



Vlaanderen
is wetenschap

17_008_1
WL rapporten

Golfmetingen haven Oostende tijdens storm “Dieter”

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Golfmetingen haven Oostende tijdens storm “Dieter”

Vanneste, D.; Willems, M.; Peeters, P.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
 De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
 Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2017
 D/2017/3241/83

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:
Vanneste, D.; Willems, M.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2017). Golfmetingen haven Oostende tijdens storm "Dieter": Versie 3.0. WL Rapporten, 17_008_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie



Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2017R17_008_1
Keywords (3-5):	golfmeting, druksensor, diver, haven Oostende		
Tekst (p.):	17	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Vanneste, D.
------------	--------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Willems, M.	
Projectleider:	Vanneste, D.	

Goedkeuring

Coördinator onderzoeksgroep:	Peeters, P.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	

Abstract

Tijdens 'storm Dieter' (13-14 januari 2017) heeft WL een korte golfmeetcampagne in de haven van Oostende uitgevoerd. Op 3 locaties in de haven werd een druksensor bevestigd aan een ladder in/aan een kademuur. Dit rapport beschrijft de verwerking van de gemeten drukken tot tijdreeksen van waterstandsverheffingen. De golfanalyse toont aan dat in elk van de signalen een langegolfcomponent aanwezig is (periode >15 min), waarvan de amplitude afhangt van de meetlocatie. Op de meetlocatie Demeysluis is het relatieve aandeel golfenergie in de langegolfcomponent van vergelijkbare grootte als de energie in windgolven. Op de andere locaties (Visserijsluis, Montgomerydok) is dit beperkter.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Golvenmetingen tijdens storm Dieter	2
2.1 Meetlocaties	2
2.1.1 Ingang Visserijsluis.....	2
2.1.2 Kaaiplatform omgeving Demeysluis	3
2.1.3 Vistrap Montgomerydok	4
2.2 Druksensoren.....	5
2.2.1 Hoogfrequente druksensoren voor golfmeting.....	5
2.2.2 Laagfrequente luchtdrukmeting.....	5
2.3 Meetgegevens Vlaamse Hydrografie	5
2.3.1 Getijmeting.....	5
2.3.2 Golfmeting.....	5
2.3.3 Windmeting.....	6
2.3.4 Bodempeilen meetlocaties.....	6
3 Verwerking druksignalen tot tijdreeksen verheffing.....	7
3.1 Correctie meetfrequentie.....	7
3.2 Correctie luchtdruk.....	7
3.3 Omzetting druksignaal tot verheffing.....	8
3.3.1 Bepaling positie druksensor	8
3.3.2 Omzetting druk tot verheffing.....	8
4 Analyse tijdreeksen	10
4.1 Meetgegevens buitengaats	10
4.2 Meetlocatie Visserijsluis	11
4.3 Meetlocatie Demeysluis	12
4.4 Meetlocatie Montgomerydok	14
5 Conclusies	17

Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Overzicht instrumentatie.....	5
Tabel 2 - Overzicht bodempeilen meetlocaties.....	6
Tabel 3 - Correctie samplefrequentie meetbestand drukken	7
Tabel 4 - bepaling verticale positie druksensor voor de 3 meetlocaties.....	8
Tabel 5 - Golfanalyse locatie Visserijsluis (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz)	11
Tabel 6 - Golfanalyse locatie Demeysluis (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz)	14
Tabel 7 - Golfanalyse locatie Vistrap Montgomerydok (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz).....	16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Meetlocatie ingang Visserijsluis	2
Figuur 2 – Meetlocatie kaaiplatform nabij Demeysluis.....	3
Figuur 3 – Meetlocatie Vistrap Montgomerydok	4
Figuur 4 – Locatie golf-en getijmeting haven Oostende (bron: meetnet Vlaamse Banken, Vlaamse Hydrografie).....	6
Figuur 5 – Vergelijking getijregistratie maregraaf met lange golf ηp uit druksignaal (ingezoomd op 2 ^{de} hoogwater)	9
Figuur 6 – Overzicht getij, wind- en golfgegevens buitengaats tijdens meetcampagne.....	10
Figuur 7 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Visserijsluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).....	11
Figuur 8 – Golfspectrum HW#2 ($f_{HC}=0.005$ Hz), meetlocatie Visserijsluis.....	12
Figuur 9 – Golfspectrum HW#1 ($f_{HC}=0.0005$ Hz), meetlocatie Demeysluis	12
Figuur 10 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Demeysluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).....	13
Figuur 11 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Demeysluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.0005$ Hz).....	13
Figuur 12 – Golfspectrum HW#2 ($f_{HC}=0.0005$ Hz), meetlocatie Montgomerydok	14
Figuur 13 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Montgomerydok (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).....	15
Figuur 14 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Montgomerydok (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.0005$ Hz).....	15

1 Inleiding

Tijdens de nacht en de dag van 13 januari 2017 werd door OMS een stormopzet tot +6.20 m TAW voorspeld (een combinatie van springtij en NW storm). Daarom werd enkele dagen op voorhand beslist een korte 'ad hoc' golfmeetcampagne uit te zetten voor de duur van de storm. Op 3 locaties in de binnenhaven van Oostende werden druksensoren geplaatst op een ladder in een kaaimuur of platform:

- aan de ingang van de Visserijsluis;
- in de nabijheid van de Demeysluis;
- in het Montgomerydok, op de kop van de 'Vistrap'.

De drukmetingen werden voorbereid en uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium:

- programmatie hoogfrequente divers (type Ocean Sensor Systems) en barodiver door Styn Claeys. De meetfrequentie van de divers werd ingesteld op 30 Hz, 0.0033 Hz voor de barodiver;
- installatie en ophalen divers op de ladders door Leonid Verzhbitskiy, assistentie door Marc Willems, Tomas Van Oyen en Dieter Vanneste;
- installatie divers op 13 januari 2017 's morgens bij laagwater;
- ophalen divers op 16 januari 2017 's morgens bij laagwater.

Dit rapport beschrijft de verwerking van de gemeten druktijdreeksen, hoe deze omgezet worden naar waterstandsverheffingen en tenslotte de analyse van het golfsignaal.

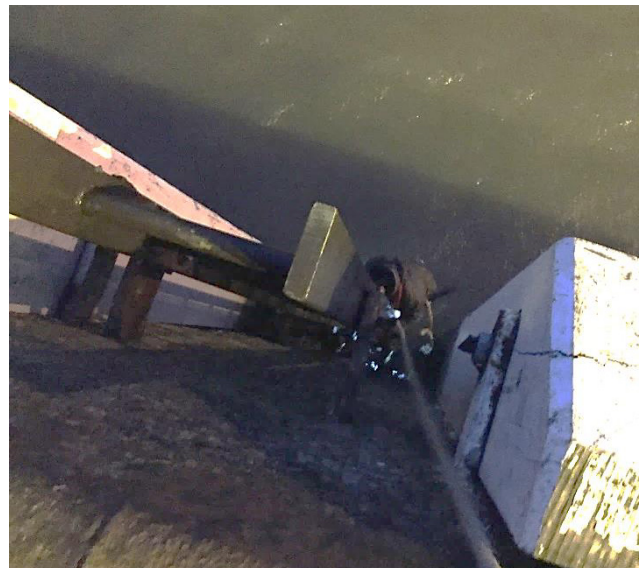
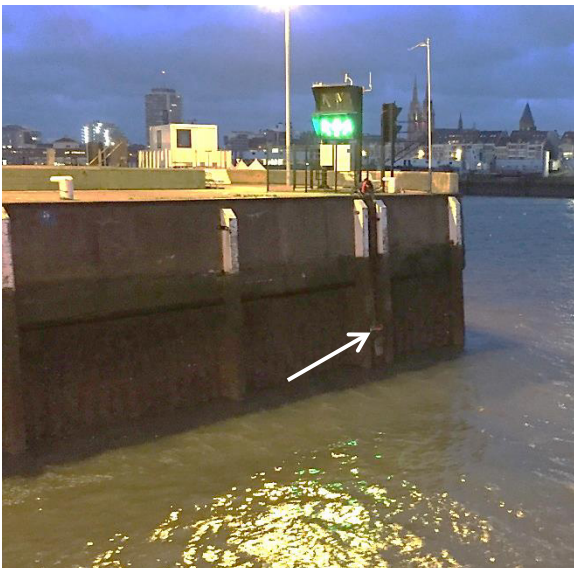
2 Golfmetingen tijdens storm Dieter

