

HYDRODYNAMICA TER HOOGTE VAN DE VLAKTE VAN DE RAAN

Guido Dumon¹, Nathalie Balcaen¹, Marc Huygens², Philippe Hyde² en Piet Haerens²

¹ Afdeling Kust, Agentschap voor Maritieme Dienstverlening & Kust, Vlaamse Overheid, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende, België. E-mail: guido.dumon@mow.vlaanderen.be

² Soresma Haecon nv, Poortakkerstraat 41, 9051 Sint-Denijs-Westrem, België

Samenvatting

Het gebied rond de 'Vlakte van de Raan', gelegen in het mondingsgebied van de Westerschelde, wordt als grensoverschrijdende ondiepte door zowel het Meetnet Vlaamse Banken als het ZEGE Meetnet bemeten. Meetgegevens die het getij, wind- en golfklimaat omschrijven zijn in voldoende mate aanwezig, doch er ontbreken lange tijdreeksen van waarnemingen om de heersende hydrodynamica van het gebied voldoende in detail in beeld te brengen. Zowel de meetlocaties 'Scheur-Oost', 'Scheur-West', 'Bol van Heist' en 'Bol van Knokke' langs Vlaamse zijde als 'Vlakte van de Raan', 'Wielingen' en 'Deurloo' langs Nederlandse zijde, leveren waardevolle data op voor, enerzijds direct gebruik bij scheepvaartbegeleiding of stormvloedwaarschuwingen (of voorspellingen) en anderzijds indirect gebruik bij talrijke applicaties. De opgemeten oceanografische en meteorologische parameters kunnen tevens aangewend worden ter ijking van mathematische, hydrodynamische en zelfs morfodynamische modellen.

De analyse van de bestaande meetreeksen, opgemeten op meetlocaties rond de 'Vlakte van de Raan', tonen alvast aan dat de waarnemingen in overeenkomst zijn met gangbare theorieën omtrent golfrefractie, shoaling, windsnelheid en waterstand. Verder blijkt dat uit lange tijdreeksen tendensen kunnen afgeleid worden. Door het voortdurend verbeteren van sensoren en algoritmes, en het toenemend aantal waarnemingen, zal het belang van assimilatie voor operationele en hindcast toepassingen meer en meer toenemen.

1. Inleiding

De 'Vlakte van de Raan', een grensoverschrijdende ondiepte, vormt door zijn ligging een uniek gebied in de Noordzee. Als uitloper van het mondingsgebied van het Westerschelde-estuarium naar de Noordzee vormt deze zandbank de overgang tussen een rivierestuarium en de open zee. Daardoor past de heersende hydrodynamica niet direct binnen het getijperspectief van een rivierestuarium, noch van een ontwikkelde zee. De complexe stroming, tijvariatie en golfpatronen reflecteren precies de fysische overgang van mondingszone naar open zee.

Mede doordat het gebied op een grensoverschrijdende locatie ligt, zijn vanuit het verleden geen lange tijdreeksen van waarnemingen beschikbaar om de heersende hydrodynamica van het gebied in beeld te brengen. In de volgende bijdrage wordt een overzicht gegeven van:

- de samenstelling van het grensoverschrijdende meetnet
- de beschikbare meetgegevens
- de reeds beschikbare (statistische) analyse van relevante gegevens voor de 'Vlakte van de Raan'
- een hydrodynamisch beeld van de betreffende locatie
- de meest significante besluiten omtrent het stroom- en golfbeeld op de 'Vlakte van de Raan'

2. Een grensoverschrijdend meetnet

De ligging van het Westerschelde-estuarium ten opzichte van de landsgrenzen van Nederland en Vlaanderen maakt dat de zone bemeten wordt door twee overheden. Beide meetnetten zijn op elkaar afgestemd en complementair. Aan Vlaamse zijde bestaat het Meetnet Vlaamse Banken. Dit meetnet valt onder de bevoegdheid van de Vlaamse Overheid - Afdeling Kust.

Aan Nederlandse zijde bestaat het meetnet ZEGE, beheerd door Hydro-Meteo-Centrum Zeeland - Rijkswaterstaat. Als algemene kennisgeving wordt hieronder een overzicht gegeven van de respectievelijke meetnetten en de verschillende parameters die binnen deze netten geregistreerd worden.

De diverse meetinstrumenten die gebruikt worden bevinden zich in meetboeien of op meetpalen (Fig. 1 en 2). Het zijn de directional waverider (golfhoogte en golfrichting), de waverider (golfhoogte), de stappenbaak (golfhoogte), de radar (golfhoogte), de waterstandmeter en de windsensor (windrichting, windsnelheid).

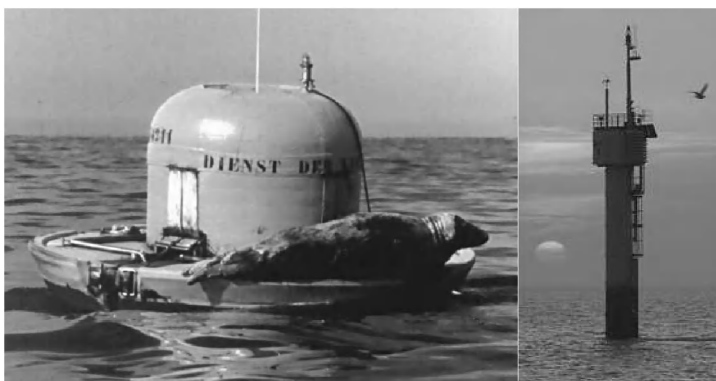


Fig. 1. Wavec meetboei (links) en meetpaal (rechts) binnen het Meetnet Vlaamse Banken.



