



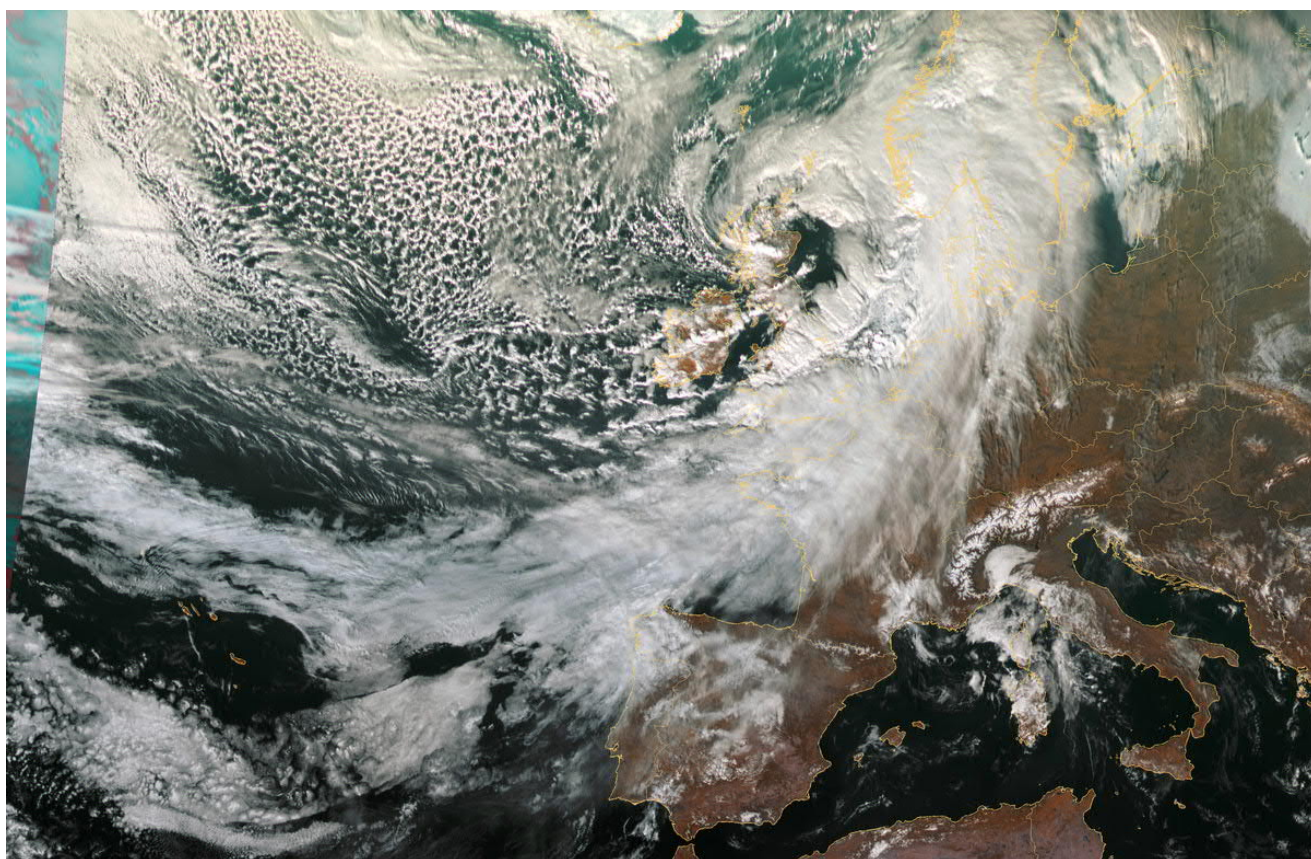
Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Watermanagementcentrum Nederland

Stormvloedrapport

9 tot 12 februari 2020 (SR98)

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Colofon

Uitgegeven door	WMCN
Informatie	WMCN-KUST
Telefoon	088 7985050
e-mail	wmcn-kust@rws.nl
Editor	Annette Zijderveld
Bijdrages	Marcel van Schaik (KNMI), Ruben IJpelaar (KNMI), Krijn Saman, Peter Groenenboom, Nick Schoone, Annette Zijderveld
Datum	12 juni 2020
Status	definitief
Versienummer	1.0

Inhoud

	Inleiding—6
1	De weersituatie tijdens de stormvloed—7
1.1	Algemeen—7
1.2	Chronologisch overzicht van de weersgesteldheid (samengesteld door het KNMI)—8
2	Waterstanden tijdens de stormvloed—12
2.1	Algemeen—12
2.2	Chronologisch verslag van de stormvloed—13
3	Keringen—21
3.1	Oosterscheldekering—21
3.2	Hollandsche IJsselkering—22
3.3	Haringvlietsluizen—23
4	Verdere maatregelen en bijzonderheden—24
4.1	Hoge rivierafvoeren—24
4.2	Meestromen Noordwaard—25
4.3	Duinafslag en schade langs de kust—27
5	Analyse van de waterstanden en adviezen—29
6	Classificatie van de stormvloed—31
7	Golven op de Noordzee—33
7.1	Algemeen—33
7.2	Golfhoogte—34
7.3	Golfperiode—37
	Lijst van afkortingen, modellen en enige meteorologische begrippen—38
	Lijst van bijlagen—39
	Bronvermeldingen—40

Inleiding

De stormdepressie Ciara was in de aanloop al een bijzondere storm die veel aandacht kreeg in heel Noord-Europa. Het KNMI gaf op zondag 9 februari code oranje uit, de hoogste windstoten werden gemeten op de Waddeneilanden en bereikten snelheden van 129 km/uur op Vlieland.

Op 11 februari was het springtij aan de Nederlandse kust, de extra stormopzet gedurende de periode tussen 9 en 12 februari viel daarmee samen met hoge astronomische waterstanden. De windrichting tijdens de stormvloed was voornamelijk westelijk. De opgetreden waterstanden, tijdens in totaal 6 opeenvolgende getijgolven, leiden tot de classificatie lage stormvloed. Bij de meetstations Vlissingen en Dordrecht zijn de vastgestelde grenspeilen voor deze classificatie overschreden, en conform afspraak wordt dit stormvloedrapport (SR98) opgesteld.

Het doel van dit rapport is het vastleggen van de ontwikkeling van deze stormvloed en het inzichtelijk maken van de uitgegeven waarschuwingen door het WMCN. Doelgroep is met name RWS zelf maar ook een breder publiek van geïnteresseerde lezers.

Alle hiervoor gebruikte gegevens komen uit de datasystemen van RWS en het KNMI. De weersgesteldheid wordt beschreven, er wordt een overzicht gegeven van de verwachte en opgetreden waterstanden en golven en het sluiten van de stormvloedkeringen. De opgetreden waterstanden en golven worden vergeleken met de veeljarige statistieken.

Het waarschuwingsbureau Stormvloedwaarschuwingen Kust en Benedenrivieren van het Water Management Centrum Nederland (WMCN) was geopend van zondagmiddag 9 februari 13uur tot woensdagochtend 12 februari 5 uur. De taak van het WMCN team is om uiterlijk 12 uur voor het optreden van hoogwater alle beheerders en belanghebbenden te waarschuwen voor het optreden van verhoogde waterstanden. In deze stormvloed zijn door het WMCN in totaal 8 voorwaarschuwingen (code groen) en 16 waarschuwingen (code geel) uitgegeven. Tevens werden er waarschuwingen voor de Noordwaard uitgegeven, het poldergebied ging vanaf maandag 10 februari meestromen. Tijdens de passage van de stormvloed zijn de Oosterscheldekering en de Hollandsche IJsselkering gesloten.

In het licht van de opgetreden waterstanden was deze stormvloed niet uitzonderlijk, wel door de lange periode en de hoge rivierafvoeren. Behalve in het kustgebied zorgden ook de stormopzet en de rivierafvoer samen in het benedenrivierengebied en het IJsselmeergebied voor verhoogde waterstanden.

Tussen de laatst gerapporteerde stormvloed van 8 en 9 januari 2019 (SR97) en de hier beschreven stormvloed is het waarschuwingsbureau van WMCN-KUST verschillende malen actief geweest voor de (hoge) vloed. Deze hoge vloed zijn gerapporteerd in de stormvloedflitsen. Van de stormvloed van 9 tot 12 februari 2020 is op 14 februari 2020 de stormvloedflits uitgegeven. Deze en alle andere uitgebrachte stormvloedflitsen en stormvloedrapporten zijn in te zien op en te downloaden van de website van Rijkswaterstaat. <https://waterberichtgeving.rws.nl/water-en-weer/verwachtingen-water/water-en-weerverwachtingen-waternoordzee/stormvloedrapportages/stormvloedverslagen>

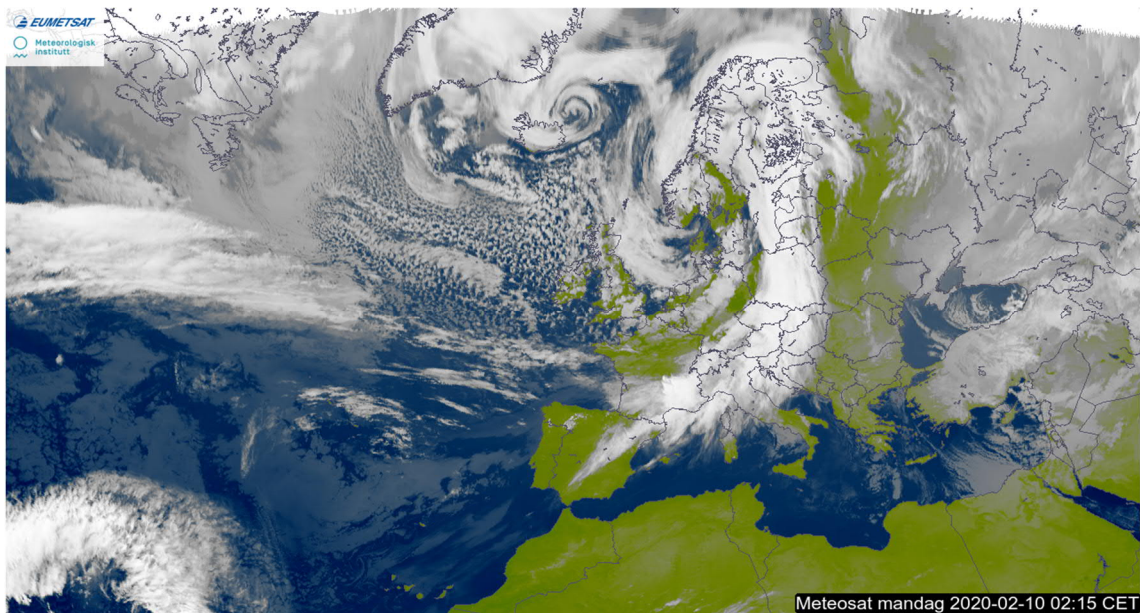
Tijdens de stormvloed was de wintertijd van kracht. Vanwege de eenduidigheid zijn de tijds-aanduidingen in dit stormvloedrapport gegeven in MET (Wintertijd), tenzij anders vermeld.

1 De weersituatie tijdens de stormvloed

1.1 Algemeen

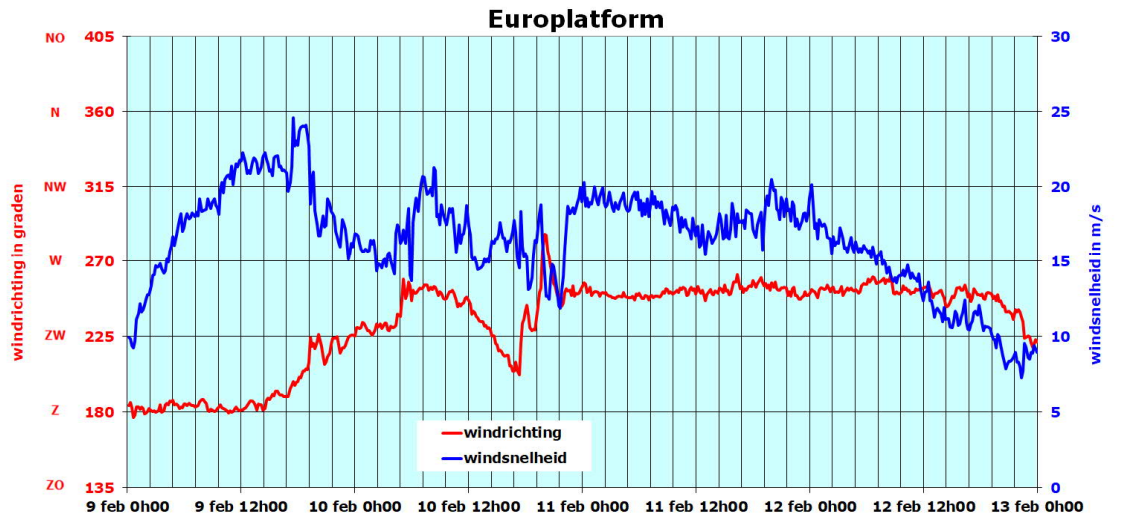
In dit hoofdstuk wordt een chronologisch overzicht gegeven van de weersgesteldheid tijdens de stormvloed. De informatie is afkomstig van de Noordzeemeteorologen van het KNMI.

Gedurende de stormvloed is door het team WMCN-KUST nauw samengewerkt met de Noordzeemeteorologen uit de Weerkamer van het KNMI. Als er vanwege een dreigende stormvloed een zitting van het waarschuwingsbureau WMCN-KUST is, nemen de Noordzeemeteorologen van het KNMI deel aan die zitting van het team van WMCN-KUST in de Waterkamer van het WMCN in Lelystad. Het KNMI is in de samenwerking verantwoordelijk voor het inwinnen en verwerken van de benodigde meteorologische gegevens en de juiste toepassing van de meteorologische methodieken, die nodig zijn voor het berekenen van de te verwachten waterstandverhogingen.



Figuur 1: satelliet beeld van maandag ochtend 10 februari 2020 2.15 uur, het front van stormdepressie Ciara had intussen Nederland gepasseerd en daar achter ligt een uitgebreid windveld met regelmatig buien

De nadering van lagedrukgebied Ciara, in Figuur 1 gesitueerd boven het westen van Noorwegen, luidde een langdurige periode in van veel wind en hoge wateropzettingen langs de kust. Deze periode eindigde op woensdag 12 februari.

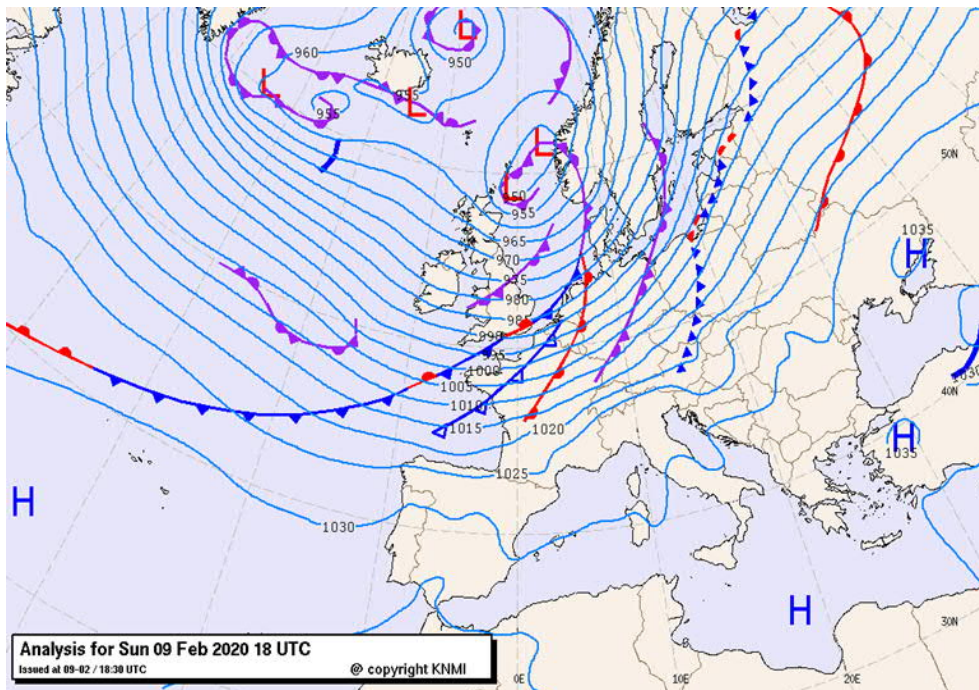


Figuur 2: gemeten windrichting en -snelheid Europlatform

Op Bijlage 6 zijn de gemeten windsnelheden en windrichtingen gepresenteerd van de meetpunten Lichteiland Goeree, Europlatform, Platform K13A, IJmuiden, Huibertgat en Lauwersoog. De windgegevens van de meetpaal Eemshaven waren voor het merendeel niet beschikbaar tijdens de stormvloed.



1.2 Chronologisch overzicht van de weersgesteldheid (samengesteld door het KNMI)

De frontale zone behorende bij Ciara passeerde de kust op zondagavond 9 februari.

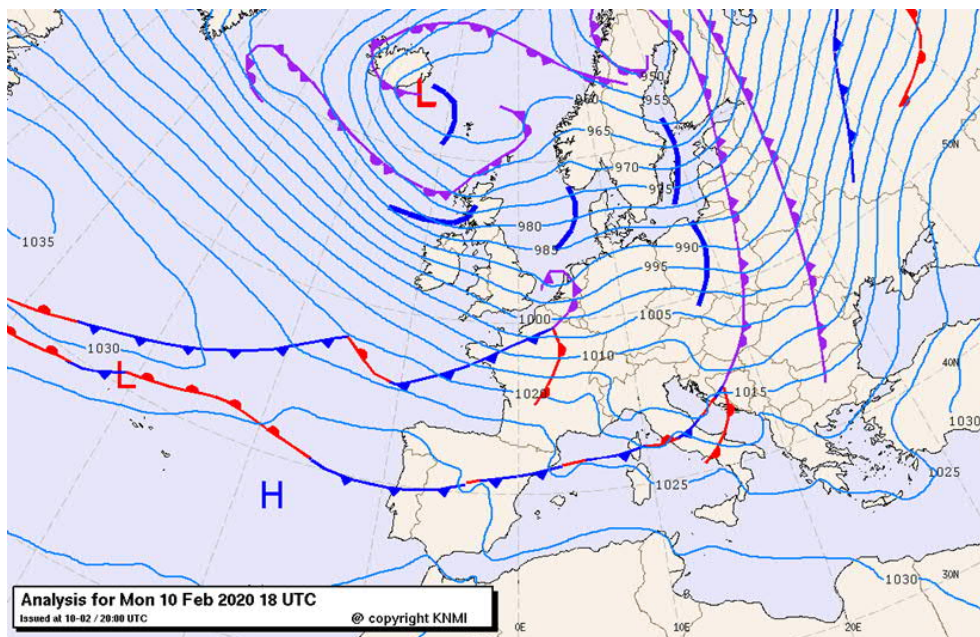


Figuur 3: Weerkaart 9 februari 2020 19 uur.

Symbolen weerkaart

- L** positie van de kern van het lagedrukgebied
- H** positie van het centrum van het hogedrukgebied
-  koufront, punten geven bewegingsrichting aan
-  warmtefront, bolletjes geven bewegingsrichting aan
-  occlusiefrent, punten en bolletjes geven bewegingsrichting aan
-  trog (koude lucht aanwezig in de bovenlucht)
-  isobaar, lijn van gelijke luchtdruk

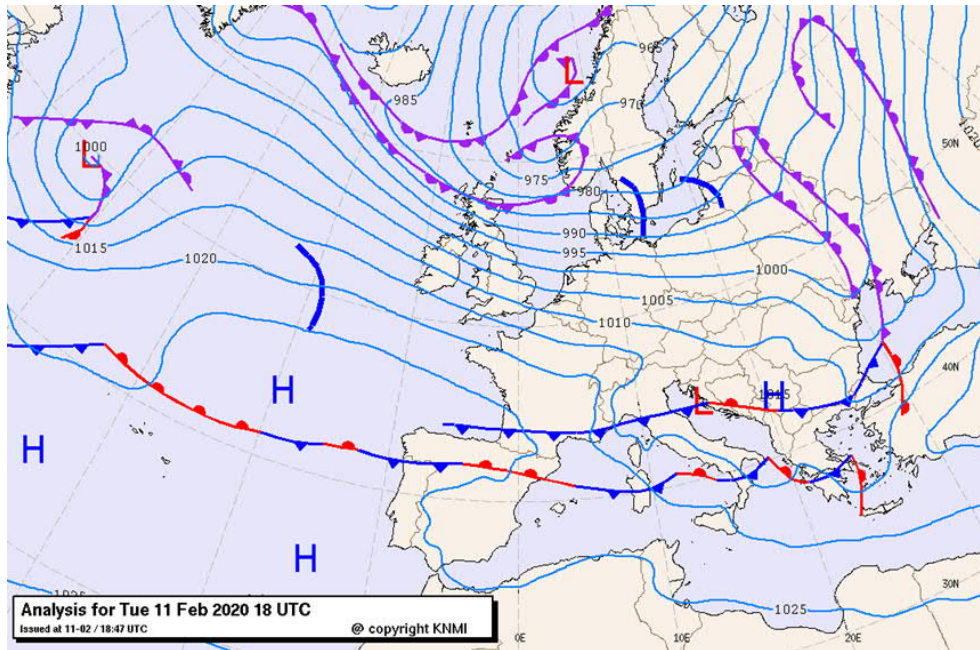
Voorafgaand aan de passage van dit front nam de windsnelheid op een groot deel van de Noordzee toe naar zuid- tot zuidwest 9-10 Bft, lokaal 11 Bft. Gezien de windrichting leverde dit echter nog geen bijdrage aan de waterstanden langs de kust, in eerste instantie zelfs verlaging door afwaaiing. Na passage van het front werd de wind west- tot zuidwest en namaf naar stormachtig, 8 Bft, en af en toe storm 9 Bft. Na passage van een trog, die gepaard ging met buien, in de nacht en vroege ochtend van maandag 10 februari ruimde de wind naar west 8, af en toe 9 Bft.



Figuur 4: Weerkaart voor maandag 10 februari 19 uur

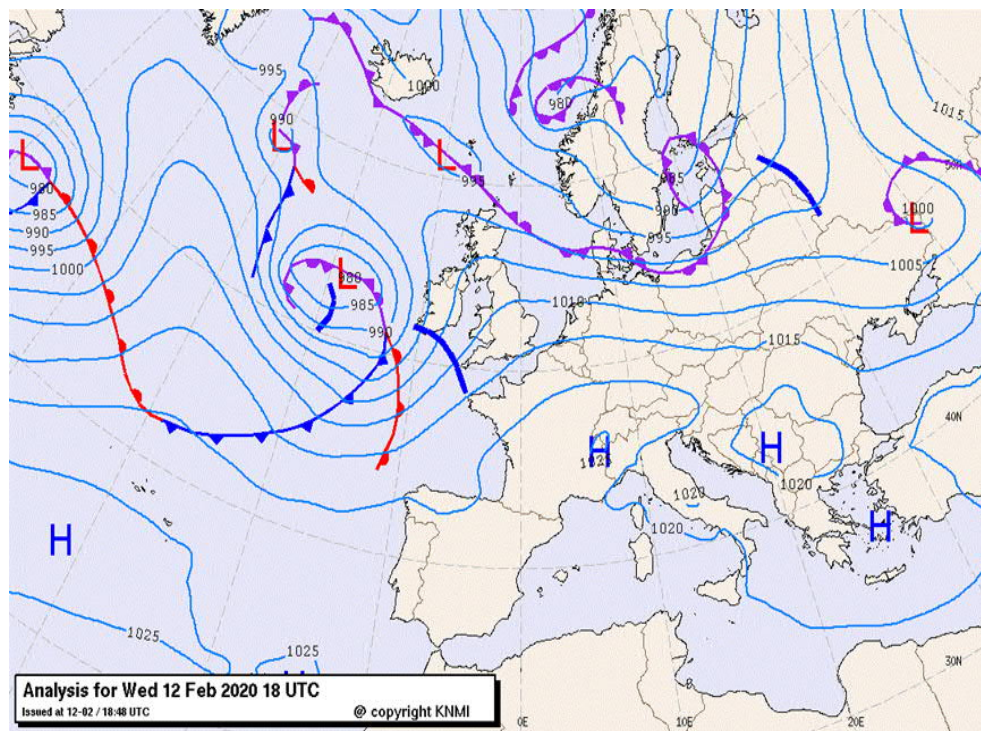
In de loop van maandag trok Ciara noordwaarts weg, maar een volgende kern van lage druk nabij IJsland zorgde voor aanhoudend veel wind (8 Bft, soms 9 Bft) in onze omgeving. In deze stroming ontwikkelde zich een verstoring die in de avond in de vorm van een trog met buiige regen over het land trok. Op nadering van deze trog kromp de wind in de middag naar het zuidwesten (Figuur 4). De trogpassage zorgde tevens voor een tijdelijke windafname in het Waddengebied.

Na passage werd de wind wederom westelijk, deze windrichting hield de hele dinsdag aan. Ook de windsnelheid bleef fors met 8 Bft, af en toe 9 Bft, wegens het oostwaarts trekkende lagedrukgebied tussen IJsland en Noorwegen (Figuur 5). Een zwakke trog zorgde in de middag voor (buiige) regen boven het noorden van het land.