2.1 Meetlocaties

2.1.1 Ingang Visserijsluis

De druksensor werd zo laag mogelijk bevestigd aan een trapladder aan de zuidelijke toegangsmuur tot de Visserijsluis, zie Fig. 1.

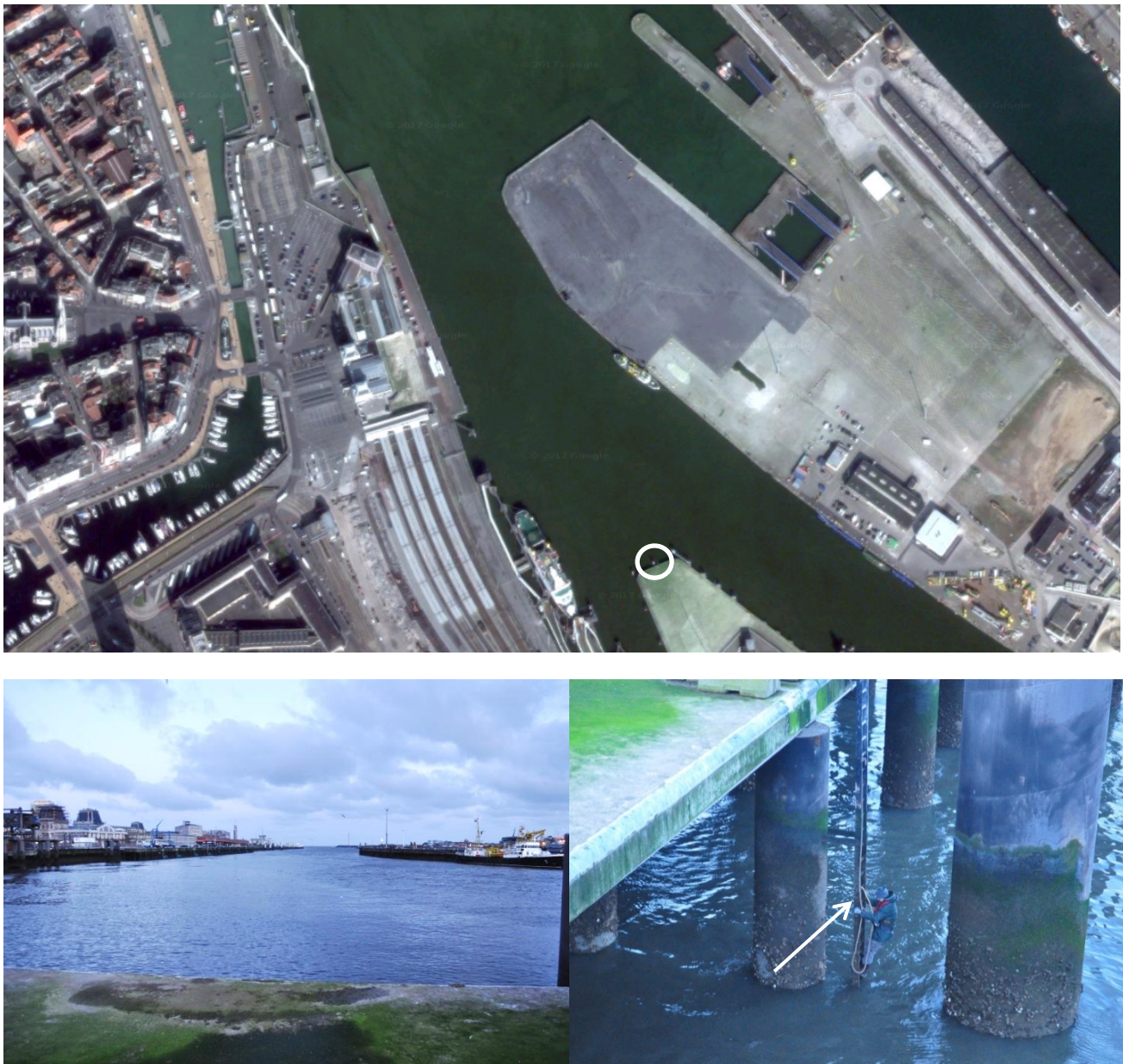
Figuur 1 – Meetlocatie ingang Visserijsluis



2.1.2 Kaaiplatform omgeving Demeysluis

De druksensor werd geplaatst aan een ladder op de noordelijke zijde van het kaaiplatform op de terreinen van het Autonoom Gemeentebedrijf Haven Oostende, zie Fig. 2. Hierbij wordt vermeld dat de grote cilindrische fenderpaal die zich voor de ladder bevindt mogelijks voor wat afscherming van (korte) golven kan zorgen.

Figuur 2 – Meetlocatie kaaiplatform nabij Demeysluis



2.1.3 Vistrap Montgomerydok

De druksensor werd geplaatst onderaan de trap die bevestigd is aan de kop van de Vistrap, centraal voor de ingang van het Montgomerydok, zie Fig. 3.

Figuur 3 – Meetlocatie Vistrap Montgomerydok



2.2 Druksensoren

2.2.1 Hoogfrequente druksensoren voor golfmeting

Hoogfrequente druksensoren "diver" type OSSI-010-003C-03 (0-3 bar), fabrikant Ocean Sensor Systems, Inc. werden gebruikt . Een overzicht van de nummers van druksensoren is gegeven in Tabel 1. De drie druksensoren zijn van het absolute type, wat betekent dat er een luchtdrukcompensatie dient te gebeuren.

Een meetfrequentie van 30 Hz werd ingesteld. Achteraf is gebleken dat een correctie van de meetgegevens vereist was, omwille van een foutief geregistreerd tijdsinterval (zie verder).

Tabel 1 - Overzicht instrumentatie

Locatie	Instrument nummer
Visserijsluis	WL n°3
Demeysluis	WL n°1
Vistrap Montgomerydok	WL n°5

2.2.2 Laagfrequente luchtdrukmeting

Omwille van de vereiste luchtdrukcompensatie van de hoogfrequente divers werd een luchtdruksensor geplaatst op de meetlocatie nabij de Demeysluis. Een opnameinterval van 5 min (0.0033 Hz) werd ingesteld.