Fig. 2. Meetboei Deurloo (links) en Meetpaal Vlakte van de Raan (rechts) binnen het ZEGE Meetnet

2.1. Meetnet Vlaamse Banken

Het Meetnet Vlaamse Banken, oorspronkelijk opgestart ter ondersteuning van de ontwerpstudie van de haven van Zeebrugge, is intussen uitgebouwd en uitgebreid tot een volwaardig meetnet voor de systematische opvolging van oceanografische en meteorologische parameters langs de Vlaamse kust en op het Belgisch Continentaal Plat. Het meetnet, genoemd naar de groep onregelmatige zandbanken die zich voor de westelijke helft van de Vlaamse kust bevinden, bestaat uit een centraal computernetwerk operationeel vanuit Oostende, twee meteoparken aan wal en verschillende offshore meeteenheden (boeien en meetpalen) geïnstalleerd voor de Vlaamse kust. Een overzicht van de locaties van de verschillende actueel operationele meeteenheden – in totaal bijna vijftien – is weergegeven in Fig. 3.

Het Meetnet Vlaamse Banken is opgebouwd uit meetpalen en golfmeetboeien die voorzien zijn van specifieke hydrometeosensoren. Het netwerk op zee is een uitermate belangrijke informatiebron voor de opmaak van de dagelijkse informatieberichten met hydrometeo-informatie. Deze hydrometeo-berichten bestaan uit voorspellingen van tijhoogten, golven, wind en zichtbaarheid langsheen de Vlaamse kust en in de scheepvaartroutes naar de havens toe. Op die manier worden ondermeer de nautische autoriteiten dagelijks voorzien van accurate hydrometeorologische informatie omtrent dit druk bevaren stuk van het Kanaal. De data worden ook aangewend voor het opvolgen van kustverdedigingsactiviteiten, havenactiviteiten, baggerwerken, hydrografische waarnemingen, berging van wrakken, ... Tevens zijn de real-time gegevens van het Meetnet een zeer belangrijke bron van informatie voor stormvloedwaarschuwingen en als validatie/ijkingsgegevens voor numerieke modellen van deze kuststrook.

Naast de belangrijkste oceanografische parameters, zijnde golfkarakteristieken, tijhoogte, stromingen en watertemperatuur, worden meteorologische parameters zoals wind, luchtdruk, luchttemperatuur en neerslag in real-time opgemeten en doorgestuurd naar het centrale datacentrum in Oostende. Tabel I geeft een overzicht van de parameters die binnen het Vlaamse meetnet, per locatie, real-time ingemeten worden en naar het centraal datacentrum doorgestuurd worden.

De data worden continu op de verschillende locaties opgemeten en naar het meetnetsysteem verzonden. In het centraal datacentrum worden de gegevens verder verwerkt, gevalideerd, omgezet naar hydro- en meteoparameters en wordt een statistische analyse uitgevoerd.

Mede door de recente ontwikkeling omtrent offshore windmolenparken op de Vlaamse Banken wordt de omgeving van de 'Vlakte van de Raan' op dit ogenblik intensiever bemeten.

Tabel I. Meetnet Vlaamse Banken: Locatie van de meeteenheden en de opgemeten parameters

Locatie	Golfhoogte	Golfperiode	Golfrichting	Golfenergie	Temperatuur Zeeewater	Getijhoogte	Windsnelheid	Windrichting	Temperatuur Lucht	Luchtdruk	Neerslag
	H	T	α	E	t	cmTAW	s	θ	t	p	
A2-Boei	x	x		x	x	x				x	
Appelzak						x				x	
Bol van Heist	x	x	x	x	x	x					
Bol van Knokke	x	x	x	x		x					
Nieuwpoort						x					
Oostende	x	x		x		x					
Trapegeer	x	x		x							
Wandelaar					x	x	x	x		x	
Westhinder	x	x	x	x							
Westhinder (MP7)					x	x	x	x	x	x	
Zeebrugge - Daminstrumentatie							x	x	x	x	x
Zeebrugge - Leopold II-dam						x					
Zeebrugge - Meteopark							x	x	x	x	x
ZW-Akkaert	x	x		x							

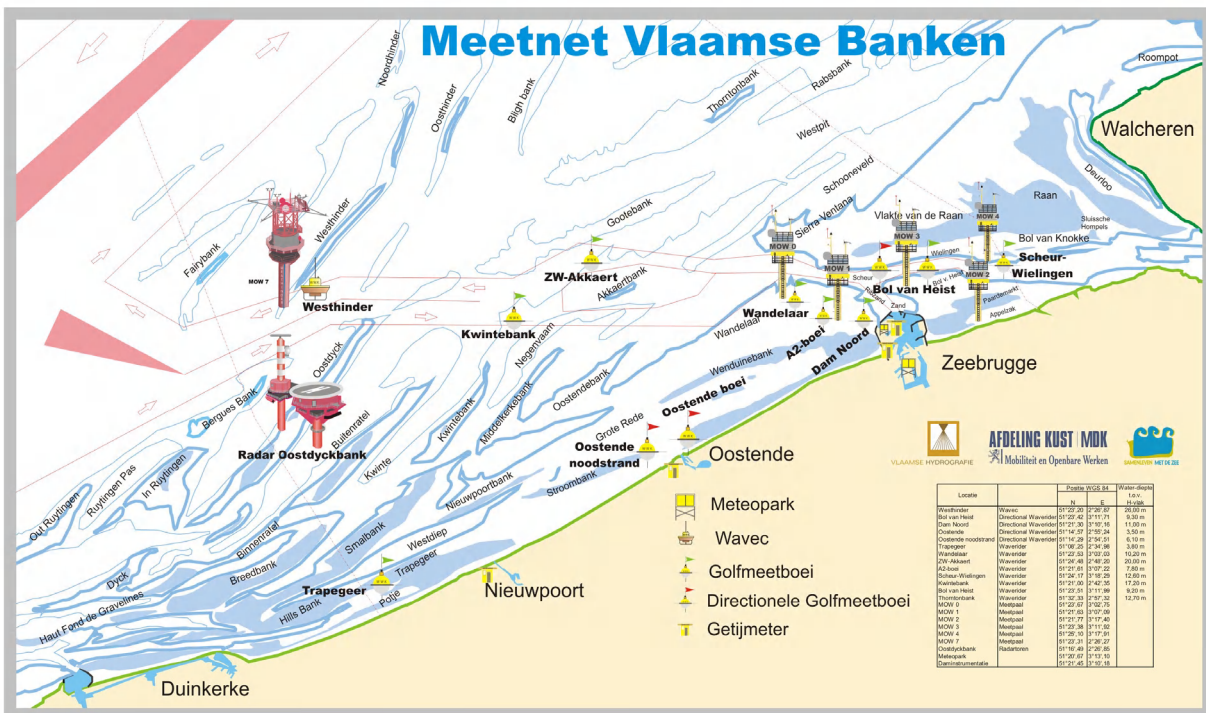


Fig. 3. Meetnet Vlaamse Banken: Locatie van de meeteenheden.