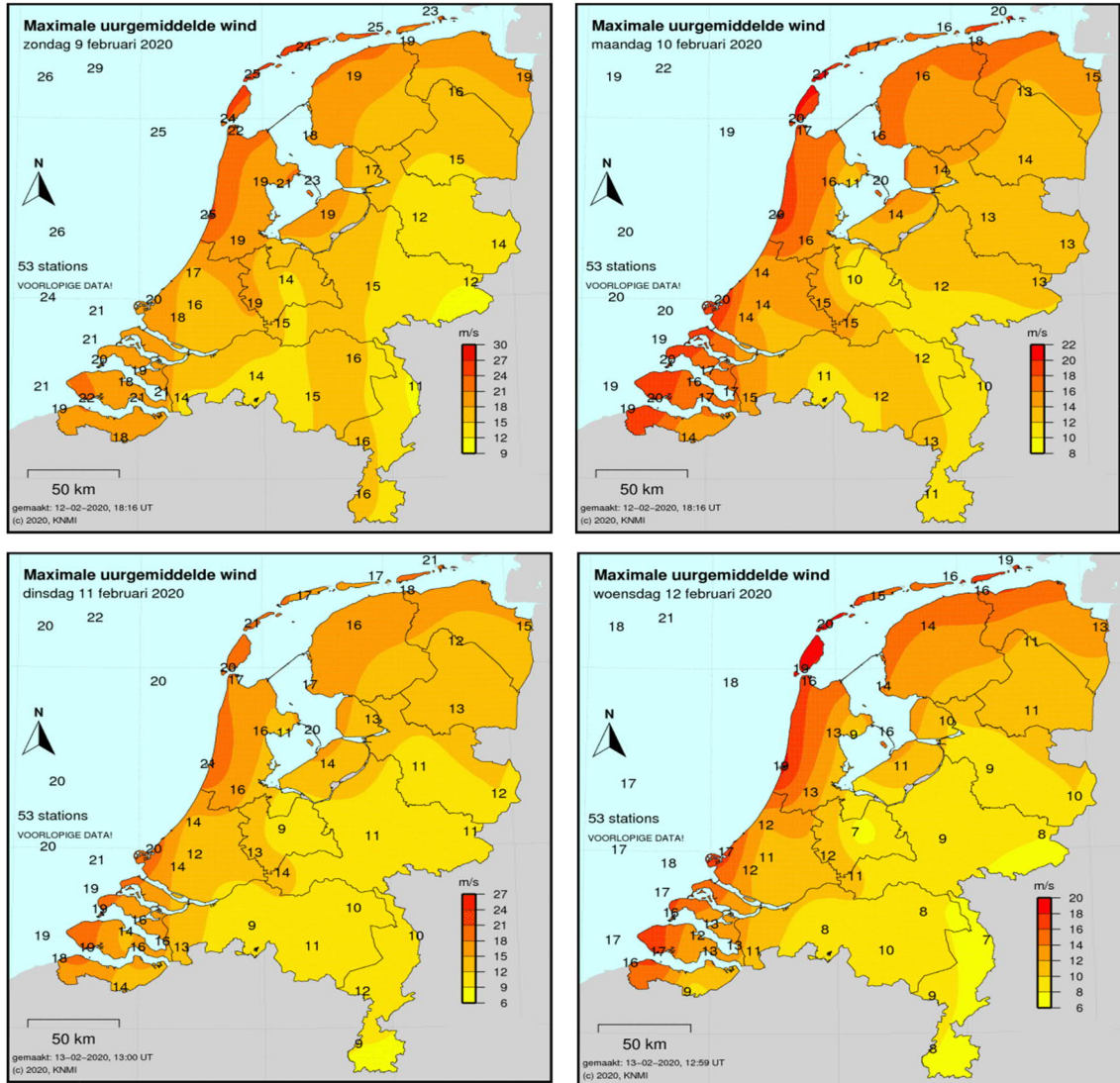
Figuur 5: Weerkaart 11 februari 19 uur

Het lagedrukgebied nabij de Noorse westkust trekt gedurende woensdag 12 februari iets verder noordoostwaarts. Aanvankelijk is in het Nederlandse kustgebied nog sprake van een overwegend stormachtige westenwind. Bij de nadering van een rug nam (Figuur 6) de wind geleidelijk af. Dit gebeurde het eerst in het zuidwestelijk kustgebied. In de middag was er nog sprake van 6 Bft aldaar, en 7 Bft in het noorden. In de avond nam de wind verder af naar zuidwest 4-5 Bft in het westen en west 5-6 Bft in het noorden van het land.



Figuur 6: Weerkaart 12 februari 19 uur

De buiigheid beperkte zich gedurende die dag tot het noorden. Figuur 7 laat de opgetreden maximale wind zien voor zondag t/m woensdag.



Figuur 7: Maximale uurgemiddelde wind (m/s) per dag tijdens hoogwaterperiode zondag t/m woensdag (let op: schaalverdeling is niet gelijk in grafieken!)

2 Waterstanden tijdens de stormvloed

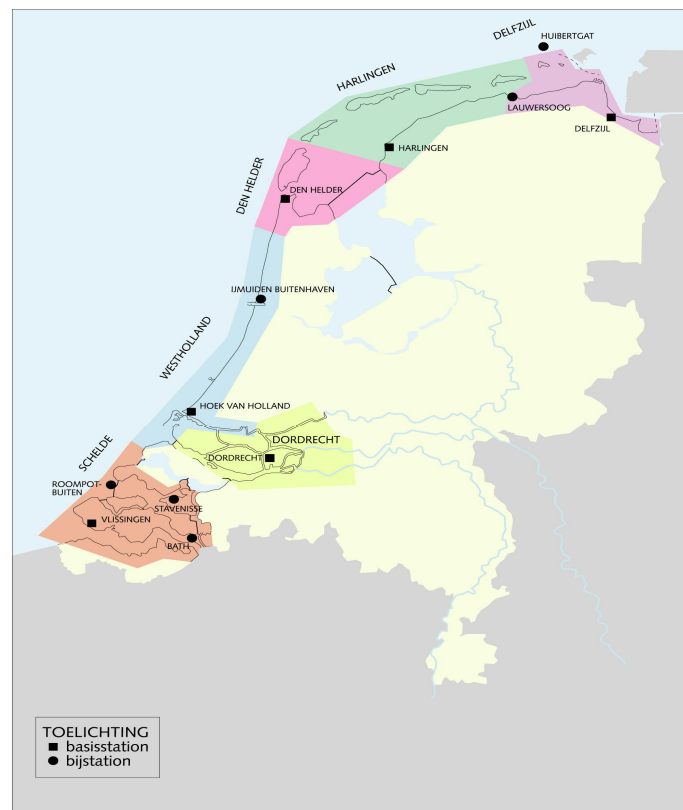
2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een chronologisch verslag gegeven van de uitgegeven verwachtingen, (voor)waarschuwingen, en de opgetreden waterstanden tijdens de stormvloed. De informatie die hiervoor benodigd was, is afkomstig uit de logboeken en gegevensbestanden van het WMCN.

In een stormsituatie werken de groepen WMCN-Kust en Hydro Meteo Centrum (HMC) van het Watermanagementcentrum Nederland en de Noordzee meteorologen van het KNMI nauw samen om de verwachte waterstanden te bepalen en de waarschuwingen uit te geven.

De waterstandsverwachtingen worden bepaald op basis van weermodellen (ECMWF, HiRLAM en HARMONIE), die de input leveren voor hydrodynamische modellen, die de waterbeweging zelf modelleren (DCSMv6 en ZUNOV4). Een korte beschrijving van de modellen is in Bijlage 3 opgenomen.

De kust is voor de stormvloedberichtgeving verdeeld in 6 sectoren. Deze zijn weergegeven in Figuur 8, met daarin per sector het Basisstation (zie tevens Bijlage 1).



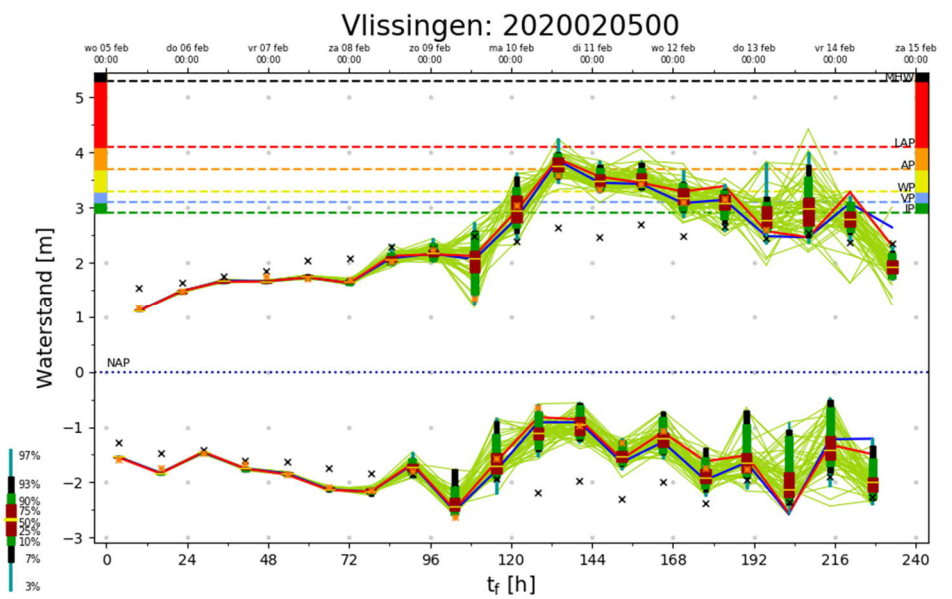
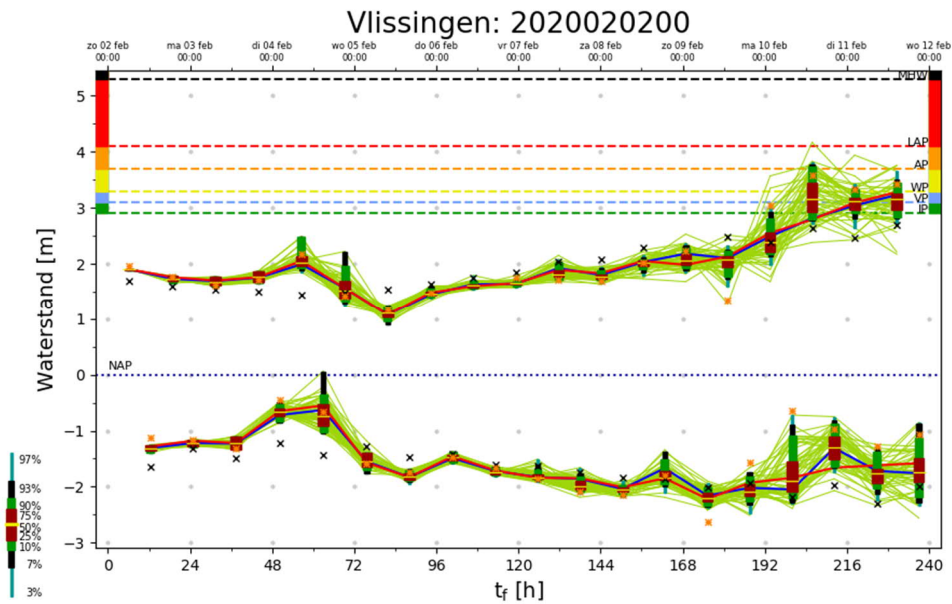
Sectorindeling SVSD

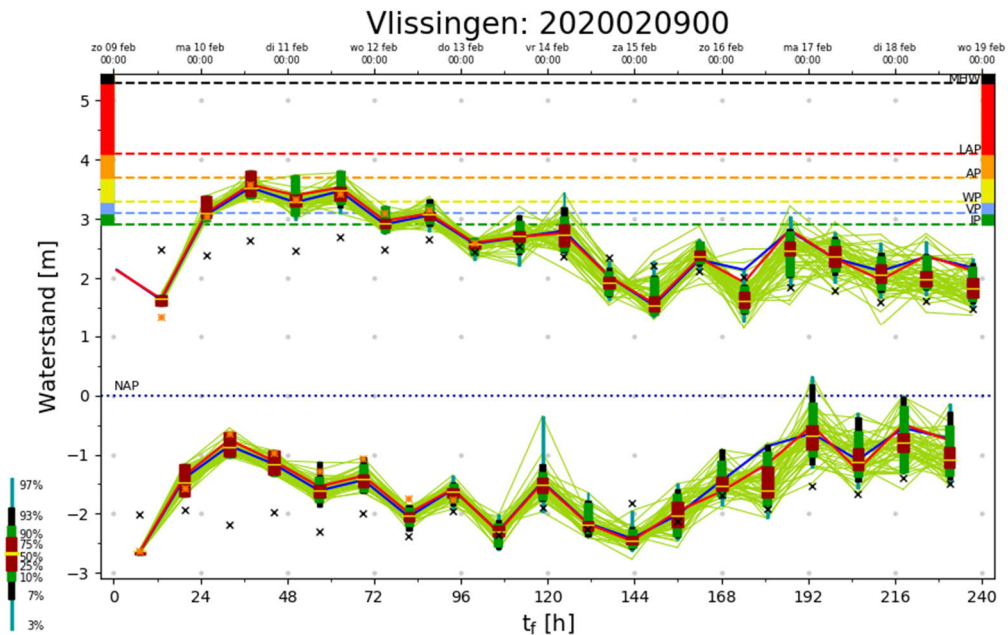
Figuur 8: Sectorindeling voor stormvloedwaarschuwingen aan de Nederlandse Kust

2.2 Chronologisch verslag van de stormvloed

Lange termijn verwachtingen 2 t/m 8 februari

In de lange termijn verwachting was de komst van de stormdepressie Ciara goed zichtbaar. Het WMCN gebruikt voor deze lange termijn verwachting meteorologische modelresultaten van het ECMWF, dat een ensemble van 50 modelruns met gevarieerde begincondities uit- geeft. Hiermee kunnen we op basis van de berekende waterstanden een inschatting maken over de kans dat bepaalde grenswaardes 4 tot 10 dagen vooruit worden bereikt.



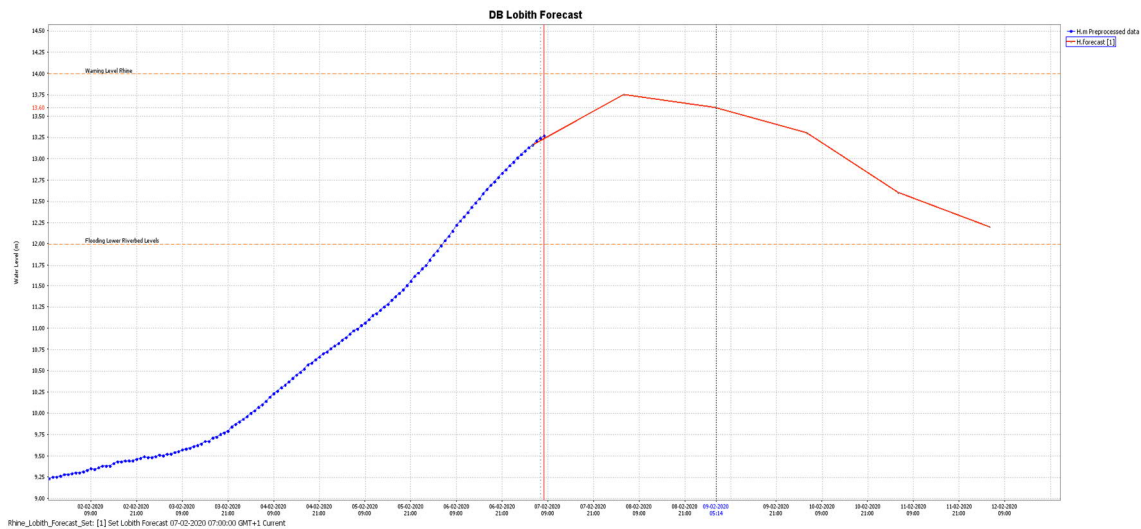


Figuur 9: Ensemble voorspellingen op basis van het ECMWF weermodel en het hydrodynamische model DCSMv5 voor de waterstanden bij Vlissingen uitgegeven op 2, 5 en 9 februari. De stippellijnen in kleur geven verschillende waarschuwniveaus weer. Het is goed te zien hoe de spreiding van de verwachte waterstanden met de tijd toeneemt in de modellen.

Deze lange termijn verwachtingen is belangrijke informatie om alle teams te mobiliseren en gereed te staan voor de komst van de stormvloed. In het geval van Ciara was vanaf 2 februari duidelijk dat er een kans was op een stormvloed, dat beeld bleef consistent terugkomen in alle verdere ensemble voorspellingen.

Vanaf zaterdag 8 februari waren ook de modelvoorspellingen van de deterministische modellen beschikbaar, deze zijn gebaseerd op het KNMI weermodel HiRLAM. Daarnaast hebben de meteorologen ook informatie van het nieuwe weermodel HARMONIE ter beschikking, dat met de ECMWF en HiRLAM voorspellingen werd vergeleken.

Voor de rivierafvoer werd in het statusbericht Rijn een verwachting gegeven voor een verhoogde afvoer bij Lobith voor de komende periode. Het was duidelijk dat deze verhoogde afvoer ten tijden van de stormvloed in het Benedenriviergebied zou aankomen.



Figuur 10: gemeten (blauw) en verwachte (rood) waterstand bij station Lobith op 7 februari 2020. De piek werd verwacht voor 8 februari, de looptijd van de hoogwatergolf van Lobith tot het benedenriviergebied bedraagt 1,5 tot 2 dagen.

Zondag 9 februari

De modelvoorspellingen op zondag ochtend 9 februari wezen op de kans dat voor het ochtendhoogwater van 10 februari de waarschuwningsniveaus voor enkele kuststations overschreden zouden worden. Op basis van deze informatie werd het waarschuwningsbureau van het WMCN in Lelystad om 13 uur geopend.

Na het opstarten en de briefing met de Noordzeemeteoroloog werd om 14.30 uur de eerste waarschuwing voor de sector Schelde uitgegeven, om 15 uur volgde een waarschuwing voor sector West-Holland. Uiteindelijk bleven gemeten de waterstanden bij de locaties Vlissingen en Hoek van Holland net onder het waarschuwningspeil.

sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN verwachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of waarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	10 feb	2:35	238	315	2:10	304	66	VW	9 feb 14:30
Schelde	Roompot Buiten	10 feb	2:26	174	248	2:10	238	64	-	9 feb 14:30
West Holland	Hoek van Holland	10 feb	3:21	120	210	3:10	198	78	VW	9 feb 15:00
West Holland	Rotterdam	10 feb	4:35	135	224	4:00	209	74	-	9 feb 15:00
Dordrecht	Dordrecht	10 feb	4:59	102	189	5:10	180	78	-	9 feb 15:00
Den Helder	Den Helder	10 feb	8:59	51	210	9:30	205	154	W	9 feb 19:30
Harlingen	Harlingen	10 feb	10:55	93	290	10:20	291	198	W	9 feb 20:30
Delfzijl	Delfzijl	10 feb	13:00	150	350	12:40	334	184	W	10 feb 00:30

Tabel 1: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het ochtendhoogwater van 10 februari .

In de avond van 9 februari werden vervolgens 3 waarschuwingen uitgegeven voor dezelfde getijgolf: sector Den Helder om 19.30 uur, sector Harlingen om 20.30 uur en sector Delfzijl om 00.30 uur. In Tabel 1 zijn alle verwachtingen en bereikte waterstanden opgenomen. De gemeten scheve opzetten voor dit hoogwater bereikte de hoogste waarden voor deze noordelijke stations gedurende de hele stormvloed.

Maandag 10 februari

Nadat in de avond van 9 februari de frontale zone van de stormdepressie Ciara Nederland gepasseerd had ruimde de wind naar zuidwest- tot westelijke richtingen en bouwde zich een uitgestrekt windveld op. In de ochtend van 10 februari werden door het WMCN waarschuwingen om 2 uur voor de sectoren Schelde en om 10 uur voor de sector West Holland uitgegeven.

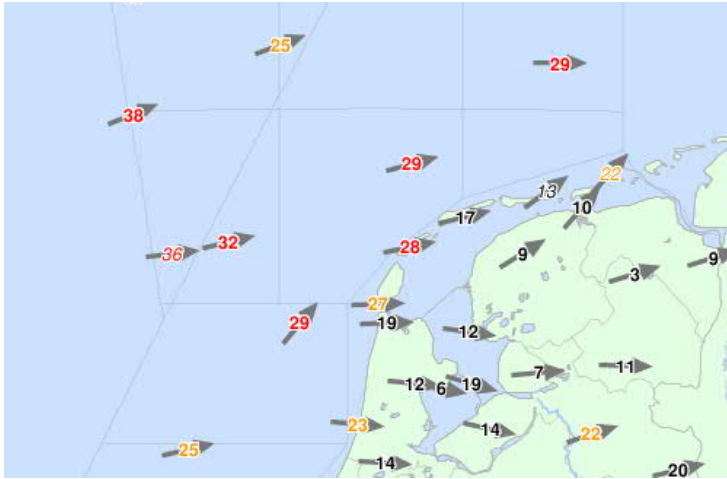
In de avond nam de wind in het zuidwestelijke gedeelte van de Noordzee aan kracht toe, waardoor hoge opzetten in het de sectoren Schelde en West-Holland werden bereikt. De verwachting voor de locatie Roompot Buiten werd in de ochtend om 11 uur naar boven bijgesteld, de Oosterscheldekering is op basis van deze verwachting omstreeks 12 uur dicht gegaan. Nadere informatie over de keringen wordt in hoofdstuk 3 gegeven.

sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN ver-wachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of waarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	10 feb	14:50	263	360	14:40	359	96	W	10 feb 2:00
Schelde	Roompot Buiten	10 feb	14:45	199	305	14:10	311	112	W	10 feb 11:00
West Holland	Hoek van Holland	10 feb	15:35	147	240	15:10	247	100	W	10 feb 2:00
West Holland	Rotterdam	10 feb	16:45	158	250	16:00	260	102	-	10 feb 10:00
Dordrecht	Dordrecht	10 feb	17:14	111	220	17:00	224	113	-	10 feb 10:00
Den Helder	Den Helder	10 feb	21:10	80	190	19:00	178	98	W	10 feb 8:15
Harlingen	Harlingen	10 feb	22:55	123	260	23:20	225	102	VW	10 feb 11:00
Delfzijl	Delfzijl	11 feb	01:10	172	320	1:20	287	115	W	10 feb 13:00

Tabel 2: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het avondhoogwater van 10 februari .

Voor de sector Den Helder werd om 8.15 uur een waarschuwing voor het avondhoogwater uitgegeven, gevolgd door een waarschuwing voor sector Harlingen om 11 uur en een waarschuwing voor de sector Delfzijl om 13 uur.

Voor de avond van 10 februari was door het weermodel HiRLAM een kleine verstoring van het windveld in het waddengebied voorspeld, terwijl de andere weermodellen dat niet lieten zien. Uiteindelijk bleven de waterstanden achter bij de verwachtingen doordat de wind toch meer naar zuid draaide en ook tijdelijke afzwakte.



Figuur 11: Opgetreden windsnelheden (knopen) tijdens trogpassage maandagavond 10 feb rond 21 – 22 MET

Na de passage van deze kleine verstoring nam de windkracht ook in de noordelijke regio weer toe.

In de loop van maandag middag en avond werden de voor alle sectoren, behalve Den Helder, waarschuwingen uitgegeven voor het ochtendhoogwater van 11 februari. Voor de sector Den Helder werd een waarschuwing gegeven om 21:30 uur.

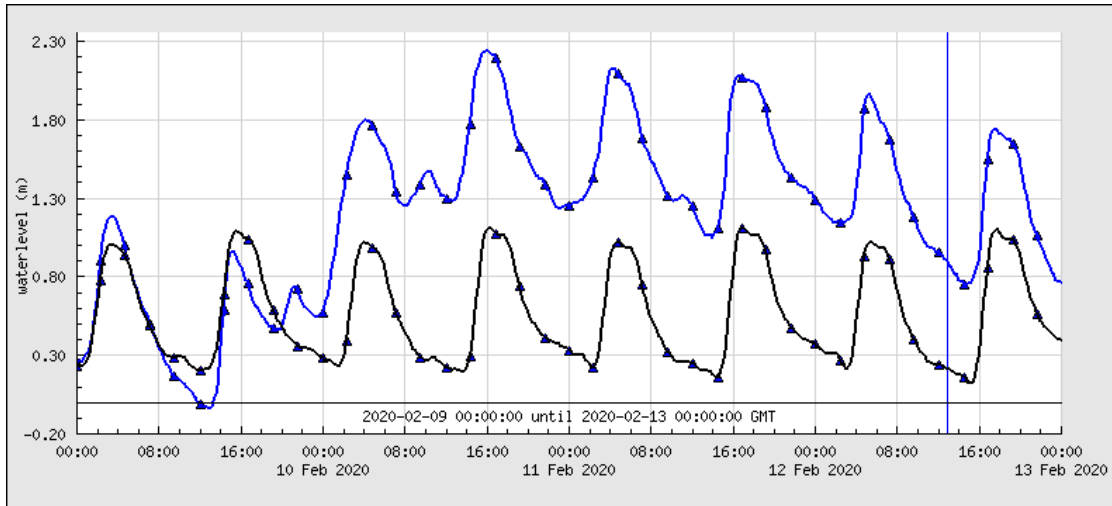
sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN ver- wach- ting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of waarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	11 feb	3:15	247	360	3:10	333	86	W	10 feb 15:05
Schelde	Roompot Buiten	11 feb	3:06	180	290	2:40	269	89	-	11 feb 00:45
West Holland	Hoek van Holland	11 feb	4:04	121	220	3:40	224	103	W	10 feb 15:05
West Holland	Rotterdam	11 feb	5:15	136	243	4:50	239	103	-	11 feb 2:00
Dordrecht	Dordrecht	11 feb	5:44	102	213	5:20	212	110	-	11 feb 2:00
Den Helder	Den Helder	11 feb	9:51	48	180	10:10	178	130	VW	10 feb 21:30
Harlingen	Harlingen	11 feb	11:42	90	270	11:40	258	168	W	10 feb 23:00
Delfzijl	Delfzijl	11 feb	13:46	148	310	13:10	298	150	W	11 feb 01:00

Tabel 3: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het ochtendhoogwater van 11 februari.