2.3 Meetgegevens Vlaamse Hydrografie

2.3.1 Getijmeting

Getijgegevens worden bekomen door registratie door de maregraaf (type: vlotter in meetbuis) welke zich aan de ingang van het Montgomerydok bevindt, zie Fig. 4. De gegevens worden bekomen van het meetnet Vlaamse Banken (Vlaamse Hydrografie). De getijmetingen hebben een opnameinterval van 5 min. De geregistreerde waarde is een gecentreerd gemiddelde van 1-minuut waarden.

2.3.2 Golfmeting

Een Datawell - Directionele waverider "Oostende Oosterstaketsel" bevindt zich ten NO van de haveningang Oostende (locatie: 2° 55' 39"N - 51° 14' 48"E), zie Fig. 4. Halfuurlijkse verwerkte golfgegevens (H_s , $H_{1/10}$, T_m , windrichting, ...) worden ter beschikking gesteld via het meetnet Vlaamse Banken.

Figuur 4 – Locatie golf-en getijmeting haven Oostende (bron: meetnet Vlaamse Banken, Vlaamse Hydrografie)



2.3.3 Windmeting

Windsnelheid en windrichting worden bekomen door de registratie van een windmeter welke zicht bevindt op de havendam van Zeebrugge (daminstrumentatie). De gegevens worden eveneens bekomen van het meetnet Vlaamse Banken (Vlaamse Hydrografie). De waarden zijn gemiddelde 10 min waarden.

2.3.4 Bodempeilen meetlocaties

Een overzicht van de gebruikte bodempeilen met bijhorende bronvermelding wordt gegeven in Tabel 2. De gebruikte kaarten op basis van 33kHz lodingen hebben als referentiepeil LAT. Dit werd omgezet naar TAW volgens: LAT Oostende = -0.5 m TAW.

Tabel 2 - Overzicht bodempeilen meetlocaties

Locatie	Bodempeil [m TAW]	Plan nr.
Visserijsluis	-6.1	160218_108_HA_OST_VISSL_AB_SB_33
Demeysluis	-8.5	161205_022_HA_OST_DEMEY_AB_SB_210-33
Vistrap Montgomerydok	-1.5	160519_343_HA_OST_MGD_ZOUIT_SB_33

3 Verwerking druksignalen tot tijdreeksen verheffing

3.1 Correctie meetfrequentie

De gemeten druk wordt per kalenderdag (24 u) gelogd in een csv-bestand. Er wordt evenwel geen tijdsregistratie toegevoegd aan elk meetpunt (E: time stamping). Enkel het begintijdstip van de meting en de meetfrequentie zijn gekend. Op basis van het aantal meetpunten in dit uitvoerb bestand werd vastgesteld dat de vooropgestelde meetfrequentie van 30 Hz niet gerespecteerd werd. Daarom werd een correctie van de meetfrequentie uitgevoerd om de drukmetingen te kunnen synchroniseren met de getijregistratie. De gecorrigeerde meetfrequentie werd berekend op basis van de meetduur en het aantal geregistreerde datapunten. In totaal werden 2 meetbestanden geanalyseerd, voor de periode 13/01/2017 10h01m00s tem 14/01/2017 23h59min59s. De correctie per meetbestand wordt weergegeven in Tabel 3.

De dataverwerking gebeurt met het MATLAB script *data_proc.m*. Met behulp van het script *resample.m* wordt de samplefrequentie gecorrigeerd en wordt er ook een downsampling tot 5 Hz toegepast.

Tabel 3 - Correctie samplefrequentie meetbestand drukken

Meetlocatie	Gecorrigeerde meetfrequentie [Hz]	
	Meetbestand dag 1	Meetbestand dag 2
Visserijsluis	26.40	26.40
Demeysluis	26.40	26.40
Vistrap Montgomerydok	25.92	26.26

3.2 Correctie luchtdruk

De gemeten luchtdruk (cm waterkolom) wordt omgezet naar bar (1 bar = 10⁵ Pa) volgens onderstaand verband:

$$p_{air}[bar] = \frac{p_{air,meas}}{100} [m] \cdot 9.81 \left[\frac{N}{kg} \right] \cdot 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot [10^{-5}] \quad (1)$$

De waterdruk gemeten door de divers wordt automatisch gecompenseerd voor standaard atmosferische druk. D.w.z. indien de luchtdruk 1 atmosfeer (1.01325 bar) bedraagt zal een drukwaarde 0 gelogd worden door het meettoestel. De luchtdrukcompensatie neemt dus volgende vorm aan, waarbij p_{meas} de gemeten totale druk is, p_{air} de luchtdruk en p_w de totale waterdruk (alle waarden in bar):

$$p_w = p_{meas} - p_{air} + 1.01325 \quad (2)$$

3.3 Omzetting druksignaal tot verheffing

3.3.1 Bepaling positie druksensor

Gelet op de korte voorbereidingstijd en beperkte tijd voor het plaatsen van het meettoestel, werd de positie van het meettoestel op de ladder niet opgemeten. Bij de omzetting van druksignaal naar verheffing van waterstand is de positie van de druksensor nochtans vereist om de diepte-afhankelijke drukattenuatie in rekening te brengen. Daarom wordt de positie van de sensor onrechtstreeks bepaald op basis van de getijmeting.

Eerst wordt een low-pass filter van 0.005 Hz toegepast. De keuze van de cut-off frequentie op 0.005 Hz is dusdanig dat korte windgolven uit het signaal gefilterd worden, maar niet de eventuele lange golven (periode > 200 s) die in de haven ontstaan door resonantie (seiche), vermits deze ook door de maregraaf geregistreerd worden (zie Fig. 5). De periode van de waargenomen lange golf is ca. 25 min.

Uit het gefilterde druksignaal $p_{w,filtr}$ wordt voor 3 opeenvolgende hoogwaters (vanaf start meting: 13/01/2017 om 10u01min) de piekwaarde $p_{w,filtr,HW}$ [bar] bepaald. Uit de correlatie (3) tussen de gemeten statische druk en de waterstand op basis van de getijmeting kan de positie van de druksensor afgeleid worden. Voor de omzetting van druk naar meter waterkolom wordt hierbij gerekend met een soortelijke massa van zeewater van 1020 kg/m³. In de verdere correctie van het druksignaal op basis van de positie z_{pos} wordt een gemiddelde waarde op basis van de 3 hoogwaters gebruikt.

$$z_{pos} [m TAW] = \eta_{HW} [m TAW] - \left(p_{w,filtr,HW} \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right] / 9.81 \left[\frac{N}{kg} \right] \cdot 1020 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \right) \quad (3)$$

Tabel 4 - bepaling verticale positie druksensor voor de 3 meetlocaties

z_{pos} [m TAW]	Visserijsluis	Demeysluis	Montgomerydok
HW#1	+2.352	+2.266	+2.567
HW#2	+2.319	+2.222	+2.563
HW#3	+2.335	+2.259	+2.584
Gemiddelde	+2.335	+2.249	+2.571

3.3.2 Omzetting druk tot verheffing

De gemeten totale waterdruk p_w wordt eerst omgezet in een bijhorende hydrostatische waterstand η_p volgens onderstaand verband:

$$\eta_p [m TAW] = z_{pos} [m TAW] + p_w \cdot 10^5 \left[\frac{N}{m^2} \right] / 9.81 \left[\frac{N}{kg} \right] \cdot 1020 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (4)$$

Met behulp van het script *pressure_attenuation.m* wordt de hydrostatische waterstand η_p vervolgens gecorrigeerd omwille van het drukdempend effect dat aanwezig is in het gemeten druksignaal, dat afhankelijk is van de positie van de druksensor onder het wateroppervlak.

