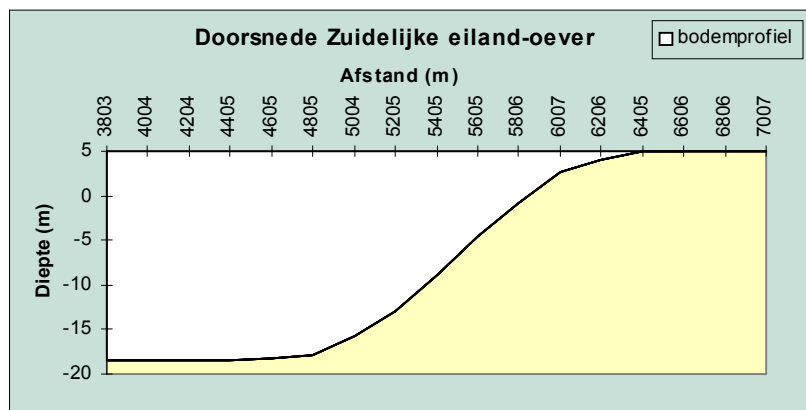
Figuur 2.3 uitvoerpunten en rekenrooster



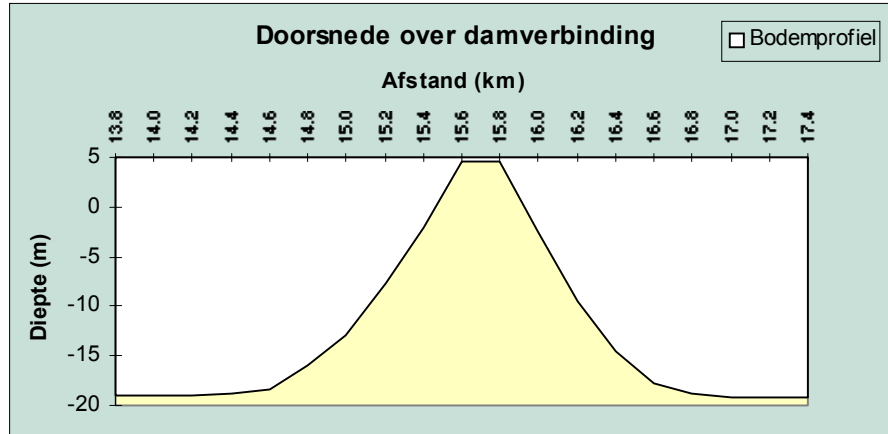
Schematisatie van eiland , dam en getijdecentrale

Om nauwkeurig het golfbeeld te kunnen modelleren is het van belang dat de bodem geschikt gemaakt wordt voor het golfmodel. Aangezien diffractie en reflectie niet in het model opgenomen zijn, is het wenselijk om geen steile oevers in het model te gebruiken. (bij steile oevers en obstakels treedt reflectie en diffractie op) . Verder is SWAN alleen getest voor hellingen die niet steiler zijn dan 1:10. Op grond van bovenstaande argumenten is gekozen om de hellingen van eiland en dam maximaal 10% te laten oplopen. [figuur 2.2 en 2.3]

Figuur 2.4 westelijke oever van het eiland

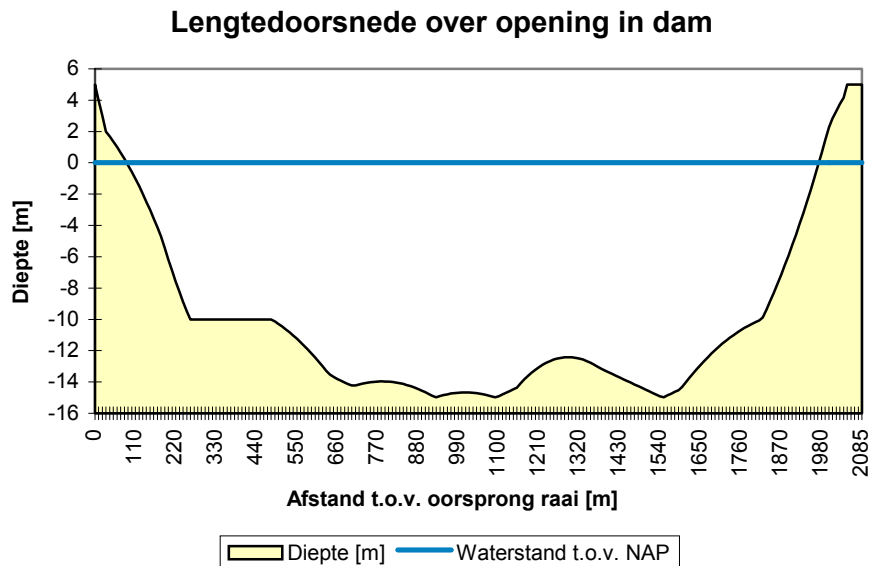


Figuur 2.5 damverbinding



In deze studie voor het EMA is ook de optie meegenomen om een damverbinding tussen het eiland en de kust te combineren met een getijdecentrale. Deze getijdecentrale heeft voor de opstuwing van het water een dam nodig van minimaal 20 km. Om het rendement van een eventuele getijdecentrale te verhogen kan aan het eiland van de dam een dwarsstuk (op eiland) aangelegd worden. De getijdecentrale laat 30 % van het oorspronkelijke debiet door. Omdat een getijdecentrale vrijwel onmogelijk te modelleren is in WAQUA en SWAN is de getijdecentrale weergegeven door een damverbinding met een opening in de dam die ca. 30 % van het debiet doorlaat. [figuur 2.4]

Figuur 2.6 opening in dam



3. Veranderingen in het lokale golfbeeld bij diverse eilandvarianten

3.1. Inleiding

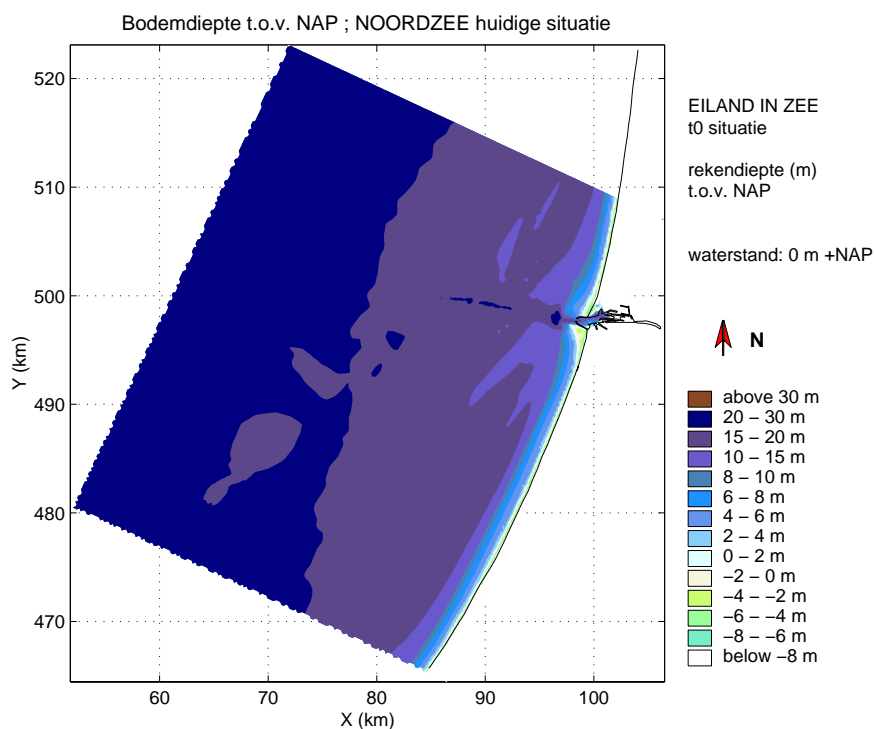
Dat de aanleg van een eiland in de Noordzee veranderingen in het golfbeeld met zich meebrengt zal niemand verbazen.

In dit hoofdstuk zal een kwantitatieve beschrijving gegeven worden van de effecten op het golfbeeld door de aanleg van de volgende eilandvarianten :

- T0 : huidige situatie [paragraaf 3.1]
- T1 : eiland op 10 km [paragraaf 3.2]
- T2 : eiland op 20 km [paragraaf 3.3]
- T3 : eiland op 20 km een open damverbinding [paragraaf 3.4]
- T4 : eiland op 20 km met een gesloten damverbinding [paragraaf 3.5]

Om de invloed van de varianten zichtbaar te maken zal hier alleen het absolute verschil ten opzichte van de huidige situatie [figuur 3.1] weergegeven worden, voor de significante golfhoogte [Hs], piekperiode [Tp] en de orbitaalsnelheid [Ubot]. De overige figuren met daarop de diepte, golfhoogte, golfperiode, en orbitaalsnelheid zijn te vinden in het bijlagen-rapport.