De uitgegeven verwachtingen kwamen voor deze hoogwatergolf goed overeen met de metingen, alleen de waarschuwingspeilen voor de locaties Harlingen en Delfzijl werden net niet bereikt.

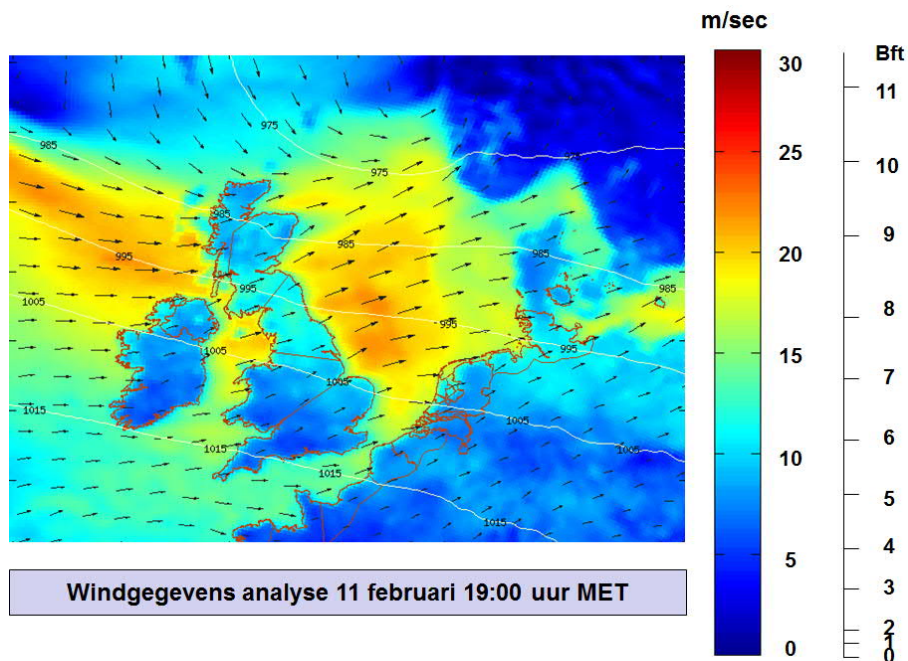
Intussen had de hoogwatergolf van de Rijn het benedenriviergebied bereikt en begon de waterstand bij Dordrecht, maar ook bij de locaties rond de Noordwaard, op te lopen. Het WMCN had sinds zaterdagavond contact met de crisis coördinator van de gemeente Werkendam, en

zondag avond al waarschuwingen voor de locaties Werkendam en Keizersveer uitgegeven. Het poldergebied begon vanaf de avonduren zoals verwacht mee te stromen en daarmee de verdere verhoging van de waterstand bij Dordrecht tegen te werken.



Figuur 12: gemeten waterstand (blauw) en astronomisch getij (zwart) bij station Dordrecht in [m +NAP] voor 10-13 februari 2020.

Dinsdag 11 februari



Figuur 13: windgegevens vanuit het numerieke weermodel voor 11 februari 19 uur MET

In de nacht en de ochtend van 11 februari werd de wind opnieuw westelijk, stormachtig, windkracht 8, met af en toe storm, windkracht 9. Vooral in het noordelijk kustgebied ontstaan de gehele dag losse buien. Het is dan springtij aan de Nederlandse kust, en het WMCN verwacht ook voor het avondhoogwater weer waterstanden rond het waarschuwningsniveau.

sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN verwachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of waarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	11 feb	15:35	269	330	15:30	343	74	W	11 feb 3:00
Schelde	Roompot Buiten	11 feb	15:26	204	290	15:10	276	72	-	11 feb 11:30
West Holland	Hoek van Holland	11 feb	16:18	149	220	16:00	237	88	W	11 feb 4:00
West Holland	Rotterdam	11 feb	17:27	162	240	17:10	251	89	-	11 feb 2:00
Dordrecht	Dordrecht	11 feb	17:54	111	209	17:40	208	97	-	11 feb 2:00
Den Helder	Den Helder	11 feb	21:49	84	200	21:30	203	119	W	11 feb 8:50
Harlingen	Harlingen	11 feb	23:44	127	280	23:00	290	163	W	11 feb 11:30
Delfzijl	Delfzijl	12 feb	1:55	176	340	1:40	347	171	W	11 feb 13:40

Tabel 4: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het avondhoogwater van 11 februari.

Vanaf 3 uur in de ochtend tot 13.40 uur in de middag werden voor alle kustsectoren waarschuwingen voor het avondhoogwater van 11 februari door het WMCN uitgegeven. De uiteindelijk gemeten waterstanden liggen voor alle sectoren eveneens boven het waarschuwingspeil.

Woensdag 12 februari

In de loop van woensdag 12 februari zwakte het windveld boven de Noordzee af. Van eerst nog een stormachtige westenwind nam de wind in de ochtend geleidelijk af naar 6 Bft in de zuidwestelijke Noordzee, en langs de noordkust naar 7 Bft. In de middag en avond kromp de wind langs de westkust verder naar zuidwest en nam af naar 4-5 Bft. Langs de noordkust bleef de wind westelijk en nam af naar 5-6 Bft. De neerslag beperkte zich tot de noordkust in de vorm van enkele losse buien.

Intussen hadden 6 getijhydrologen van het WMCN met hun teams waarschuwingen uitgebracht sinds zondag middag 13 uur, gezien de verwachte afname van de wind voor woensdag 12 februari en daarmee ook verwachte lagere waterstanden wordt besloten het waarschuwbureau woensdag ochtend 5 uur te sluiten. De dienst hebbende getijhydroloog blijft woensdag uiteraard actief en houdt de situatie nauw in de gaten.

Voor het ochtend hoogwater van 12 februari werden nog waterstanden rond het voorwaarschuwingspeil verwacht. De gemeten waterstanden lagen bij alle locaties dicht bij de afgegeven verwachtingen.

sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN verwachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of waarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	12 feb	3:57	248	310	3:50	309	61	VW	11 feb 15:50
Schelde	Roompot Buiten	12 feb	3:50	181	250	3:50	247	66	-	12 feb 00:15

West Holland	Hoek van Holland	12 feb	4:45	120	205	4:40	207	87	VW	11 feb 17:00
West Holland	Rotterdam	12 feb	5:57	136	220	5:50	222	86	-	12 feb 00:15
Dordrecht	Dordrecht	12 feb	6:23	102	193	6:10	196	94	-	12 feb 00:15
Den Helder	Den Helder	12 feb	10:40	44	145	9:50	143	99	-	12 feb 00:15
Harlingen	Harlingen	12 feb	12:20	88	215	11:00	218	130	-	12 feb 00:15
Delfzijl	Delfzijl	12 feb	14:30	147	270	13:50	273	126	VW	11 feb 23:45

Tabel 5: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het ochtendhoogwater 12 februari.

Voor het avondhoogwater werden in eerste instantie waterstanden verwacht beneden het voorwaarschuwingsspeil. In de loop van de ochtend werd duidelijk dat de waterstand voor de sector Schelde toch hoger zou kunnen worden en heeft de getijhydroloog besloten alsnog een voorwaarschuwing voor deze sector te geven.

Voor de sector West Holland werden ook op basis van deze modelruns nog waterstanden beneden voorwaarschuwingsspeilen verwacht. Pas vlak voor hoogwater werd duidelijk dat, ondanks dat de windkracht intussen tot 5 Bft was afgenomen, de waterstanden bij Hoek van Holland en Rotterdam toch hoger zouden uitkomen. Na contact met de Waterwacht West-Nederland-Zuid werd de Hollandsche IJsselkering alsnog gesloten. Een onderzoek na de oorzaak van deze verhoogde waterstanden is nog gaande.

sector	station	datum 2020	astronomisch HW		WMCN verwachting	opgetreden HW		scheve opzet op HW **	VW / W / A *	tijdstip uitgifte verwachtingen en/of voorwaarschuwingen
			tijd	Stand		tijd	Stand			
Schelde	Vlissingen	12 feb	16:16	265	300				-	12 feb 00:15
Bijstelling					310	16:10	315	50	VW	12 feb 12:00
Schelde	Roempot Buiten	12 feb	16:11	200	250	16:00	256	56	-	12 feb 12:00
West Holland	Hoek van Holland	12 feb	17:05	147	195	16:50	219	72	-	12 feb 12:00
West Holland	Rotterdam	12 feb	18:12	161	201	18:00	219	58	-	12 feb 9:00
Dordrecht	Dordrecht	12 feb	16:17	110	163	18:30	174	64	-	12 feb 9:00
Den Helder	Den Helder	12 feb	22:22	87	140	21:20	135	48	-	12 feb 16:00
Harlingen	Harlingen	12 feb	00:30	129	200	23:30	190	61	-	12 feb 16:00
Delfzijl	Delfzijl	12 feb	2:35	177	247	2:20	243	66	-	12 feb 16:00

Tabel 6: uitgegeven verwachtingen, waarschuwingen en gemeten waterstanden voor het avondhoogwater 12 februari.

Met deze laatste hoogwatergolf eindigt de stormvloed die met de stormdepressie Ciara haar begin nam. In totaal zagen we bij 6 opeenvolgende hoogwaters verhoogde waterstanden, die allen beneden alarmpeil bleven. De stormvloed kenmerkt zich dan ook vooral door de lange duur en het samenkomen met hoge rivierafvoeren in het benedenrivierengebied, in plaats van extreem hoge waterstanden op alarmeringsniveau. In hoofdstuk 5 wordt nader op de statistieken ingegaan.

3 Keringen

De stormvloed Ciara had vooral gevolgen voor de Oosterscheldekering en de Hollandsche IJsselkering. De teams van de Hartelkering en de Maeslantkering, die samen de Europoortkering vormen, waren uiteraard alert, maar de waterstanden kwamen in deze stormvloed niet zodanig hoog dat ze deze keringen moesten sluiten.

Kering	Oosterscheldekering	Haringvlietsluizen	Europoortkering	Hollandsche IJsselkering
Sluitpeil	+3,00 m NAP bij Roompot Buiten	+2,20 m NAP bij Hoek van Holland	Combinatie van: -Rotterdam: > +3,00 m NAP -Dordrecht: > +2,90 m NAP	+2,25 m NAP bij Krimpen a/d IJssel

Tabel 7: Sluitpeilen van de Stormvloedkeringen

3.1 Oosterscheldekering

De waterstandsverwachtingen voor het hoogwater op 10 februari 2020 voor Roompot Buiten gaven al sinds enkele dagen waterstanden aan, die dicht in de buurt van het sluitpeil zouden komen. Het operationele team van de kering werd daarom vroegtijdig gewaarschuwd door middel van een Vooralarm. Het team werd bovendien in de middag van 9 februari al opgeroepen vanwege een verwachte overschrijding van de limiet van 25 m/s van de windsnelheid, waarbij dan de hoofdrijbaan van de N57 over de kering afgesloten zou moeten worden voor alle verkeer. Achteraf bleek dit niet nodig, maar de wind kwam met ruim 23 m/s wel dicht in de buurt van de grenswaarde van 25 m/s.

De verwachting voor Roompot Buiten werd maandagochtend voor het middaghoogwater bijgesteld naar 3,05 m + NAP, waardoor een sluiting noodzakelijk werd. De beslissing hiervoor werd tegen 11 uur genomen, de kering was even na 12 uur dicht. De uiteindelijke waterstand bij Roompot buiten bereikte 3,10 m +NAP om 14.10 uur. Na het hoogwater ging de kering weer open, en was tegen 19:30 weer in rust.

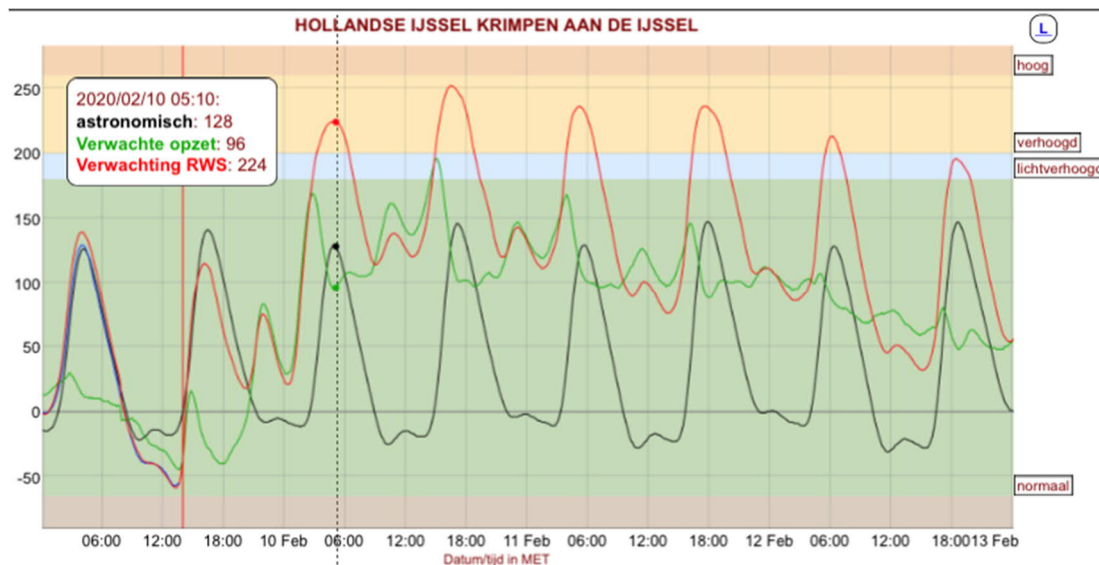
Voor het ochtendhoogwater van 11 februari werd het operationele team wederom opgeroepen, de verwachtingen kwamen met een stand 2,80 m +NAP boven het waarschuwingspeil van 2,75 m+ NAP uit. Door de overtrekkende storing maandagavond en nacht was er echter minder wind en kwamen de waterstanden niet hoger dan 2,65 m + NAP. De verwachtingen voor het volgende hoogwater bleven beneden waarschuwniveau, maar de waterstanden werden in de gehele periode nauwlettend in de gaten gehouden. Dinsdagavond was de stormvloed voor de Oosterscheldekering voorbij, en alle teams werden ontbonden. In totaal waren alle 3 operationele teams van de kering actief betrokken bij deze stormvloed.



Figuur 14: Oosterscheldekering in gesloten toestand

3.2 Hollandsche IJsselkering

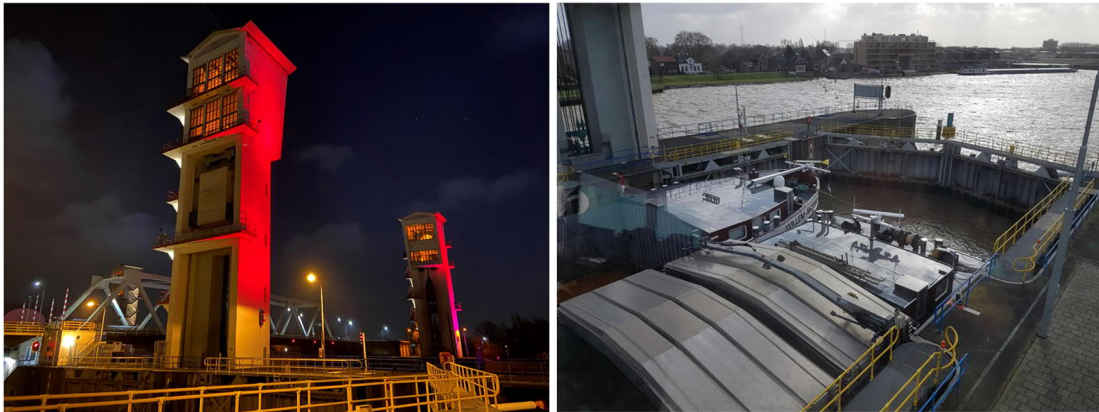
Bij de Hollandsche IJsselkering was de eerste echte stormsluiting van dit seizoen een bijzondere. Storm Ciara leidde in combinatie met (spring)tij tot een visueel spektakel in de waterstandsverwachtingen. Deze verwachtingen gaven aan dat vier pieken sluitwaardig waren op maandag 10 en dinsdag 11 februari. De eerste hoogwaterpiek was maandagmorgen om 04.30 uur. De vrijdag ervoor is druk gesleuteld aan een rooster om het operationele team fit door een langdurige periode 24/7 te loodsen. Verschillende scenario's, van één hoogwater keren tot een sluiting over meerdere dagen werd voorbereid. Het operationele team moet namelijk over de gehele periode van hoge waterstanden goed zijn bemand.



Figuur 15: Waterstandsverwachtingen voor Krimpen aan de IJssel op zondag avond 9 februari

Zondagavond 9 februari was het operationele team ter plekke. Met een waterstand van 2.06 m+ NAP viel de eerste piek uiteindelijk lager uit dan verwacht. De tweede piek van maandag leidde tot een waterstand van 2.53 m+ NAP en ook dinsdags werden pieken verwacht van 2.42 en 2.36 m+ NAP.

De kering is dus dicht gebleven met uitzondering van een paar uur op dinsdag. Toen is de kering van 10.00 tot 14.00 uur een stukje opengegaan om water te spuien. Het water in de Hollandsche IJssel was gestegen door de afwatering van de waterschappen. De vijfde piek, 's woensdagmorgens om 6.10 uur leidde tot een waterstand van 2.17 m + NAP en tot en met deze piek is de kering gesloten geweest.



Figuur 16: Gesloten Hollandsche IJsselkering bij nacht en een schip in de sluis

Op het onverwachte hoogwater op de woensdagmiddag 12 februari werd snel gereageerd en de kering werd ruim voor het sluitpeil 2,25m + NAP nogmaals gesloten. Dit betekende dat in 3 dagen tijd 6 maal een hoogwater werd gekeerd, dit aantal in zo een korte periode is uniek in de historie van de Hollandsche IJsselkering.

3.3 Haringvlietsluizen

Ook de Haringvlietsluizen moesten sluiten voor hoogwater op zee toen Ciara de kust van Nederland passeerde. Op zondag 9, maandag 10, dinsdag 11 en woensdag 12 februari zijn de sluisen waterkerend geweest omdat de waterstanden bij Hoek van Holland toen boven de 2.20 m + NAP stegen. Op dinsdag middag rond 12 uur werden de sluisen korttijdig open gezet om water te spuien: 5000 m³. Dit betekent 5.000.000 liter water.....per seconde. Omstreeks 14.30 uur waren de Haringvlietsluizen weer gesloten.

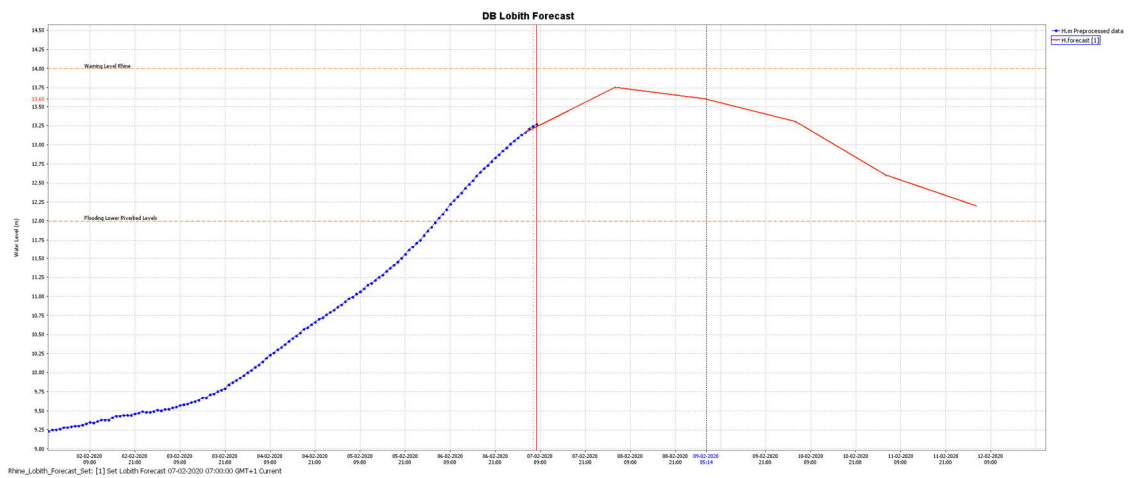


Figuur 17: Haringvlietsluizen

4 Verdere maatregelen en bijzonderheden

4.1 Hoge rivierafvoeren

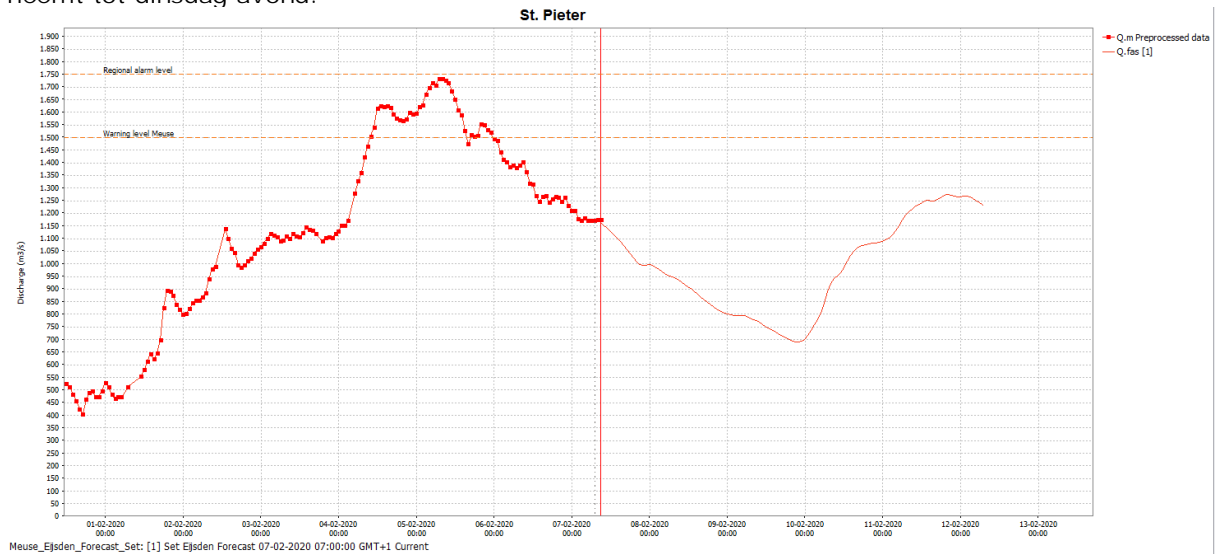
In dezelfde tijdperiode dat de stormdepressie Ciara op komst was zagen we in de verwachtingen, en deels al in de metingen, een hoogwatergolf vanaf de grote rivieren. Zowel bij de Rijn alsook bij de Maas waren de afvoeren in deze periode hoog. Het Statusbericht Rijn S2 van het WMCN onderdeel Rivieren van 7 februari 2020 (rode lijn) laat de volgende verwachting zien:



Figuur 18: Afvoer van de Rijn bij Lobith, vastgestelde verwachting op 7 februari 2020

Die piek van de afvoer bij Lobith wordt op 8 en 9 februari verwacht, deze afvoer is dan ca. 1,5- 2 dagen later bij in het benedenrivieren gebied.

Voor de Maas geeft het Statusbericht Maas nr.5 aan dat de afvoer na 7 februari eerst weer gaat dalen, maar daarna is er een kans dat de afvoer vanaf maandag 10 februari weer toeneemt tot dinsdag avond.