De effectieve correctie voor drukdemping gebeurt in het script *HF_druksonde_transformeer_druk.m*¹. Als input parameters zijn vereist:

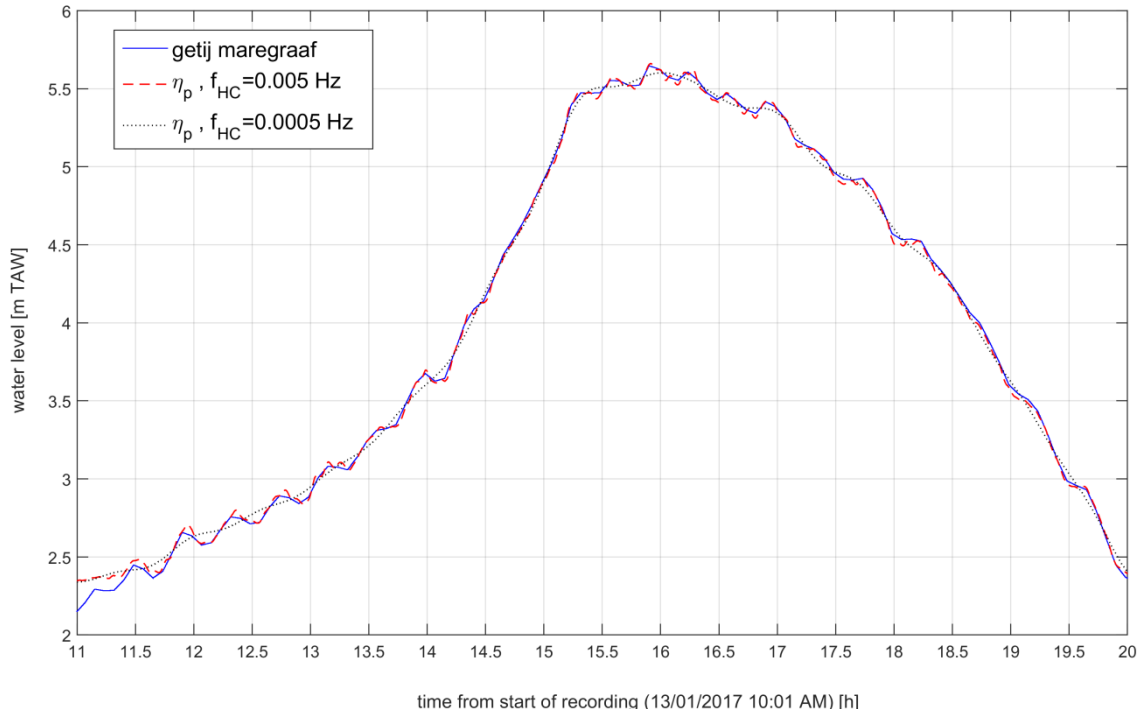
- meetfrequentie van het signaal η_p (hier: 5 Hz);
- positie druksensor (uit Tabel 4);
- bodempeil (uit Tabel 2);
- het frequentieinterval (*Corr_lim*) waarin de drukcorrectie toegepast wordt (hier : 0.05 – 0.33 Hz);
- *att_corr*: de maximale correctiefactor (hier: de waarde 6.7 werd overgenomen uit de golfanalyse in het project 15_054 golfmetingen op Galgeschoor.²)

Het script *pressure_attenuation.m* geeft als output de gecorrigeerde tijdreeks van waterstand $\eta_{p,corr}$. Deze bevat echter nog de getijgolf. Om de tijdreeksen van windgolven te analyseren wordt de getijgolf afgetrokken van de totale waterstand. De getijgolf wordt bekomen door een low-pass filtering uit te voeren op het druksignaal (zie 3.3.1), waardoor de verheffing η_0 t.o.v. de ogenblikkelijke waterstand $\eta_{p,corr}$ geschreven kan worden als:

$$\eta_0[m] = \eta_{p,corr}[m \text{ TAW}] - \left(z_{pos} + \frac{p_{w,filt} \cdot 10^5}{9.81 \cdot 1020} \right) [m \text{ TAW}] \quad (5)$$

Afhankelijk van de gehanteerde cut-off frequentie f_{HC} in de low-pass filter zal het getijsignaal al dan niet de lange golven (seiches) bevatten die in de haven voorkomen. Daarom wordt het signaal van de windgolven η_0 op 2 manieren geanalyseerd in hetgeen volgt, voor een waarde f_{HC} van 0.005 en 0.0005 Hz. Het verschil tussen beide wordt getoond in Fig. 5.

Figuur 5 – Vergelijking getijregistratie maregraaf met lange golf η_p uit druksignaal (ingezoomd op 2^{de} hoogwater)



¹ <http://neumeier.perso.ch/matlab/waves.html>

² De invloed van *att_corr* werd niet verder onderzocht. In het oorspronkelijke matlab script wordt als commentaar gegeven dat deze waarde normaliter niet hoger dan 5 dient te zijn. Een hogere waarde kan gebruikt worden om scheepsgeïnduceerde golven te analyseren.