Figuur3.1 huidige situatie

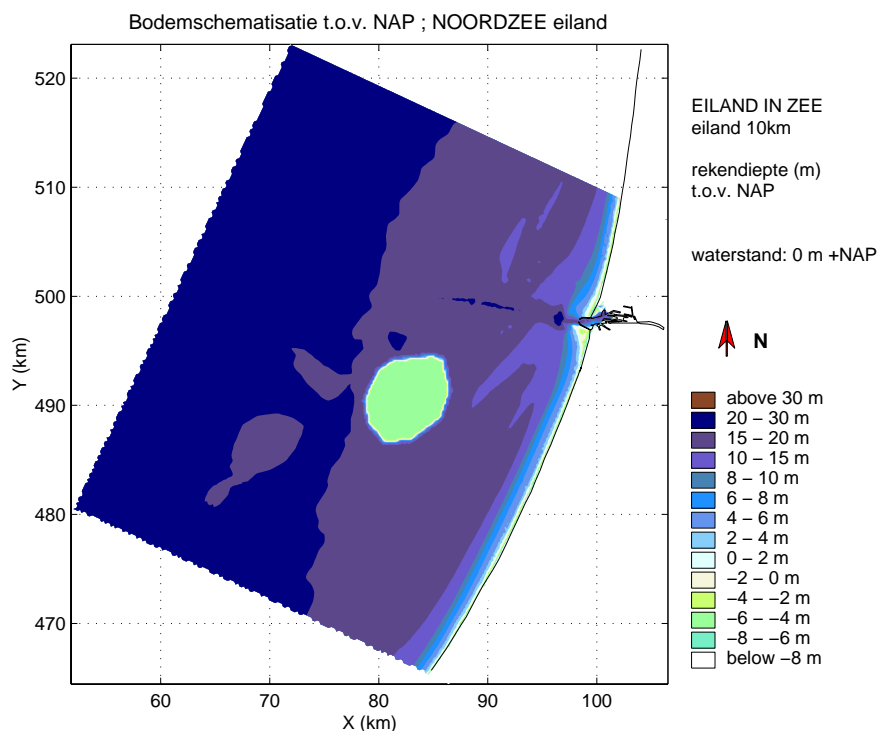


3.2. Eiland op 10 kilometer uit de kust

3.2.1. Inleiding

De aanleg van een eiland in de Noordzee is een kostbare zaak. Hoe verder het eiland uit de kust aangelegd wordt, hoe hoger de kosten. Een eiland ver uit de kust zal naar verwachting minder invloed op de kust uitoefenen dan een eiland dichtbij de kust. Omdat in eerder onderzoek nog geen optimale of aanbevolen afstand uit de kust gedefinieerd is, is er voor gekozen om een variant op 20 kilometer uit de kust door te rekenen. Momenteel ligt het zoekgebied voor een eiland in zee op 10 tot 30 kilometer uit de kust. Deze variant op 20 kilometer uit de kust ligt midden in dat zoekgebied, en kan dus ook gebruikt worden om een inschatting te maken van de effecten van een eiland op 10 of 30 kilometer uit de kust. Als oppervlakte voor een toekomstig eiland worden diverse oppervlakten genoemd. Op dit moment is 8500 hectare de gemiddelde oppervlakte van de in omloop zijnde varianten. Om ook iets te kunnen zeggen over een heel groot eiland is er gekozen om ook een eiland van 12000 hectare op 10 kilometer uit de kust door te rekenen [figuur 3.2].

Figuur3.2 eiland op 10 km



3.2.2. Optredende effecten bij windrichting noordwest

Bij een groot eiland op 10 kilometer uit de kust zijn er diverse veranderingen in het lokale golfbeeld te zien bij condities die 10 % van het jaar voorkomen.

Tussen het eiland en de kust ontstaat een schaduwgebied. De invloed van het eiland op de kust is afhankelijk van de windrichting en de windsnelheid. Bij wind uit het noordwesten met een snelheid van 8 m/s is de directe invloed van het eiland op de kust over een breedte van 20 km merkbaar. De significante

golfhoogte [Hs] neemt bij de uitvoerpunten langs de kust af met ca. 15 - 20 % . De gemiddelde golfperiode [Tm-2-1] neemt af met ca. 5 - 8 % en de orbitaal-snelheid [Ubot] neemt aan de kust af met 15 - 25 %. [tabel 3.1 - 3.3 , figuur 3.3 en 3.4].

De gemiddelde golfperiode Tm-2-1 kan gebruikt worden als maat voor de piekperiode. De vermelde orbitaalsnelheid [Ubot] is hieronder gedefinieerd.

Definitie Tm-2-1 :
$$m_n = \int_0^\infty f^n E(f) df$$

$$Tm_{-2-1} = \frac{m_{-2}}{m_{-1}}$$

Definitie Ubot :
$$U_{bot} = \sqrt{2} U_{rms}$$

met :

$$U_{rms} = \langle (U^2) \rangle^{1/2}$$

Tabel 3.1 Golfhoogte noordwest 8 m/s

T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0*	Hs T1	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.29	1.04	-20
k	94123	483700	3.9	1.25	1.02	-18
p	95680	487500	3.82	1.3	1.13	-13
v	97652	492900	4.75	1.31	1.22	-6

* T0 = uitgangssituatie

Tabel 3.2 Gem. golfperiode noordwest 8 m/s

T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T1	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	6.65	6.15	-8
k	94123	483700	3.9	6.58	6.05	-8
p	95680	487500	3.82	6.62	6.36	-4
v	97652	492900	4.75	6.54	6.51	-1

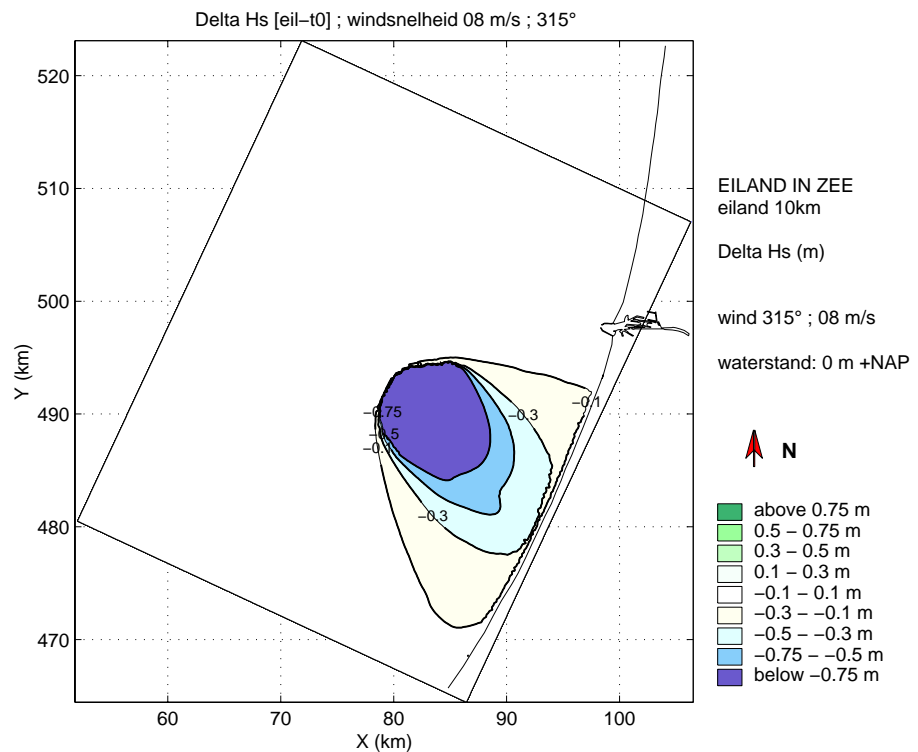
Tabel 3.3 **Orbitaalsnelheid noordwest 8 m/s**

T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord [m]	y-coord [m]	diepte [m]	Ubot T0 [m/s]	Ubot eil T1 [m/s]	Delta Ubot [%]
f	91303	477800	3.72	0.59	0.44	-25
k	94123	483700	3.9	0.56	0.43	-23
p	95680	487500	3.82	0.58	0.48	-17
v	97652	492900	4.75	0.5	0.46	-8

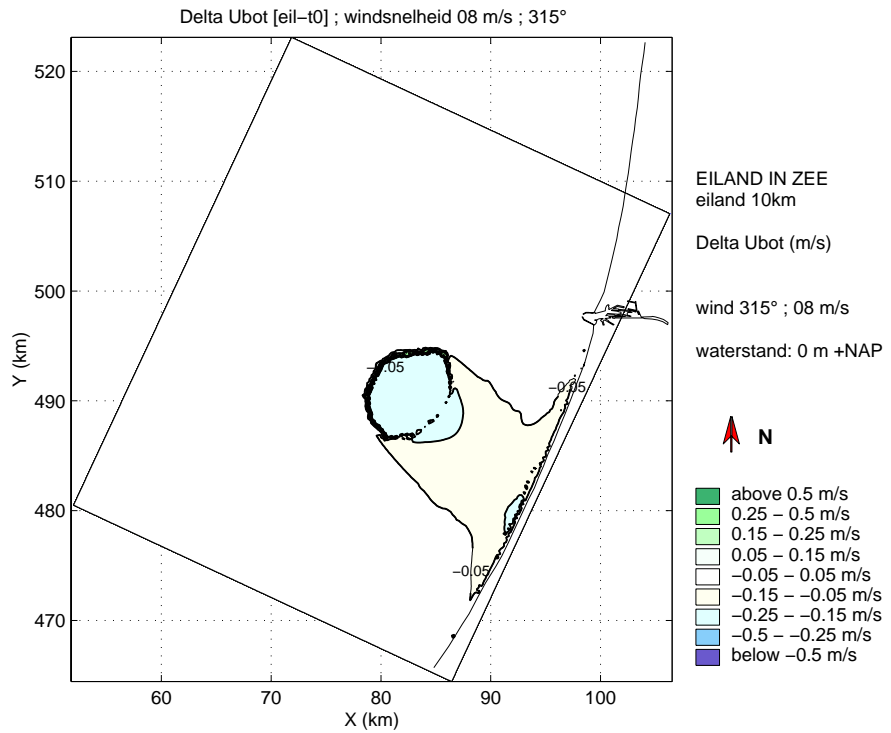
Deze afname van golfhoogte, golfperiode en orbitaalsnelheid wordt veroorzaakt doordat de golven bij de noordwestkust van het eiland breken. Een gedeelte van de golven komt door refractie aan de schaduwzijde van het eiland. In het schaduwgebied na het eiland tot aan de kust vindt golfgroei plaats. [figuur 3.3 en 3.4]

Bij windrichting noordwest neemt de golfhoogte bij de kust sterk af terwijl de golfperiode veel minder afneemt. Deze verschillen in afname van golfparameters zijn goed terug te vinden in het spectrum van uitvoerpunt f [figuur 3.5]

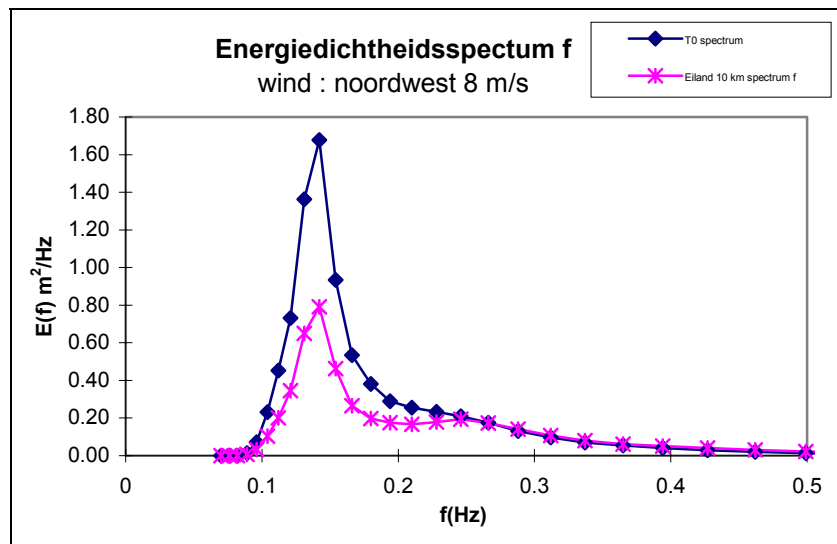
Figuur 3.3 **Delta Hs bij noordwest 8 m/s**