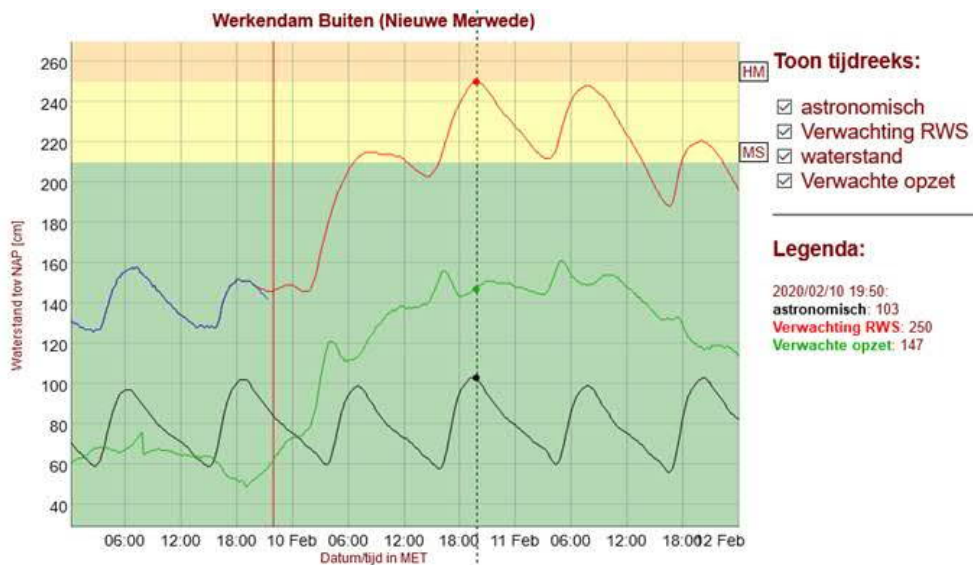


Figuur 19: Afvoerverwachting van de Maas bij St. Pieter op 7 februari 2020

De afvoer van de Maas heeft gedurende de stormvloed Ciara een minder grote rol gespeeld, de hoge afvoer van de Rijn heeft grote invloed gehad op de waterstanden in het benedenrivierengebied.

4.2 Meestromen Noordwaard

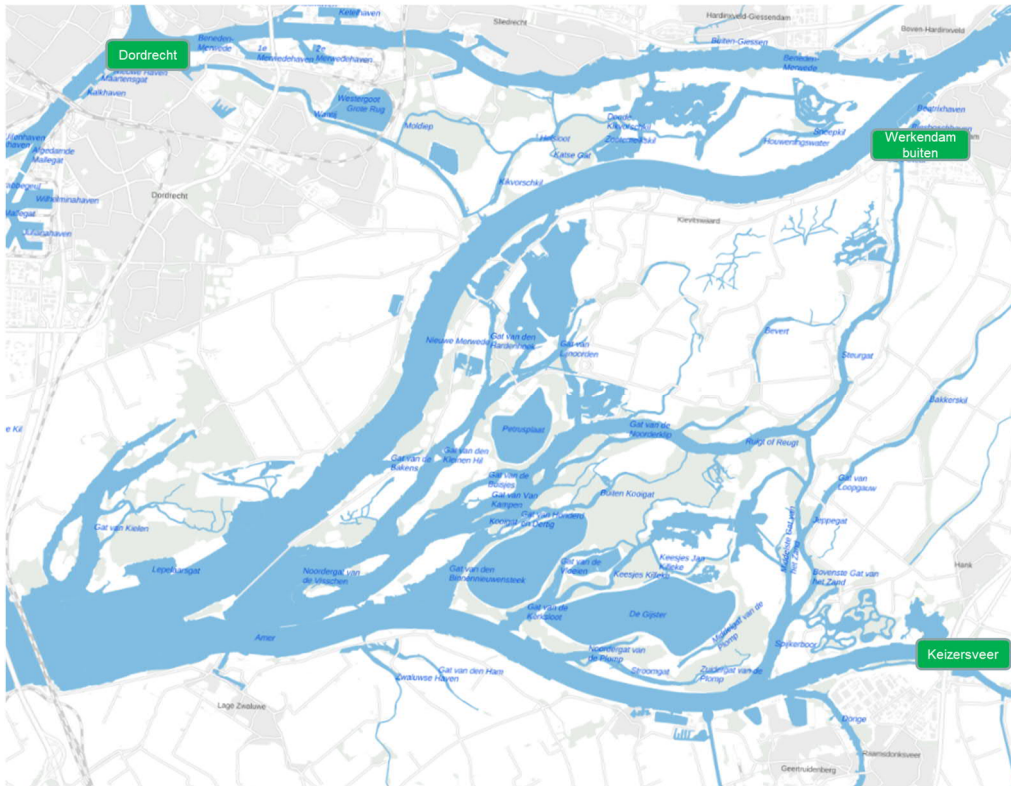
Op zondag avond 9 februari was ook het 'team Noordwaard' van Rijkswaterstaat helemaal gereed voor actie. De verwachtingen waren duidelijk: op maandag 10 februari was de kans dat het poldergebied zou meestromen heel groot door de stormopzet van de zeezijde komend en de rivier afvoeren van de Rijn.



Figuur 20: Waterstandsverwachtingen voor de meetlocatie Werkendam Buiten op de avond van 9 februari in de RWS operationele systemen

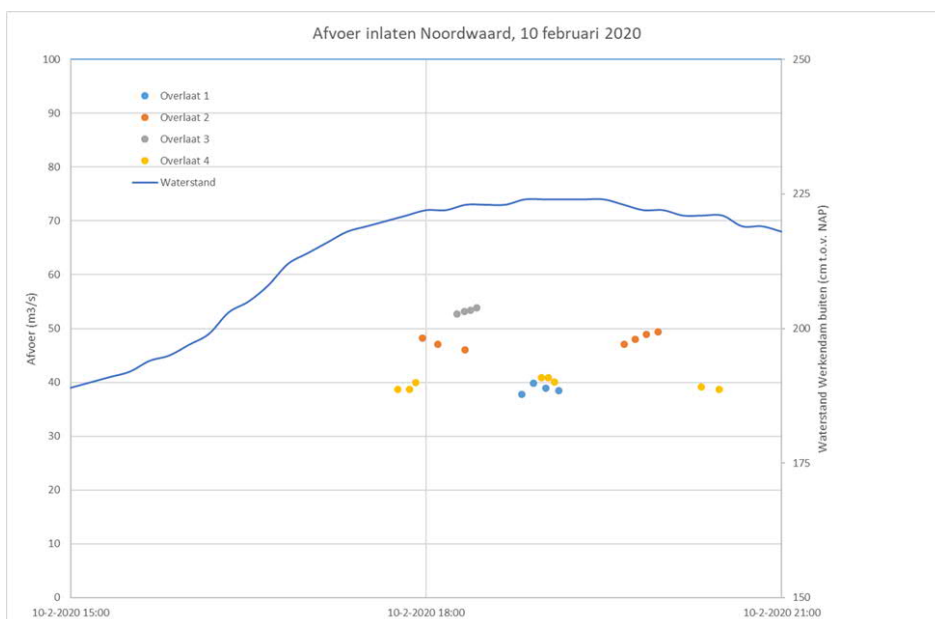
Het poldergebied Noordwaard is ingericht om als buffer te kunnen dienen bij hoge waterstanden en zo het gebied inclusief Dordrecht te ontzien. Het water kan uit de Nieuwe Merwede over de instroomdrempel de Noordwaard instromen (meetstation Werkendam), en via de uitlaten bij het Biesboschmuseum en polder Maltha het gebied weer uit.

De afvoer van de Rijn was in deze periode hoger dan normaal, maar niet extreem. Doordat het water tijdens de lange stormvloed niet goed kon wegstromen richting zee, werden de waterstanden in de Nieuwe Merwede alsnog zodanig hoog dat de drempelwaarden werden overschreden, zoals de modellen correct hadden voorspeld.



Figuur 21: Meetstations Dordrecht, Werkendam buiten en Keizersveer langs de Noordwaard polder

Het eerste instromen vindt plaats wanneer de waterstanden boven de 2,20 m+NAP bij Werkendam uitkomen, wat maandag 10 februari in de avond het geval was. De meetdienst van Rijkswaterstaat heeft in die periode stromingsmetingen bij de inlaten uitgevoerd, om van deze situatie te kunnen leren.



Figuur 22: Meetresultaten van Rijkswaterstaat van de doorstroming bij de inlaten van de Noordwaard polder



Figuur 23: Foto van het Noordwaard gebied op 11 februari 2020.

4.3 Duinafslag en schade langs de kust

Tijdens de stormvloed Ciara is aan diverse delen van de Nederlandse Kust duinafslag opgetreden. Door de storm Dennis, die op 16 en 17 februari een week na Ciara optrad, werd de afslag van zand vaak versterkt. We geven hier een korte samenvatting van de belangrijkste terugmeldingen aan het WMCN, zonder volledigheid te kunnen en willen garanderen.

Zeeland

Er is sterke duinafslag op Walcheren gemeld. De basiskustlijn is nog intact, maar de veiligheidsmarge is verminderd. Verder zijn enkele strandovergangen beschadigd. Op Tholen en Schouwen-Duiveland zijn her en der enkele blokken in de steenbekleding van dijken afgebroken. Ook zijn bij restaurant De Heerenkeet (Kerkwerve) basaltblokken uit de strekdam gespoeld.

In Noord- en Zuid-Beveland is er geringe schade ontstaan aan de vooroevers van de waterkering. Ook zijn er ter hoogte van Nolle-Westduin (Vlissingen) twee afritten beschadigd^{III}.

Zuid-Holland

Uit de provincie Zuid-Holland worden geen schades aan de kustlijn gemeld.

Noord-Holland

Van de waterschappen die de kust in Noord Holland beheren wordt in de meeste gevallen een normale herverdeling van zand gemeld. Op sommige plekken is veel zand de duinen ingestoven door de harde wind, zoals rond Egmond aan Zee^{IV}. De zandverstuivingen zijn goed voor de natuurontwikkeling in het gebied. Het Hoogheemraadschap van Rijnland meldt dat er wel lokaal schade is aan voorduinen. Bij de badplaatsen is er lichte schade aan de banketten. Steile kanten bij zandbanketten waar paviljoens staan wordt eveneens door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier gemeld.

Waddengebied

Op de Waddeneilanden is de schade zeer beperkt, op de meeste plekken is alleen een herverdeling van het zand opgetreden. Bij enkele plekken op Texel en Schiermonnikoog is erosie opgetreden met enige afslag en wat steile kanten.

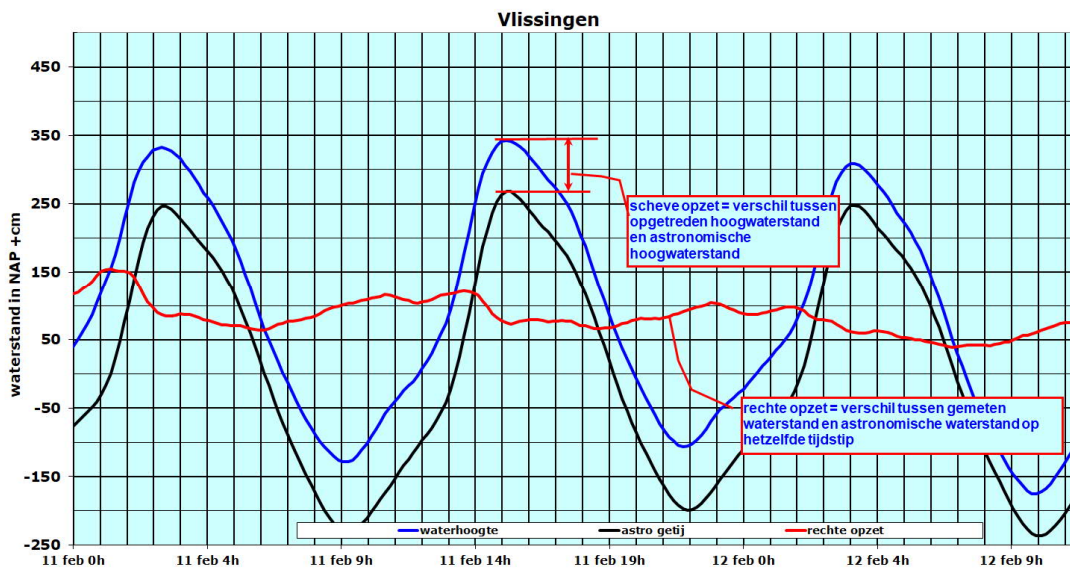
Groningen en Eems-Dollard

Vanuit de provincie Groningen en het Eems-Dollard gebied wordt geen schade gemeld aan de kustlijn. Gezien de wind- en golfrichting en het feit van de kustlijn nagenoeg alleen dijken bevat is dat in lijn met de verwachting.

5 Analyse van de waterstanden en adviezen

De uiteindelijk opgetreden stormvloedhoogwaterstand bij een locatie is een combinatie van het astronomische getij en de verhoging van de waterstand door meteorologische effecten. Daarnaast bestaat er interactie tussen het getij en de meteorologische effecten op de waterstand. De verhoging van de waterstand door meteorologische effecten, inclusief de effecten van de getij-interactie, wordt opzet genoemd.

Er zijn twee soorten opzet, te weten de rechte en de scheve opzet. De rechte opzet is het verschil tussen de gemeten en de astronomische waterstand op hetzelfde tijdstip. De scheve opzet is het verschil tussen de hoogte van de gemeten hoogwaterstand en de hoogte van de astronomische hoogwaterstand. Omdat er, vooral tijdens stormvloeden, aanzienlijke tijdverschuivingen in hoog- of laagwatertijdstippen kunnen optreden, spreekt men dan van "scheve opzet". Bij kustlocaties en in het bijzonder die in het Waddengebied kunnen deze tijdsverschuivingen wel tot meer dan 2 uur oplopen. Vanwege vervroeging (of soms ook vertraging) van het getij is de rechte opzet meestal aanzienlijk groter dan de scheve opzet. In Figuur 24 zijn beide begrippen in beeld gebracht.



Figuur 24 Verschil rechte en scheve opzet

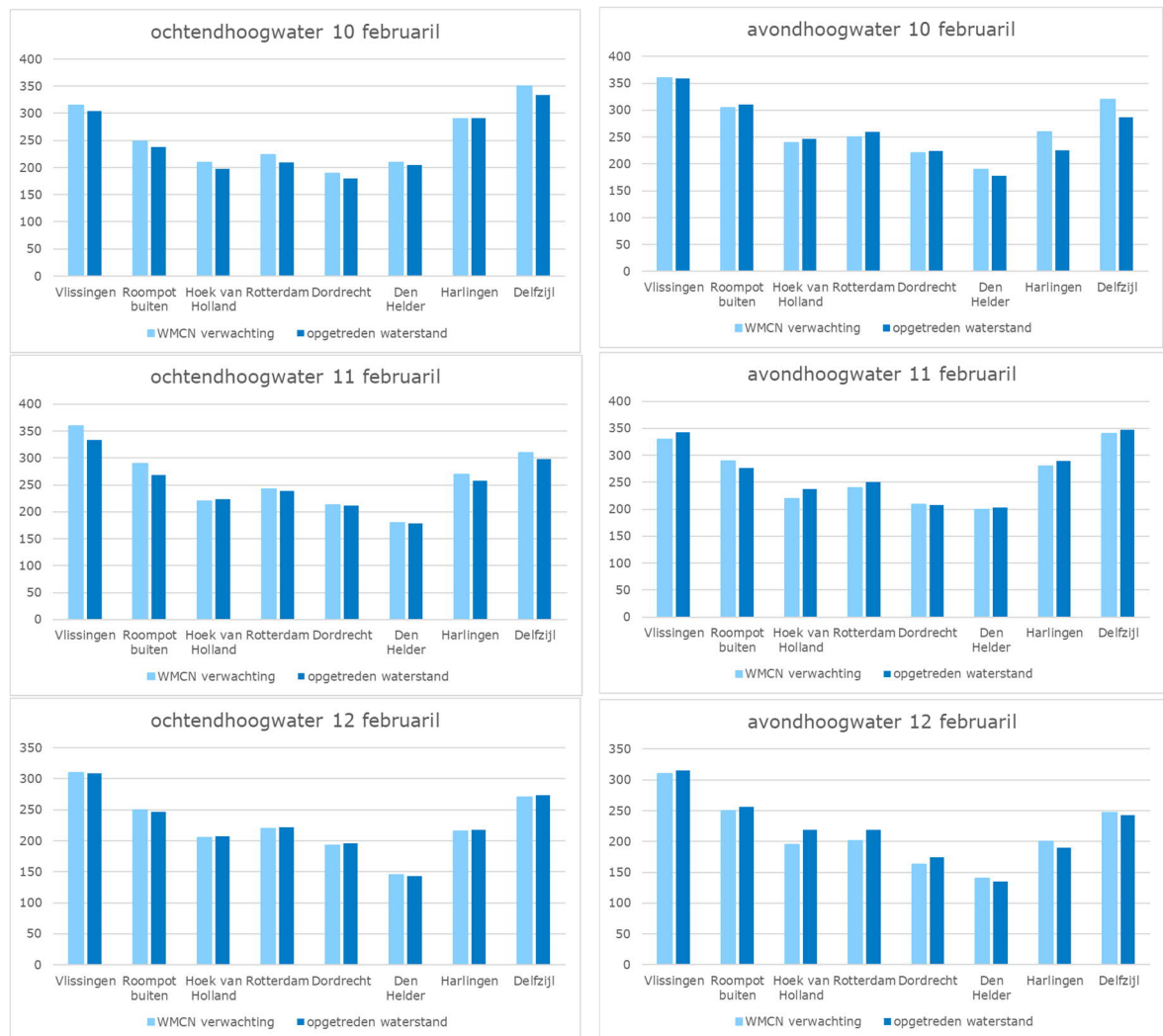
Worden de opgetreden verhogingen (scheve opzetten) en waterstanden vergeleken met de veeljarige statistieken, dan blijkt dat gedurende deze stormvloed de hoogste scheve opzetten in het gebied van de benedenrivieren zijn opgetreden, wat gezien het samenvallen van hoge rivierafvoeren en stormopzet goed te verklaren is. De hoogste scheve opzet (zie bijlage 8, kolom 7) bij Dordrecht was 113 cm. De scheve opzet die bij Dordrecht is opgetreden komt gemiddeld 1 keer per 3 jaar voor. De hoogste scheve opzetten voor de anderen sector locaties zijn aangegeven in Tabel 7, inclusieve de herhalingsfrequentie.

Het WMCN heeft op basis van de modelvoorspellingen in totaal 8 voorwaarschuwingen en 16 waarschuwingen uitgegeven. Van de uitgegeven voorwaarschuwingen waren 4 terecht, en 4 onterecht, de waterstanden bleven daar beneden het vastgelegde voorwaarschuwingspeil.

De afwijking was in het algemeen heel klein, meestal maar enkele centimeter. Te hoge waterstandsverwachtingen rond voorwaarschuwigingspeil werden vooral in het begin van de stormvloed, en bij het avondhoogwater van 10 februari uitgegeven. Op het eind werd een voorwaarschuwing voor de sector West Holland onterecht niet gegeven, de verhoging is ook achteraf niet vanuit de windopzet te verklaren.

Van de uitgegeven waarschuwingen waren 4 onterecht te hoog, 12 waren terecht. De te hoge verwachtingen hadden te maken met de verstoring van het windveld op maandag avond, zoals eerder in hoofdstuk 1 beschreven.

Alle uitgegeven waarschuwingen waren op tijd uitgegeven door het WMCN, dat betekent minimaal 12 uur voor hoogwater. Alleen de bijstelling voor Vlissingen op woensdagochtend was later gegeven. De volgende grafieken geven een overzicht van de uitgegeven verwachtingen (licht blauw) tegenover de uiteindelijk gemeten waterstanden (donker blauw).



Figuur 25: Uitgegeven waterstandsverwachtingen per getijgolf en sector, en de gemeten waterstanden

Een volledig overzicht van alle uitgegeven verwachtingen is tevens opgenomen in Bijlage 8.

6 Classificatie van de stormvloed

In dit hoofdstuk wordt de stormvloed in relatie gebracht tot eerdere stormvloeden. Zoals reeds vermeld zijn de opgetreden scheve opzetten vooral in het benedenrivierengebied statistisch gezien het hoogst, voor de overige sectorstations wordt in Tabel 7 een overzicht gegeven.

Hoogwater	Station	scheve opzet in NAP +cm	Overschrijdings -frequentie in HW's per 100 jaar
10 feb 2de HW	Vlissingen	96	196
10 feb 2de HW	Roompot Buiten	112	120
11 feb 1de HW	Hoek van Holland	103	268
11 feb 1de HW	Rotterdam	103	134
10 feb 2de HW	Dordrecht	113	30
10 feb 1de HW	Den Helder	154	65
10 feb 1de HW	Harlingen	198	54
10 feb 1de HW	Delfzijl	184	100

Tabel 8: Herhalingsfrequenties voor de hoogste gemeten scheve opzet per station tijdens de stormvloed

In Tabel 8 zijn de overschrijdingsfrequenties en classificaties gegeven van de tijdens deze stormvloed opgetreden scheve opzetten van de 6 basisstations, Roompot Buiten, Rotterdam en IJmuiden buitenhaven. Hieruit blijkt dat de hoogste stormvloedopzetten 30 tot 268 maal per 100 jaar voorkomen.

In Tabel 9 zijn de overschrijdingsfrequenties van de waterstanden gegeven. Op basis hiervan is deze stormvloed geclassificeerd als een lage stormvloed. De aangegeven classificaties zijn overeenkomstig de sinds 1953 gangbare classificatie van stormvloeden, meer detail informatie over deze classificatie wordt in Bijlage 2 gegeven.

Hoogwater	Station	gemeten waterstand in NAP +cm	Overschrijdingsfrequentie in HW's per 100 jaar	middelbare stormvloed	lage stormvloed	hoge vloed
10 feb 2de HW	Vlissingen	359	35		*	
10 feb 2de HW	Roompot Buiten	311	58			*
10 feb 2de HW	Hoek van Holland	247	93			*
10 feb 2de HW	Rotterdam	260	100			*
10 feb 2de HW	Dordrecht	224	36		*	
10 feb 1de HW	Den Helder	205	125			*
10 feb 1de HW	Harlingen	291	78			*
11 feb 2de HW	Delfzijl	347	63			*

Tabel 9: Gemeten hoogste waterstanden tijdens deze stormvloed, de bijhorende overschrijdingsfrequentie en classificatie.

Ter vergelijking zijn in bijlage 9 voor 5 basisstations (Vlissingen, Hoek van Holland, Den Helder, Harlingen en Delfzijl) de 50 hoogste opgetreden hoogwaterstanden na 1900 gegeven (voor Den Helder en Harlingen na 1932, in verband met de afsluiting van de Zuiderzee in 1932).

7 Golven op de Noordzee

7.1 Algemeen

Naast de bereikte waterstanden zijn golven een belangrijke factor om rekening mee te houden tijdens een stormvloed. De kustverdediging is erop berekend maatgevende golven, en daarmee verbonden golfloop en –overslag, te kunnen weerstaan, zonder te bezwijken.

Voor de analyse van een stormvloed kijken we naar meetinformatie van golfparameters op verschillende meetstations op de Noordzee en in het Waddengebied. Figuur 26 geeft een overzicht van de geografische ligging van die meetlocaties. Helaas zijn niet alle metingen altijd beschikbaar, voor de stormvloed van 9-12 februari 2020 gaven de meetstations Scheur West Wandelaar, Lichteiland Goeree en IJmuiden Munitiestortplaats geen metingen of geen betrouwbare metingen. Om die reden worden deze stations in de verdere analyse niet meegenomen.



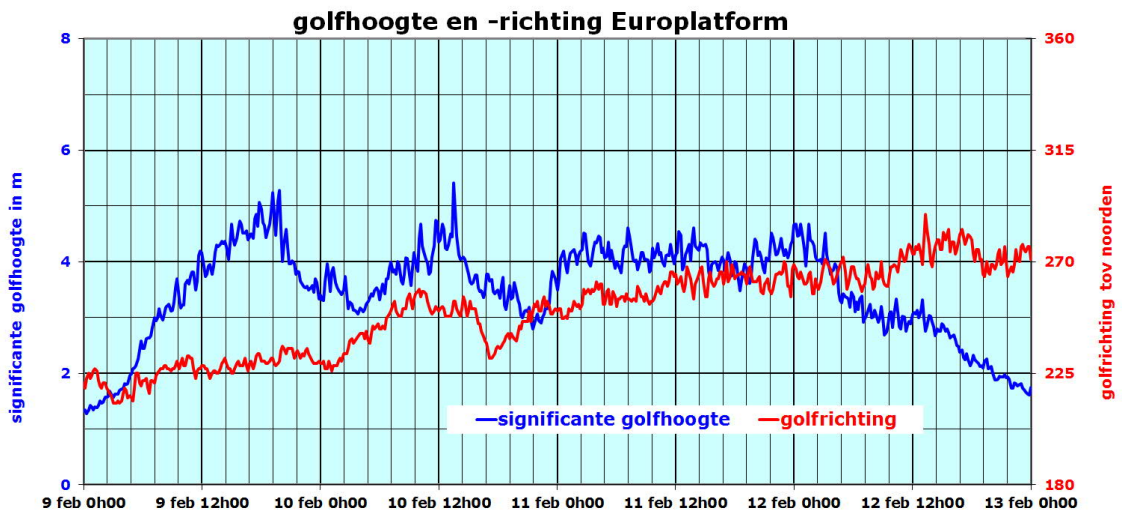
Figuur 26: Golfmeetlocaties op de Noordzee

In Bijlage 10 is een uitgebreid overzicht gegeven van de golfmetingen. In Bijlagen 11 en 12 is een overzicht gegeven van hoe de maxima van de golfparameters van deze stormvloed zich verhouden tot de maxima die in de periode 1979 t/m heden zijn gemeten.