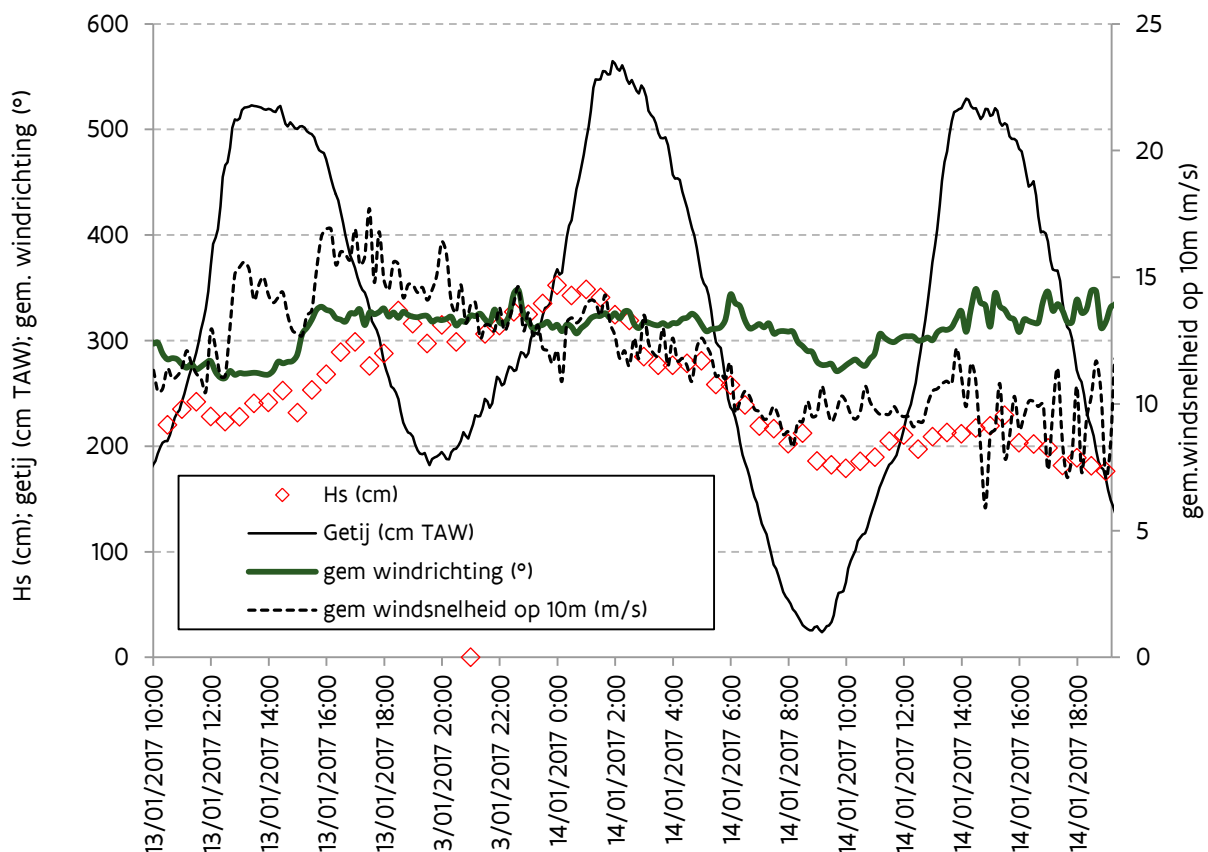
4 Analyse tijdreeksen

4.1 Meetgegevens buitengaats

Fig. 6 toont een overzicht van gemeten golf- en windgegevens door het meetnet Vlaamse Banken. De significante golfhoogte H_s werd geregistreerd door de directionele waverider 'Oostende oosterstaketsel'. De gemiddelde (10 min) windsnelheid en windrichting werd bekomen via de Zeebrugge daminstrumentatie.

Op 13/01 rond 15:30 draaide de wind van W naar NW, daarbij geleidelijk afnemend in snelheid (van 17 m/s voorbij het eerste hoogwater op de middag van 13/01 tot 11 m/s voorbij het tweede hoogwater 's nachts). Gedurende de hele tijd bleef de wind ongeveer uit NW waaien. De golfhoogte nam geleidelijk toe en bereikte een piek ($H_s=3.52$ m) rond middernacht op 14/01 (net voor hoogwater), om daarna terug af te nemen door de afnemende windsnelheid. Door het beschreven verloop van de wind veranderde ook de opwaaiing tegen de kust waardoor de hoogwaters tijdens de meetcampagne varieerden van +5.21 m TAW tot +5.65 m TAW.

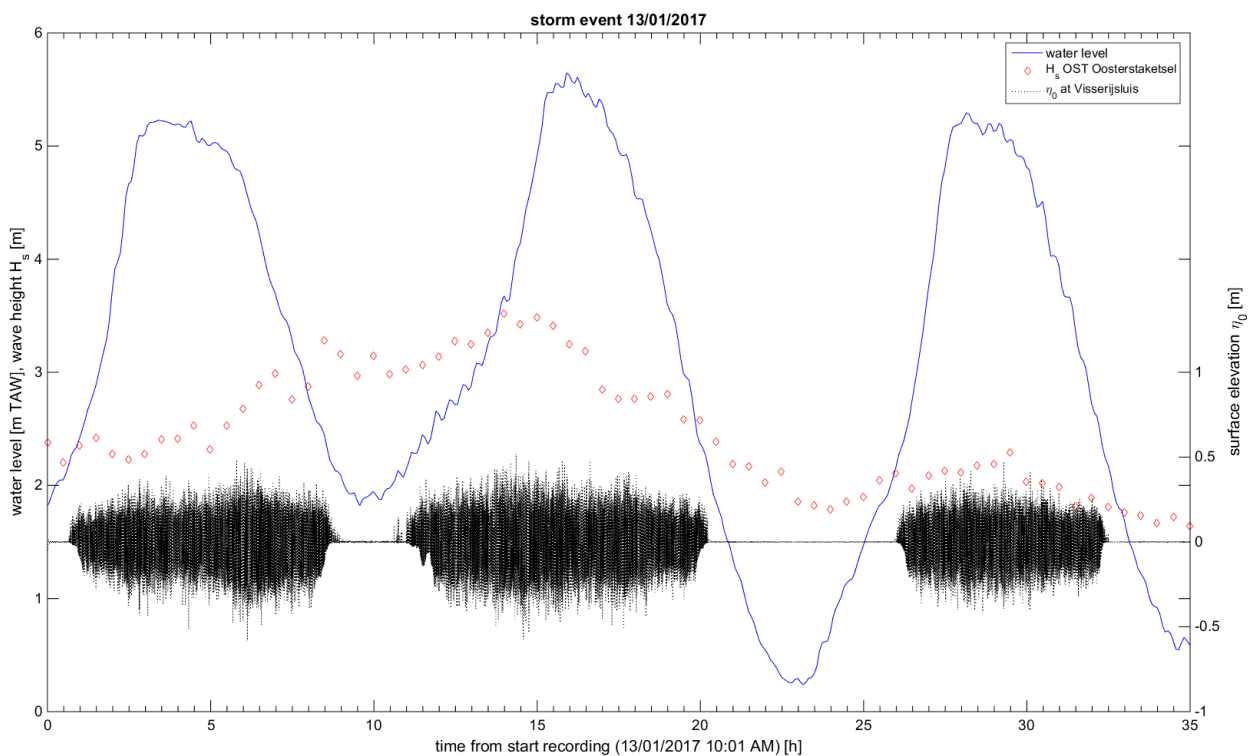
Figuur 6 – Overzicht getij, wind- en golfgegevens buitengaats tijdens meetcampagne



4.2 Meetlocatie Visserijsluis

Fig. 7 toont een overzicht van het getij en gemeten windgolven op de meetlocatie Visserijsluis, voor de 3 relevante hoogwaters tijdens de storm. Rond elke gemeten hoogwater werd een tijdsvenster (1.5 h) geselecteerd op basis van de golven buitengaats. De tijdreeksen van windgolven werden geanalyseerd met Wavelab v3.472. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5. De bepaling van de piekperiode T_p en spectrale periode $T_{m-1,0}$ blijkt de grootste mate van onzekerheid/onnauwkeurigheid te vertonen, wegens de vele 'spikes' in het spectrum (Fig. 8). Daarom lijkt de periode $T_{1/3}$ uit de tijdsdomeinanalyse nauwkeuriger te zijn als maat voor de golfperiode.

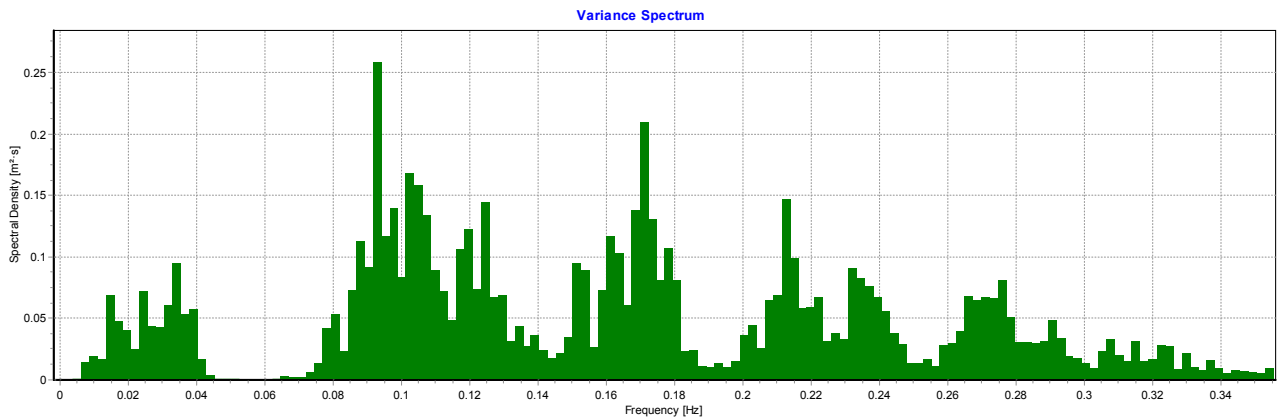
Figuur 7 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Visserijsluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).