Figuur 3.4 Delta Ubot bij noordwest 8 m/s



Figuur 3.5 Spectra uitvoerpunt f



3.2.3. Optredende effecten bij windrichting zuidwest

Bij windrichting zuidwest ontstaat er evenals bij noordwest een schaduwgebied tussen het eiland en de kust. Alleen is de richting van het schaduwgebied anders. De invloed van het schaduwgebied strekt zich uit bij deze conditie (windsnelheid 11 m/s), tot voorbij de haven van IJmuiden. In onderstaande tabel is te zien dat uitvoerpunt k nagenoeg geen invloed ondervindt van het eiland. Hoe verder naar het noorden hoe sterker de invloed van het eiland

wordt. De uitvoerpunten die meer naar het noorden liggen worden sterker beïnvloed door het eiland dan punten die op de zelfde breedte als het eiland liggen. Bij uitvoerpunt v wordt de golfhoogte gereduceerd met maximaal 15 %, de golfperiode met 8 % en de orbitaalsnelheid met 20 %. [tabel 3.4 - 3.6]

Tabel 3.4 Golfhoogte zuidwest 11 m/s

T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T1	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.63	1.16	0
k	94123	483700	3.9	1.2	1.18	-2
p	95680	487500	3.82	1.25	1.16	-7
v	97652	492900	4.75	1.35	1.15	-15

Tabel 3.5 Gem. golfperiode zuidwest 11 m/s

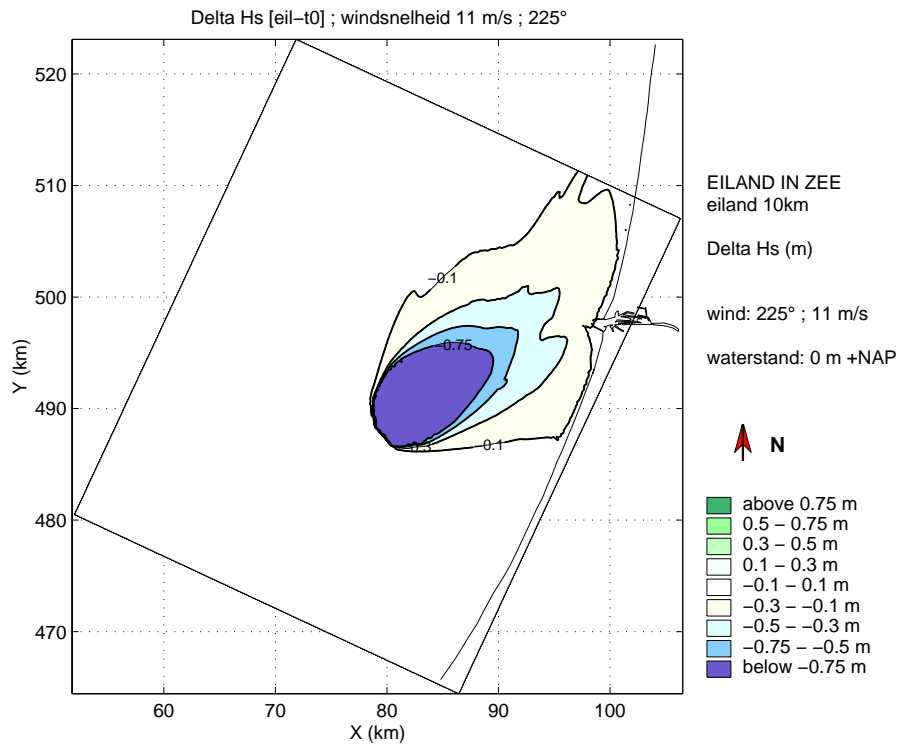
T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T1	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	5.88	5.88	0
k	94123	483700	3.9	5.88	5.87	0
p	95680	487500	3.82	5.99	5.80	-3
v	97652	492900	4.75	5.7	5.52	-8

Tabel 3.6 Orbitaalsnelheid zuidwest 11 m/s

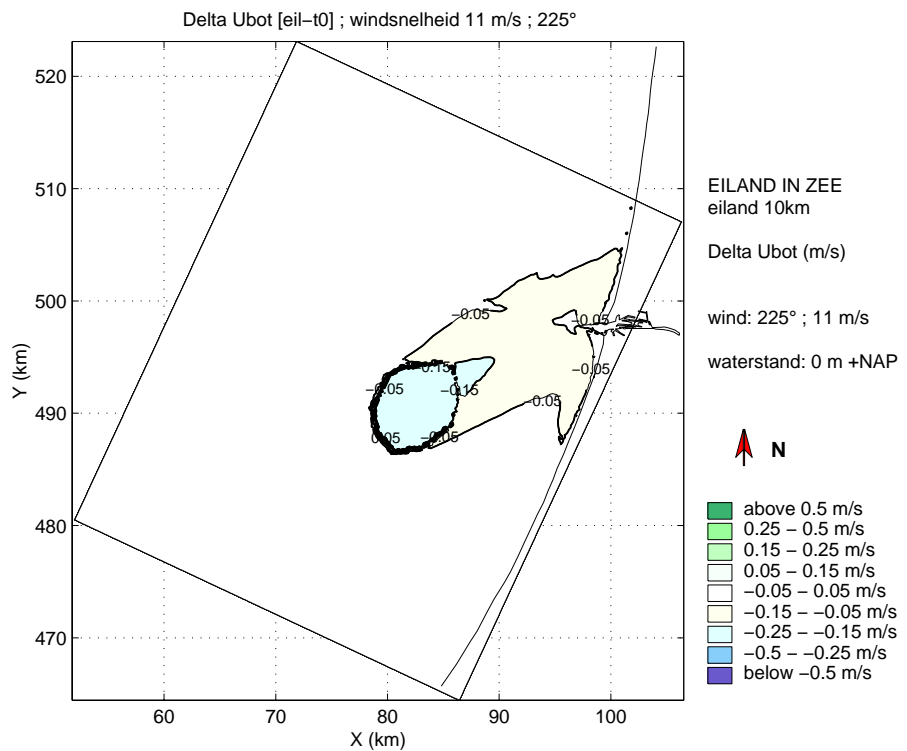
T1 = Eiland van 12000 ha. Op 10 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T1	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
f	91303	477800	3.72	0.51	0.51	0
k	94123	483700	3.9	0.52	0.51	-2
p	95680	487500	3.82	0.55	0.49	-11
v	97652	492900	4.75	0.5	0.4	-20

De golfhoogte bij de ingangseul naar de haven van IJmuiden neemt bij deze situatie af met ca 10 - 15 %. De invloed van eiland op de kust is merkbaar tot ongeveer vijf kilometer ten noorden van IJmuiden. [fig 3.6 en 3.7]

Figuur 3.6 Delta Hs bij zuidwest 11 m/s



Figuur 3.7 Delta Ubot bij zuidwest 11 m/s

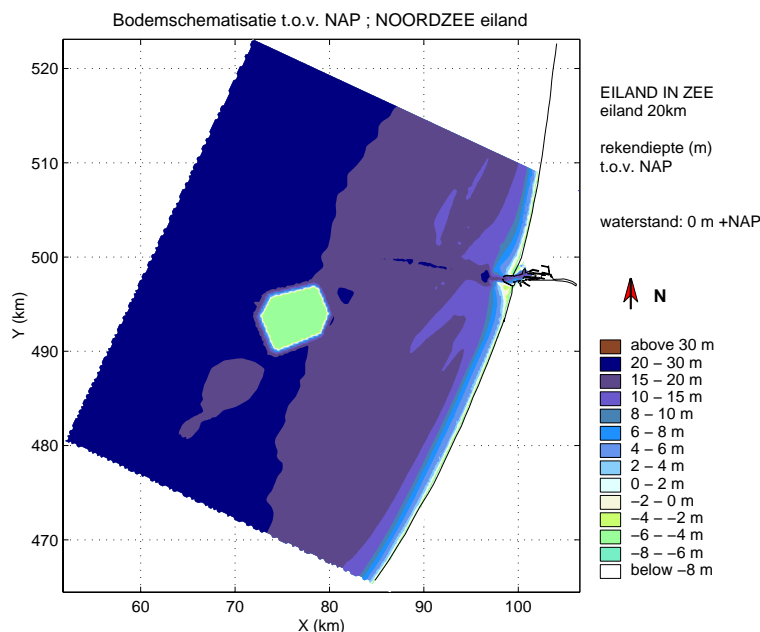


3.3. Eiland op 20 kilometer uit de kust

3.3.1. Inleiding

Uit eerder onderzoek [Smit et al., 1998] blijkt dat bij een eiland verder uit de kust de invloed van het eiland op de kust sterk afneemt. In deze paragraaf zal de invloed op de kust van een eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust beschreven worden. [figuur 3.8]

Figuur 3.8 Eiland op 20 km uit de kust



3.3.2. Optredende effecten bij windrichting noordwest

De golven die uit het noordwesten komen breken gedeeltelijk op de noordwest oever van het eiland, een gedeelte van de golven draait bij, om het eiland heen, door refractie. De golfhoogte direct achter het eiland (aan de oostzijde) neemt sterk af. De strijklengte waarover de golf zich weer kan ontwikkelen is ca 18 kilometer, zodat de golf bijna zijn oorspronkelijke waarde (voor het eiland) bereikt. De golfhoogte bij de kust neemt ca 7 % af, terwijl de golfperiode ongeveer 5 % afneemt. De orbitaalsnelheid neemt ca 12 % af. [tabel 3.7 - 3.9]

Tabel 3.7 Golfhoogte noordwest 8 m/s

T2 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T2	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.29	1.12	-13
k	94123	483700	3.9	1.25	1.2	-5
p	95680	487500	3.82	1.30	1.23	-5
v	97652	492900	4.75	1.31	1.23	-6