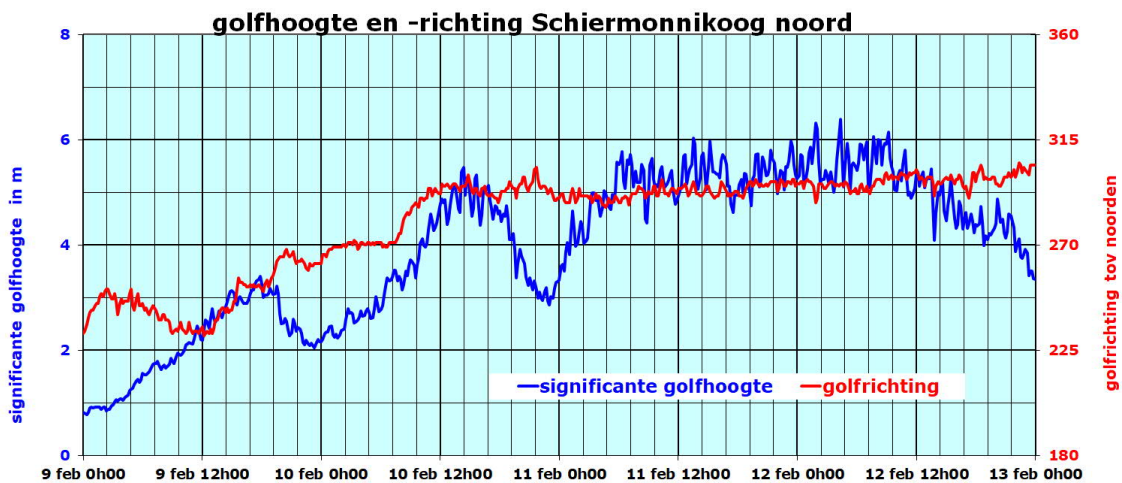
7.2 Golfhoogte

In de loop van de middag en avond van 9 februari trekt de actieve koufront van de stormdepressie Ciara over de Noordzee, waarbij windsnelheden tot 30-35 m/s worden gemeten. De richting is in het begin zuidzuidwestelijk, en draait na de passage naar west.

In de loop van 9 februari 2020 namen de significante golfhoogten op de Noordzee flink toe met het naderen van de koufront van de stormdepressie Ciara. In het zuidwestelijke deel van de Noordzee (meetstations Europlatform, Eierlandse Gat en K13) werden in de middag en avond van 9 februari significante golfhoogten van 5-6 m + NAP bereikt, in het oostelijke waddengebied (meetstations Schiermonnikoog Noord) bleef het bij golfhoogten rond de 3m.



Figuur 27: Gemeten Significante golfhoogte en golfrichting bij station Europlatform

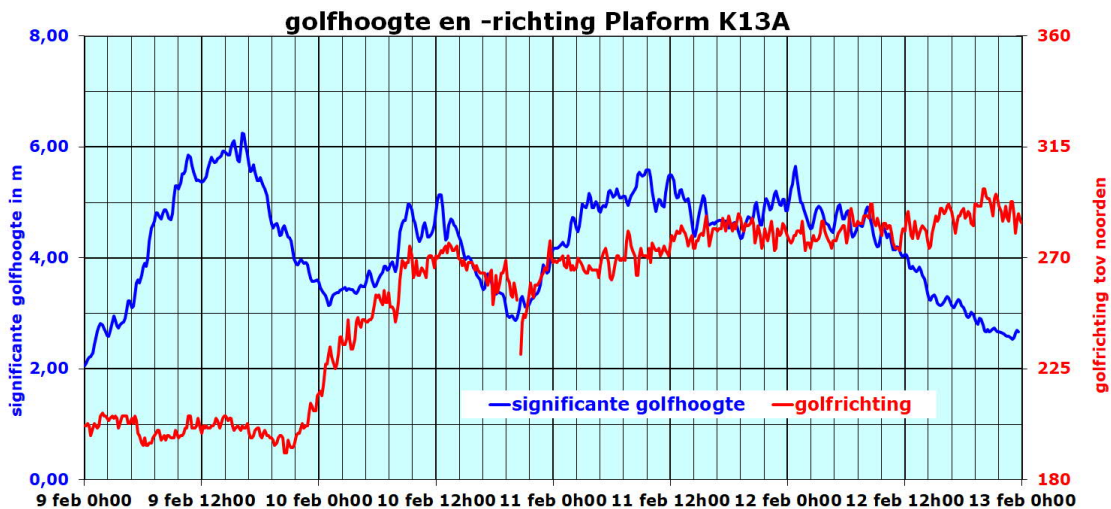


Figuur 28: Gemeten Significante golfhoogte en golfrichting bij station Schiermonnikoog Noord

Nadat de wind was gedraaid naar westelijke richtingen, namen in de middag van 10 februari de golfhoogten weer toe, en ook bij Schiermonnikoog Noord werden significante golfhoogten

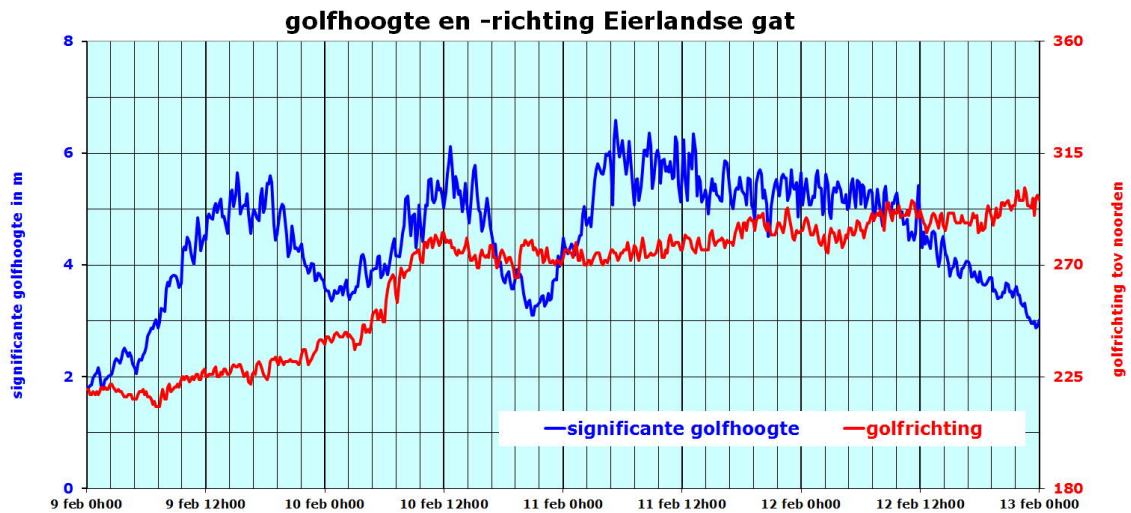
rond de 5 m gemeten. In de avond van 10 februari zwakt de wind tijdelijk af, wat goed in de grafieken van de golfhoogten te zien is. In de nacht van 10 op 11 februari stijgen de significante golfhoogten een laatste keer in deze stormvloed, en houden nagenoeg 24 uur waardes tussen 5 en 6 m +NAP, behalve voor Europlatform, daar werden hoogten van rond de 4 m +NAP bereikt.

De significante golfhoogte geeft een representatief gemiddelde in een onregelmatig golfveld dat bestaat uit grotere en kleinere individuele golven, en wordt berekend als het gemiddelde van het hoogste derde deel van de individuele golfhoogten over een periode van 20 minuten. Voor langere golven is deze periode relatief kort waardoor de waarde feitelijk meer een uitgebreide steekproef is uit het golfveld op dat moment, dan een representatieve waarde. In de figuren is te zien dat de waarde in de tijd sterk varieert. Elke 10 minuten worden over de voorafgaande 20 minuten de golfparameters bepaald. Vanwege het sterk variërende karakter wordt de hoogst gemeten waarde globaal gecorrigeerd op basis van een lopend gemiddelde over 3 meetwaarden. Bijvoorbeeld voor meetstation K13 bedroeg de hoogst waargenomen significante golfhoogte op basis van de eerste berekening over 20 minuten 6,44 m. Na de globale correctie op basis van een gemiddelde van 3 opeenvolgende meetwaarden volgt een maximale significante golfhoogte van 6,25 m.



Figuur 29: Golfhoogte en -richting meetstation K13

Sinds 1979 zijn van verschillende meetlocaties betrouwbare golfwaarnemingen beschikbaar. Als we deze vergelijken met de gemeten golfhoogten tijdens de stormvloed Ciara, vallen de metingen van Europlatform (plaats 30), Eierlandse Gat (plaats 22) en Schiermonnikoog Noord (plaats 18) op plaatsen van de 50 hoogste metingen sinds 1979. Een volledig overzicht is gegeven in Bijlage 11.



Figuur 30: Golfhoogte en -richting Eierlandse gat

7.3 Golfperiode

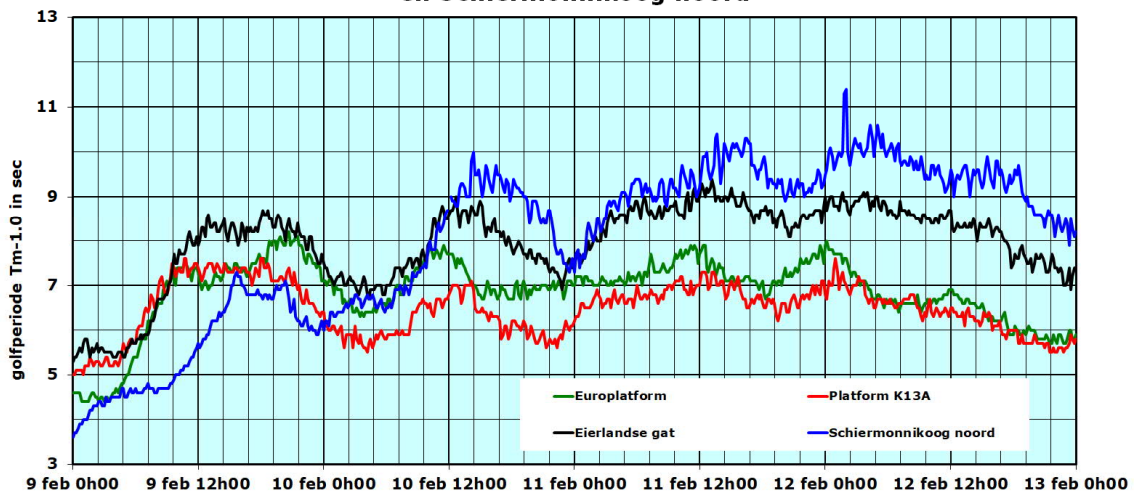
De golfperioden volgen hetzelfde patroon zoals de golfhoogten over de drie dagen van de stormvloed. Voor zuidwestelijke Noordzeestation worden gemiddelde golfperiodes tussen 6-8 sec bereikt, in het waddengebied ligt dat nog iets hoger met waardes tussen 8-10 sec.

In het begin van de stormvloed, op 9 februari 2020, neemt de golfperiode snel toe op de Noordzee, zeker bij het meetstations Eierlandse gat. In het verdere verloop zien we een afzwakken en weer toenemen van de golfperiodes, het patroon volgt de toename in de windsterkte op te voet. Tegen het einde van de stormvloed staan vooral in het waddengebied lange golven met periodes van 10-11 sec. In de tweede helft van woensdag nemen de golfperiodes dan overall langzaam af.

Alleen de hoogste globaal gecorrigeerde golfperiode bij Schiermonnikoog noord kan worden bijgeschreven (als nummer 19) in de top 50 van de hoogste golfperiodes sinds 1979.

De golfperiode (T) is de tijdsduur (in seconden) tussen twee golf-toppen. De golfperiode is voor iedere individuele golf verschillend. Representatieve maten voor een golfveld zijn de spectrale golfperiode $T_{m-1,0}$ (een gewogen gemiddelde van de golfperiodes in een tijdsbestek van 20 minuten), en de periode bij de grootste energiedichtheid van het golfspectrum (de periode die het meest voorkomt in de periode van 20 minuten). Net als de significante golfhoogte wordt de golfperiode globaal gecorrigeerd door het lopend gemiddelde te nemen over de laatste 3 waarden.

golfperiode ($T_{m-1,0}$) Europlatform, Platform K13A, Eierlandse gat en Schiermonnikoog noord



Figuur 31: Golfperiodes bij verschillende meetstations

Lijst van afkortingen, modellen en enige meteorologische begrippen

Bft	Beaufort, eenheid, waarin de windkracht wordt uitgedrukt (zie ook bijlage 4);
BOS	Het Beslis en Ondersteunend Systeem van de Maeslant- en Hartelkering beslist op basis van onder meer waterstandsverwachtingen zelfstandig (zonder tussenkomst van mensen) of beide keringen gesloten worden;
buistoot	Een plotselinge verhoging van de waterstand ten gevolge van een frontpassage. Deze verhoging kan afhankelijk van de heftigheid van de frontpassage enkel dm's tot zelfs 1 m bedragen. Een buistoot wordt in de volksmond ook wel een meteo-tsunami genoemd;
hPa	hectopascal, eenheid, waarin de luchtdruk wordt uitgedrukt;
front	Scheidingslijn tussen koude lucht en warme lucht; is er sprake van een polair front dan is dit de scheiding tussen koude (polaire) lucht uit het noorden en warme (sub-)tropische lucht uit het zuiden;
GMT	Greenwich Mean Time, astronomische tijd op de meridiaan van 0° Oosterlengte;
HMC	Hydro Meteo Centrum, onderdeel van het Watermanagement Centrum Nederland, dat onder niet-stormvloed omstandigheden onder meer de getijberichtgeving voor de Zeeuwse getijdewateren, de Noordzee, Europoort en IJ-mond verzorgt;
isobaar kern	Lijn die punten met dezelfde luchtdruk op een weerkaart verbindt; De kern van een depressie of lagedrukgebied is de plaats waar in een gebied met lage luchtdruk de druk het laagst is; als er op relatief korte afstand meer dan een kern voorkomt spreekt men over een complex lagedrukgebied;
LCO	Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging;
LMW	Landelijk Meetnet Water, het automatische meetnet van Rijkswaterstaat, dat onder meer de inwinning en uitgifte van de waterstanden en golfgegevens verzorgt;
MET	Midden Europese Tijd (= GMT + 1 uur) in de volksmond wintertijd genoemd;
NAP	Normaal Amsterdams Peil, het Nederlandse reductievlak voor hoogtemetingen;
occlusie	Samensmelting van het warmtefront en het koudefront bij een depressie. Als de occlusie om de kern van de depressie heen "krult" spreekt men van een back-bent occlusie; de passage van een back-bent occlusie kenmerkt zich door veel wind;
opzet	Er worden twee soorten opzet onderscheiden; te weten de scheve en de rechte opzet. De rechte opzet is het verschil tussen de gemeten en de astronomische waterstand op het zelfde tijdstip. De scheve opzet is het verschil tussen de gemeten hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand. Omdat de gemeten en astronomische hoogwaters in tijd kunnen verschillen wordt in dit verband gesproken van een scheve opzet;
polar low	Een storing die gevuld is met ijskoude lucht, die in een noordelijke stroming meetrekt naar het zuiden. De polar low kan veel wind en neerslag (sneeuw) brengen;
trog	Een gebied in een lagedrukgebied waar de isobaren dichter bij elkaar liggen dan in de omringende omgeving, waardoor er meer wind is;
UTC	Universal Time Coordinated, komt overeen met de GMT; =MET – 1 uur;
WMCN	Watermanagement Centrum Nederland. Een van de drie netwerkcentra van Rijkswaterstaat. Het WMCN verzorgt de landelijke waterberichtgeving in Nederland.

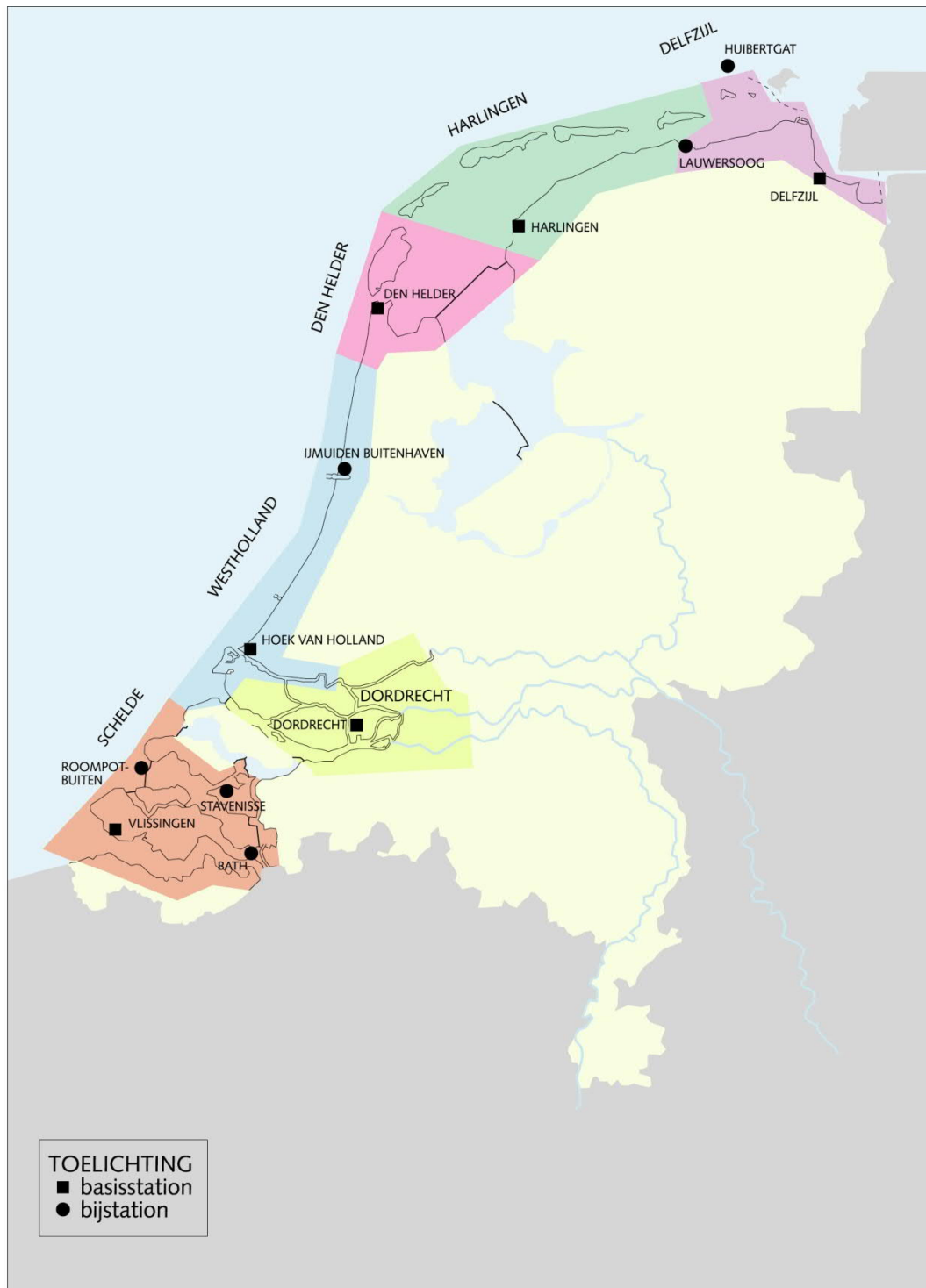
Lijst van bijlagen

- 1 Sectorindeling Stormvloeden Kust
- 2 Overzicht maatgevende standen
- 3 Overzicht numerieke modellen
- 4 Schaal van Beaufort
- 5 Windsnelheden, -richtingen en luchtdruk
- 6 Opgetreden windgegevens
- 7 Opgetreden en astronomische waterstanden en opzetten
- 8 Overzicht verwachte en opgetreden waterstanden
- 9 Overzicht hoogste 50 hoogwaterstanden na 1900
- 10 Opgetreden golfhoogten en –richtingen
- 11 Overzicht hoogste 50 golfperioden na 1979
- 12 Overzicht hoogste 50 significante golfhoogten na 1979

Bronvermeldingen

- I. Afbeelding op titelpagina het satellietbeeld van 9 februari 2020, gepubliceerd door het KNMI
- II. Foto's van de stormvloedkeringen afkomstig van de medeauteurs Krijn Saman en Peter Groenenboom
- III. Website van het Waterschap Scheldestromen
- IV. Blog Martien Witte, Beheerder Zandige Kust RWS Noord Holland

Bijlage 1 Sectorindeling Stormvloeden Kust en Benedenrivieren



Bijlage 2

Overzicht maatgevende standen in cm + NAP

sector	Schelde	West Holland	Dordrecht	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	Overschrijdingskans in gemiddeld aantal HW's per jaar
basisstation	Vlissingen	Hoek van Holland	Dordrecht	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	
Benaming stormvloedcategorie /peil							
Informatiepeil	290	180	-	150	220	240	
Voorwaarschuwing speil	310	200	-	170	240	260	Ca. 3 - 7
Hoge vloed	305 á 350	210 á 260	170 á 215	165 á 230	225 á 305	265 á 355	5 á 0,5
Waarschuwing speil	330	220	-	190	270	300	Ca. 1 - 4
Grenspeil	350	260	215	230	305	355	0,5
Lage stormvloed	350 á 385	260 á 300	215 á 245	230 á 275	305 á 355	355 á 420	0,5 á 0,1
(Regionaal) Alarmeringspeil	370	280	250	260	330	380	Ca. 0,1 á 0,3
Middelbare stormvloed	385 á 440	300 á 360	245 á 275	275 á 340	355 á 415	420 á 505	10^{-1} á 10^{-2}
(Landelijk) Alarmeringspeil	410	365	275	345	390	475	$5 \cdot 10^{-2}$ á 10^{-2}
Hoge stormvloed	440 á 490	360 á 430	275 á 295	340 á 400	415 á 470	505 á 580	10^{-2} á 10^{-3}
Buitengewoon hoge stormvloed	490 á 550	430 á 510	295 á 315	400 á 450	470 á 510	580 á 640	10^{-3} á 10^{-4}
MHW / Toetspeil	530	510	300	450	490	600	$5 \cdot 10^{-4}$ á 10^{-4}
Extreme stormvloed	≥ 550	≥ 510	≥ 315	≥ 450	≥ 505	≥ 620	$\leq 10^{-4}$
Hoogst bekende stand	455 1-feb-53	385 1-feb-53	250 28-jan-94	325 1-feb-53	369 3-jan-76	483 1-nov-06	
Hoogste stand tijdens stormvloed van 9 t/m 12 februari 2020	359	247	224	205	291	347	

De maatgevende standen zijn per 1-1-2015 aangepast aan de dan geldende waarden.

Bijlage 3

Korte uitleg van de gebruikte modellen

Weermodellen

Voor de voorspelling van wind- en luchtdrukgegevens worden door het KNMI verschillende numerieke meteorologische modellen gebruikt.

HIRLAM

High Resolution Limited Area Model: Het HIRLAM model is ontwikkeld in de jaren tachtig en negentig en kan tot een roosterafstand van 5 tot 15 kilometer worden gebruikt. Een nieuwe run komt elke zes uur beschikbaar en omvat een verwachtingstermijn van 48 uur. Hirlam wordt op termijn stopgezet.

HARMONIE

HIRLAM ALADIN Research on Mesoscale Operational NWP In Euromed: Het HARMONIE weermodel is speciaal voor de korte termijn weersverwachtingen (tot 48 uur vooruit) ontwikkeld binnen de grote Europese samenwerkingsprojecten ALADIN en HIRLAM. Het is een zeer fijnmazig, non hydrostatisch model met een resolutie van 2.5 km. Een nieuwe modelrun komt elke drie uur beschikbaar.

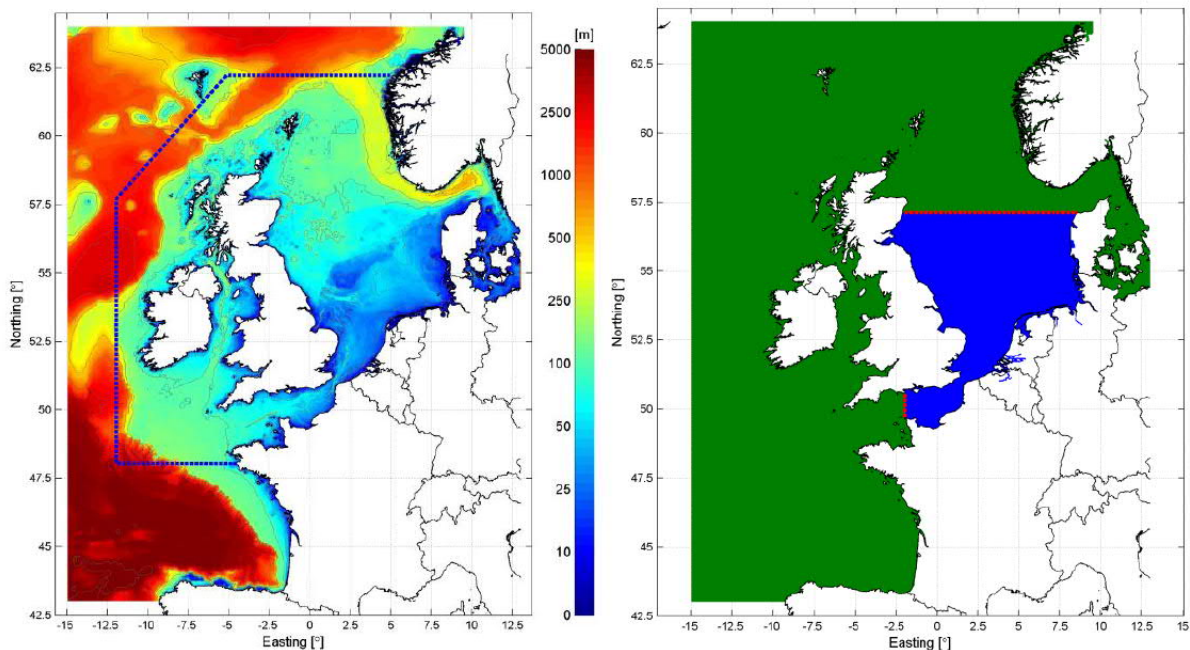
ECMWF

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: Het ECMWF is een onafhankelijke Europese organisatie waarin diverse Europese landen deelnemen. Dit hoge resolutie model (9 km resolutie) gaat 10 dagen vooruit. Twee keer per dag volgt een nieuwe run (00 en 12 UTC). Een kortere termijn (+72 uur) run komt elke zes uur beschikbaar.