Fig. 4. ZEGE Meetnet. Locatie van de meeteenheden. De meetlocaties SCHW en SCHO zijn Vlaamse meetpunten, Rijkswaterstaat neemt de metingen over van de golfmeetboeien Wandelaar en Scheur/Wielingen van het Meetnet Vlaamse Banken.

2.2 ZEGE Meetnet van de Nederlandse overheid

Het meetnetwerk van de Vlaamse overheid is interactief gekoppeld aan het ZEGE (ZEeuwse GEtijdenwateren) Meetnet van Rijkswaterstaat, dat zich focust op de Westerschelde en de provincie Zeeland. Dit meetnet telt een 60-tal meetlocaties, waar een 14-tal parameters opgemeten en geregistreerd worden (Fig. 4).

Het ZEGE Meetnet heeft, net zoals zijn Vlaamse tegenhanger, tot doel het automatisch inwinnen en verwerken van hydrologische en meteorologische grootheden (wind, luchtdruk, watertemperatuur, zoutgehalte, waterstanden en golven) en dit ten behoeve van onder andere storm- en hoogwaterwaarschuwing en de ijking van stromingsmodellen. De oorsprong van het meetnet situeert zich omstreeks 1980. Het meetnet werkt volgens een algemene standaard, opgezet binnen Rijkswaterstaat, zodat hydro- en meteogegevens van de verschillende diensten steeds op dezelfde uniforme manier gemeten en verwerkt worden. De parameters worden continu op de verschillende meetlocaties gemeten, verwerkt en naar het meetnetsysteem doorgezonden. Er wordt gebruik gemaakt van een vijftal ontvangstposten, die geografisch over de regio van het meetnet verspreid staan opgesteld. Door de koppeling van beide meetnetten (VL-NL) beschikken beide instanties over een volledige gegevensbank voor dit stuk van de Noordzee.

2.3 Relevante meeteenheden rond de ‘Vlakte van de Raan’

Rond de ‘Vlakte van de Raan’, een grensoverschrijdende ondiepte grotendeels gelegen op Nederlands grondgebied in het hart van de Westerscheldemonding, bevinden zich verschillende meetlocaties van zowel het Vlaamse als Nederlandse meetnet, waarvan de voornaamste zijn:

Meetnet Vlaamse Banken:

Scheur Wielingen (RWS - Scheur-Oost)
Wandelaar (RWS - Scheur-West)
Bol van Heist (MOW3)
Bol van Knokke (MOW4)

Meetnet ZEGE:

CADZ (Cadzand-Zuid)
CADW (Cadzand-West)
DELO (Deurlo)
VR (Vlakte van de Raan)

Deze meetlocaties leveren gegevens omtrent de voornaamste hydrodynamische parameters, zijnde het golfklimaat (significante golfhoogte, significante golfperiode, golfhoofdrichting en deining), het getij (waterhoogte), het windregime (windrichting, windsnelheid en windstoot) en het zeewater (temperatuur en chloridengehalte). De data worden als volgt gemeten:

1. Golfdata:

Meetnet Vlaamse Banken:

- Golfmeetboei (waverider), Scheur Wielingen: herhalingsstijd = 15 minuten
- Golfmeetboei (waverider), Bol van Heist: herhalingsstijd = 15 minuten
- Golfmeetboei (directional waverider), Bol van Heist: herhalingsstijd = 30 minuten
- Radarsensor (waveguide wave), Bol van Knokke: herhalingsstijd = 15 minuten
- Geregistreeerde data omvatten: golfhoogte, golfperiode, laagfrequente golfenergie en golfrichting

ZEGE Meetnet:

- Golfmeetboei (directional waverider), Deurlo: herhalingstijd = 10 minuten
- Stappenbaak, Cadzand-West: herhalingstijd = 10 minuten
- Golfmeetboei (directional waverider), Cadzand-West: herhalingstijd = 10 minuten
- De standaard voor de opslag van golfgegevens voor golfklimatologie bestaat uit het energiedichtheidsspectrum, het golfrichtingsspectrum en acht veel toegepaste statistische parameters

2. Winddata:**Meetnet Vlaamse Banken:**

- In de onmiddellijke omgeving van de 'Vlakte van de Raan' zijn geen windgegevens beschikbaar.
- De meest dichtbij gelegen meetlocatie is de Wandelaar: herhalingstijd = 10 minuten

ZEGE Meetnet:

- De winddata komen van de windsensoren Vlakte van de Raan (VR) en Cadzand-Zuid (CADZ), waar windrichting en windsnelheid met een frequentie van 0.1Hz gemeten worden: herhalingstijd = 10 minuten

3. Getijddata:**Meetnet Vlaamse Banken:**

- Bol van Heist en Bol van Knokke: 5-min gemiddelde waterstand t.o.v. T.A.W.

ZEGE Meetnet:

- Meeteenheden Vlakte van de Raan (VR) en Cadzand kust (CADZ)
- Deze bestanden bevatten, met een herhalingstijd van 10 minuten, de gemeten waterstand t.o.v. N.A.P.