Tabel 3.8 Gem. golfperiode noordwest 8 m/s

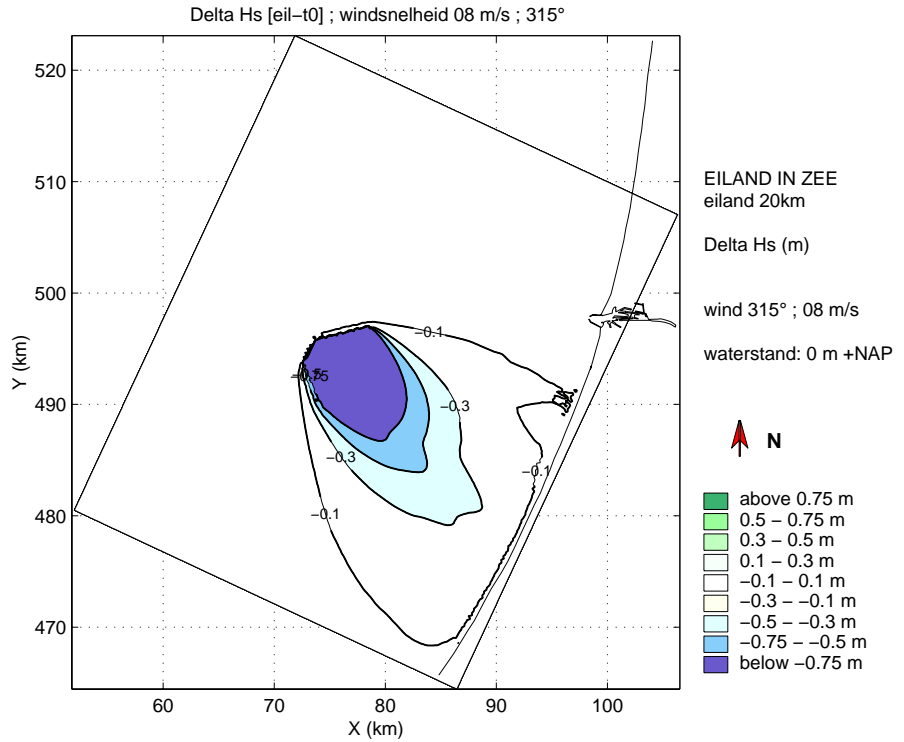
T2 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T2	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	6.65	6.21	-7
k	94123	483700	3.9	6.58	6.39	-3
p	95680	487500	3.82	6.62	6.48	-2
v	97652	492900	4.75	6.54	6.46	-1

Tabel 3.9 **Orbitaalsnelheid
noordwest 8 m/s**

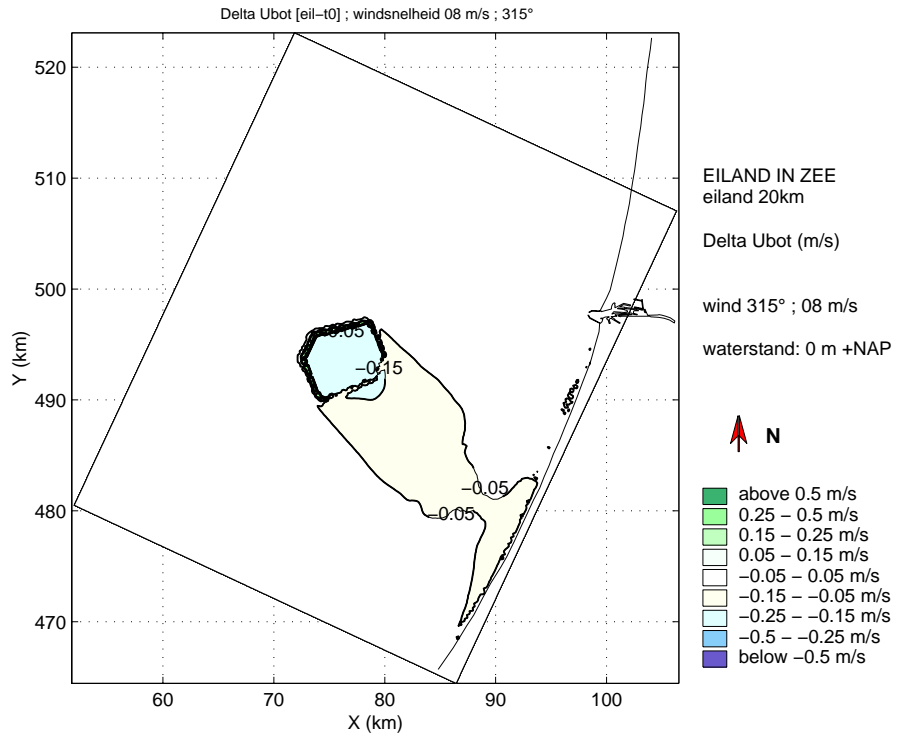
T2 = Eiland van 12000 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T2	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
f	91303	477800	3.72	0.59	0.49	-17
k	94123	483700	3.9	0.56	0.52	-7
p	95680	487500	3.82	0.58	0.53	-9
v	97652	492900	4.75	0.5	0.46	-8

De invloed van het een eiland op 20 kilometer uit de kust is minder sterk dan bij een eiland van 10 kilometer uit de kust. Bij noordwesten wind zal naar verwachting de invloed op de kust het grootst zijn, omdat bij deze situatie de afstand tussen het eiland en de kust het kleinst is. [figuur 3.9, 3.10]

Figuur 3.9 Delta Hs bij noordwest 8 m/s



Figuur 3.10 Delta Ubot bij noordwest 8 m/s



3.3.3. Optredende effecten bij windrichting zuidwest

Bij wind uit het zuidwesten is de invloed op de kust van het eiland wat op 20 km uit de kust ligt, minder groot dan bij west tot noordwest. De strijklengte in de windbaan tussen het eiland en de kust in vanuit het zuidwesten is ca 30 kilometer. Over deze afstand kan de golf zich weer ontwikkelen tot normale hoogte. De afname van de golfhoogte dichtbij de kust van IJmuiden bedraagt ca 5 %, de golfperiode neemt nagenoeg niet af langs de kust. De orbitaalsnelheid neemt met ca. 5 % af. [tabel 3.10 -3.12]

Tabel 3.10 Golfhoogte
zuidwest 11 m/s

T2 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T2	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.16	1.16	0
k	94123	483700	3.9	1.2	1.2	0
p	95680	487500	3.82	1.25	1.23	-2
v	97652	492900	4.75	1.35	1.28	-6

Tabel 3.11 Gem. golfperiode
zuidwest 11 m/s

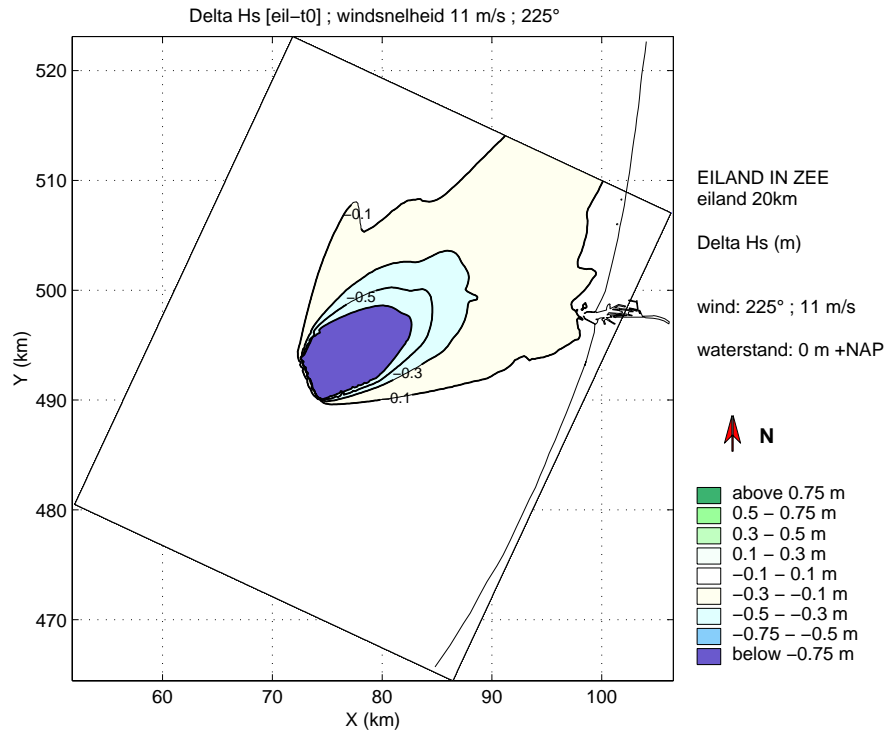
T2 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T2	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	5.88	5.88	0
k	94123	483700	3.9	5.89	5.88	0
p	95680	487500	3.82	5.99	5.92	-1
v	97652	492900	4.75	5.97	5.83	-2

Tabel 3.12 Orbitaalsnelheid
zuidwest 11 m/s

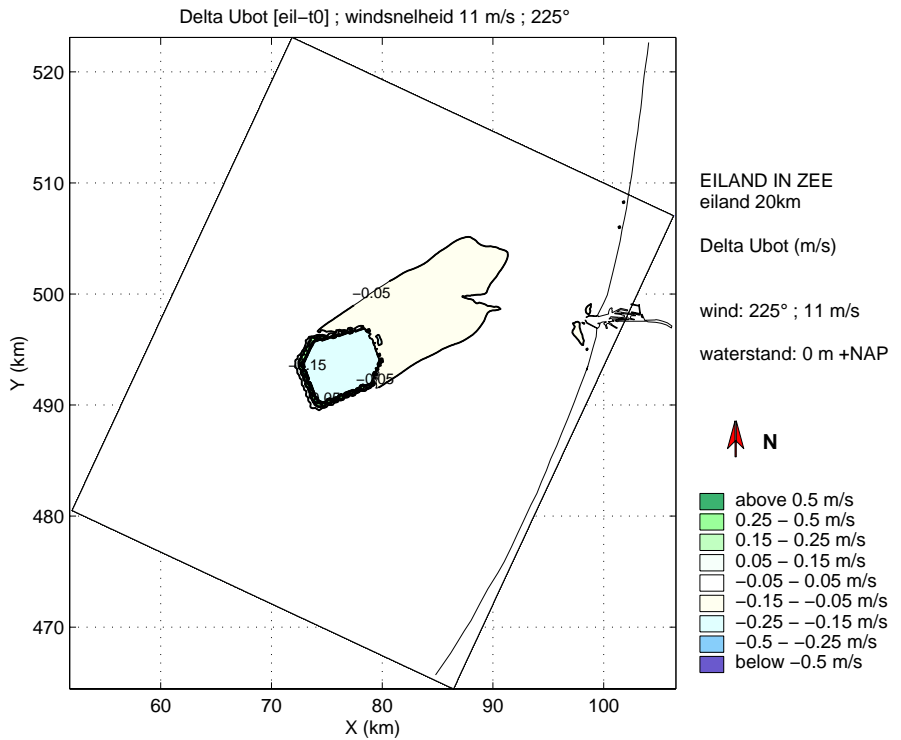
T2 = Eiland van 12000 ha. Op 20 km uit de kust						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T2	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
f	91303	477800	3.72	0.51	0.51	0
k	94123	483700	3.9	0.52	0.51	-2
p	95680	487500	3.82	0.55	0.53	-4
v	97652	492900	4.75	0.5	0.46	-8