Het zogenaamde Ensemble Prediction System (EPS), bestaande uit een totaal van 51 members met een resolutie van 32 km, beslaat een periode van 15 dagen.

Hydrodynamische modellen voor waterstanden

Door Rijkswaterstaat worden vervolgens numerieke hydrodynamische modellen gebruikt die waterstandsvoorspellingen produceren als basis voor de RWS eindverwachtingen.



Model domein van het DCSMv6 model (links, kleuren geven bodemdieptes weer), met de blauwe lijn het domein van het oude DCSMv5 model. Rechts is het domein van het ZUNO model in blauw aangegeven, dit model is dynamisch gelinkt met het DCSMv6 domein.

Waqua-Dcsmv6-j17-v1, alias 'DCSM model'

Dutch Continental Shelf Model: Numeriek Hydrodynamisch model op basis van WAQUA software voor het Noordzeegebied, deze draait 4 keer per dag met input van HiRLAM of HARMONIE resultaten en levert waterstandsverwachtingen voor de Noordzee en kust stations tot 48 uur vooruit. Het model wordt ook met input van het ECNWF ensemble model gedraaid en kan dan voorspellingen leveren tot 10 dagen vooruit.

Waqua-Dcsmv6_zunov4-j17-v1, alias 'ZUNO model'

Is een numeriek model op basis van Waqua-Dcsmv6-j17-v1 met een extra verfijning van de roosterpunten in het zuidelijke Noordzee deel, zie ook figuur van de schematisaties. Het draait op het moment alleen met HiRLAM input en produceert waterstandsvoorspellingen 48 uur vooruit.

Waqua-Dcsmv6_kf-j17-v1 , Waqua-Dcsmv6_zunov4_kf-j17-v1

Beide basis hydrodynamische modellen draaien ook met een post-processing algoritme (Kalman filter), en de laatste beschikbare metingen integreert om de modelvoorspellingen te verbeteren.

Voor nadere informatie wordt tevens verwezen naar

<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/modelschematisaties/noordzee-kust/>

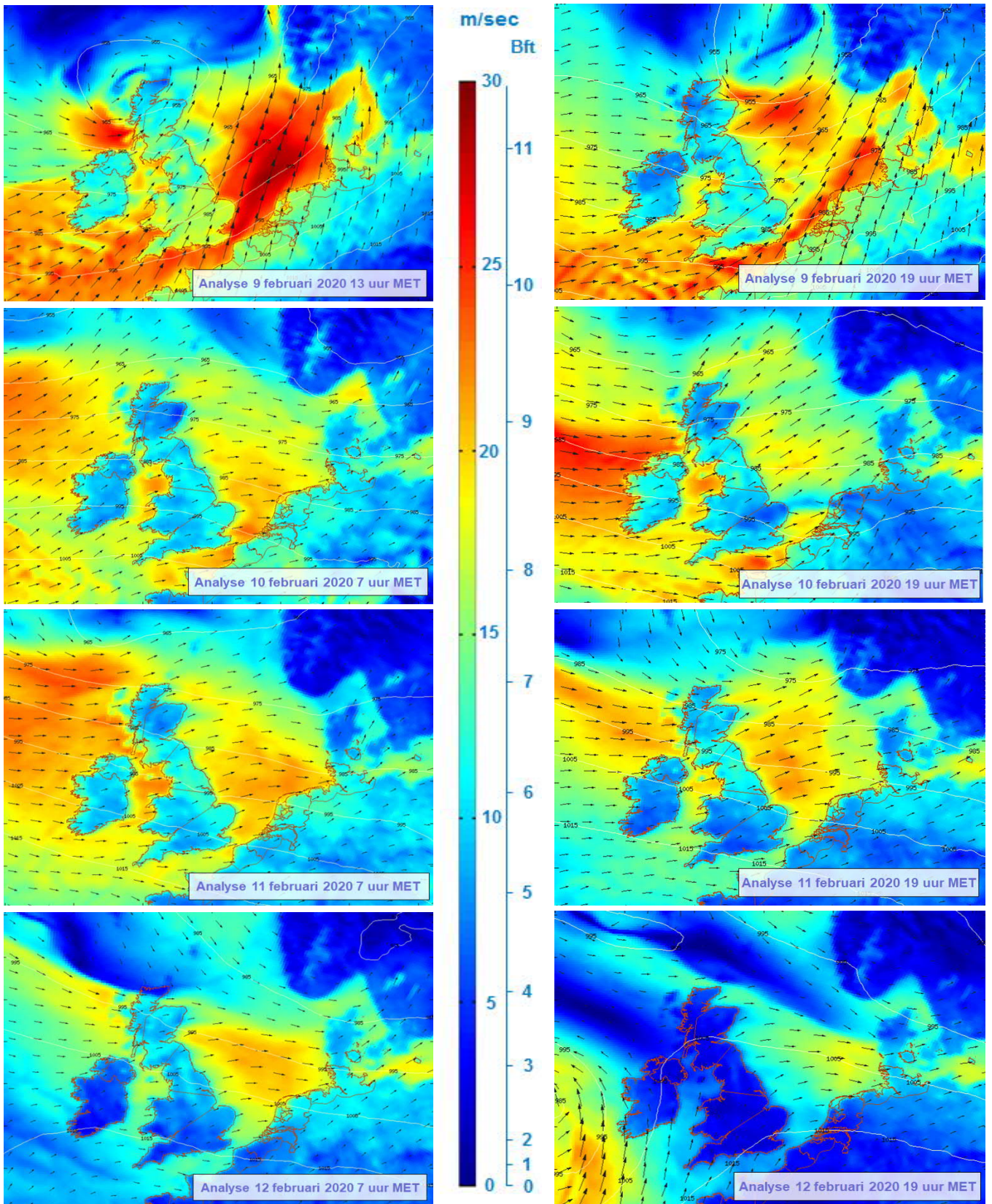
Bijlage 4

Schaal van Beaufort

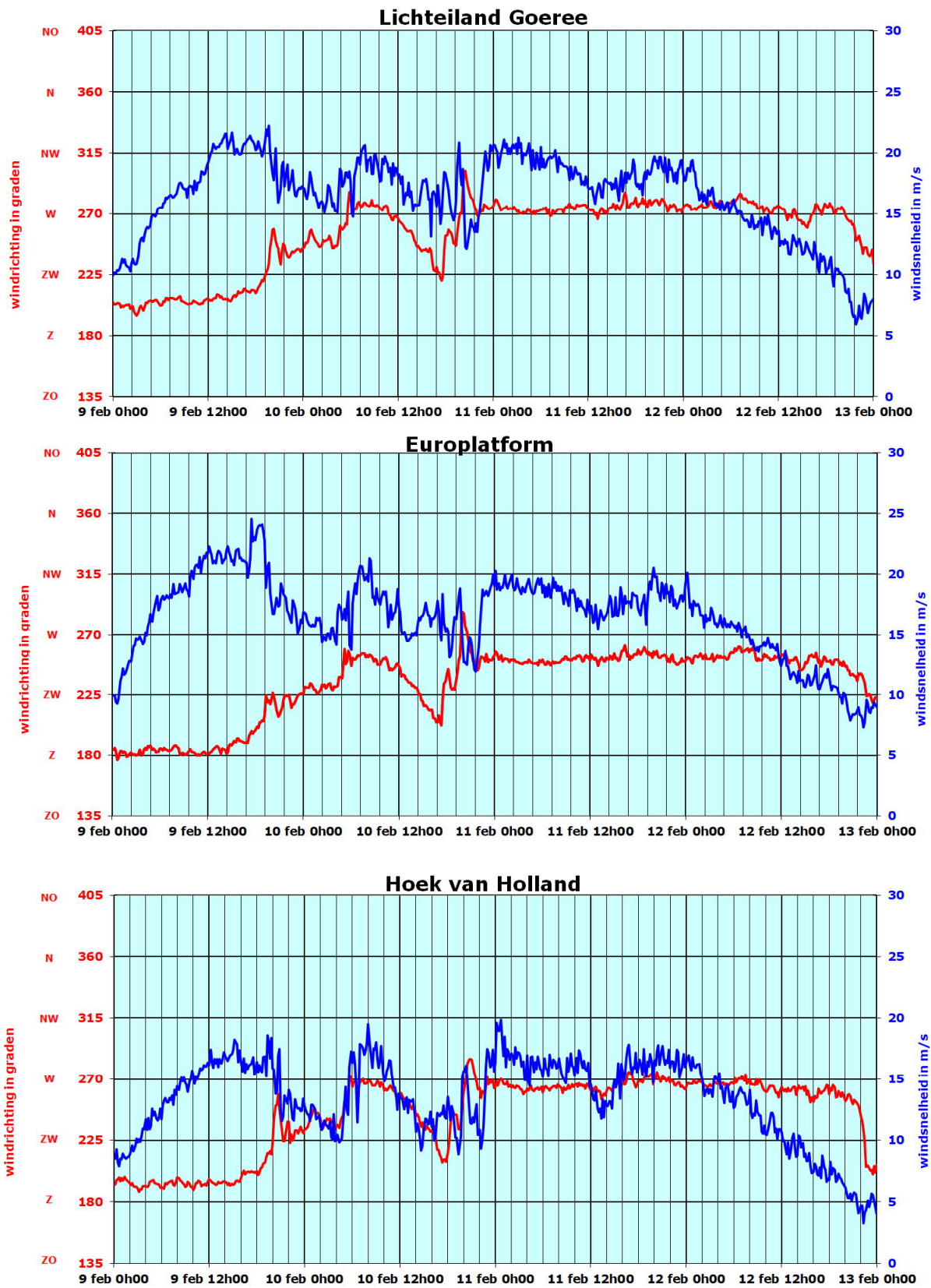
Windsterkte in Beaufort	Windsnelheid op 10m hoogte		benaming
	in knopen	in m/s	
0	<1	0,0 - 0,2	stil
1	1 - 3	0,3 - 1,5	zwakke wind
2	4 - 6	1,6 - 3,3	zwakke wind
3	7 - 10	3,4 - 5,4	matige wind
4	11 - 16	5,5 - 7,9	matige wind
5	17 - 21	8,0 - 10,7	vrij krachtige wind
6	22 - 27	10,8 - 13,8	krachtige wind
7	28 - 33	13,9 - 17,1	harde wind
8	34 - 40	17,2 - 20,7	stormachtige wind
9	41 - 47	20,8 - 24,4	storm
10	48 - 55	24,5 - 28,4	zware storm
11	56 - 63	28,5 - 32,6	zeer zware storm
12	>63	>32,6	orkaan

1 knoop = 1 zeemijl per uur = 1852 m/h = 0,514 m/s

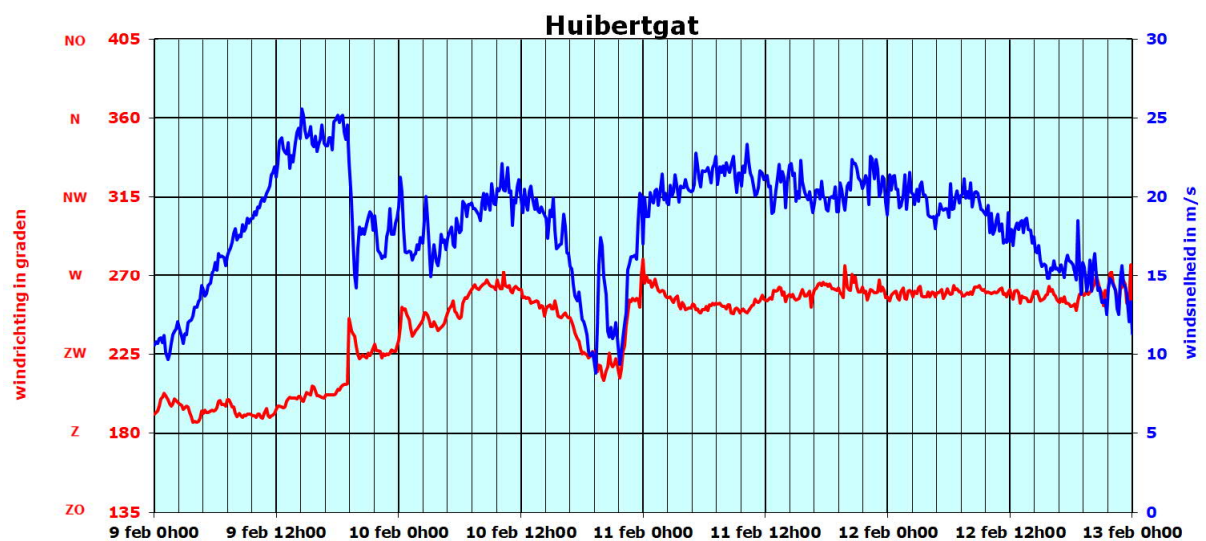
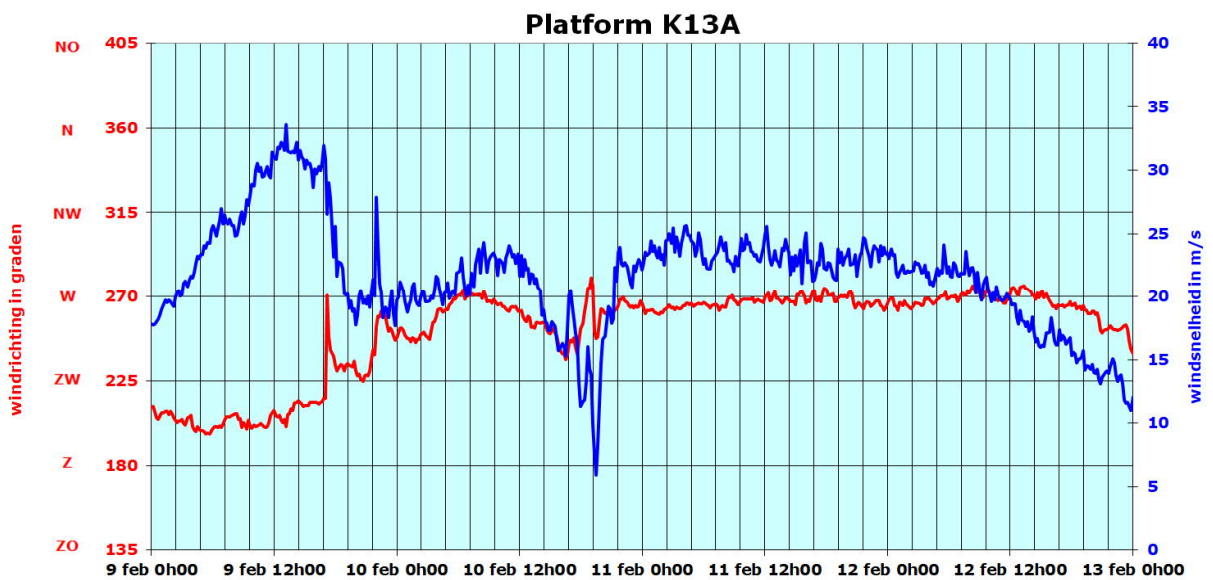
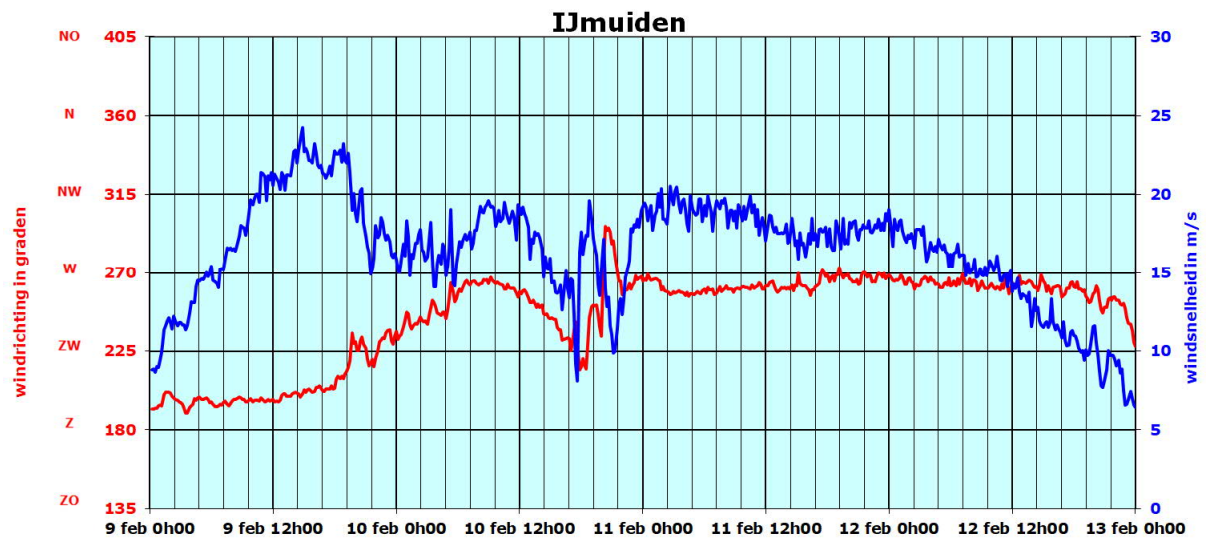
Bijlage 5
Windsnelheid, -richting en luchtdruk vanuit model HiRLAM



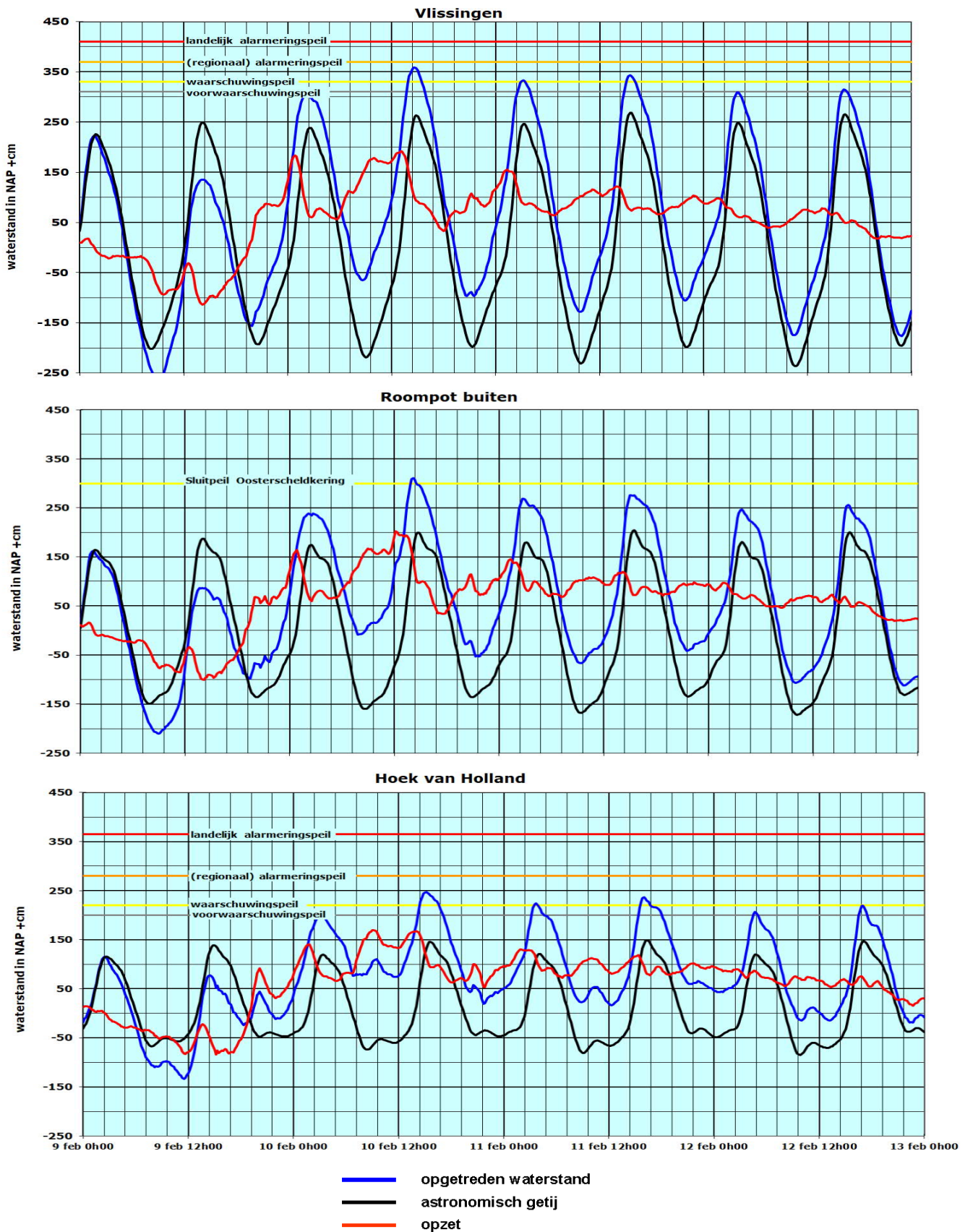
Bijlage 6 opgetreden windgegevens



Vervolg bijlage 6 opgetreden windgegevens

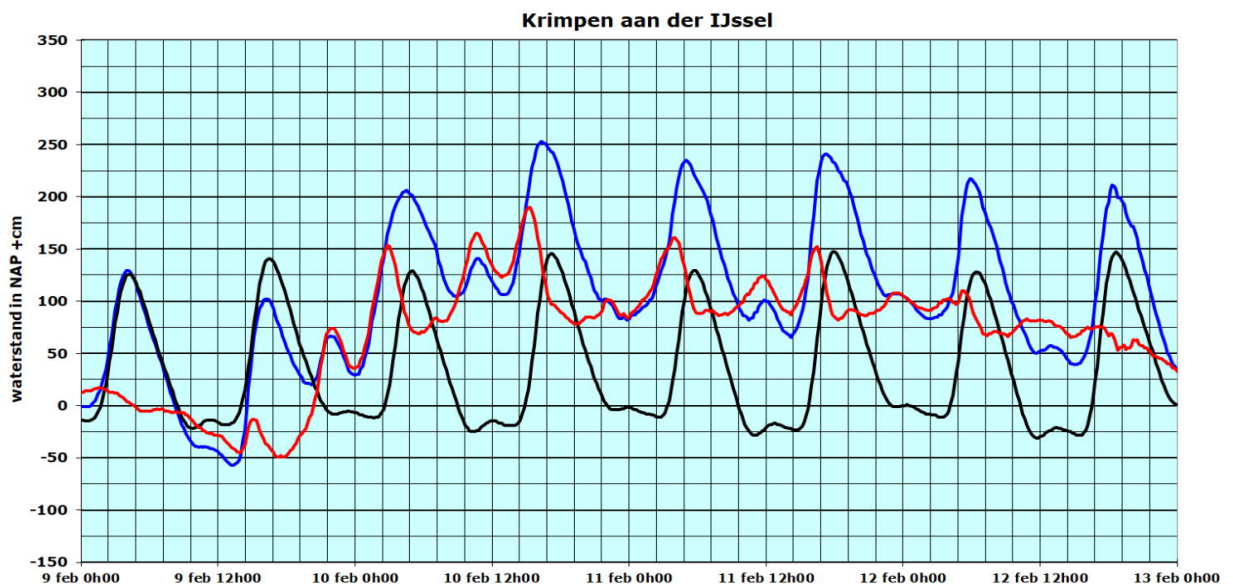
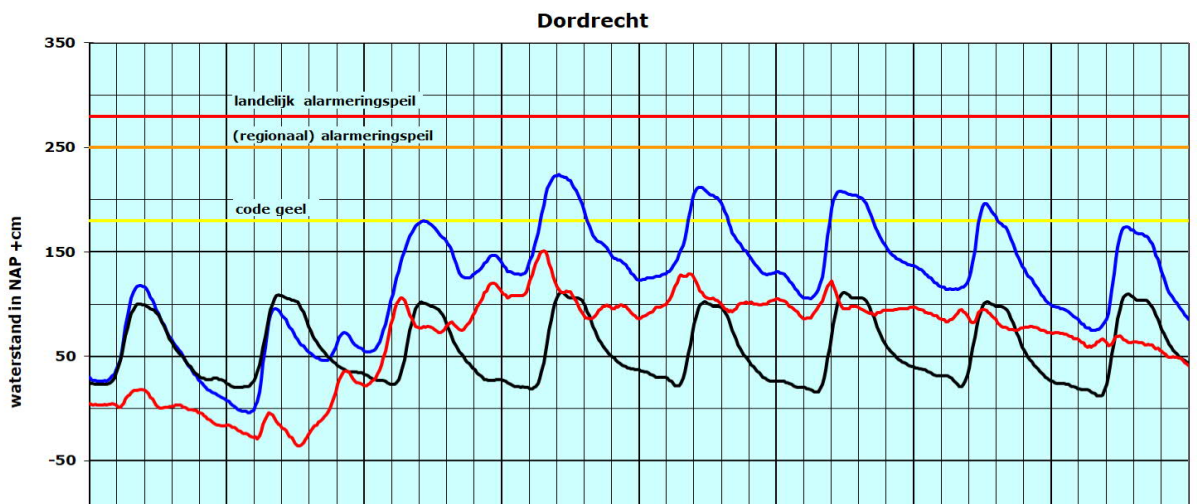
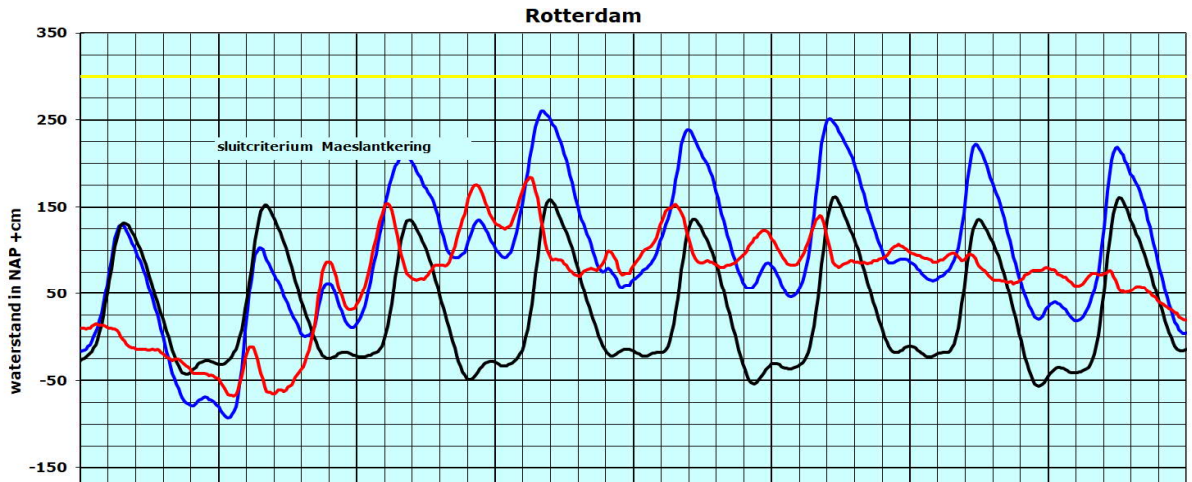