3. Analyse van relevante data

Uitgaande van het ruwe meetsignaal kunnen andere specifieke parameters, zoals sommige periodematen, uit het golfspectrum bepaald worden. Dit levert na verdere (statistische) analyse in hoofdzaak volgende parameters op:

Tabel II. Parameters na statistische analyse.

Waterstand	Golven	Wind
Gemeten waterstand t.o.v. T.A.W. en N.A.P.	H_{m0} , H_s Significante golfhoogte	Windsnelheid
Astronomisch verwachte waterstand	H_{LF} Laagfrequente golfhoogte (= gebaseerd op energie met frequenties kleiner dan 0,1 Hz)	Windrichting
Rechte opzet van de waterstand (= gemeten waterstand - astronomisch verwachte waterstand)	$T_{0,2}$ Golfperiode gedefinieerd als $\sqrt{m_0/m_2}$	
	$T_{0,1}$ Golfperiode gedefinieerd als m_1/m_0	
	Piekperiode	
	Golfrichting	
	Richtingsspreiding	

In onderstaande paragrafen wordt van het golfklimaat, de waterstand, het windregime en de stromingspatronen, op basis van de (statistisch) afgeleide meetdata, een analyse uitgevoerd en worden de voornaamste conclusies opgesomd met betrekking tot het hydrodynamisch karakter van het gebied van en rond de 'Vlakte van de Raan'.

3.1 Golfklimaat

Om een idee te krijgen van het golfklimaat op en nabij de 'Vlakte van de Raan' is uitgegaan van een aantal beschikbare meetdata, waarvan per meetlocatie voor de vier beschouwde golfparameters (H_{m0} , H_{LF} , $T_{0,2}$, $T_{0,1}$) gemiddelden, maxima en de waarden met een overschrijdingskans van 0.1%, 1%, 5%, 10%, 50% geanalyseerd zijn. Uit deze hele reeks meetdata kunnen volgende conclusies vastgesteld worden:

3.1.1. Invloed van de geografische ligging van de meetboeien

- De golfhoogte neemt toe naarmate de afstand van de meetlocatie tot de kustlijn toeneemt. Zo is op de meest landinwaartse locatie rond de 'Vlakte van de Raan', i.e. de locatie Wielingen (waterdiepte -10m N.A.P.), de gemiddelde golfhoogte nog ongeveer 62% van de gemiddelde golfhoogte op de meest zeewaartse locatie rond de 'Vlakte van de Raan', i.e. locatie Deurlo (waterdiepte -11m N.A.P.) (Gautier en van den Boomgaard, 2003).
- De golfhoogte vermindert van gemiddeld 1.47m ter hoogte van de meetlocatie Westhinder, over 1.27m ter hoogte van de meetlocatie Akkaert Zuid, naar 1.03m ter hoogte van de meetlocatie Bol van Heist, zoals blijkt uit de bijgevoegde roosgrafieken voor de periode 1977-2001 (Fig. 5.1, 5.2 en 5.3).
- Ook de golfhoogte die 1% van de tijd zal worden overschreden is, vergeleken met de meetlocatie Wielingen, slechts 72% van de golfhoogte voor de locatie Deurlo (Gautier en van den Boomgaard, 2003).

3.1.2. Invloed van de waterdiepte

- Theoretisch zal de golfhoogte lager zijn in ondiepere gedeeltes dan in dieper gelegen gedeeltes.
- De locaties Deurloo en Scheur-West liggen ongeveer even ver van de kust, op min of meer vergelijkbare diepte. Hun overschrijdingscurven van H_{m0} zijn logischer wijze dan ook bijna identiek. De meetlocatie Schouwenbank en Westhinder liggen het diepst en het verst op zee met duidelijk hogere golven waarneembaar dan voor de eerder vermelde meetlocaties (Gautier en van den Boomgaard, 2003).

3.1.3. Invloed van refractie

Het fenomeen refractie, waarbij afbuiging van de golfstralen optreedt bij het naderen van de kustlijn als gevolg van verschillen in waterdieptegolven, is eveneens waar te nemen aan de hand van de gemeten golfrichting op verschillende meetlocaties. Zo is ter hoogte van de meetpaal Westhinder de golfrichting voor $\pm 37\%$ uit de richting W-NW, terwijl bij Cadzand reeds meer dan de helft ($\pm 53\%$) van de tijd de golven uit de richting W-NW komen. Dit is niet verwonderlijk, aangezien dit de richting is die min of meer loodrecht op de kust bij Cadzand staat.

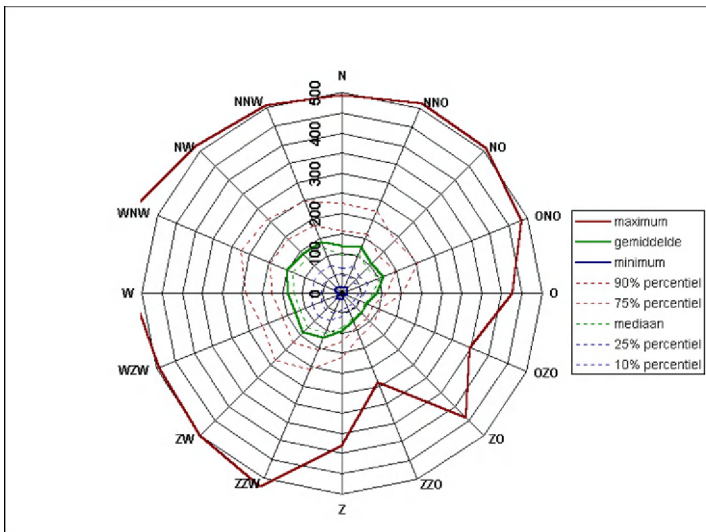


Fig. 5.1. Roosgrafiek Westhinder.