0

Figuur 3.11 Delta Hs bij zuidwest 11 m/s



Figuur 3.12 Delta Ubot bij zuidwest 11 m/s



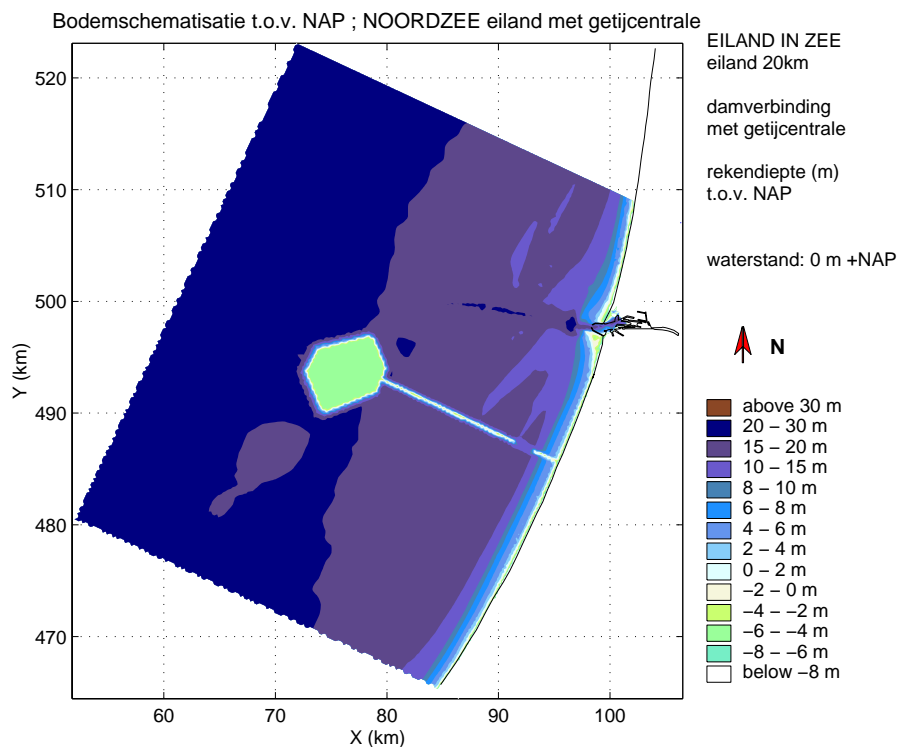
3.4. Eiland op 20 km uit de kust met damverbinding met getijdecentrale

3.4.1. inleiding

Wanneer er een eiland in de Noordzee aangelegd zal worden, is een dam een van de mogelijkheden om het eiland met het vasteland te verbinden. Deze vorm van verbinding is relatief goedkoop. Ook is het bij een damverbinding, van minimaal 20 kilometer, mogelijk om een dam te combineren met een actieve getijdecentrale.

Een getijdecentrale is vrijwel onmogelijk te modelleren in een model. Om toch een inschatting te kunnen maken van de effecten die optreden als gevolg van de aanleg van een eiland met een damverbinding naar de kust, waarin zich een een getijdecentrale bevindt, is er gekozen om de getijdecentrale weer te geven door een opening in de dam die ongeveer 30 procent van het debiet doorlaat. [figuur 3.13]

Figuur 3.13 Bodemdiepte eiland met open dam



3.4.2. Optredende effecten bij windrichting noordwest

Bij wind uit het noordwesten met een windsnelheid van 8 m/s wordt op diep water een golfhoogte opgewekt van 2,2 meter, met een piekperiode van 7,2 seconden. [figuur 2.2 en 2.3]

Door de aanleg van een eiland op 20 kilometer, met een damverbinding ontstaat er bij deze golfconditie een luwte gebied aan de zuidzijde van de dam. De golfhoogte aan voor de kust neemt ten zuiden van de dam af met ca. 30 % en ten noorden van de dam met ongeveer 5 %. De golfperiode aan de kust ten zuiden van de dam neemt met ongeveer 8 % af. In het luwte gebied aan de

zuidzijde van de dam is een sterke afname te zien van de orbitaalsnelheid. [tabel 3.13 - 3.15].

Tabel 3.13 Golfhoogte noordwest 8 m/s

T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T3	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
e	89659	478600	12.93	1.53	1.04	-32
j	92415	484500	14.06	1.52	1.06	-30
o	93960	488200	14.16	1.53	1.39	-9
u	95859	493500	12.35	1.49	1.39	-7

Tabel 3.14 Gem. golfperiode noordwest 8 m/s

T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T3	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
e	89659	478600	12.93	6.48	5.94	-8
j	92415	484500	14.06	6.46	5.90	-9
o	93960	488200	14.16	6.49	6.4	-1
u	95859	493500	12.35	6.47	6.46	0

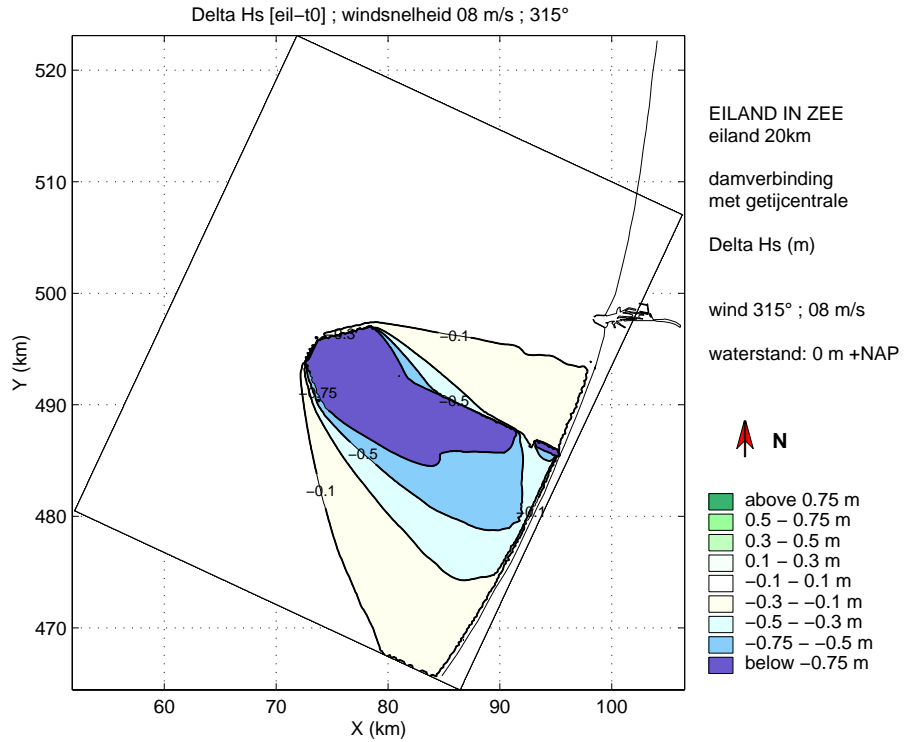
Tabel 3.15 Orbitaalsnelheid noordwest 8 m/s

T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T3	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
e	89659	478600	12.93	0.25	0.14	-44
j	92415	484500	14.06	0.22	0.13	-41
o	93960	488200	14.16	0.22	0.20	-9
u	95859	493500	12.35	0.25	0.23	-8

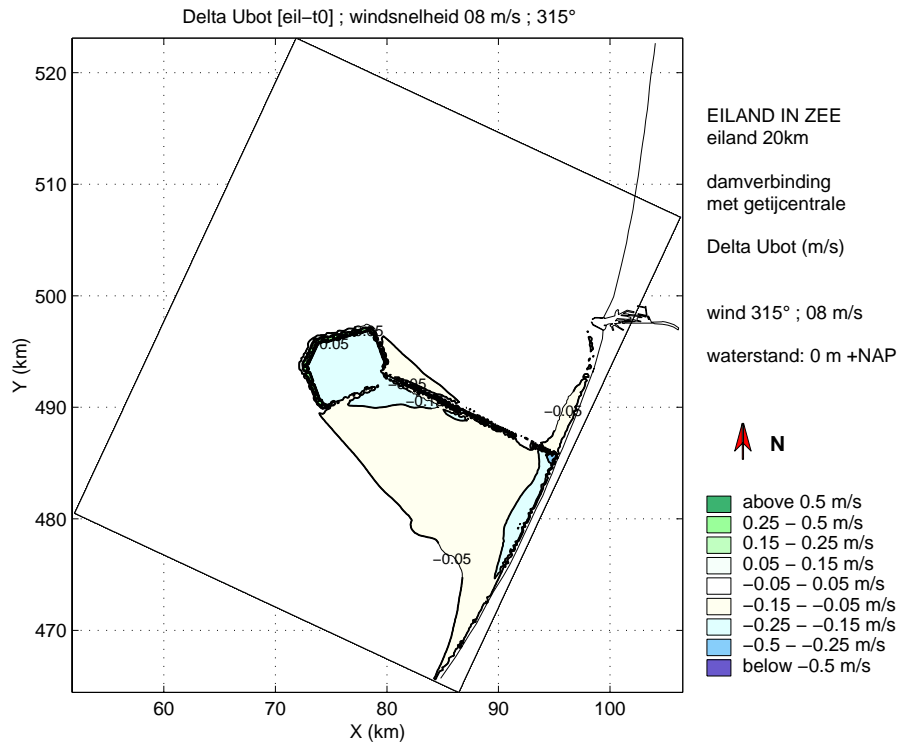
Door de opening in de dam vind wel golfdoordringing plaats. De golfhoogte achter de dam reduceert bij de opening met ca 30 %. De reductie aan de zuidwest zijde van het eiland is aanzienlijk meer.

De damverbinding (met of zonder getijdecentrale) veroorzaakt echter wel een verhoging van de stroomsnelheid in dit gebied. Deze verhoging van de stroomsnelheid zal ook invloed hebben op de golven. Bij tegenstroom worden de golven steiler en hoger, bij meestroom lager en neemt de periode toe. Het verdient de aanbeveling om in een vervolgstudie de effecten van stroming op het golfbeeld bij deze damvariant mee te nemen in de berekening.