Tabel 5 - Golfanalyse locatie Visserijsluis (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz)

Tijdsvenster [h na start meting]	$H_{s,OST}$ [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	$T_{-1,0}$ [s]	$H_{1/3}$ [m]	H_{max} [m]	$T_{1/3}$ [s]
HW#1 [5.48-6.98]	2.77	0.51 (0.51)	8.53 (8.53)	7.75 (9.36)	0.49 (0.49)	0.87 (0.87)	6.89 (6.91)
HW#2 [14.98-16.48]	3.33	0.52 (0.53)	10.78 (10.78)	10.30 (18.97)	0.49 (0.49)	0.89 (0.89)	8.93 (9.54)
HW#3 [27.98-29.48]	2.19	0.45 (0.45)	5.85 (5.85)	6.92 (14.15)	0.41 (0.42)	0.75 (0.75)	6.52 (6.95)

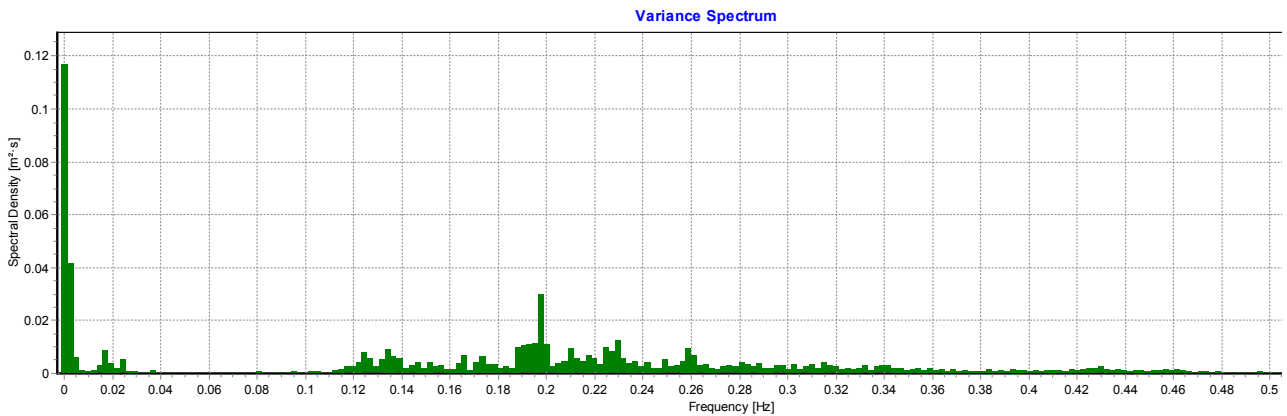
Figuur 8 – Golfspectrum HW#2 ($f_{HC}=0.005$ Hz), meetlocatie Visserijsluis



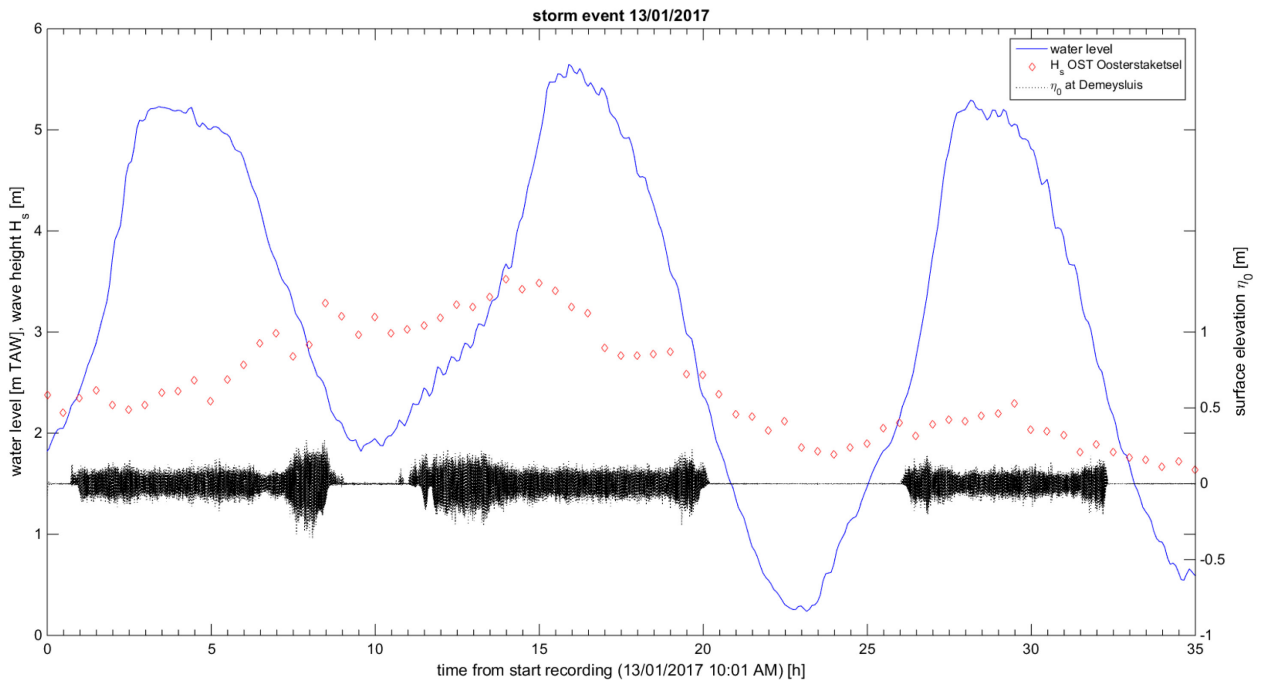
4.3 Meetlocatie Demeysluis

Op de meetlocatie Demeysluis blijken de lange golven duidelijk waarneembaar in het golfspectrum indien een low-pass filter $f_{HC}=0.0005$ Hz toegepast wordt ter bepaling van de waterstandsverheffingen, zie Fig. 9. Dit blijkt ook uit de vergelijking van de tijdreeksen van verheffingen, zie Fig. 10 en Fig. 11. De maximaal waargenomen amplitude van de lange golf bedraagt ongeveer 0.3 m, waardoor deze ongeveer even groot worden in amplitude als de windgolven.