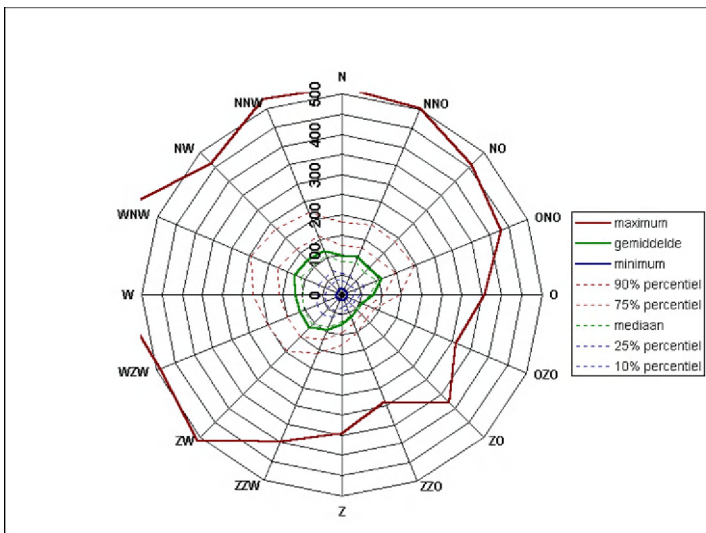


Fig. 5.2. Roosgrafiek Akkaert Zuid.

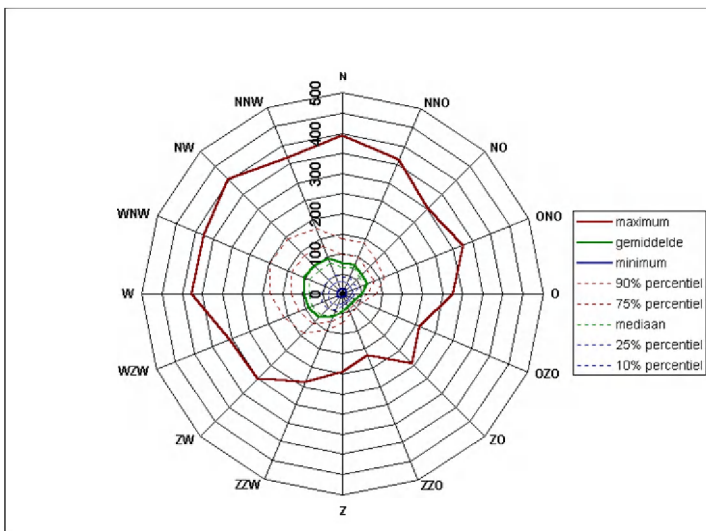


Fig. 5.3. Roosgrafiek Bol van Heist.

3.2 Metingen waterstand – getijmeting

Bij deze analyse wordt gebruik gemaakt van de meetlocaties op de Vlake van de Raan (VR) en bij Cadzand-Zuid (CADZ). Als karakteristieken van de waterstandmetingen kunnen per meetlocatie de volgende waarden bepaald worden:

- het minimum en maximum van de drie waterstandparameters (gemeten waterstand, astronomisch verwachte waterstand en opzet van de waterstand)
- het gemiddelde van de gemeten waterstandhoogte
- de waarden van de opzet van de waterstand met een overschrijdingskans van 0.1%, 1%, 5%, 10%, 50%, 90 %, 95 % en 99%.

Uit de resultaten is goed te zien dat de gemeten getijslag kleiner is en de astronomische verwachte waterstand lager is op de zeelocaties dan op de locaties op de Westerschelde zelf. Dit bevestigt natuurlijk het theoretisch reeds gekende bekkeneffect binnen een estuarium (trechterwerking).

Verder blijkt dat in de monding een vergroting van het getijverschil vastgesteld is van 4% per eeuw (Kornman *et al.*, 2000). Vermoed wordt dat de oorzaak hiervan ligt in een combinatie van de zeespiegelstijging, de werken die zijn uitgevoerd in het kader van het Deltaplan en/of de antropogene impact binnen het Westerschelde-estuarium.

3.3 Windregime

Als karakteristieken van de windmetingen worden per windmeetlocatie de volgende waarden bepaald:

- het maximum van de windsnelheid van de gehele meetperiode, met de daaraan gekoppelde windrichting.
- de waarden van de windsnelheid met een overschrijdingskans van 0.1%, 1%, 5%, 10%, en 50% voor de windsnelheid over de gehele meetperiode.

Uit de meetresultaten blijkt dat de windsnelheden opgemeten op de meest zeewaartse locaties significant hoger zijn dan deze dicht bij de kust. Zo bedraagt de gemiddelde windsnelheid voor de dominante windrichting ZW bij de Westhinder op volle zee het dubbele in vergelijking met deze opgemeten voor de locatie Meteostation Zeebrugge aan wal (Fig. 6.1 en 6.2).

Verder blijkt uit metingen dat de gemiddelde windsnelheden op de 'Vlake van de Raan' lager zijn dan op locaties meer naar het noorden. Bovendien is de afname van de windsnelheid richting kust sterker op deze locatie. Dit wordt verklaard door de oriëntatie van de kustlijn, die er voor zorgt dat de wind vanuit de belangrijkste zuidelijke en zuidwestelijke richtingen sterker wordt verstoord dan op de meer noordelijke (zeewaartse) locaties.

Op de 'Vlake van de Raan' zijn de richtingen Z-ZW en ZW-W het best vertegenwoordigd, ruim 40% van de tijd komt de wind uit deze hoek. Bovendien komen de hoogste windsnelheden uit deze richtingen. De oostelijke sector (90° - 135°) komt het minst voor. De helft van de tijd is de windsnelheid hoger dan 7.5m.s⁻¹, terwijl een windsnelheid van 20m.s⁻¹ voor 0.13% van de tijd wordt overschreden, gebaseerd op de halfuurswaarden van 1 januari 1998 tot 31 december 2000 (Gautier en van den Boomgaard, 2003).