Figuur 3.14 Delta Hs bij noordwest 8 m/s



Figuur 3.15 Delta Ubot bij noordwest 8 m/s



3.4.3. Optredende effecten bij windrichting zuidwest

Bij zuidwesten wind met een snelheid van 11 m/s ontstaat er een "schaduwgebied" ten noorden van de dam. De golfhoogte in dit gebied neemt met ongeveer 30 % af. De golfperiode neemt met ongeveer 20 % af. In de luwte van de dam kan de orbitaalsnelheid zelfs afnemen met 50 % [tabel 3.16 - 3.18].

Tabel 3.16 Golfhoogte bij zuidwest 11 m/s

T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T3	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
e	89659	478600	12.93	1.5	1.5	0
j	92415	484500	14.06	1.57	1.57	-1
o	93960	488200	14.16	1.62	1.24	-24
u	95859	493500	12.35	1.65	1	-39

Tabel 3.17 Gem. golfperiode zuidwest 11 m/s

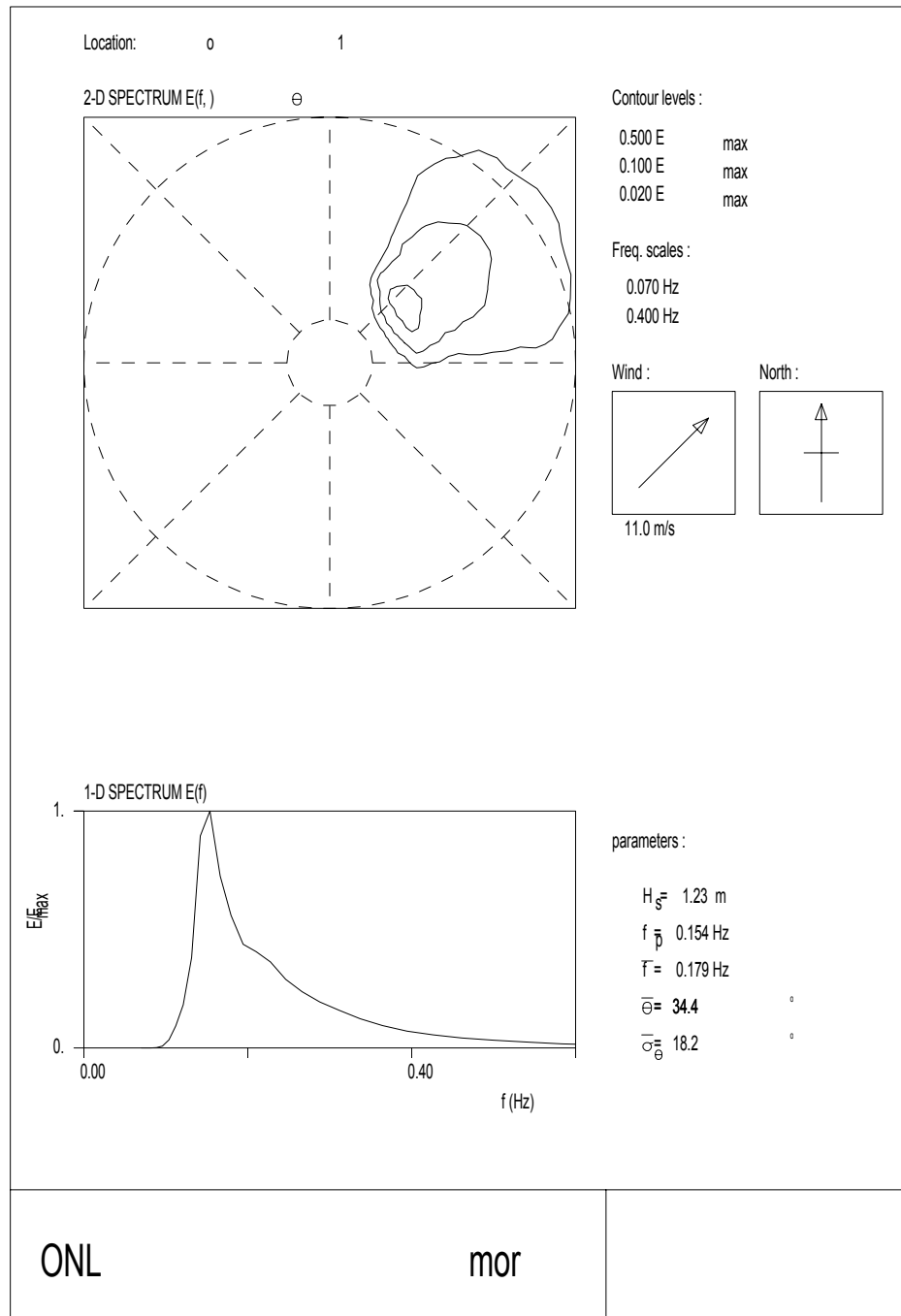
T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T3	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
e	89659	478600	12.93	5.74	5.74	0
j	92415	484500	14.06	5.8	5.8	0
o	93960	488200	14.16	5.85	5.6	-4
u	95859	493500	12.35	5.91	4.51	-24

Tabel 3.18 Orbitaalsnelheid zuidwest 11 m/s

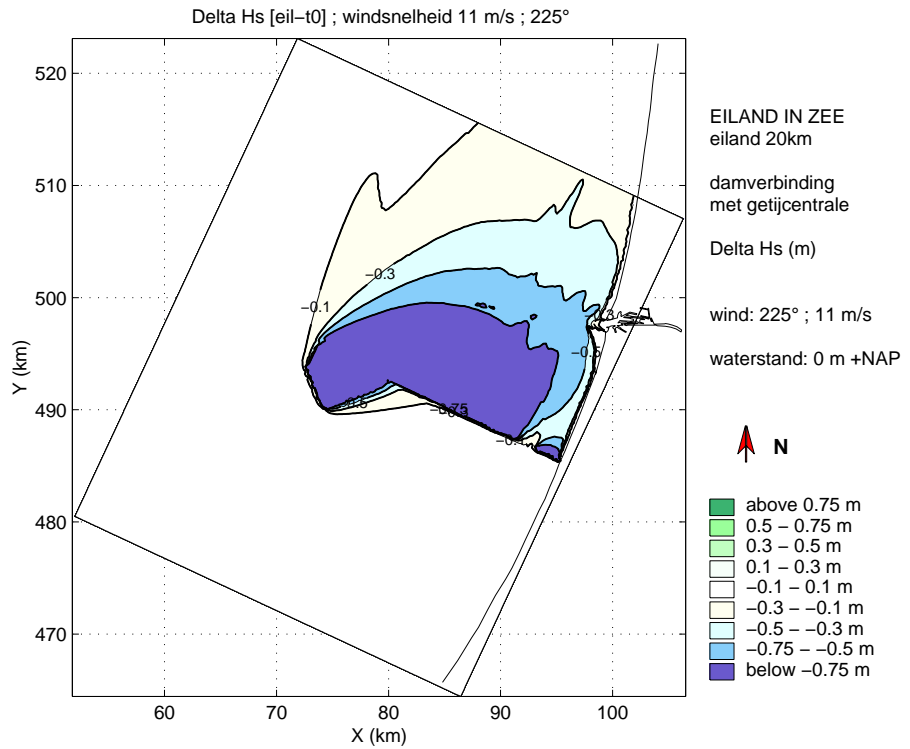
T3 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met open damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T3	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
e	89659	478600	12.93	0.2	0.2	0
j	92415	484500	14.06	0.2	0.19	-5
o	93960	488200	14.16	0.2	0.14	-30
u	95859	493500	12.35	0.25	0.09	-64

Door de opening in de dam vindt golfdoordringing plaats. De golfhoogte neemt in de opening ca 30 % af. Het effect van deze opening in de dam op de golfhoogte is duidelijk te zien in het spectrum van punt o bij windrichting zuidwest [figuur 3.16].

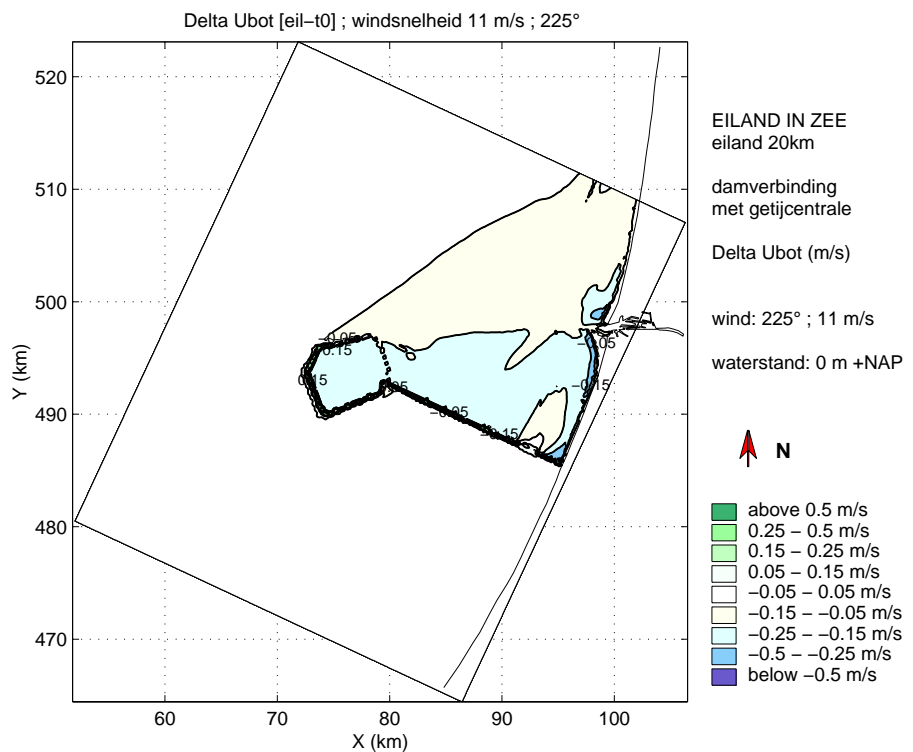
Figuur 3.16 Spectra
uitvoerpunt o bij
zuidwest 11 m/s