Bijlage 7 Opgetreden en astronomische waterstanden en opzetten



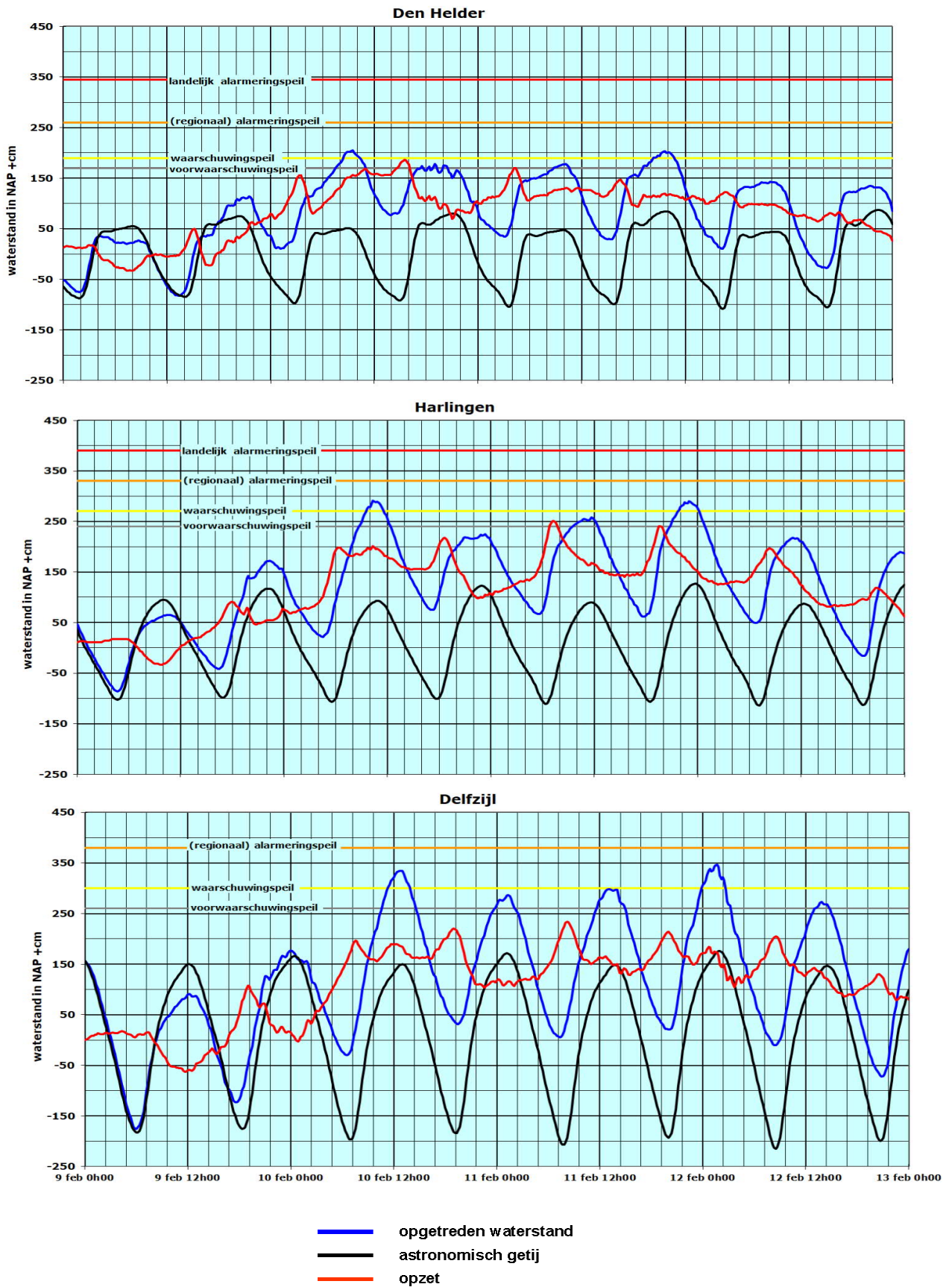
Vervolg bijlage 7

Opgetreden en astronomische waterstanden en opzetten



- opgetreden waterstand
- astronomisch getij
- opzet

Vervolg bijlage 7
Opgetreden en astronomische waterstanden en opzetten



Bijlage 8

Overzicht verwachte en opgetreden HW-standen

datum 2020	station	astronomisch HW volgens getijtafel		door WMCN 12 uur voor HW verwachte HW-stand	opgetreden HW		vervroeging (-) of verlatening (+) van het HW	scheve opzet	opgetreden HW-stand tov verwachte HW-stand	alarmpeil	verwachte HW-stand tov alarmpeil	opgetreden HW-stand tov alarmpeil	waarschu- wingspeil	verwachte HW-stand tov waarschu- wingspeil	opgetreden HW-stand tov waarschu- wingspeil
		tijd in MET	hoogte in NAP +cm	hoogte in NAP +cm	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	minuten	cm	cm	NAP +cm	cm	cm	NAP +cm	cm	cm
1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8	9	10a	10b	11	12a	12b
10 feb	Vlissingen	2h35	238	315	2h10	304	-25	66	-11	370	-55	-66	330	-15	-26
10 feb	Roompot buiten 1)	2h26	174	248	2h10	238	-16	64	-10	300	-52	-62	275	-27	-37
10 feb	Hoek van Holland	3h21	120	210	3h10	198	-11	78	-12	280	-70	-82	220	-10	-22
10 feb	Rotterdam 2)	4h35	135	224	4h00	209	-35	74	-15	300	-76	-91	260	-36	-51
10 feb	Dordrecht	4h59	102	189	5h10	180	+11	78	-9	250	-61	-70	-	-	-
10 feb	Den Helder	8h59	51	210	9h30	205	+31	154	-5	260	-50	-55	190	+20	+15
10 feb	Harlingen	10h55	93	290	10h20	291	-35	198	+1	330	-40	-39	270	+20	+21
10 feb	Delfzijl	13h00	150	350	12h40	334	-20	184	-16	380	-30	-46	300	+50	+34
10 feb	Vlissingen	14h50	263	360	14h40	359	-10	96	-1	370	-10	-11	330	+30	+29
10 feb	Roompot buiten 1)	14h45	199	305	14h10	311	-35	112	+6	300	+5	+11	275	+30	+36
10 feb	Hoek van Holland	15h35	147	240	15h10	247	-25	100	+7	280	-40	-33	220	+20	+27
10 feb	Rotterdam 2)	16h45	158	250	16h00	260	-45	102	+10	300	-50	-40	260	-10	+0
10 feb	Dordrecht	17h14	111	220	17h00	224	-14	113	+4	250	-30	-26	-	-	-
10 feb	Den Helder	21h10	80	190	19h00	178	-130	98	-12	260	-70	-82	190	+0	-12
10 feb	Harlingen	22h55	123	260	23h20	225	+25	102	-35	330	-70	-105	270	-10	-45
11 feb	Delfzijl	1h10	172	320	1h20	287	+10	115	-33	380	-60	-93	300	+20	-13
11 feb	Vlissingen	3h15	247	360	3h10	333	-5	86	-27	370	-10	-37	330	+30	+3
11 feb	Roompot buiten 1)	3h06	180	290	2h40	269	-26	89	-21	300	-10	-31	275	+15	-6
11 feb	Hoek van Holland	4h04	121	220	3h40	224	-24	103	+4	280	-60	-56	220	+0	+4
11 feb	Rotterdam 2)	5h15	136	243	4h50	239	-25	103	-4	300	-57	-61	260	-17	-21
11 feb	Dordrecht	5h44	102	213	5h20	212	-24	110	-1	250	-37	-38	-	-	-
11 feb	Den Helder	9h51	48	180	10h10	178	+19	130	-2	260	-80	-82	190	-10	-12
11 feb	Harlingen	11h42	90	270	11h40	258	-2	168	-12	330	-60	-72	270	+0	-12
11 feb	Delfzijl	13h46	148	310	13h10	298	-36	150	-12	380	-70	-82	300	+10	-2

360 Waterstand boven plaatselijk grenspeil

1) Waterstandsverwachting geldt voor open Oosterscheldekering

Alarmpeil Roompot buiten = Sluitpeil Oosterscheldekering

Waarschuingspeil Roompot buiten = Alarmfase Oosterscheldekering

2) Waterstandsverwachting geldt voor open Maeslantkering

Alarmpeil Rotterdam = sluitcriterium Maeslantkering

Waarschuingspeil Rotterdam = Alarmfase Maeslantkering

Bijlage 8
 Vervolg overzicht verwachte en opgetreden HW-standen

datum 2020	station	astronomisch HW volgens getijtafel		door WMCN 12 uur voor HW verwachte HW-stand	opgetreden HW		vervroeging (-) of verlating (+) van het HW	scheve opzet	opgetreden HW-stand tov verwachte HW-stand	alarmpeil	verwachte HW-stand tov alarmpeil	opgetreden HW-stand tov alarmpeil	waarschu- wingspeil	verwachte HW-stand tov waarschu- wingspeil	opgetreden HW-stand tov waarschu- wingspeil
		tijd in MET	hoogte in NAP +cm	hoogte in NAP +cm	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	minuten	cm	cm	NAP +cm	cm	cm	NAP +cm	cm	cm
							(5a-3a)	(5b-3b)	(5b-4)		(4-9)	(5b-8)		(4-11)	(5b-11)
1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8	9	10a	10b	11	12a	12b
11 feb	Vlissingen	15h35	269	330	15h30	343	-5	74	+13	370	-40	-27	330	+0	+13
11 feb	Roompot buiten 1)	15h26	204	290	15h10	276	-16	72	-14	300	-10	-24	275	+15	+1
11 feb	Hoek van Holland	16h18	149	220	16h00	237	-18	88	+17	280	-60	-43	220	+0	+17
11 feb	Rotterdam 2)	17h27	162	240	17h10	251	-17	89	+11	300	-60	-49	260	-20	-9
11 feb	Dordrecht	17h54	111	209	17h40	208	-14	97	-1	250	-41	-42	-	-	-
11 feb	Den Helder	21h49	84	200	21h30	203	-19	119	+3	260	-60	-57	190	+10	+13
11 feb	Harlingen	23h44	127	280	23h00	290	-44	163	+10	330	-50	-40	270	+10	+20
12 feb	Delfzijl	1h55	176	340	1h40	347	-15	171	+7	380	-40	-33	300	+40	+47
12 feb	Vlissingen	3h57	248	310	3h50	309	-7	61	-1	370	-60	-61	330	-20	-21
12 feb	Roompot buiten 1)	3h50	181	250	3h50	247	+0	66	-3	300	-50	-53	275	-25	-28
12 feb	Hoek van Holland	4h45	120	205	4h40	207	-5	87	+2	280	-75	-73	220	-15	-13
12 feb	Rotterdam 2)	5h57	136	220	5h50	222	-7	86	+2	300	-80	-78	260	-40	-38
12 feb	Dordrecht	6h23	102	193	6h10	196	-13	94	+3	250	-57	-54	-	-	-
12 feb	Den Helder	10h40	44	145	9h50	143	-50	99	-2	260	-115	-117	190	-45	-47
12 feb	Harlingen	12h20	88	215	11h00	218	-80	130	+3	330	-115	-112	270	-55	-52
12 feb	Delfzijl	14h30	147	270	13h50	273	-40	126	+3	380	-110	-107	300	-30	-27
12 feb	Vlissingen	16h16	265	310	16h10	315	-6	50	+5	370	-60	-55	330	-20	-15
12 feb	Roompot buiten 1)	16h11	200	250	16h00	256	-11	56	+6	300	-50	-44	275	-25	-19
12 feb	Hoek van Holland	17h05	147	195	16h50	219	-15	72	+24	280	-85	-61	220	-25	-1
12 feb	Rotterdam 2)	18h12	161	201	18h00	219	-12	58	+18	300	-99	-81	260	-59	-41
12 feb	Dordrecht	16h17	110	163	18h30	174	+133	64	+11	250	-87	-76	-	-	-
12 feb	Den Helder	22h22	87	140	21h20	135	-62	48	-5	260	-120	-125	190	-50	-55
12 feb	Harlingen	0h30	129	200	23h30	190	-60	61	-10	330	-130	-140	270	-70	-80
12 feb	Delfzijl	2h35	177	247	2h20	243	-15	66	-4	380	-133	-137	300	-53	-57

360 Waterstand boven plaatselijk grenspeil

1) Waterstandsverwachting geldt voor open Oosterscheldekering

Alarmpeil Roompot buiten = Sluitpeil Oosterscheldekering

Waarschuingspeil Roompot buiten = Alarmfase Oosterscheldekering

2) Waterstandsverwachting geldt voor open Maeslantkering

Alarmpeil Rotterdam = sluitcriterium Maeslantkering

Waarschuingspeil Rotterdam = Alarmfase Maeslantkering

Bijlage 9
50 hoogste hoogwaterstanden na 1900
(Den Helder en Harlingen na 1932, Dordrecht na 1970)

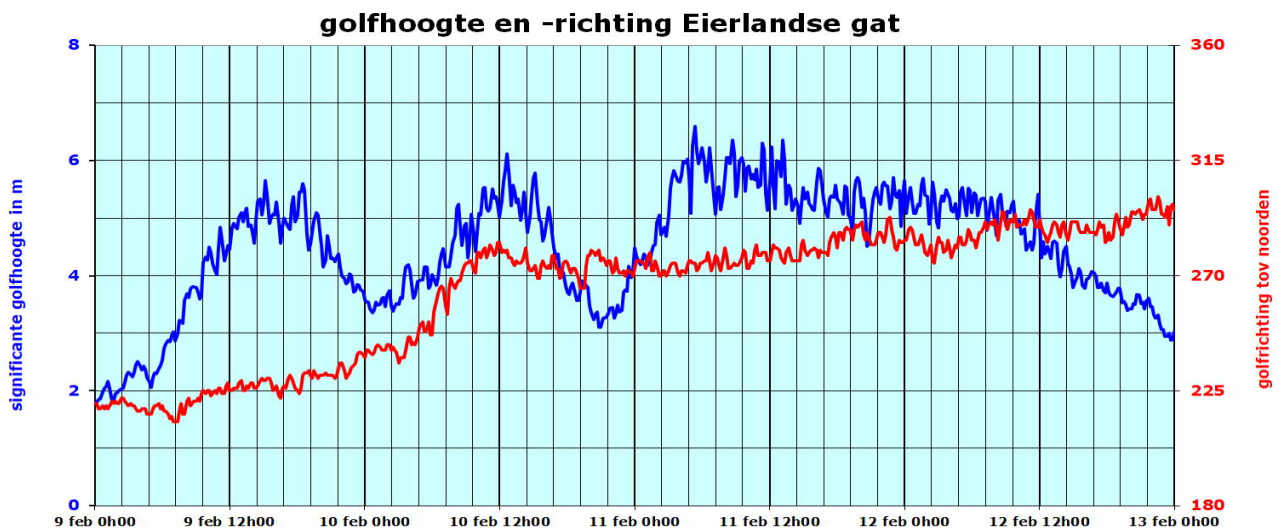
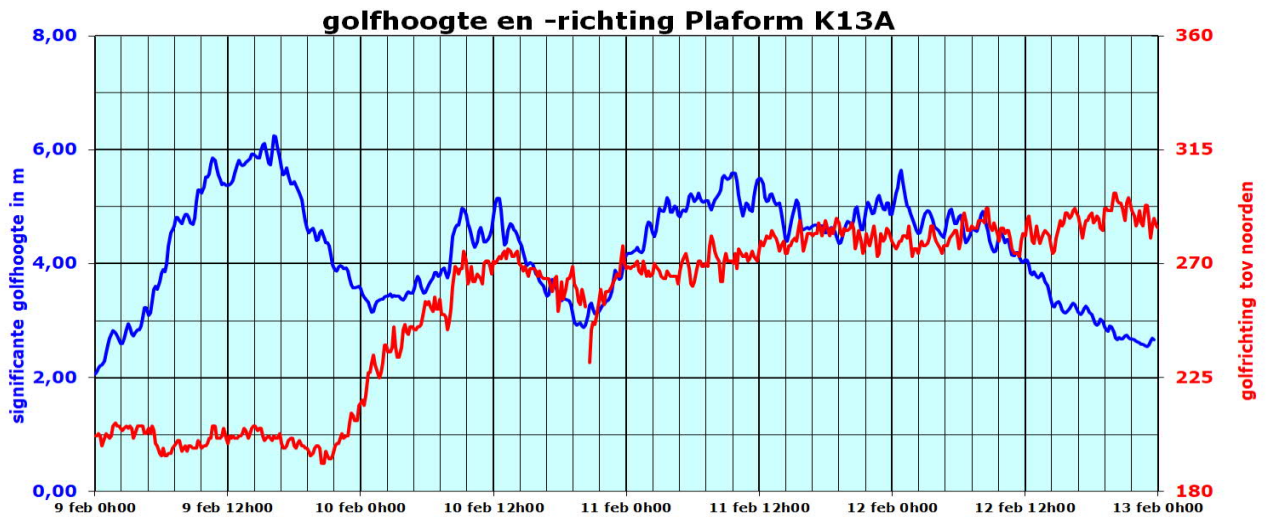
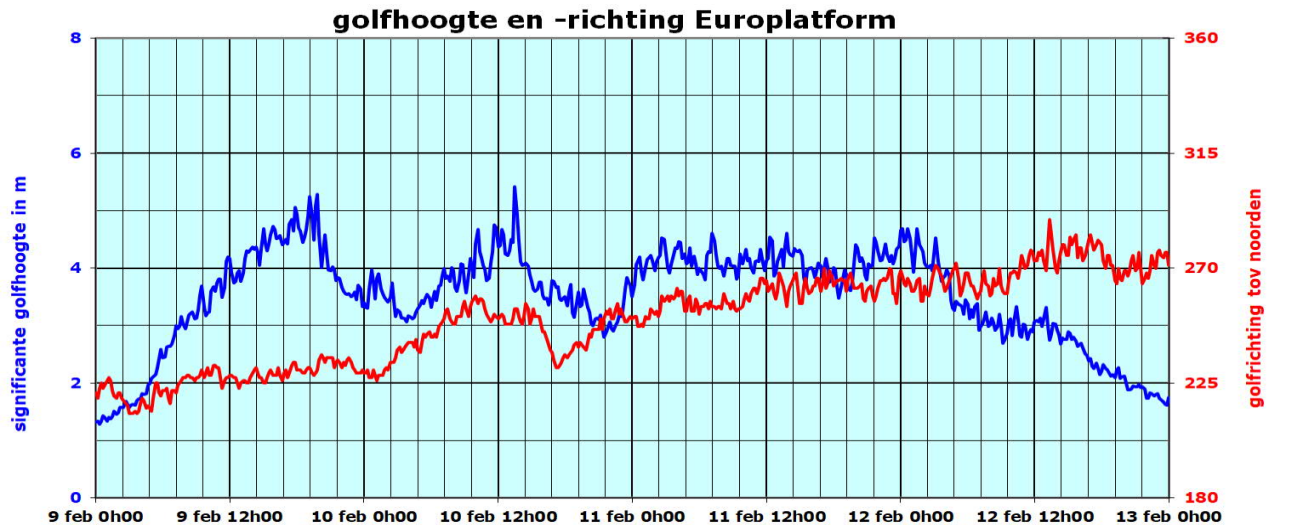
nr	Vlissingen		Hoek van Holland		Dordrecht		Den Helder		Harlingen		Delfzijl	
	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm
1	01-02-1953	455	01-02-1953	385	28-01-1994	250	01-02-1953	325	03-01-1976	369	01-11-2006	483
2	06-12-2013	400	09-11-2007	318	02-01-1995	235	31-01-1953	312	22-12-1954	369	06-12-2013	482
3	03-01-1976	394	06-12-2013	303	02-02-1983	234	03-01-1976	297	26-02-1990	366	28-01-1901	453
4	12-03-1906	392	23-12-1954	300	06-01-2012	233	22-12-1954	289	23-12-1954	366	13-03-1906	451
5	28-01-1994	386	13-01-1916	300	14-12-1973	229	23-12-1954	277	31-01-1953	366	04-02-1944	448
6	27-02-1990	384	03-01-1976	298	28-02-1990	226	26-02-1990	275	01-02-1983	355	16-02-1962	446
7	14-11-1993	383	26-11-1928	296	24-01-1986	226	09-11-2007	271	20-01-1976	353	04-01-1976	435
8	01-03-1949	382	30-12-1904	296	10-02-2020	224	01-02-1983	270	09-11-2007	350	13-01-1916	432
9	26-11-1928	374	12-03-1906	290	03-01-1976	224	21-02-1993	265	28-01-1994	344	06-12-2013	425
10	15-11-1977	373	28-01-1994	288	06-12-2013	222	05-12-2013	254	05-12-2013	342	28-01-1994	425
11	16-11-1966	373	27-02-1990	284	18-12-1974	222	14-02-1989	253	16-02-1962	340	09-11-2007	421
12	15-11-1993	372	16-11-1966	280	28-11-1974	220	01-03-2008	251	01-02-1953	334	19-11-1973	419
13	02-01-1995	371	10-12-1965	280	01-01-1995	219	16-02-1962	251	21-02-1993	331	21-01-1976	408
14	02-02-1983	371	14-02-1989	279	27-02-1990	217	06-12-1940	251	18-01-2007	330	03-01-1976	406
15	28-02-1990	370	14-12-1973	279	02-02-1995	214	27-02-1990	250	27-02-1990	330	10-01-1995	404
16	23-11-1930	370	22-10-2014	277	01-02-1995	214	22-10-2014	248	01-01-1995	329	22-10-2014	402
17	09-11-2007	367	21-03-2008	275	02-01-1995	214	20-01-1976	248	13-12-1973	327	14-12-1973	399
18	21-03-1961	367	21-12-2003	272	25-01-1993	214	18-03-2007	245	01-11-2006	326	31-12-1977	396
19	10-12-1965	365	01-01-1995	271	15-11-1977	213	18-01-2007	242	22-10-2014	321	22-12-1954	393
20	30-12-1904	365	24-12-1954	270	14-12-1973	213	28-01-1994	242	18-03-2007	320	14-01-2017	392
21	01-03-1990	364	01-03-1949	270	11-02-2020	212	12-01-2007	240	20-01-1960	320	27-02-1990	392
22	01-02-1953	364	07-04-1943	268	08-02-2004	210	29-01-1938	240	06-12-2013	319	24-11-1981	391
23	29-08-1996	361	15-11-1977	267	11-02-2020	208	01-11-2006	238	03-01-1976	319	02-02-1983	388
24	03-01-2018	360	26-01-1944	267	06-11-1998	208	02-02-1969	238	01-12-1936	319	28-02-1990	387
25	01-12-1936	360	23-11-1908	266	25-01-1993	208	01-01-1995	237	01-03-2008	318	24-11-1981	385
26	10-02-2020	359	14-11-1993	265	07-02-1984	208	06-12-2013	236	10-01-2015	314	30-01-2000	383
27	26-01-1944	358	25-01-1993	265	27-02-1990	207	10-01-2015	235	12-01-2007	308	02-12-1917	382
28	02-01-1995	357	01-02-1953	265	18-12-1979	207	28-01-1994	234	03-11-1970	305	18-03-2007	379
29	23-12-1954	356	06-12-1940	265	01-03-1990	206	20-12-1991	233	07-12-1940	305	12-01-2007	379
30	27-02-1990	355	01-12-1936	265	22-10-2014	205	13-12-1973	233	14-11-1977	304	11-01-2015	377
31	14-12-1973	355	28-02-1990	264	07-02-1984	205	27-10-2002	231	28-01-1994	303	06-12-1973	373
32	11-11-1992	354	02-02-1983	264	11-12-1974	205	18-12-1979	231	24-11-1981	303	01-03-2008	372
33	24-11-1984	354	06-11-1921	263	21-02-1993	204	20-01-1960	230	30-12-1977	303	12-12-1929	368
34	22-10-2014	353	17-02-1962	262	18-01-1983	204	19-01-1945	230	02-02-1969	302	03-12-1999	366
35	13-01-1916	353	11-11-1912	262	11-01-2015	203	20-10-1935	229	09-01-1958	302	02-01-1995	366
36	29-10-1996	352	02-01-1995	261	05-01-2012	203	01-12-1936	228	12-12-1990	300	28-01-1994	366
37	28-02-1967	352	01-03-1990	261	15-01-1986	203	30-01-2000	227	24-11-1981	300	18-09-1914	366
38	28-11-1974	351	21-01-1976	257	14-12-1981	203	24-11-1981	227	16-11-1973	300	03-12-1917	365
39	13-11-1973	350	23-02-1946	256	04-01-1976	203	09-01-1958	227	20-12-1991	299	29-10-2017	364
40	25-01-1993	349	21-02-1993	254	08-02-1984	202	12-12-1990	225	23-02-1967	299	05-02-1999	359
41	13-11-1977	349	02-02-1969	254	04-01-1984	201	13-11-1973	224	13-01-2017	298	13-11-1973	357
42	21-01-1976	349	02-12-1917	254	16-12-1979	201	21-11-1971	222	30-11-1966	298	16-11-1973	356
43	14-12-1973	349	29-10-1996	253	24-11-1977	201	07-04-1943	222	16-12-1982	297	13-03-1994	354
44	13-11-1977	345	01-12-1936	253	18-12-1974	201	05-12-1988	220	25-01-1993	296	02-11-1921	354
45	05-10-1967	344	23-11-1930	253	06-12-2013	200	14-01-1986	220	14-02-1989	296	08-04-1943	353
46	16-10-1958	344	08-02-2004	252	21-03-2008	200	16-12-1982	220	13-11-1973	296	07-01-1905	353
47	11-02-2020	343	22-12-1954	252	28-10-1974	200	30-12-1977	220	13-03-1994	295	12-12-1990	351
48	21-02-1993	343	20-04-1980	251	27-01-1995	199	23-02-1967	219	18-01-1983	295	10-10-1926	351
49	22-11-1903	343	03-01-2018	250	30-12-1977	199	21-12-2003	218	19-01-1945	294	20-12-1993	350
50	30-09-2019	342	26-02-1990	250	28-10-1974	199	03-01-1984	218	29-01-1938	294	23-01-1993	350

10-2-2020 359
11-2-2020 343
10-02-2020 224
11-02-2020 212
11-02-2020 208

Waterstand boven landelijk alarmeringspeil (code rood)
 Waterstand boven (regionaal) alarmeringspeil (code oranje)
 Waterstand boven waarschuwingspeil (code geel)

10-2-2020 359 waterstand opgetreden tijdens stormvloed van 9-12 februari 2020

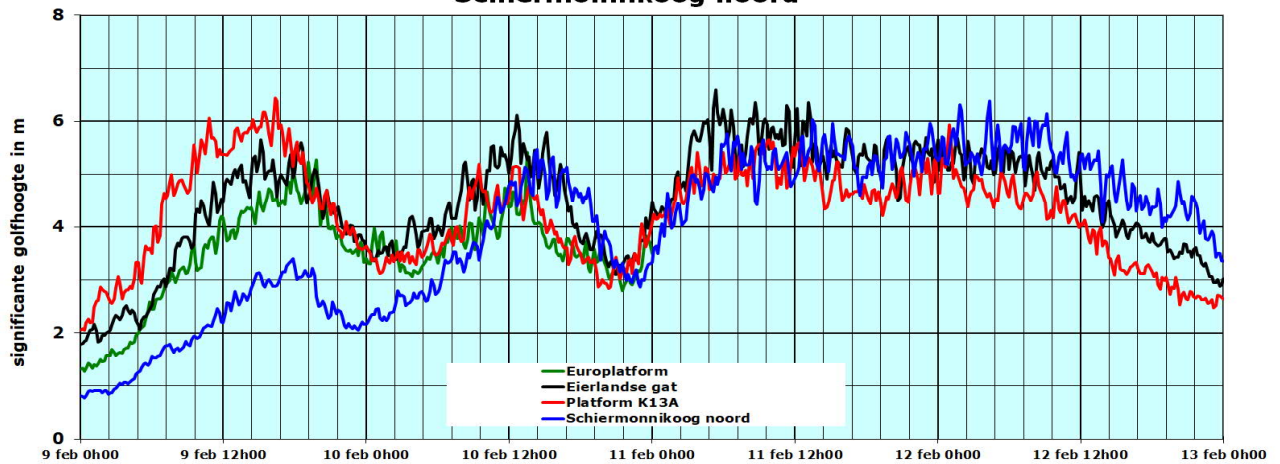
Bijlage 10
Opgetreden golfhoogten, -richtingen en -perioden



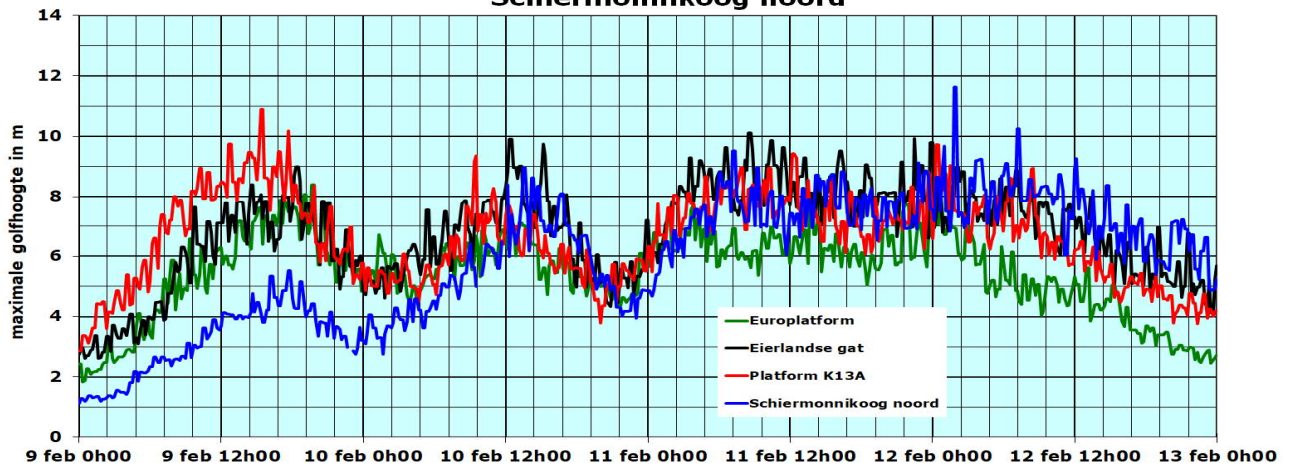
— golfrichting
— significante golfhoogte

Vervolg bijlage 10
Opgetreden golfhoogten, -richtingen en -perioden

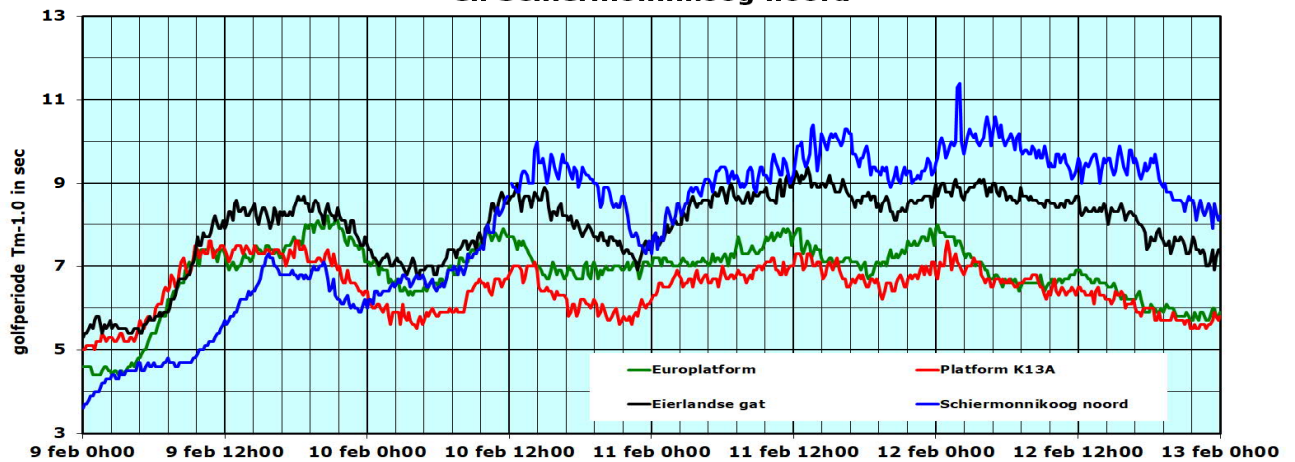
significante golfhoogte Europlatform, Platform K13A, Eierlandse gat en Schiermonnikoog noord



maximale golfhoogte Europlatform, Platform K13, Eierlandse gat en Schiermonnikoog noord



golfperiode (Tm-1.0) Europlatform, Platform K13A, Eierlandse gat en Schiermonnikoog noord



Bijlage 11

50 hoogste globaal gecorrigeerde golfperiodes na 1979

nr	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
	datum	sec	datum	sec	datum	sec	datum	sec	datum	sec
1	8-10-1998	9,5	13-12-1990	10,4	9-11-2007	12,2	12-12-1990	13,0	9-11-2007	14,1
2	13-12-1990	9,4	7-12-2013	10,3	12-12-1990	12,0	9-11-2007	12,1	12-12-1990	13,4
3	7-12-2013	9,0	12-1-1995	9,7	14-1-2017	11,8	13-1-2017	11,7	30-1-2000	12,9
4	12-1-1995	9,0	9-11-2007	9,4	6-12-2013	11,8	6-12-2013	11,7	21-2-1993	12,7
5	19-2-1996	9,0	29-2-1988	9,4	2-1-1995	11,8	21-2-1993	11,7	13-1-2017	12,6
6	8-11-2001	8,9	21-2-1993	9,3	21-2-1993	11,2	1-1-1995	11,2	29-2-1988	12,1
7	2-3-1987	8,8	19-2-1996	9,3	10-1-1995	11,1	30-1-2000	11,2	29-10-2017	12,1
8	15-11-1993	8,8	14-11-1993	9,3	18-10-1991	11,1	18-10-1991	11,2	28-1-1994	12,0
9	21-2-1993	8,7	2-1-1995	9,2	29-10-2017	11,0	28-1-1994	11,1	8-1-2019	11,9
10	13-9-1998	8,5	14-1-2017	9,1	29-2-1988	10,8	10-1-1995	11,1	5-2-1999	11,9
11	29-2-1988	8,5	4-4-2000	9,0	6-11-1985	10,5	8-1-2019	11,0	24-11-1981	11,6
12	5-4-2000	8,4	25-1-1990	8,9	11-11-1985	10,4	5-2-1999	10,8	11-1-2015	11,6
13	14-1-2017	8,4	21-3-2007	8,9	17-4-1991	10,4	17-4-1991	10,6	14-2-1989	11,5
14	2-1-1995	8,3	8-1-2019	8,9	30-1-2000	10,4	20-4-1980	10,6	6-11-1985	11,4
15	12-4-1985	8,3	29-10-2017	8,8	2-11-1985	10,4	20-11-1987	10,5	22-10-2014	11,4
16	14-2-1989	8,3	1-1-1985	8,8	20-4-1980	10,3	1-1-1985	10,2	19-11-1992	11,3
17	10-12-1990	8,2	17-4-1991	8,7	28-1-1994	10,3	28-12-2001	10,2	18-1-1983	11,1
18	29-8-1996	8,2	23-2-1988	8,7	22-10-2014	10,3	1-1-1981	10,1	3-11-1985	11,0
19	8-10-1989	8,2	19-1-1983	8,7	26-12-2001	10,3	15-11-1993	10,1	12-2-2020	10,9
20	22-12-2001	8,2	22-10-2014	8,7	28-2-1993	10,2	26-12-2001	10,1	26-12-2001	10,9
21	28-4-1985	8,1	3-3-1984	8,7	19-2-1993	10,2	16-9-1994	10,0	3-12-1999	10,9
22	14-12-1993	8,1	16-4-1992	8,7	18-1-2007	10,1	25-11-1981	10,0	1-3-2008	10,8
23	20-1-1998	8,1	17-2-1999	8,6	28-4-1985	10,1	18-1-2007	10,0	30-10-1996	10,8
24	20-3-2007	8,1	8-11-2001	8,6	5-2-1999	10,1	2-10-1991	10,0	15-12-2000	10,6
25	21-11-1987	8,1	14-12-1993	8,6	15-11-1993	10,1	3-1-2018	9,9	25-1-1993	10,5
26	26-3-1983	8,0	10-12-1983	8,6	21-11-1987	10,1	25-1-1993	9,9	27-12-1991	10,5
27	13-9-1996	8,0	28-1-1990	8,5	27-3-1995	10,0	23-11-2001	9,9	22-11-2001	10,5
28	14-1-1984	8,0	8-10-1998	8,5	20-3-2007	9,9	15-12-2000	9,9	18-12-1979	10,5
29	12-10-1998	8,0	28-2-1993	8,5	21-3-2008	9,8	16-1-1981	9,9	17-2-1999	10,5
30	24-1-1986	8,0	27-10-2002	8,5	16-9-1994	9,8	20-2-2007	9,8	3-12-1980	10,4
31	27-2-1990	8,0	28-4-1985	8,5	20-1-1998	9,8	1-2-1983	9,8	2-2-1983	10,3
32	2-11-1986	8,0	18-10-1991	8,4	19-1-1983	9,8	29-2-1988	9,7	12-1-2007	10,3
33	23-2-1988	7,9	21-3-2008	8,4	1-1-1981	9,8	14-1-1984	9,7	28-2-1993	10,3
34	26-1-1995	7,9	20-12-2001	8,4	17-2-1999	9,7	19-12-1986	9,6	20-12-1993	10,3
35	5-2-1999	7,9	16-10-1987	8,4	4-4-2000	9,7	16-4-1992	9,6	21-12-1991	10,2
36	7-1-1985	7,9	6-11-1985	8,4	15-1-1984	9,7	3-11-1985	9,6	8-1-1984	10,2
37	28-11-1980	7,9	26-12-2001	8,4	4-3-2000	9,7	10-9-2001	9,6	24-12-1988	10,2
38	22-10-2014	7,8	28-1-1994	8,3	29-10-1996	9,7	28-2-1993	9,6	29-1-2002	10,2
39	2-3-1990	7,8	16-11-1995	8,3	28-10-2002	9,7	5-1-1998	9,5	5-11-1981	10,2
40	25-10-1998	7,8	13-9-1996	8,3	5-1-1998	9,6	27-2-1990	9,5	23-1-1993	10,2
41	25-1-1990	7,8	14-11-2001	8,3	15-1-1986	9,6	3-12-1999	9,5	15-12-1980	10,1
42	7-12-1988	7,8	24-1-1986	8,3	25-1-1990	9,6	9-12-1993	9,5	16-12-1982	10,1
43	27-10-2002	7,8	1-2-1986	8,3	3-12-1980	9,6	20-9-1990	9,5	29-10-1988	10,1
44	1-2-1986	7,8	5-2-1999	8,3	6-11-1999	9,5	23-2-2002	9,4	17-1-1984	10,1
45	20-10-1986	7,8	16-9-1994	8,3	16-10-1987	9,5	28-11-1980	9,4	28-12-2001	10,0
46	29-10-2017	7,8	6-1-1985	8,3	1-3-1998	9,5	18-11-1980	9,4	21-11-1981	10,0
47	21-2-2002	7,8	1-4-1994	8,3	16-4-1992	9,5	12-9-1996	9,4	27-12-1998	10,0
48	15-2-1990	7,8	6-11-1999	8,3	16-12-2000	9,5	9-1-1991	9,4	6-11-1996	10,0
49	12-4-1983	7,8	13-9-1998	8,3	21-8-1980	9,4	4-4-2000	9,4	28-10-2002	10,0
50	12-2-1990	7,8	29-8-1996	8,3	23-11-2001	9,4	14-2-1989	9,3	21-11-1987	10,0

0,0 9-2-2020 8,1 9-2-2020 8,1 11-2-2020 9,3 12-2-2020 10,9

N.B. Meetgegevens bij de meetlocatie Scheur West Wandelaar ontbreken tijdens deze stormvloed.

Bijlage 12

50 hoogse globaal gecorrigeerde significante golfhoogten na 1979

nr	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
	datum	m	datum	m	datum	m	datum	m	datum	m
1	1-3-1990	4,5	25-1-1990	6,5	9-11-2007	7,4	1-11-2006	7,6	9-11-2007	8,3
2	29-8-1996	4,4	14-11-1993	6,4	14-1-1984	7,1	13-1-2017	7,5	13-1-2017	7,9
3	8-11-2001	4,3	16-10-1987	6,4	21-2-1993	7,1	12-12-1990	7,4	29-10-2017	7,5
4	14-11-1993	4,3	12-12-1990	6,3	27-10-2002	7,0	9-11-2007	7,4	22-10-2014	7,5
5	19-2-1996	4,2	27-10-2002	6,0	12-12-1990	6,8	3-1-2018	7,3	12-12-1990	7,5
6	12-4-1985	4,2	9-11-2007	6,0	1-11-2006	6,7	21-2-1993	7,2	21-2-1993	7,4
7	12-1-1995	4,1	19-12-1986	5,8	29-10-2017	6,6	18-1-2007	7,0	24-11-1981	7,2
8	21-2-1993	4,1	21-2-1993	5,6	2-1-1995	6,5	8-1-2019	6,9	5-2-1999	7,1
9	12-12-1990	4,0	8-11-2001	5,5	6-12-2013	6,5	28-12-2001	6,7	8-1-2019	7,1
10	2-3-1987	4,0	1-4-1994	5,4	25-1-1990	6,4	28-1-1994	6,7	30-1-2000	7,1
11	27-10-2002	4,0	22-10-2014	5,4	12-1-1995	6,4	25-1-1993	6,6	28-1-1994	7,0
12	28-1-1994	4,0	12-1-1995	5,4	22-10-2014	6,3	2-10-1991	6,6	10-1-2015	6,9
13	26-1-1995	4,0	29-2-1988	5,4	25-1-1993	6,0	10-1-1995	6,6	14-2-1989	6,7
14	15-2-1990	3,9	15-2-1990	5,4	28-1-1994	6,0	6-1-1991	6,5	1-3-2008	6,4
15	22-10-2014	3,9	19-2-1996	5,3	9-3-1990	6,0	2-1-1995	6,5	1-2-1983	6,3
16	24-1-1986	3,9	27-2-1990	5,3	14-11-1993	5,9	4-1-1998	6,4	18-1-1983	6,2
17	19-12-1986	3,9	14-2-1989	5,3	5-2-1999	5,9	14-1-1984	6,4	27-10-2002	6,1
18	25-1-1990	3,8	28-1-1994	5,2	27-2-1990	5,9	9-12-1993	6,4	12-2-2020	6,1
19	14-2-1989	3,8	5-1-1998	5,2	1-3-2008	5,8	6-12-2013	6,4	6-11-1985	6,1
20	4-4-2000	3,8	20-10-1986	5,2	18-1-2007	5,8	25-1-1990	6,4	12-1-2007	6,1
21	15-1-1986	3,8	27-3-1987	5,2	29-2-1988	5,7	14-2-1989	6,4	22-11-2001	6,0
22	20-1-1998	3,8	25-10-1998	5,2	5-1-1998	5,7	11-2-2020	6,3	27-12-1991	5,9
23	11-11-1992	3,8	19-1-1986	5,1	14-1-2017	5,6	27-10-2002	6,3	3-12-1999	5,9
24	28-4-1985	3,7	1-1-1985	5,1	18-12-1979	5,6	5-2-1999	6,2	23-2-2002	5,9
25	1-11-2006	3,7	9-12-1993	5,1	4-1-1984	5,6	1-2-1983	6,2	28-4-1985	5,8
26	29-2-1988	3,7	1-1-1995	5,1	15-1-1986	5,5	27-2-1990	6,1	7-10-1990	5,8
27	11-3-1998	3,7	13-1-2017	5,1	1-4-1994	5,5	26-2-2002	6,0	29-10-1996	5,7
28	14-9-1998	3,7	5-12-2013	5,1	2-10-1991	5,5	6-11-1985	6,0	16-3-2007	5,7
29	20-10-1986	3,7	6-1-1991	5,0	14-2-1989	5,5	18-1-1983	6,0	9-9-2001	5,6
30	3-3-1984	3,7	9-2-2020	5,0	20-11-1987	5,5	18-3-2007	5,9	25-1-1993	5,6
31	3-2-1990	3,7	15-12-1979	5,0	11-1-2007	5,4	18-11-1990	5,9	28-12-1990	5,5
32	13-1-2017	3,6	17-3-1994	5,0	20-1-1998	5,3	1-1-1985	5,9	19-11-1992	5,5
33	11-1-1979	3,6	15-1-1986	5,0	16-9-1994	5,3	21-2-2002	5,9	20-12-1993	5,5
34	29-10-1996	3,6	1-11-2006	4,9	14-2-1990	5,3	3-1-1984	5,8	18-11-1990	5,5
35	1-1-1985	3,6	24-1-1986	4,9	17-3-1994	5,3	19-12-1986	5,8	17-2-1999	5,5
36	18-12-1979	3,6	6-1-1988	4,9	6-1-1991	5,3	3-12-1999	5,8	16-12-1982	5,4
37	8-10-1989	3,6	13-9-1998	4,9	20-4-1980	5,3	29-2-1988	5,8	4-1-1984	5,4
38	28-11-1980	3,6	3-3-1984	4,9	23-9-1988	5,3	18-12-1979	5,7	28-12-2001	5,4
39	15-12-1979	3,6	3-12-1999	4,9	28-4-1985	5,3	15-11-1993	5,7	17-2-1996	5,4
40	21-2-2002	3,6	29-10-1996	4,9	10-1-1995	5,3	28-4-1985	5,7	14-2-1990	5,4
41	9-12-1993	3,6	25-1-1993	4,9	28-12-2001	5,3	18-3-1995	5,7	9-1-1991	5,4
42	28-5-2000	3,6	12-4-1985	4,9	9-3-2002	5,2	20-11-1987	5,7	20-11-1987	5,3
43	2-1-1995	3,6	17-2-1999	4,9	6-11-1985	5,2	17-2-1999	5,7	19-2-1996	5,3
44	6-12-2001	3,6	14-1-1984	4,9	3-3-1995	5,2	5-12-1988	5,7	8-10-1988	5,3
45	10-12-1990	3,6	3-3-1995	4,9	19-12-1986	5,2	11-1-2007	5,6	15-3-1992	5,3
46	11-3-1982	3,6	3-1-2018	4,8	3-12-1999	5,2	16-9-1998	5,6	6-7-1990	5,3
47	26-3-1983	3,5	27-11-1983	4,8	16-12-1979	5,1	29-10-1996	5,5	4-12-1981	5,3
48	25-1-1993	3,5	1-3-2008	4,8	17-1-1984	5,1	1-1-1981	5,5	3-12-1980	5,3
49	3-5-1987	3,5	28-12-2001	4,8	17-2-1995	5,1	20-4-1980	5,5	28-2-1988	5,3
50	14-1-1984	3,5	20-12-1991	4,8	16-4-1992	5,1	8-10-1988	5,5	17-4-1991	5,2

9-2-2020

0,0

9-2-2020

5,0

9-2-2020

0,0

11-2-2020

6,3

12-2-2020

6,1

N.B. Meetgegevens bij de meetlocaties Scheur West Wandelaar en IJmuiden ontbreken tijdens deze stormvloed.