Daarnaast is duidelijk te zien dat de windsnelheid op de 'Vlake van de Raan', in de aanloop van een storm, ruim hoger is dan de windsnelheid bij Vlissingen: het verschil loopt op tot 0.5m.s⁻¹. Deze lagere windsnelheid in de monding kan bij het opstellen van golfmodellen deels de onderschatting van de golfhoogte in de monding verklaren (Jacobse, 2003).

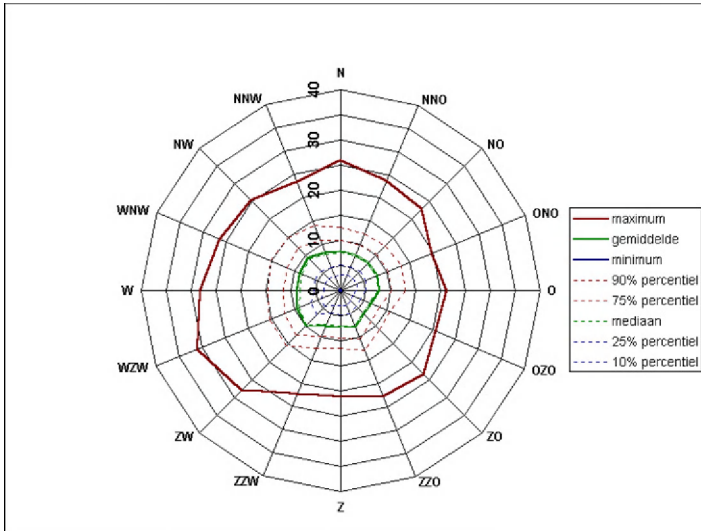


Fig. 6.1. Windroos Westhinder.

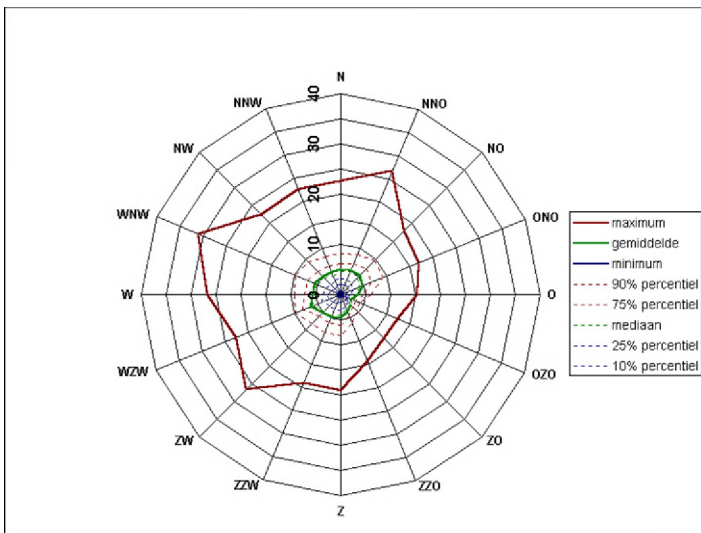


Fig. 6.2. Windroos Meteostation Zeebrugge.

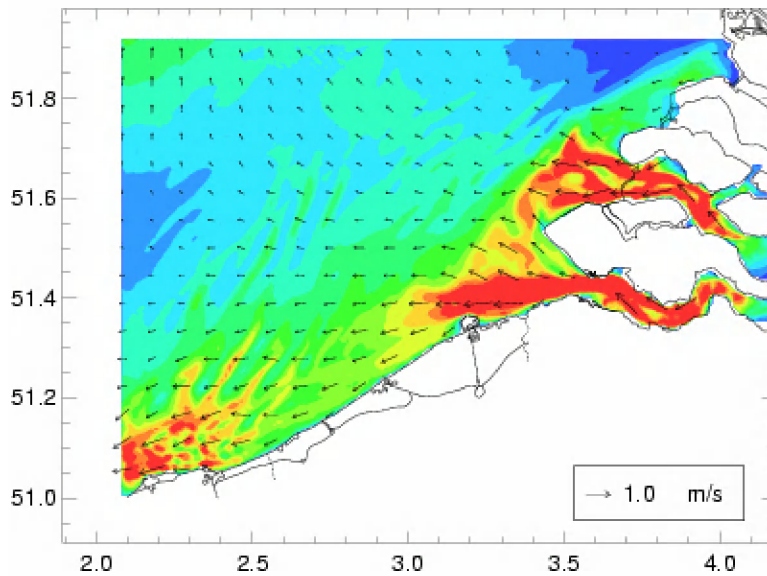
3.4 Stromingspatroon

De kennis van het stromingspatroon is niet alleen belangrijk voor de scheepvaart, maar vormt tevens de belangrijkste aandrijvende kracht voor het sedimenttransport. Dit laatste is immers evenredig met een vierde of vijfde macht van de stroomsnelheid, zodat een klein verschil in stroomsnelheid een aanzienlijk gewijzigd sedimenttransport kan veroorzaken. Zo zal bijvoorbeeld bij het verruimen van een geul de optredende stroomsnelheid beïnvloed worden. Deze veranderende stroming veroorzaakt op zijn beurt een wijziging in het sedimenttransport, wat uiteindelijk weer leidt tot een wijzigende bathymetrie. Zo ontstaat een continu interactief proces dat resulteert in een aangepaste evenwichtstoestand.

Ter hoogte van de 'Vlakte van de Raan' ontstaat de stroming in hoofdzaak door de getijdenbeweging. Bij vloed wordt het estuarium van de Westerschelde gevuld door de trechtervormige opening: het water wordt als het ware in het estuarium geduwd en er treden grote stroomsnelheden op. Uit onderstaande data, afgeleid van opgemeten stroomsnelheidsmetingen (Tabel III), blijkt duidelijk dat de gemiddelde stroomsnelheden bij springtij sterk variëren in de tijd. Verder blijkt ook dat de stroomsnelheden in de geul 'Scheur' beduidend hoger zijn dan deze op de 'Vlakte van de Raan' zelf (Consemulder, 2000).