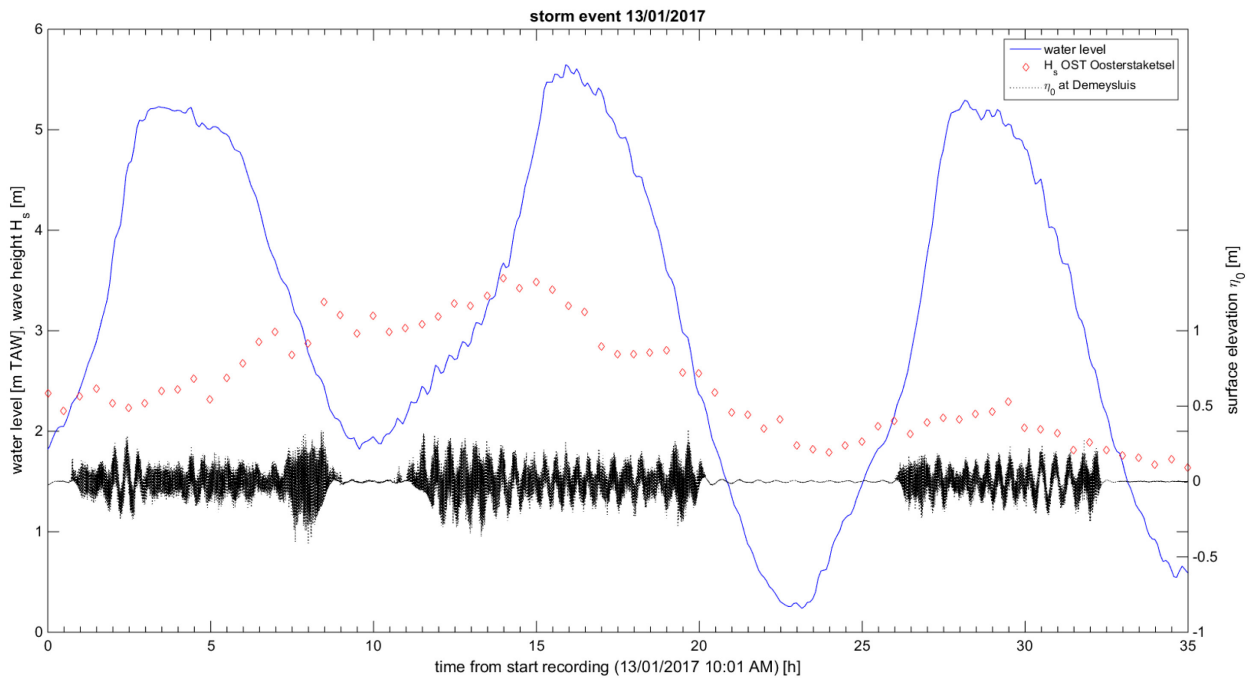
Figuur 9 – Golfspectrum HW#1 ($f_{HC}=0.0005$ Hz), meetlocatie Demeysluis



Figuur 10 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Demeysluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).



Figuur 11 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Demeysluis (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).



Het resultaat van de golfanalyse in Wavelab wordt samengevat in Tabel 6. De analyse na toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz (waarden tussen haakjes) wordt louter vermeld ter volledigheid, maar is geen betrouwbare maat voor de eigenschappen van de lange golf in het spectrum, noch voor de windgolven.

Tabel 6 - Golfanalyse locatie Demeysluis (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz)

Tijdsvenster [h na start meting]	$H_{s,OST}$ [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	$T_{-1,0}$ [s]	$H_{1/3}$ [m]	H_{max} [m]	$T_{1/3}$ [s]
HW#1 [5.48-6.98]	2.77	0.15 (0.15)	5.06 (409.6)	7.44 (37.09)	0.14 (0.25)	0.28 (0.27)	5.43 (128.1)
HW#2 [14.98-16.48]	3.33	0.15 (0.16)	5.06 (409.6)	7.45 (37.09)	0.16 (0.27)	0.29 (0.31)	5.83 (160.1)
HW#3 [27.98-29.48]	2.19	0.15 (0.18)	4.88 (409.6)	5.86 (109.3)	0.14 (0.24)	0.23 (0.27)	5.38 (160.1)

4.4 Meetlocatie Montgomerydok

Op de meetlocatie Montgomerydok blijkt het relatieve aandeel van langegolf-energie beperkter in vergelijking met de meetlocatie Demeysluis, zoals blijkt uit het golfspectrum na toepassing van een low-pass filter $f_{HC}=0.0005$ Hz (Fig. 12).