Figuur 3.17 Delta Hs bij zuidwest 11 m/s



Figuur 3.18 Delta Ubot bij zuidwest 11 m/s

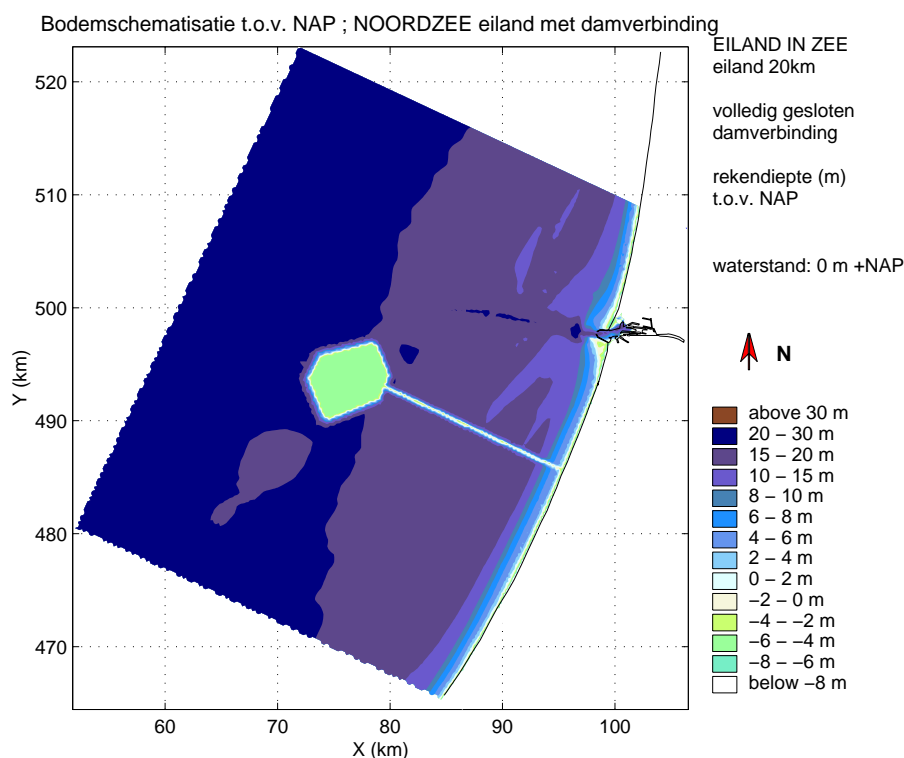


3.5. Eiland op 20 km uit de kust met en gesloten damverbinding

3.5.1. Inleiding

Een van de mogelijkheden om verbinding tussen een eiland en de kust te maken is middels een dam. Deze vorm van verbinding zal waarschijnlijk minder duur zijn dan een tunnel-verbinding. [figuur 3.19] In deze paragraaf zullen de effecten die zo'n damverbinding tussen het eiland en de kust met zich meebrengt, kwantitatief beschreven worden.

Figuur 3.19 Eiland op 20 km met gesloten damverbinding



3.5.2. Optredende effecten bij windrichting noordwest

Bij wind uit het noordwesten met een windsnelheid van 8 m/s heeft de dam een gunstige invloed op de golfhoogte aan de kust ten zuiden van de dam. De afname in de golfhoogte ten zuiden van de dam bedraagt langs de kust direct achter de dam 40 %. De golfperiode reduceert met 10 %, en de orbitaalsnelheid met 45 %. [tabel 3.19, 3.20 en 3.21] De invloed van de dam is bij deze condities merkbaar tot ongeveer 25 km ten zuiden van de dam.

Tabel 3.19 Golfhoogte bij noordwest 8 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T4	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.29	0.91	-29
k	94123	483700	3.9	1.25	0.77	-38
p	95680	487500	3.82	1.30	1.13	-13
v	97652	492900	4.75	1.31	1.2	-8

Tabel 3.20 Gem. golfperiode noordwest 8 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T4	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	6.65	5.96	-10
k	94123	483700	3.9	6.58	5.94	-10
p	95680	487500	3.82	6.62	6.5	-2
v	97652	492900	4.75	6.54	6.5	-1

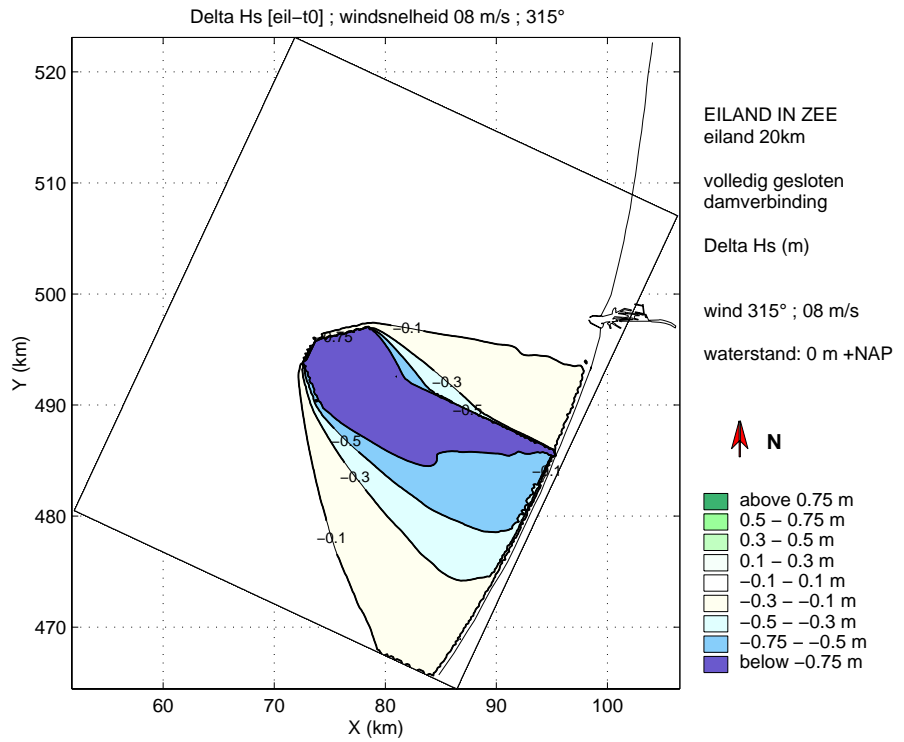
Tabel 3.21 Orbitaalsnelheid noordwest 8 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T4	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
f	91303	477800	3.72	0.59	0.37	-37
k	94123	483700	3.9	0.56	0.31	-45
p	95680	487500	3.82	0.58	0.49	-16
v	97652	492900	4.75	0.50	0.45	-10

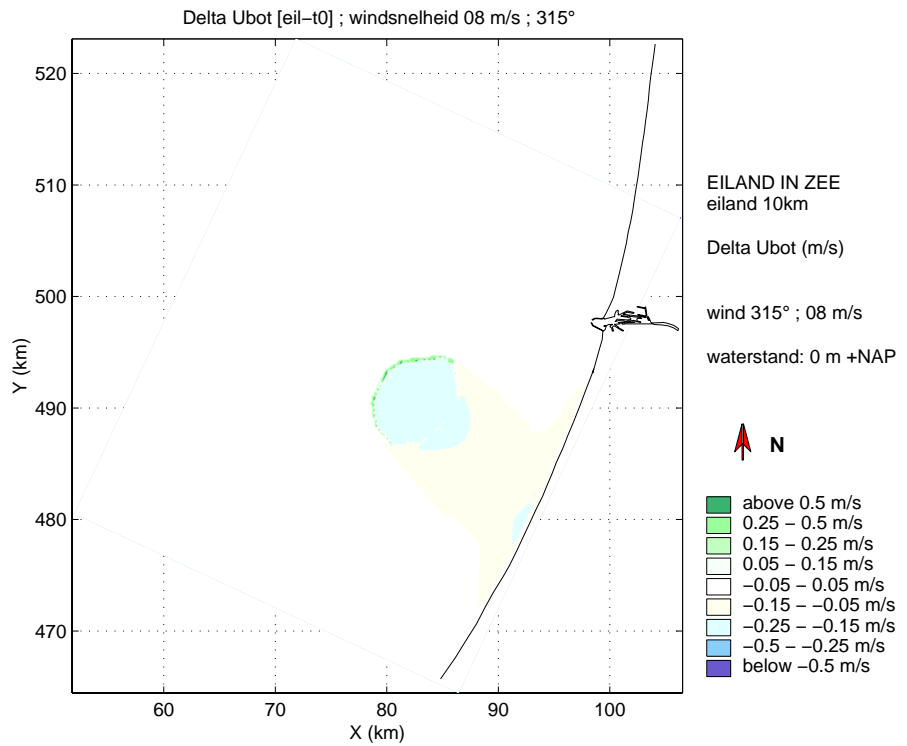
De wind uit het noordwesten veroorzaakt golfaanval op de Hollandse kust ten noorden van de dam, en op de dam. Bij deze condities treden er weinig veranderingen op in het gebied ten noorden van de dam.

Het eiland met de damverbinding is een omvangrijk obstakel in de eb en vloedstroom, daardoor zullen de stroomsnelheden en stroomrichtingen in dit gebied veranderen. Deze veranderingen hebben effect op het golfbeeld, het zand en slibtransport, de ecologie en vele andere processen. Verder is de dam een blokkade in het watertransport langs de kust. Bij een noordwester storm zou dit kunnen resulteren in een verhoging van de waterstanden in het kustgebied ten noorden van de dam. In deze studie is daarmee geen rekening gehouden.

Figuur 3.20 Delta Hs bij noordwest 8 m/s



Figuur 3.21 Delta Ubot bij noordwest 8 m/s



3.5.3. Optredende effecten bij windrichting zuidwest

Bij een geheel gesloten dam ontstaat er bij windrichting zuidwest een duidelijke luwte zone aan de noordzijde van het eiland. De invloed van deze dam strekt zich uit tot ongeveer 30 km ten noorden van de dam. De golfhoogte bij de havendammen van IJmuiden neemt af met ca 20 %. De golven breken aan de zuidwestkust van het eiland en de dam. Ten noorden van de dam vindt golfgroei plaats, waardoor de invloed op ca 30 kilometer vanaf het eiland niet meer merkbaar is. De golfhoogte direct achter de dam neemt af met ca 60 %, de golfperiode met 50 % en de orbitaalsnelheid met ongeveer 80 %. [tabel 3.22 - 3.25]

Tabel 3.22 Golfhoogte bij zuidwest 11 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Hs T0	Hs T4	Delta Hs
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[%]
f	91303	477800	3.72	1.16	1.16	0
k	94123	483700	3.9	1.20	1.20	0
p	95680	487500	3.82	1.25	0.48	-62
v	97652	492900	4.75	1.35	0.76	-43

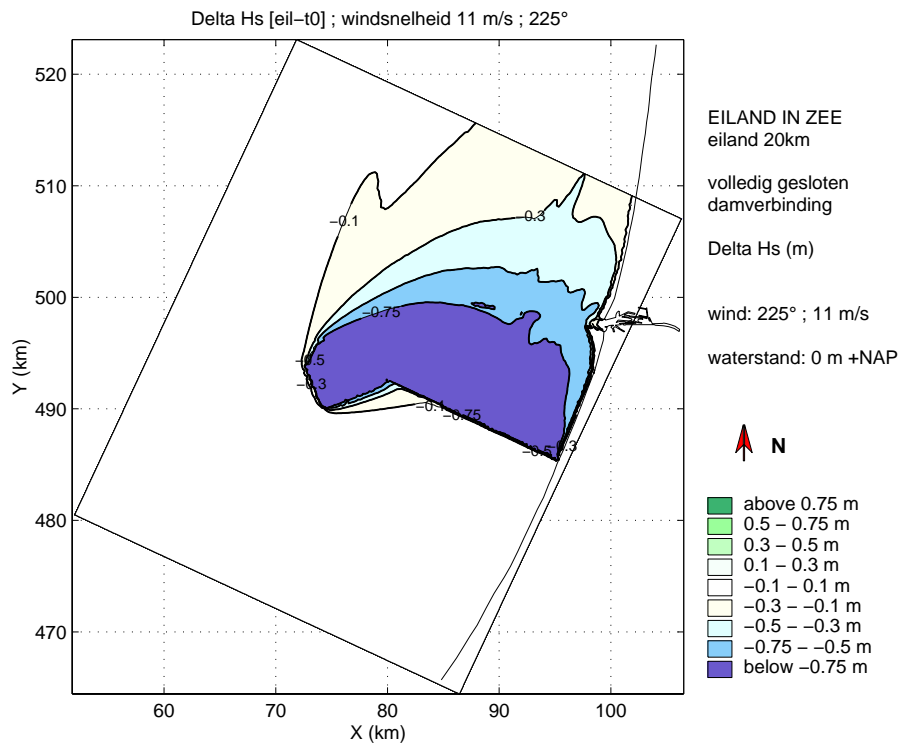
Tabel 3.23 Gem. golfperiode zuidwest 11 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Tm-2-1 T0	Tm-2-1 T4	Delta Tm-2-1
	[m]	[m]	[m]	[s]	[s]	[%]
f	91303	477800	3.72	5.88	5.88	0
k	94123	483700	3.9	5.89	5.89	0
p	95680	487500	3.82	5.99	2.71	-55
v	97652	492900	4.75	5.97	3.69	-38

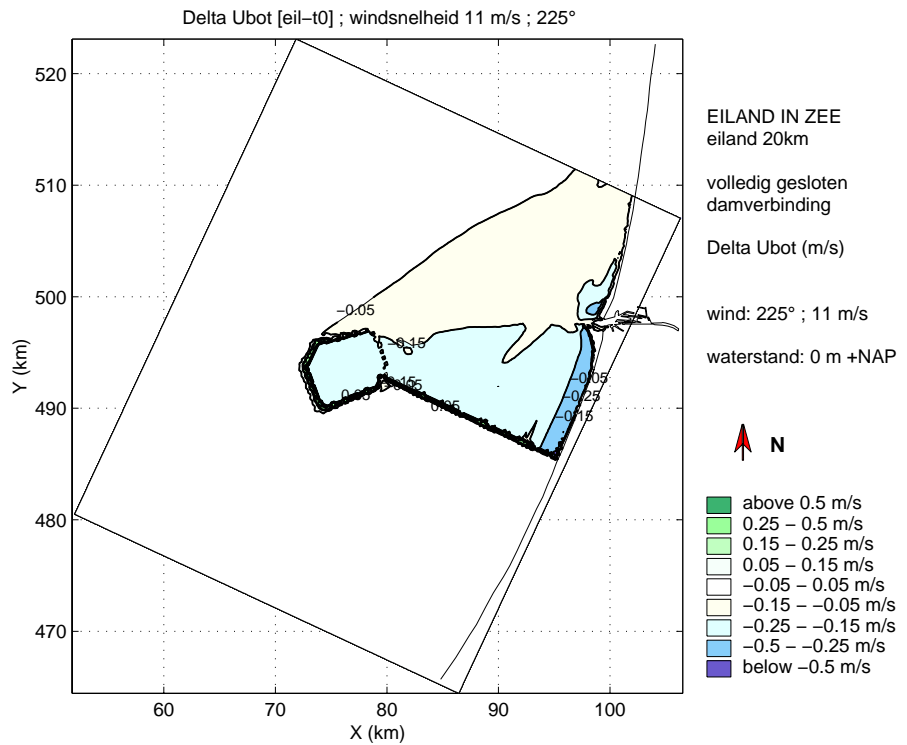
Tabel 3.23 Orbitaalsnelheid zuidwest 11 m/s

T4 = Eiland van 8500 ha. Op 20 km uit de kust met gesloten damverbinding						
punt nr.	x-coord	y-coord	diepte	Ubot T0	Ubot T4	Delta Ubot
	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[%]
f	91303	477800	3.72	0.51	0.51	0
k	94123	483700	3.9	0.52	0.51	-2
p	95680	487500	3.82	0.55	0.08	-85
v	97652	492900	4.75	0.50	0.17	-66

Figuur 3.22 Delta Hs bij zuidwest 11 m/s



Figuur 3.23 Delta Ubot bij zuidwest 11 m/s



4. Conclusies en aanbevelingen

Met het golfmodel SWAN cycle 2 zijn op betrouwbare wijze golfberekeningen gemaakt ten behoeve van de studie naar morfologische effecten die optreden na aanleg van diverse eilandvarianten in de Noordzee. Het model geeft een realistische kwantitatieve beschrijving van de effecten die optreden als gevolg van de aanleg van onderstaande varianten in de Noordzee.

T0 : huidige situatie

T1 : eiland van 12000 hectare op 10 kilometer uit de kust van Zandvoort

T2 : eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust van Zandvoort

T3 : eiland van 85000 hectare op 20 kilometer uit de kust met getijdecentrale-damverbinding

T4 : eiland van 8500 hectare op 20 kilometer uit de kust met gesloten damverbinding

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een windsnelheid (en bijbehorende golfhoogte en golfperiode) die ongeveer tien procent van de tijd per jaar voorkomen : zuidwest 11 m/s en noordwest 8 m/s. Uit de uitgevoerde berekeningen kunnen de volgende conclusies getrokken worden :

- ☞ Er ontstaat een luwte-gebied tussen het eiland (met dam) en de kust, met een verlaging van de golfhoogte, golfperiode en orbitaalsnelheid.
- ☞ De afstand van het eiland tot de kust is bepalend voor de invloed van een eiland. De invloed van een eiland op de golfparameters aan de kust is bij een eiland op 10 kilometer uit de kust groter dan bij een eiland op 20 kilometer uit de kust.
- ☞ Wanneer er een dam als verbinding tussen het eiland en de kust gebruikt wordt, is de invloed van het eiland met de dam merkbaar tot ca 30 kilometer ten noorden, en ten zuiden van de dam.

De in deze studie beschreven effecten gelden alleen voor de gebruikte condities. Bij extremere condities zullen de effecten van een eiland op de kust over een veel grotere oppervlakte merkbaar zijn.

Aanbevelingen

- In deze studie is stroming rondom het eiland en de dam niet meegenomen in de berekeningen. Door veranderingen in het stromingspatroon kunnen de golfparameters lokaal toe- of afnemen. Om nauwkeuriger de effecten van diverse varianten op de kust te kunnen voorspellen is het zinvol om bij een vervolgstudie stroming wel mee te nemen in het golfmodel.
- Uit deze studie blijkt dat de invloed van diverse eilandvarianten op het golfbeeld aan de kust niet verwaarloosd mag worden. Daarom is het aan te bevelen om in een vervolgstudie meer windrichtingen en windsnelheden door te rekenen.

- De varianten die in deze studie en voor het EMA gedefinieerd zijn, zijn op dit moment representatief voor de in omloop zijnde varianten. Wanneer er in de loop van het onderzoekstraject nieuwe varianten en locaties bij komen is het zinvol om deze studie ook voor andere varianten uit te voeren.
- De in deze studie gepresenteerde resultaten mogen niet gebruikt worden voor de optimalisatie van de vorm van een eiland. Wel is het nuttig om in een verdere fase een vergelijkbaar onderzoek uit te voeren voor diverse eilandvormen.

De data van deze studie blijft op CD-rom beschikbaar, en is evenals het rapport met de bijlagen opvraagbaar bij de auteur.

Referenties

Ris, R.C.

Spectral modelling of wind waves in coastal areas

Technische Universiteit Delft

juli 1997

Andorka, J.H. en Jong de, J.C.M en Kamsteeg, A.T. en Ronde de, J.G.

Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid

Rapport RIKZ-97.046

november 1997

Booij, R.C en Haagsma, IJ.G. en Holthuijssen, L.H. en Padilla-Hernandez, R en Ris, R.C.

User Manual SWAN Cycle 2 version 30.75

Technische Universiteit Delft

april 1998

Vledder van, G en Winder, B

Test bank SWAN

Alkyon

mei 1998

Jacobse, J.J.

Invloed van een eiland in de Noordzee op het lokale golfklimaat

Werkdocument RIKZ/OS-98.132x

augustus 1998

Vledder van, G

source term investigation SWAN

Alkyon

november 1998

Borup, I en Lourens, J.M. en Smit, M.J. en van Vessem, P.

Landen op zee 2

Rijksinstituut voor Kust en Zee

november 1998

Colofon

© december 1999

Dit rapport maakt onderdeel uit van de onderzoeken die in het kader de nota 'Toekomst van de nationale luchthaven" zijn verricht. De nota is een uitgave van het ministerie van Verkeer en Waterstaat in samenwerking met de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Economische Zaken.

Drukwerk omslag: Kwak, Van Daalen & Ronday

Drukwerk binnenwerk: Reprografische Dienst, ministerie van Verkeer en Waterstaat

Bestelnummer: RLD 155a

Bestellen: Ministerie van Verkeer en Waterstaat
telefoon: 070 - 351 7086
telefax: 070 - 351 6111