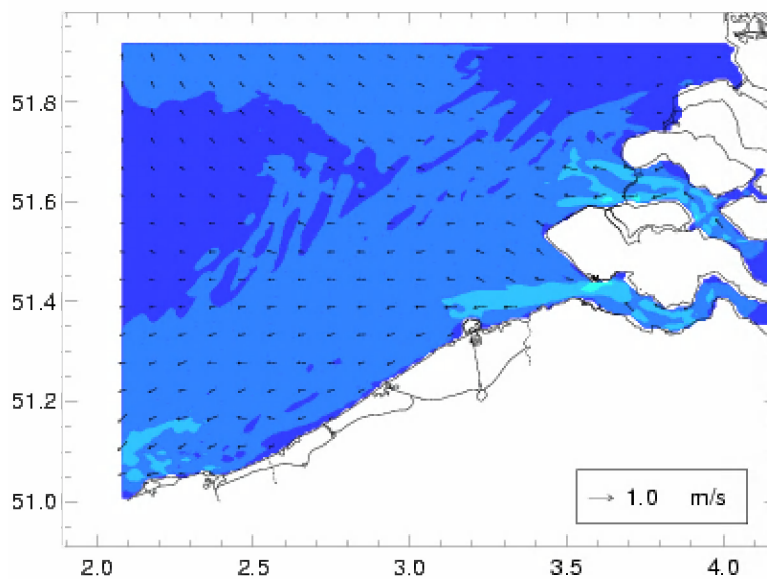
Tabel III. Gemiddelde stroomsnelheden tijdens springtij in cm.s-1 in de laag van 0 tot 5 m beneden het wateroppervlak.

Tijd t.o.v. hoog water	HW-6h	HW-4h	HW-2h	HW	HW+2h	HW+4h	HW+6h
Wielingen Cadzand	72	5	102	82	26	108	51
Oostgat Westkapelle	46	118	82	0	87	57	0
Vlakte van de Raan	57	62	77	46	72	41	36



Kracht en richting van de oppervlakte stromingen
07 september 2006 17:00 (UTC) / OPTOS-BCZ
(c) MUMM | BMM | UGMM 2006 <http://www.mumm.ac.be/>

Fig. 7. Kracht en richting van de stromingen bij eb aan het oppervlak (MUMM/BMM, 2006).



Kracht en richting van de bodem stromingen
07 september 2006 17:00 (UTC) / OPTOS-BCZ
(c) MUMM | BMM | UGMM 2006 <http://www.mumm.ac.be/>

Fig. 7. Kracht en richting van de stromingen bij eb tegen de bodem (rechts) (MUMM/BMM, 2006).

De opgemeten gegevens kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om mathematische, hydrodynamische en zelfs morfodynamische modellen op te stellen, zoals in Fig. 7.1 en 7.2 geïllustreerd wordt (MUMM/BMM, 2006). Uit dit laatste blijkt dat zowel de oppervlactestromingen als de bodemstromingen in hoofdzaak langs de geul 'Scheur' plaatsvinden. Met dergelijke modellen kan vanuit enkele singuliere tijdsopnamen (ter hoogte van de meetlocaties) aldus een volledig ruimtelijk beeld binnen het Noordzeegebied genereerd worden voor eenzelfde (tij)periode.

Zo bieden mathematische modellen een uitgebreide aanvulling bij de geregistreerde terreingegevens en vormen zij als één geheel een zeer handige beheersinstrument voor de Noordzee.

4. Hydrodynamica op de 'Vlakte van de Raan'

De 'Vlakte van de Raan' is gelegen tussen twee scheepvaartgeulen, de 'Wielingen' langs de kust van Zeeuws-Vlaanderen en het 'Oostgat' en de 'Sardijngeul' langs de kust van Walcheren (Fig. 8). Het is de grootste ondiepte in dit gebied, met een oppervlakte van ongeveer 5 x 15km, die bij laagwater toch nog enkele meters onder het wateroppervlak blijft liggen. De diepteligging van de 'Vlakte van de Raan' varieert van -1.2m GLLWS in het zuiden tot -5m GLLWS in het westen (Zeekaart D11 Noordzee - Vlaamse Banken; MD&K - Afdeling Kust, 2006).

De 'Vlakte van de Raan' maakt deel uit van een groter deelsysteem in het mondingsgebied van de Westerschelde. Dit mondingsgebied bevat naast de 'Vlakte van de Raan', de 'Droogte van Schooneveld' en de geulen 'Spleet', 'Geul van de Walvischstaart' en de 'Deurloo-West'. Aan de noordwest rand wordt het gebied begrensd door de Noordzee (-20m NAP lijn).

De 'Vlakte van de Raan' en de geulen 'Deurloo-West' en 'Walvischstaart' bleven in de laatste 30 jaar morfologisch vrij stabiel. Deze laatste twee geulen zijn in noordwestelijke richting gemigreerd door de splitsing van de 'Deurloo'. De grootste veranderingen van de geulen traden op in de 19^{de} eeuw en in het begin de 20^{ste} eeuw (Kornman, 2000).