Figuur 12 – Golfspectrum HW#2 ($f_{HC}=0.0005$ Hz), meetlocatie Montgomerydok

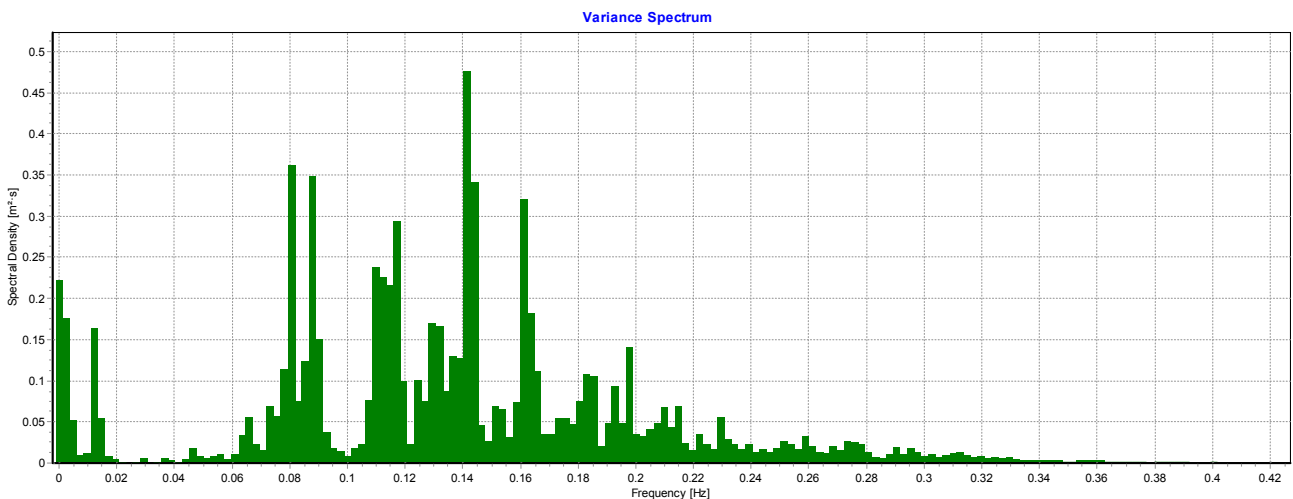
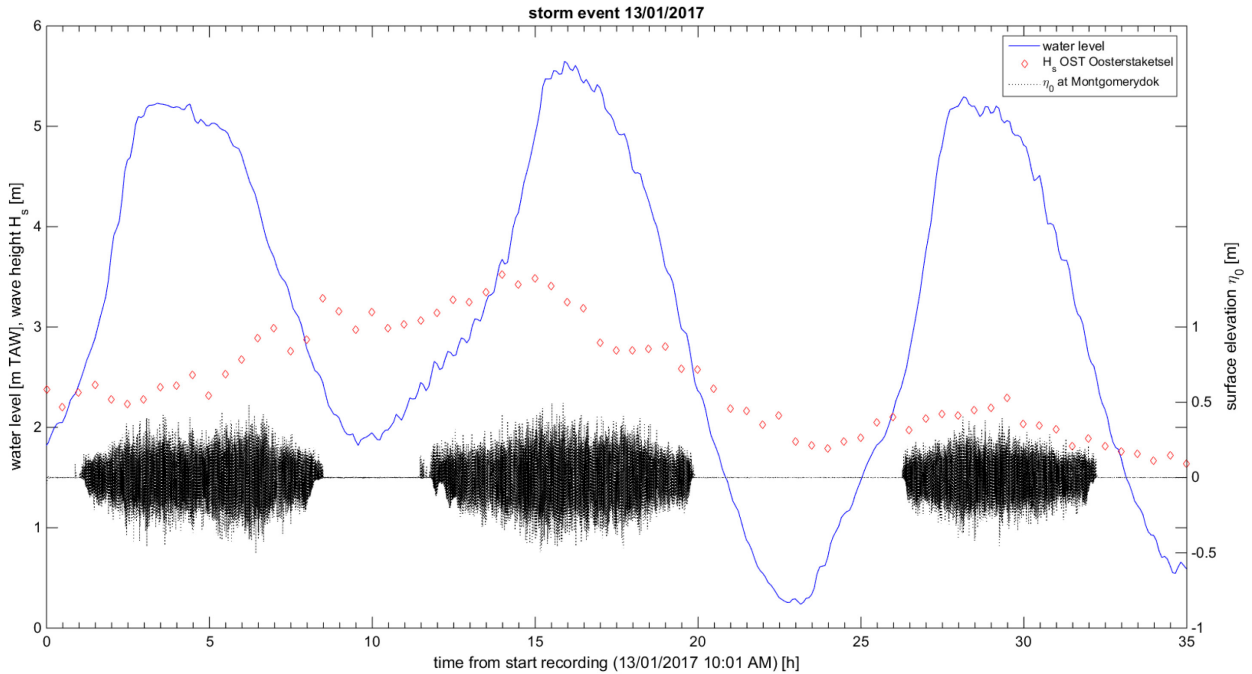
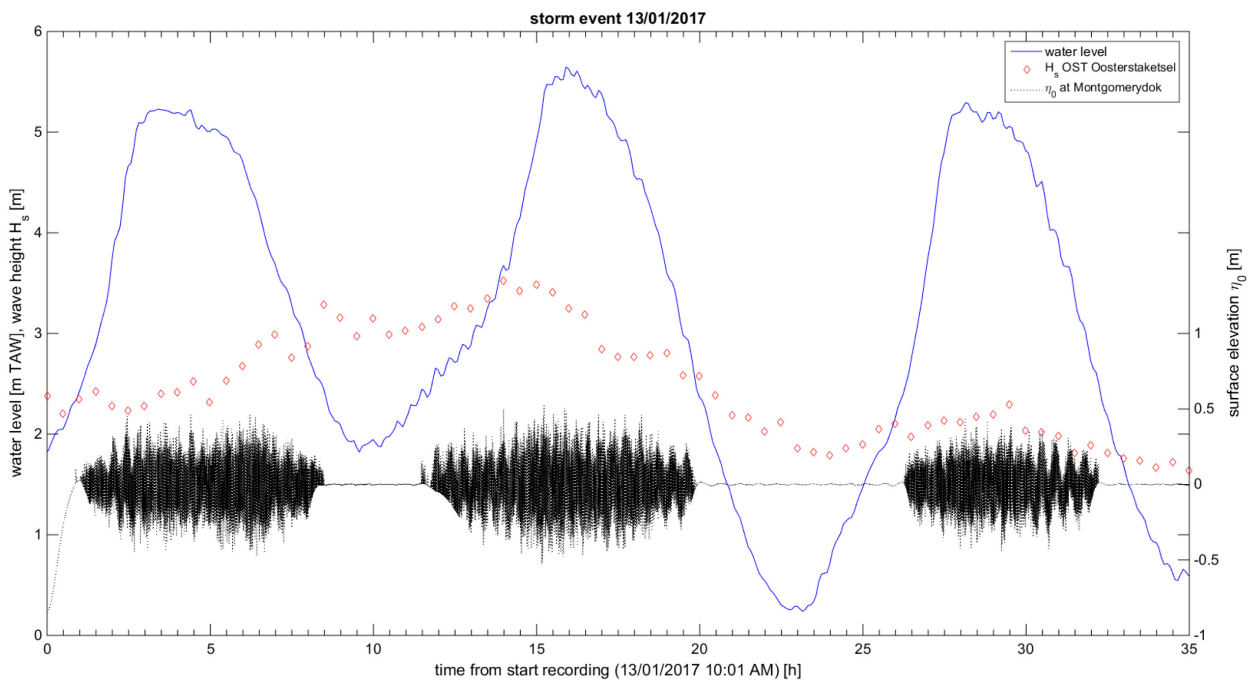


Fig. 13 en Fig. 14 tonen het overzicht van gemeten getij en golven op de locatie Montgomerydok, na toepassing van een low-pas filter met respectievelijk 0.005 Hz en 0.0005 Hz.

Figuur 13 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Montgomerydok (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.005$ Hz).



Figuur 14 – Overzicht getij en golven, meetlocatie Montgomerydok (η_0 bepaald met $f_{HC} = 0.0005$ Hz).



Het resultaat van de golfanalyse in Wavelab wordt samengevat in Tabel 7. Dezelfde bedenking kan gemaakt worden i.v.m. de nauwkeurigheid bij de bepaalde piekperiode T_p en spectrale periode $T_{m-1,0}$, gelet op de pieken in het spectrum (Fig. 12).

Tabel 7 - Golfanalyse locatie Vistrap Montgomerydok (waarden tussen haakjes met toepassing $f_{HC}=0.0005$ Hz)

Tijdsvenster [h na start meting]	$H_{s,OST}$ [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	$T_{-1,0}$ [s]	$H_{1/3}$ [m]	H_{max} [m]	$T_{1/3}$ [s]
HW#1 [5.48-6.98]	2.77	0.52 (0.52)	7.45 (7.45)	8.22 (10.23)	0.49 (0.49)	0.88 (0.88)	7.69 (7.81)
HW#2 [14.98-16.48]	3.33	0.55 (0.56)	7.06 (7.06)	10.92 (20.41)	0.50 (0.51)	0.83 (0.83)	9.18 (9.53)
HW#3 [27.98-29.48]	2.19	0.42 (0.43)	6.30 (6.30)	8.00 (17.94)	0.40 (0.41)	0.77 (0.77)	8.13 (8.90)

5 Conclusies

Tijdens 'storm Dieter' (13-14 januari 2017) heeft WL een ad hoc golfmeetcampagne opgezet in de haven van Oostende. Op 3 locaties (toegang Visserijsluis, nabij Demeysluis en voor de Vistrap in het Montgomerydok) werd een druksensor aan een ladder in de kaaimuur bevestigd.

Dit rapport beschrijft hoe de druksignalen omgezet werden in tijdreeksen van waterstandsverheffing.

In de analyse van het golfsignaal blijkt het van belang om rekening te houden met de aanwezigheid van een langegolfcomponent in het spectrum. Op de meetlocaties Visserijsluis en Montgomerydok blijkt de energie van de langegolfcomponent ondergeschikt aan de energie van de korte windgolven. Op de meetlocatie Demeysluis echter blijkt deze component van vergelijkbare grootte. Verder onderzoek op basis van beschikbare meetgegevens uit voorbije meetcampagnes kan uitwijzen wat de precieze oorzaak is van deze lange golfcomponent.

Uit deze eerste analyse blijkt dat tijdens storm 'Dieter' de significante golfhoogte ongeveer 0.5 m bedroeg op de meetlocaties Visserijsluis en Montgomerydok, en ongeveer 0.15 m op de meetlocatie Demeysluis.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be