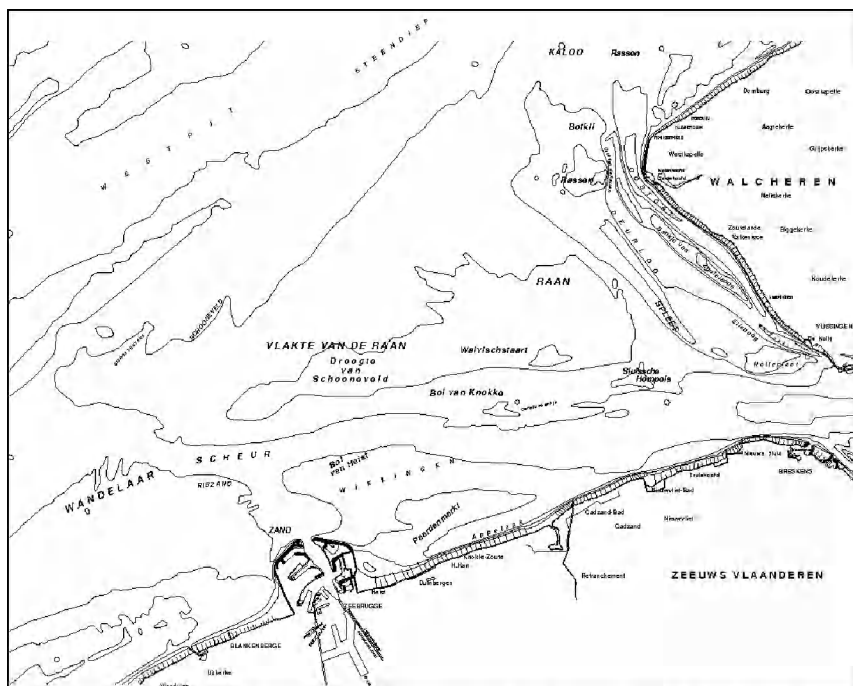


Fig. 8. Overzichtskartaal van het mondingsgebied van de Westerschelde.

De Westerscheldemonding vertoont over het algemeen grote overeenkomsten met het algemene beeld van de morfologie van een buitendelta. De 'Scheur/Wielingen' is als duidelijke hoofdgeul aanwezig en heeft een OW oriëntatie. Een andere belangrijke geul is het 'Oostgat', alhoewel ze qua getijvolume kleiner is dan de 'Scheur/Wielingen'. Het 'Oostgat' vervult een kortsluitfunctie tussen de Westerschelde en de Noordzee. Aan de westzijde van het 'Oostgat' bevinden zich de 'Geul van de Rassen' en de 'Deurloo-Oost'. Deze twee geulen worden van het 'Oostgat' gescheiden door het 'Bankje van Zoutelande'. De getijvolumes en het eb- en vloeddebiet, gemeten ter hoogte van Dishoek, worden gegeven in Table IV (Hordijk, 2002).

Tabel IV. Getijvolumes herleid naar gemiddeld jaarlijks getij (Meetdienst Zeeland, 1998).

	Ebvolume (x 10 ⁶ m ³)	Vloedvolume (x 10 ⁶ m ³)	Q _{max} (Eb) (x 10 ⁶ m ³)	Q _{max} (Vloed) (x 10 ⁶ m ³)
Oostgat	127.5	185.4	9.6	9.6
Deurloo-Oost	196.6	180.9	15.2	14.5
Wielingen	1003.0	996.3	68.1	92.5

De huidige 'Spleet' is het restant van de oude, omvangrijkere geul. Door het verdiepen van de 'Wielingen' is de 'Spleet' minder stroom gaan trekken en is de geul sterk afgenomen in omvang. De stroomtrekkende functie is nu overgenomen door de 'Scheur'.

Voor zover gesproken kan worden over een meergeulenstelsel in de 'Raan' ('Scheur/Wielingen' en 'Spleet'), neigt dit deel van het systeem recent naar een één-geulstelsel door de teloorgang van de 'Spleet'. De functie van het bankengebied de 'Raan' als golfbreker is erg belangrijk voor de achterliggende kusten en de ingang van de Westerschelde. De 'Raan' vormt als het ware een buffer tussen het zeeklimaat en de trechtermond van het Westerschelde-estuarium en tempert dan ook het invallend hydrodynamisch patroon (golf & stroming). Over het platengebied is echter geen dominante stroomrichting aanwezig.

De 'Vlakte van de Raan', met de bijhorende geulen, bleef de laatste decennia een stabiel gebied. De belangrijkste veranderingen treden op in de zuidwestelijke punt en zijn het gevolg van stortingen in dat gebied. De stroomtrekkende functie van de 'Spleet' is overgenomen door de verdiepte 'Scheur/Wielingen'. De geul 'Scheur-Wielingen' is eb gedomineerd (Kornman *et al.*, 2000). Modelberekeningen geven een vervroeging van het getij bij Vlissingen van 25 seconden per 10 jaar ten gevolge van de verdieping van de 'Scheur/Wielingen'. Dit komt overeen met de gemeten gegevens, een vervroeging van het getij bij Vlissingen van ca. 2 minuten sinds 1971/1972 (Bliek, 1997).

De hydrodynamica op de 'Vlakte van de Raan' wordt dus duidelijk gedomineerd door de sterke dynamiek van enerzijds het estuarium van de Westerschelde en het stromingspatroon van de Noordzee, zoals ook blijkt uit Fig. 7 van de waterstand en de kracht en richting van de stromingen.

Referenties

- MD&K - Afdeling Kust, Vlaamse Hydrografie (2006). Zeekaart D11 Noordzee Vlaamse Banken Van Gravelines tot Oostkapelle, uitgave juni 2006.
- Bliek B. (1997). Getijanalyse Westerscheldemond. Studie in opdracht van het RIKZ als onderdeel van het onderzoeksproject K2000*KOP van het onderzoeksprogramma KUST*2000. Svašek Hydraulics.
- Consemulder J. (2000). Beperkte toestandbeschrijving van de monding van de Westerschelde (KTS Voordelta), Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

- Gautier C. en van den Boomgaard M. (2003). Rapportage veldmetingen Westerschelde september 1997 t.e.m. december 2002. Svašek Hydraulics.
- Hordijk D. (2002). Geulwandsuppletie Oostgat Westerschelde – Voorstudie. M. Sc. Thesis, TU Delft.
- Jacobse S. (2003). Evaluatie van de ontwerpwaarden voor golfcondities in de Westerschelde. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Kornman B., Arends A. en Dunsbergen D. (2000). Westerscheldemond 1970 – 2020: Een morfologische blik op de toekomst. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Meetdienst Zeeland (1998). Debietmeting Westerscheldemond.
- MUMM/BMM (2006). Hydrodynamisch Model, Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium.