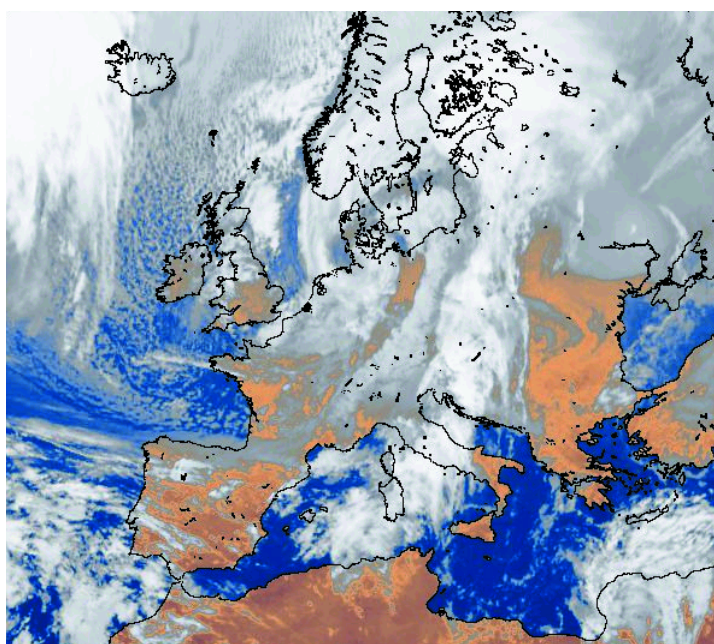


**Verslag van de stormvloed
van 21 en 22 december 2003 (SR82)**



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

VERSLAG VAN DE STORMVLOED van 21 en 22 december 2003 (SR82)



Satellietopname van de storm op 21 december 13h00

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat,
Rijksinstituut voor Kust en Zee
Stormvloedwaarschuwingsdienst/SVSD
Postbus 20907,
2500EX 's-Gravenhage

's-Gravenhage, maart 2004

Inhoud

	Samenvatting	5
	Inleiding	6
1	De weersituatie tijdens de stormvloed	7
2	Waterstanden tijdens de stormvloed	10
3	Analyse van de waterstanden en adviezen	15
4	Classificatie van de stormvloed	18
5	Golven tijdens de stormvloed	19
	Lijst van bijlagen	21

Samenvatting

Een kortdurende, (zeer) zware (noord-)noordwesterstorm over de noordelijke Noordzee veroorzaakte aanzienlijke verhogingen van de waterstanden. Sinds de middelbare stormvloed van 28 januari 1994 was de waterstand bij Hoek van Holland niet meer zo hoog geweest. Tijdens het passeren van de stormvloed zijn de stormvloedkeringen in de Oosterschelde en de Hollandse IJssel gesloten.

Het waarschuwbureau van de SVSD is geopend geweest van zaterdagavond 20 dec 23h00 t/m maandagmorgen 22 december 01h30.

De hoofdingenieur-directeur,

Drs. I. van der Hee MBA

Inleiding

Na de stormvloed van 27 en 28 oktober 2002 (SR81) is het waarschuwingsbureau van de SVSD verschillende malen actief geweest. De gemeten hoogwaterstanden tijdens die hoge vloedden vielen echter buiten het criterium voor een stormvloed, zodat daar geen stormvloedverslagen van zijn gemaakt. Op de volgende datums is het waarschuwingsbureau van de SVSD actief geweest:

- 4 februari 2003, waarschuwingen voor de sectoren Schelde en West Holland;
- 2 april 2003, voorwaarschuwingen voor de sectoren Schelde, West Holland en Delfzijl;
- 7 en 8 oktober 2003, voorwaarschuwingen voor de sectoren Schelde, West Holland en Delfzijl en waarschuwingen voor de sectoren West Holland en Den Helder;
- 8 en 9 oktober 2003, voorwaarschuwingen voor de sector Delfzijl en waarschuwingen voor de sectoren Schelde en West Holland;
- 26 oktober 2003, voorwaarschuwing voor de sector Schelde;
- 14 en 15 december 2003, voorwaarschuwingen voor de sectoren West Holland en Delfzijl en een waarschuwing voor de sector Delfzijl.

Van genoemde hoge vloedden zijn stormvloedflitsen gemaakt. Deze stormvloedflitsen zijn eventueel in te zien op www.watermarkt.nl of zijn aan te vragen bij de SVSD (svsd@rikz.rws.minvenw.nl).

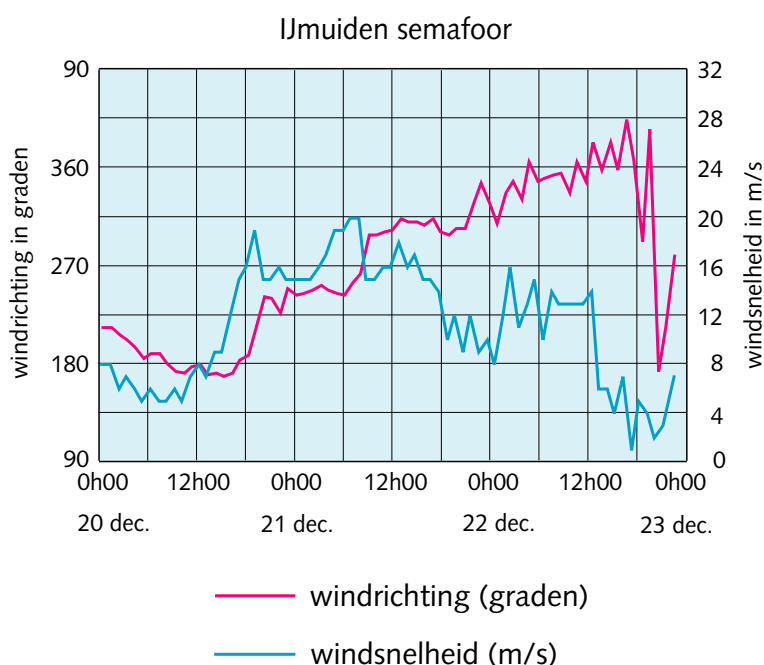
De lage stormvloed van 21 en 22 december was, gezien in het licht van de opgetreden waterstanden, vrij uitzonderlijk. De waterstand die bij Hoek van Holland is opgetreden is sinds 1 januari 1900 slechts 13 maal overschreden. In het gehele kustgebied zijn waterstanden opgetreden die gemiddeld 210 tot 29 maal per 100 jaar voorkomen.

1 De weersituatie tijdens de stormvloed

In dit hoofdstuk wordt een chronologisch overzicht gegeven van de weersgesteldheid tijdens de stormvloed. De informatie die hiervoor benodigd was, is afkomstig uit de logboeken en gegevensbestanden van het KNMI.

Gedurende de stormvloed is door de Stormvloedwaarschuwingsdienst (SVSD) nauw samengewerkt met de Maritiem Meteorologische Dienst van het KNMI. Het KNMI is in de samenwerking verantwoordelijk voor het inwinnen en verwerken van de benodigde meteorologische gegevens en de juiste toepassing van methodieken, die nodig zijn voor het berekenen van de te verwachten waterstandsverhogingen.

In dit stormvloedverslag zijn de gemeten windsnelheden en windrichtingen van Lichteiland Goeree, Euro platform, Hoek van Holland, IJmuiden semafoor, Platform K13A en Platform Aukfield opgenomen. Deze zijn weergegeven in figuur 1 en op bijlage 1.

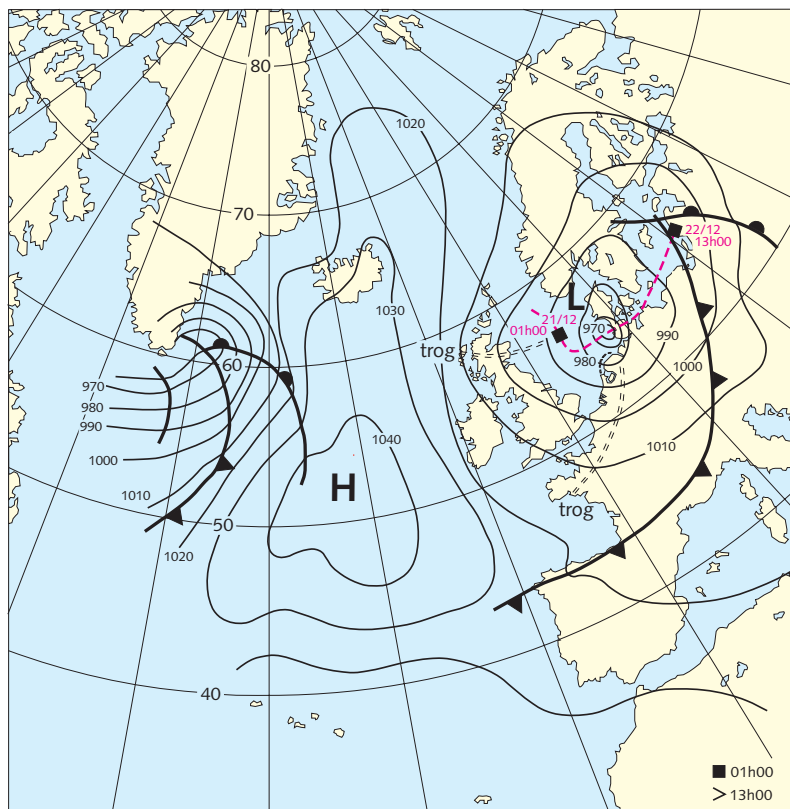


Figuur 1 windverloop bij IJmuiden semafoor

In de weerkaart van het Noord Atlantische gebied is de gemeten luchtdrukverdeling getekend van 21 december voor het tijdstip 13h00 MET (=12h00 UTC). Hiervoor wordt verwezen naar figuur 2 en de bijlage 2.

Chronologisch overzicht van de weersgesteldheid (samengesteld door het KNMI)

Een actief lagedrukgebied met een kerndruk van 974 hPa trekt uitdiepend over de Noordzee naar het zuidoosten richting noord Duitsland. Op zondagmorgen 21 december stond er langs de hele kust een stormachtige noordwestenwind (8 – 9 Bft).



Figuur 2 Luchtdrukverdeling van 21 december 13h00

Op de Noordzee ten noorden van de Waddenzee stond na de passage van het koudefront zelfs enige tijd een zeer zware noord-noordwesterstorm (11 Bft). In de loop van zondag nam de wind langzaam af en ruimde in de loop van de avond verder naar het noorden. Met de noord-noordwestelijke stroming werd zeer koude polaire lucht aangevoerd, waarin regen-, hagel- en natte sneeuwbuien tot ontwikkeling kwamen. In de loop van maandagmorgen nam de wind af tot een krachtige tot harde wind (6 - 7 Bft).

Op 21 december omstreeks 4h00 ligt het lagedrukgebied ten noorden van de westelijke Waddenzee. Langs de Hollandse kust staat een zware zuidwesterstorm (10 Bft). Op het midden van de Noordzee staat een stormachtige wind uit noordelijke richting (8 Bft).

Omstreeks 7h00 is de kerndruk van het lagedrukgebied op de laagste waarde aangekomen. Het ligt ten noorden van de Waddenzee, halverwege tussen Noorwegen en Nederland. De wind op de Hollandse kust is toegenomen tot stormachtig en komt uit westelijke richting. Op het midden van de Noordzee staat inmiddels een noorderstorm (9 Bft).

Zondagmorgen 21 december rond 8 uur trekt het koufront van de depressie over de Nederlandse westkust naar het oosten, waarna de wind langs de kust ruimt naar het noordwesten.

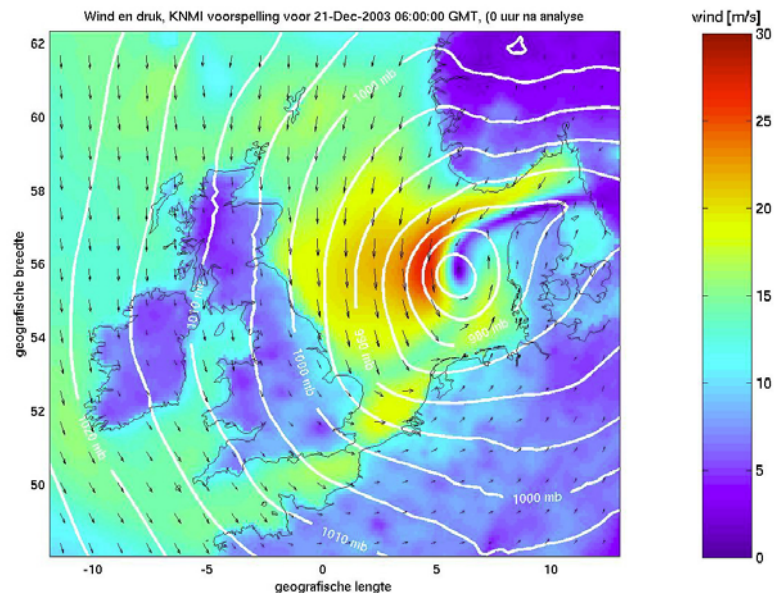
Omstreeks 10h00 licht de kern van de depressie boven het Duitse deel van de Waddenzee. Inmiddels is de wind langs de gehele Noordzeekust geruimd naar west tot noordwest en is de wind tijdelijk afgenomen tot een harde wind (7 Bft). Op het midden van de Noordzee staat een zware noorderstorm (10 Bft). Ten noorden van de Waddenzee staat een korte tijd zelfs een zeer zware noorderstorm.

Omstreeks 13h00 ligt de kern van de depressie boven de Deens-Duitse Waddenkust; de kerndruk is inmiddels opgevuld tot 970 hPa. Langs de Hollandse kust staat een stormachtige noordwestenwind, langs de Waddenkust staat een (zware) noordwesterstorm (9 – 10 Bft). Op de rest van de Noordzee staat een stormachtige noordenwind (8 Bft).

Rond 16h00 is het lagedrukgebied aangekomen boven de westelijke Oostzee en opgevuld tot 978 hPa. De wind langs de kust is afgenomen tot een harde noordwestenwind. In het noordwestelijke deel van de Noordzee is de wind afgenomen tot een harde noordenwind.

In de loop van de avond en nacht trekt de depressie verder (opvullend) naar het oosten. Boven de Waddenzee staat nog enige tijd een harde noordenwind (7 Bft), die later in de avond afneemt tot een krachtige noordenwind (6 Bft). Langs de Engelse oostkust staat nog enige tijd een noord-noordwesterstorm (9 Bft), langs de Hollandse kust staat noch enige tijd een harde noordwestenwind (6 - 7 Bft).

In de loop van de nacht neemt de wind over de gehele Noordzee af tot een krachtige tot harde noordenwind (6 - 7 Bft).



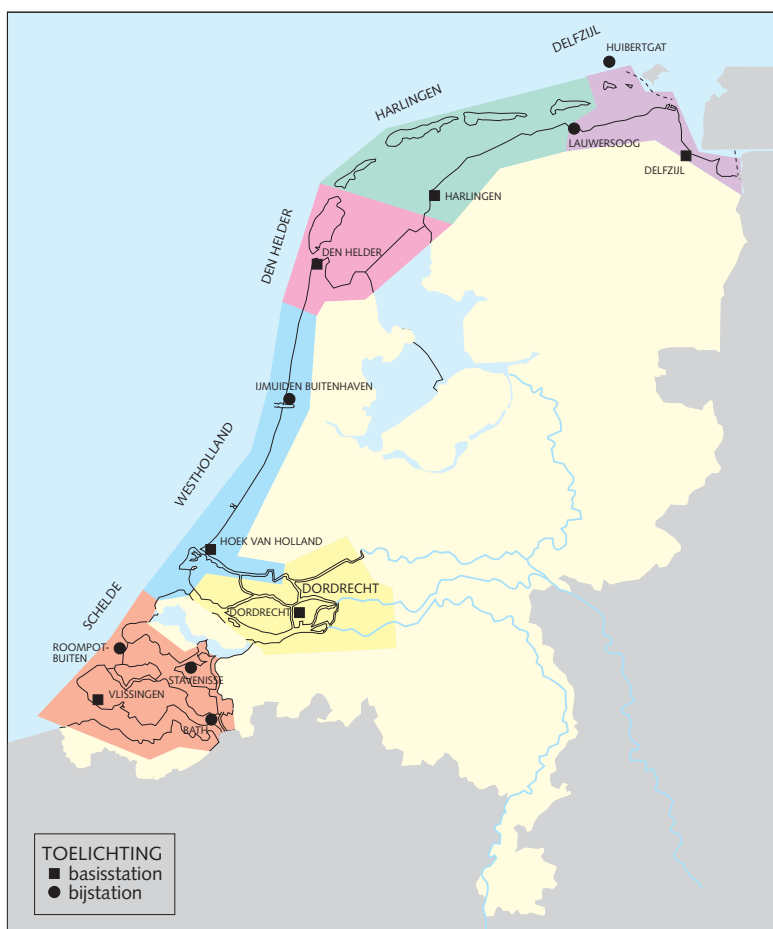
Figuur 3 Wind en luchtdrukverdeling van 21 december 06h00 GMT

2 Waterstanden tijdens de stormvloed

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

De Stormvloedwaarschuwingsdienst is naast een aantal algemene zaken verantwoordelijk voor het bepalen van de te verwachten (hoog) waterstanden, het waarschuwen van de dijk- en keringbeheerders en calamiteitendiensten en het geven van eventuele dijkbewakingsadviezen aan die instanties, het verstrekken van informatie en na een stormvloed vastleggen van de opgetreden verschijnselen in een Stormvloedrapport. Tijdens de zitting van het Waarschuwbureau van de SVSD is voor wat betreft de uitgegeven waterstandsverwachtingen voor Vlissingen en Roompot buiten nauw samengewerkt met het Hydro Meteo Centrum Zeeland van Rijkswaterstaat directie Zeeland. Met betrekking tot de waterstandsverwachtingen voor Hoek van Holland en Dordrecht is nauw samengewerkt met het Hydro Meteo Centrum Rijnmond van Rijkswaterstaat directie Noordzee.

De kust is verdeeld in sectoren, deze zijn weergegeven in figuur 4, met daarin per sector het Basisstation (tevens bijlage 4). Voor een algemene beschrijving van de taken van de SVSD wordt verwezen naar de SVSD brochure (versie september 1999).



Figuur 4 Sectorindeling SVSD

Chronologisch verslag van de stormvloed

Vanaf vrijdagavond 19 december is er regelmatig contact tussen de getijmeteorologen van het KNMI en de getijhydroloog van de SVSD over de storm die de komende dagen zijn invloed zal doen gelden op de waterstanden langs de kust. De waterstandsverwachtingen die zaterdagmorgen beschikbaar komen voor zondagmiddag en –avond laten een somber beeld zien met voor het zuidwesten en westen waterstandsverwachtingen ruim boven de alarmpeilen en voor het noorden waterstandsverwachtingen tussen waarschuwings- en alarmpeilen. In de loop van zaterdag worden de waterstandsverwachtingen voor zondagmiddag en –avond enkele decimeters naar beneden bijgesteld. Zaterdagavond om 23h00 opent de dienstdoende getijhydroloog van de SVSD het waarschuwbureau van de SVSD. Dit in verband met het tijdig uitgeven van waterstandsverwachtingen voor Vlissingen, Roompot buiten en Hoek van Holland met het oog op eventuele sluitingen van de Oosterscheldekering en de Maeslantkering.

Omstreeks 0h00 worden de (10-minuut-)waterstandsverwachtingen voor Vlissingen, Roompot buiten en Hoek van Holland op het MSW en het internet (www.svsd.nl) gezet. De verwachting voor het hoogwater bij Vlissingen om 12h00 is NAP +360 cm. Voor Roompot buiten om 12h00 NAP +310 cm; en voor Hoek van Holland om 12h45 NAP +270 cm. Voor de noordelijke sectoren liggen de waterstandsverwachtingen voor de eerstvolgende hoogwaters ruim beneden de waarschuwingspeilen.

Met als uitgangspunt de waterstandsverwachtingen voor Hoek van Holland neemt het beslisondersteunende systeem (BOS) van de Maeslantkering omstreeks 3h36 het besluit om de Maeslantkering niet te sluiten tijdens het passeren van het stormvloedhoogwater op zondagmiddag. Twee uur later (omstreeks 5h36) neemt het BOS hetzelfde besluit voor de Hartelkering.

Op grond van de weersontwikkelingen en de verwachte waterstanden besluit de getijhydroloog om 6h00 een waarschuwing te geven voor de sector Schelde. De waterstandsverwachtingen zijn enigszins naar beneden bijgesteld. Bij Vlissingen wordt om 12h00 een hoogwaterstand verwacht van NAP +350 cm. Aan de buitenzijde van de Oosterscheldekering (Roompot buiten) wordt om 12h00 een hoogwaterstand verwacht van NAP +305 cm (deze waterstandsverwachting geldt voor een open kering).

Om 6h15 besluit de getijhydroloog een waarschuwing te geven voor de sector West Holland. Bij Hoek van Holland wordt om 12h45 een hoogwaterstand verwacht van NAP + 260 cm. Bij Dordrecht wordt om 14h30 een hoogwaterstand verwacht van NAP + 196 cm.

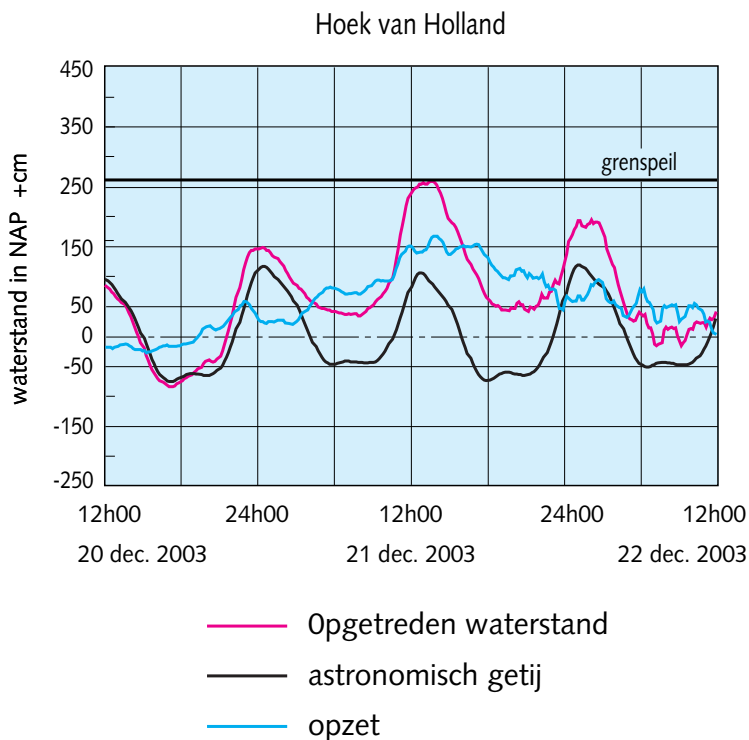
Nieuwe weersverwachtingen en daaraan gekoppelde waterstandsverwachtingen laten weinig verandering zien. Op grond van de nieuwste verwachtingen besluit de getijhydroloog om 8h20 een waarschuwing te geven voor de sector Den Helder. Bij Den Helder wordt om 14h45 een hoogwaterstand verwacht van NAP +220 cm.

Op grond van de waterstandsverwachtingen voor Roompot buiten sluit de beheerder omstreeks 8h40 de Oosterscheldekering.

Om 12h30 is het hoogwater bij Vlissingen. Aangezien de grootste opzet later optreedt dan verwacht komt het hoogwater lager uit dan de verwachting.

Er wordt een waterstand gemeten van NAP +331 cm.
 Bij Roompot buiten wordt een hoogwaterstand gemeten van NAP +318 cm. Aangezien het water bij een gesloten kering tegen de kering wordt opgestuwd ontstaat er een extra verhoging van de waterstand bij Roompot buiten van 1 à 2 dm.

Om 13h40 is het hoogwater bij Hoek van Holland. De hoogwaterstand komt ongeveer 1 dm hoger uit dan verwacht. Er wordt een waterstand gemeten van NAP + 272 cm. Sinds 28 januari 1994 is een dergelijke waterstand niet meer voorgekomen. Sinds 1 januari 1900 is er slechts 13 maal een hogere waterstand opgetreden bij Hoek van Holland.



Figuur 5 Waterstandsverloop Hoek van Holland

Op grond van nieuwe verwachtingen besluit de getijhydroloog omstreeks 13h30 een waarschuwing te geven voor de sector Harlingen.

Bij Harlingen wordt om 19h30 een hoogwaterstand verwacht van NAP +270 cm. Omstreeks 11h15 sluit de beheerder de stormvloedkering in de Hollandse IJssel.

Om 15h30 is het water bij Dordrecht op zijn hoogste punt. De stand ligt iets lager dan de verwachting en bedraagt NAP +189 cm. Omstreeks 16h00 laten de nieuwe verwachtingen weinig veranderingen zien.

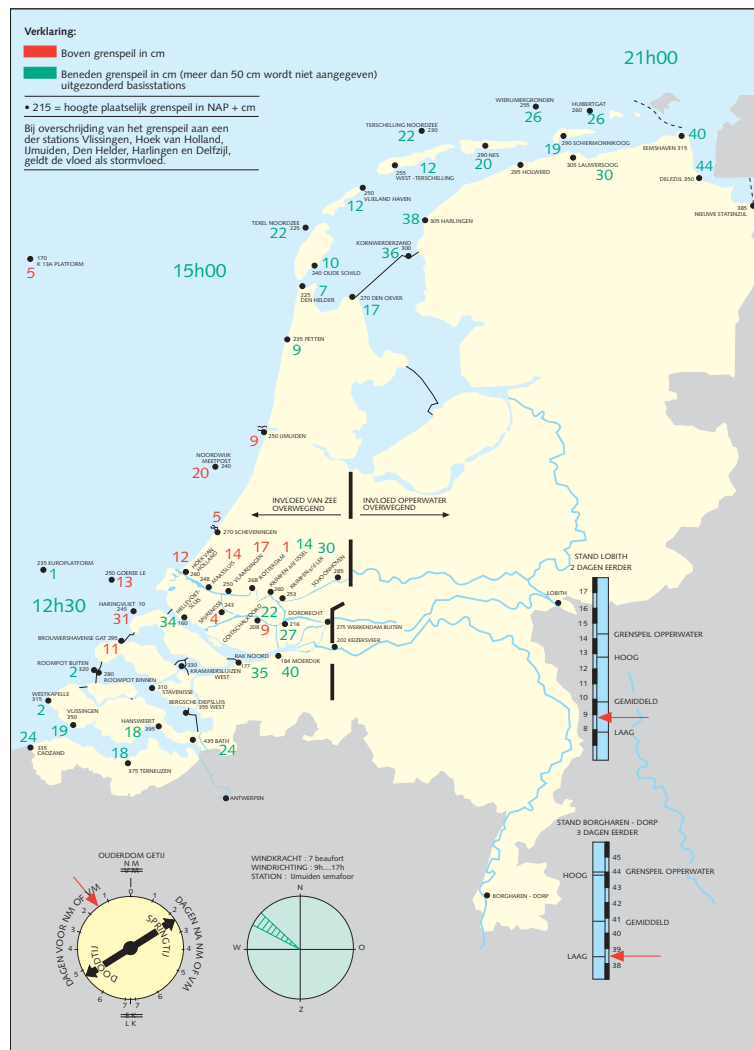
Op grond van deze verwachtingen en de ontwikkelingen van de waterstanden in het kustgebied besluit de getijhydroloog om een waarschuwing te geven voor de sector Delfzijl. Bij Delfzijl wordt om 22h00 een hoogwaterstand verwacht van NAP +300 cm.

Nadat het stormvloedhoogwater gepasseerd is, opent de beheerder om 16h06 de Oosterscheldekering.

Om 17h00 heeft het water bij Den Helder de hoogste stand bereikt: NAP +218 cm. Een uur later is het bij Harlingen hoogwater; er wordt een waterstand gemeten van NAP +267 cm. Beide hoogwaterstanden wijken slechts enkele cm's af van de verwachtingen.

Ondanks de afname van de wind en de daaraan gerelateerde opzetten komen de verwachte hoogwaterstanden voor de zuidelijke en westelijke kustgebieden toch nog hoog uit. De oorzaak hiervan is dat het astronomisch nachthoogwater aanmerkelijk hoger is dan het daghoogwater.

Om 18h50 besluit de getijhydroloog een waarschuwing te geven voor de sector Schelde. Voor Vlissingen wordt op 22 december om 0h30 een hoogwaterstand verwacht van NAP +320 cm. Voor Roompot buiten wordt een hoogwaterstand verwacht die lager is dan de alarmfase van de Oosterscheldekering (NAP +275 cm). Aangezien de getijhydroloog verwacht dat tijdens het nachthoogwater het waarschuwingspeil bij Hoek van Holland overschreden zal worden geeft hij om 19h40 een waarschuwing voor de sector West Holland.



Figuur 6 Opgetreden hoogwaterstanden van 21 december 2^e hoogwater t.o.v. plaatselijke grenspeilen.

Bij Hoek van Holland wordt op 22 december om 1h15 een hoogwaterstand verwacht van NAP +220 cm. Bij Dordrecht wordt op 22 december om 3h30 een hoogwaterstand verwacht van NAP +194 cm.

Om 21h50 is het hoogwater bij Delfzijl. De hoogwaterstand komt met een waarde van NAP + 306 cm enkele cm's hoger uit dan de verwachting.

De weersontwikkelingen zijn van dien aard dat de waterstandsverwachtingen voor de nacht en ochtend hoogwaters aanzienlijk lager liggen dan de waarschuwingspeilen, zodat er voor het noordelijke kustgebied geen (voor)waarschuwingen meer gegeven hoeven te worden.

Op 22 december 0h30 is het hoogwater bij Vlissingen. De hoogste stand bedraagt NAP +319 cm. Bij Hoek van Holland is het om 1h20 hoogwater. Omdat de afbraak van de opzet inmiddels versneld heeft doorgezet wordt de verwachte waterstand niet meer bereikt. De hoogwaterstand bereikt een waarde van NAP +205 cm. De waterstand bij Dordrecht bereikt op 22 december om 2h40 de hoogste stand met een waarde van NAP +173 cm.

Nadat geconstateerd is dat de waterstanden in alle sectoren beneden de waarschuwingspeilen gezakt zijn en niet verwacht wordt dat voor de komende hoogwaters een waarschuwingspeil overschreden zal worden, sluit de getijhydroloog op 22 december om 1h30 het waarschuwingsbureau.

Op 22 december om 6h50 is de stormvloedkering in de Hollandse IJssel weer geopend.

3 Analyse van de waterstanden en adviezen

Worden de opgetreden verhogingen (opzetten) en waterstanden aan een nadere analyse onderworpen dan blijkt dat in de noordelijke sectoren de hoogste opzetten zijn opgetreden. Statistisch gezien zijn de hoogste waterstanden opgetreden in het westelijke kustgebied met name bij Hoek van Holland. De rechte opzet was het grootst bij Delfzijl. De scheve opzet (zie bijlage 5 kolom 5b en kolom 6) was het grootst bij Harlingen. De waterstandsverhogingen worden hierbij beschouwd als het verschil tussen de opgetreden hoogwaterstand en de astronomische voorspelde hoogwaterstand. Omdat er, vooral tijdens stormvloed, tijdsverschuivingen in hoog- of laagwatertijdstippen optreden, spreekt men dan van "scheve opzet". De scheve opzet, die bij Harlingen is opgetreden komt gemiddeld ongeveer 1 maal per jaar voor. De scheve opzetten die bij de overige Basisstations zijn opgetreden komen gemiddeld 10 (Vlissingen en Delfzijl) tot 2 maal (Hoek van Holland) per 10 jaar voor.

Op grond van de opgetreden hoogwaterstanden in het kustgebied en hun frequentie van voorkomen kan worden gesteld dat de invloed van de storm zich heeft uitgestrekt over het gehele kustgebied, waarbij de invloed in het Westelijke kustgebied het grootst was. De waterstanden die zijn opgetreden zijn niet uitzonderlijk hoog. Alleen bij Hoek van Holland trad er een hoogwaterstand op die een plaats krijgt in de top 50 van de laatste 100 jaar. Vanaf 1900 trad er bij Hoek van Holland 13 maal een hoogwater op waarvan de stand hoger was dan de hoogwaterstand van 21 december. De frequentie van voorkomen van de hoogste hoogwaterstanden die opgetreden zijn bij de Basisstations varieert van 29 tot 210 maal per 100 jaar.

Alleen bij Hoek van Holland en IJmuiden zijn de grenspeilen overschreden.

Ten gevolge van de verwachte waterstanden heeft de SVSD 6 maal een waarschuwing en 1 maal een voorwaarschuwing gegeven. Er is geen alarmering c.q. advies dijkbewaking gegeven voor één van de sectoren.

tabel 1: Trefzekerheid SVSD berekend over 1984 t/m 2000

station	gemiddelde afwijking in cm* waarneming minus verwachting (w-v)	standaard afwijking in cm
Vlissingen	+ 4,0	18,0
Hoek van Holland	+ 9,0	18,0
Den Helder	+ 8,0	17,0
Harlingen	+ 8,0	19,0
Delfzijl	+ 10,0	17,0

*) Een positieve waarde van de gemiddelde afwijking wil zeggen dat de waterstandsverwachtingen gemiddeld te laag zijn.

In het algemeen kan worden gesteld dat alle uitgegeven verwachtingen voor alle sectoren ruim binnen de veeljarige nauwkeurigheid lagen. De verwachting voor het stormvloedhoogwater van Vlissingen op 21 december vertoonde de grootste afwijking (19 cm te hoog). De oorzaak van deze afwijking kan gevonden worden in lokale effecten en een vertraging in de opbouw van de opzet ten opzichte van de verwachting.

De nauwkeurigheid van de uitgegeven verwachtingen kan worden uitgedrukt in twee statistische kentallen: de standaardafwijking en de gemiddelde afwijking. De veeljarige nauwkeurigheid voor de verschillende stations is gegeven in tabel 1.

Tabel 2: Overzicht gegeven waarschuwingen

sector	(voor-) waarschuwing	data + benodigde tijd van waarschuwen
Schelde West Holland/ Dordrecht	waarschuwing	21 dec (06h00 - 06h15)
Den Helder	waarschuwing	21 dec (06h15 - 06h50)
Harlingen	waarschuwing	21 dec (08h20 - 08h40)
Delfzijl	waarschuwing	21 dec (13h40 - 13h45)
Schelde	voorwaarschuwing	21 dec (16h10 - 16h25)
West Holland/ Dordrecht	waarschuwing	21 dec (18h50 - 18h55)
		21 dec (19h45 - 20h05)

De opgetreden waterstanden langs de kust worden in dit verslag op diverse manieren gepresenteerd.

In de overzichtstabel (bijlage 5) staan vermeld de verwachte en de opgetreden hoogwaterstanden t.o.v. NAP voor de Basisstations Vlissingen, Hoek van Holland, Dordrecht, Den Helder, Harlingen, Delfzijl, en voor het station Roompot buiten. Om vervroegingen cq verlatingen van de tijdstippen van de opgetreden hoogwaterstanden ten opzichte van die van het astronomische hoogwater uit dit overzicht te kunnen aflezen is kolom 5 (opgetreden HW-standen) gesplitst in 5a en 5b.

In de kaart van de Nederlandse kustzone (bijlage 6A en 6B) is voor het stormvloedhoogwater langs de kust een gedetailleerd overzicht gegeven van de opgetreden hoogwaterstanden t.o.v. de plaatselijke grenspeilen. De overschrijdingen staan in rood aangegeven; de onderschrijdingen staan in groen aangegeven. Tevens geeft deze bijlage informatie over de ouderdom van het betrokken getij, de windgegevens en de voor de stormvloed van belang zijnde waterstanden van de Rijn te Lobith (van 2 dagen te voren) en de Maas te Borgharen dorp (van 3 dagen te voren).

Van de Basisstations en het station IJmuiden zijn in grafieken de opgetreden waterstanden en de bijbehorende waterstandsverhogingen uitgezet (zie figuur 5 en bijlage 7). De opzet die in deze grafieken is weergegeven is de zogenaamde "rechte opzet"; dat wil zeggen het verschil tussen de opgetreden en de voorspelde astronomische waterstand op het zelfde tijdstip. De grootste opgetreden waterstandsverhogingen of rechte opzetten zijn gegeven in tabel 3. Vanwege vervroeging (of soms ook vertraging) van het getij is de rechte opzet meestal aanzienlijk groter dan de scheve opzet (zie bijlage 5).

Tijdens het passeren van de stormvloed zijn de stormvloedkeringen in de Oosterschelde en in de Hollandse IJssel gesloten geweest. De Maeslant- en Hartelkeringen zijn niet gesloten geweest.

Tabel 3: Opgetreden grootste waterstandsverhogingen

station	datum	maximale opzet tijdens stormvloed		
		grootte in cm	tijdstip MET	t.o.v. astr.getij
Vlissingen	21 dec.	164	13h40	ong. 1h30 n. 1 ^e HW
Roompot buiten	21 dec.	163	17h50	ong. tijdens 2 ^e LW
Hoek v Holland	21 dec.	178	13h50	ong. 1h00 n. 2 ^e HW
Dordrecht	21 dec.	98	22h50	ong. tijdens 2 ^e LW
Den Helder	21 dec.	167	16h10	ong. tijdens 2 ^e HW
Harlingen	21 dec.	256	15h50	ong. 1h00 n. 2 ^e LW
Delfzijl	21 dec.	287	15h30	ong. 1h00 v. 2 ^e LW

4 Classificatie van de stormvloed

In tabel 4 zijn de overschrijdingsfrequenties en classificaties gegeven van de tijdens deze stormvloed opgetreden hoogwaterstanden van de 6 basisstations van de SVSD, Roompot buiten en IJmuiden. Hieruit blijkt dat de hoogste standen 210 - 29 maal per 100 jaar voorkomen.

De aangegeven classificaties zijn overeenkomstig de gangbare classificaties (bijlage 9).

Tabel 4: Overschrijdingsfrequenties en classificatie

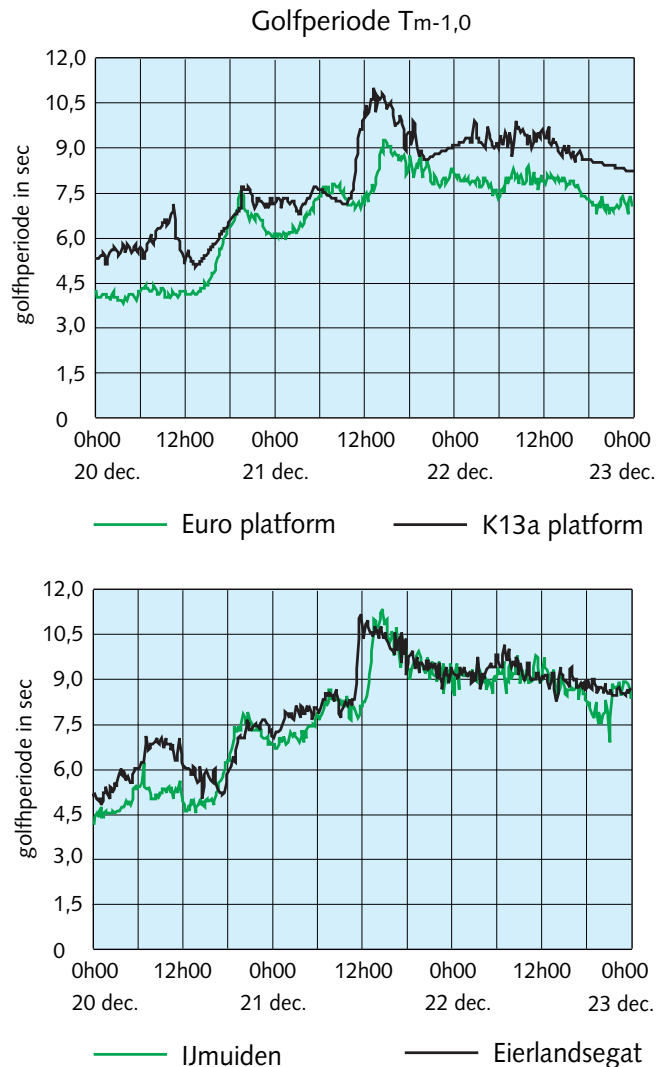
datum	station	stand in NAP +cm	over schrijdings- frequentie	middel- bare stormvloed	lage	hoge vloed
21dec. 1 ^e HW	Vlissingen	331	97*/100 jaar			*
21dec. 1 ^e HW	Roompot buiten	318	53*/100 jaar			*
21dec. 2 ^e HW	Hoek v Holland	272	29*/100 jaar		*	
21dec. 2 ^e HW	Dordrecht	189	210*/100 jaar			*
21dec. 2 ^e HW	IJmuiden	259	33*/100 jaar		*	
21dec. 2 ^e HW	Den Helder	218	64*/100 jaar			*
21dec. 2 ^e HW	Harlingen	267	140*/100 jaar			*
21dec. 2 ^e HW	Delfzijl	306	170*/100 jaar			*
22dec. 1 ^e HW	Vlissingen	319	210*/100 jaar			*
22dec. 1 ^e HW	Roompot buiten	267	290*/100 jaar			*
22dec. 1 ^e HW	Hoek v Holland	206	570*/100 jaar			*
22dec. 1 ^e HW	Dordrecht	173	460*/100 jaar			*
22dec. 1 ^e HW	IJmuiden	221	150*/100 jaar			*

Ter vergelijking zijn in bijlage 10 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).

5 Golven tijdens de stormvloed

De storm van 20 tot 22 december was voor de golven een klassieke storm, waarbij de golven over een grote strijklengte door wind uit noordwestelijke richtingen opgewekt werden. Noordwester stormen staan bekend om de hoge, lange golven die veel schade kunnen aanrichten aan dijken en duinen.

Hoewel de windsnelheid niet bijzonder hoog was, zijn er in het noordwesten van Nederland hoge, lange golven gemeten. Bij meetlocatie Eierlandse Gat, zeewaarts van het zeegat tussen Texel en Vlieland, zijn op het hoogtepunt van de storm golven gemeten met een significante golfhoogte van ruim 7 meter en een maximale golfhoogte van ruim 10 meter. Waarschijnlijk waren de golven bij meetlocatie Schiermonnikoog nog hoger omdat deze exact in de windbaan lag. Helaas heeft deze meetlocatie niet gewerkt tijdens deze storm. Door de noordwesterstorm waren de golven bovendien langer dan bij een gemiddelde storm.



Figuur 7 Golfperiodes van Europlatform, K13a platform, IJmuiden en Eierlandsegat

De gemiddelde golfperiode $T_{m-1,0}$ bij IJmuiden was ongeveer 11 seconden. Dat komt overeen met een golflengte van ongeveer 250 meter.

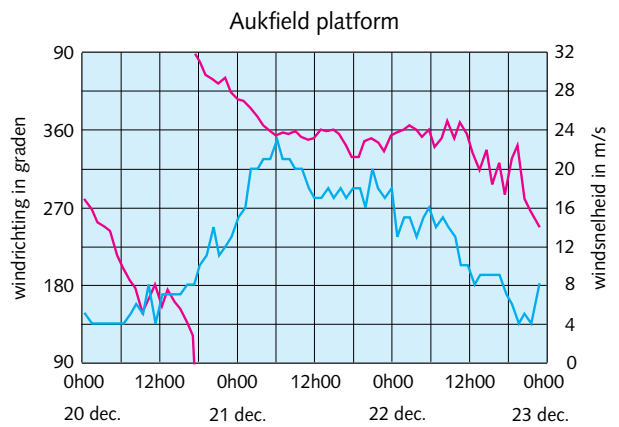
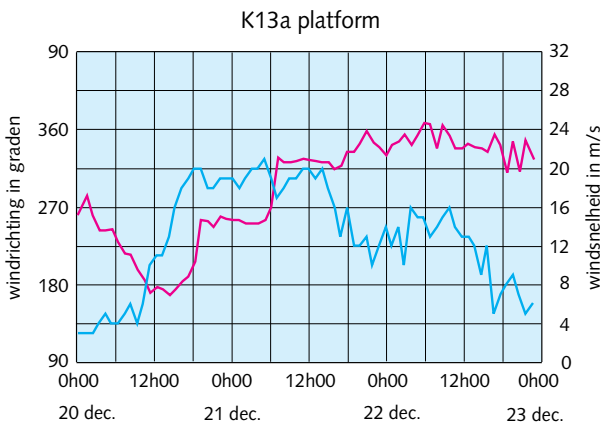
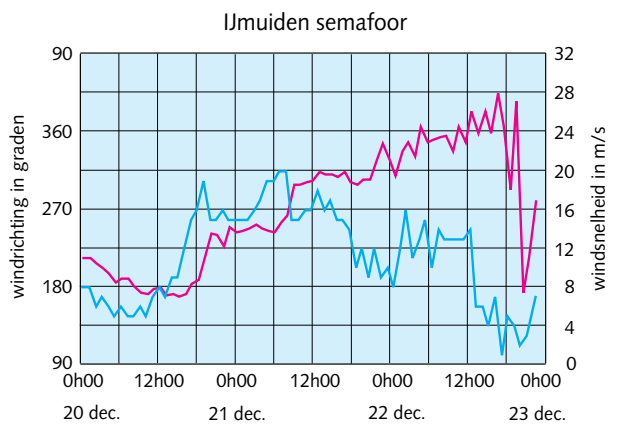
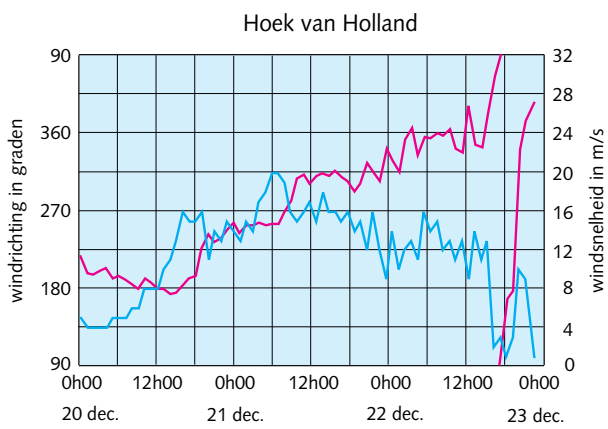
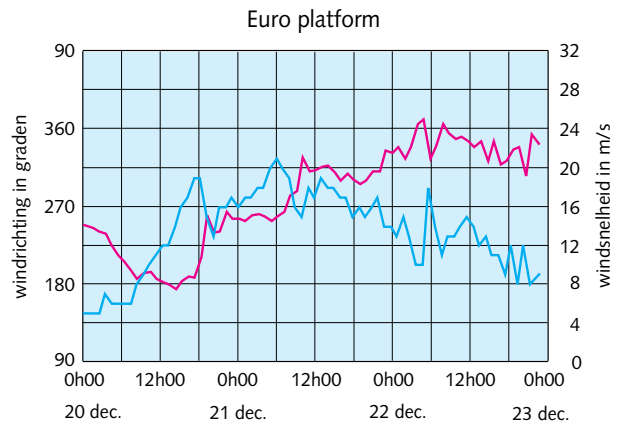
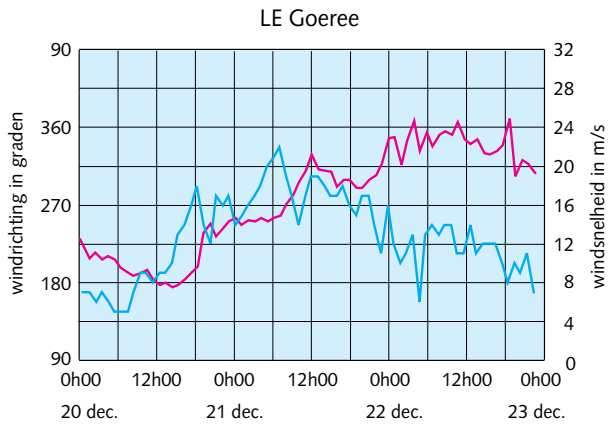
Boven het zuiden van de Noordzee waren de windsnelheden minder hoog, hierdoor stonden er in het zuidwestelijke kustgebied geen bijzonder hoge golven. De significante golfhoogte bij Europlatform, op diep water ten westen van Hoek van Holland bedroeg ongeveer 5 meter.

Vanwege de Noordwestelijke wind en het relatief grote stormveld bleef de invloed van de storm op de golfperiode lang merkbaar. In bijgevoegde figuren is duidelijk te zien dat de golfhoogte kort na het hoogtepunt van de storm (21 december rond 14h00) afneemt. In tegenstelling tot de golfhoogte nam de golfperiode pas na één etmaal na de storm aanmerkelijk af.

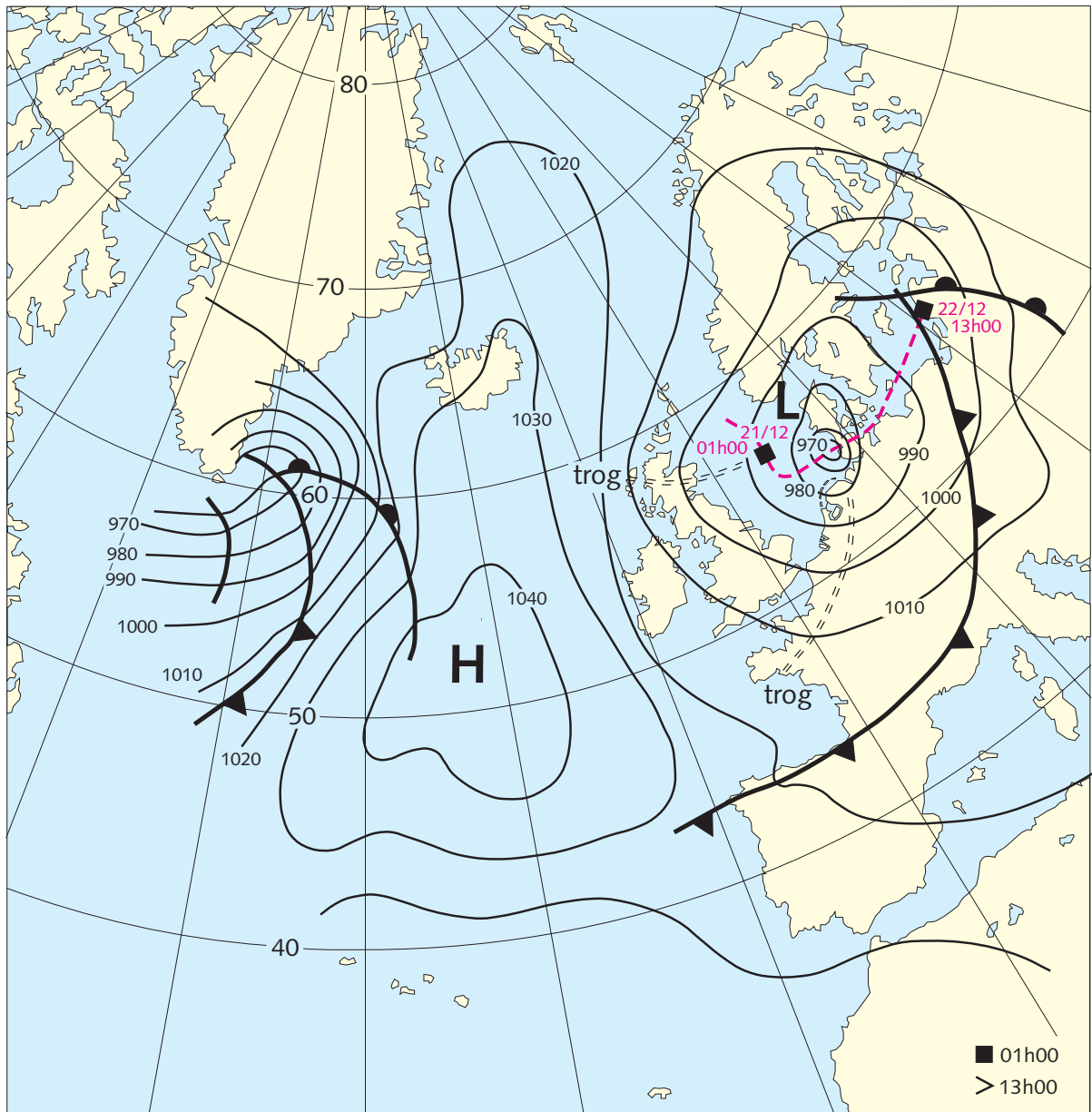
De golfperiode $T_{m-1,0}$ wordt gebruikt voor het bepalen van golfoploop en golfoverslag (lees kruinhoogte). De golfperiode T_p die belangrijk is voor duinafslag en de sterkte van dijkbekledingen is gemiddeld 10% hoger dan de $T_{m-1,0}$. Deze zijn weergegeven in figuur 7 en op bijlage 8.

Lijst van bijlagen

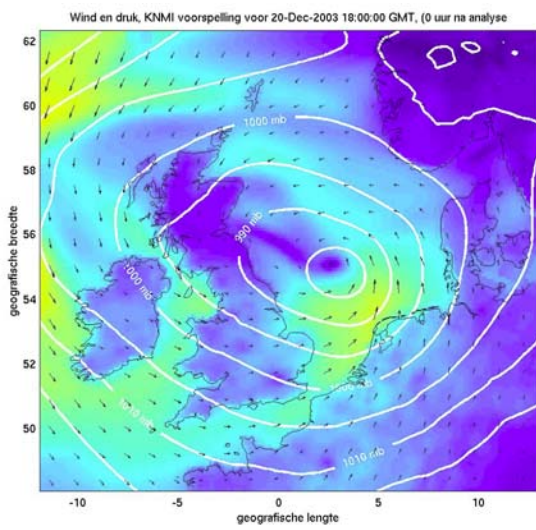
- 1 Opgetreden windgegevens
- 2 Luchtdrukverdeling 21 december 13h00 MET (12h00 UTC)
- 3 Windsnelheden, -richtingen en luchtdruk
- 4 Sectorindeling SVSD
- 5 Overzicht verwachte en opgetreden hoogwaterstanden
- 6A+B Overzicht opgetreden hoogwaterstanden t.o.v. grenspeilen
- 7 Opgetreden en astronomische waterstanden en opzetten
- 8 Opgetreden golfhoogten, -richtingen en -perioden
- 9 Overzicht maatgevende standen
- 10 Overzicht hoogste 50 hoogwaterstanden na 1900
- 11 Schaal van Beaufort



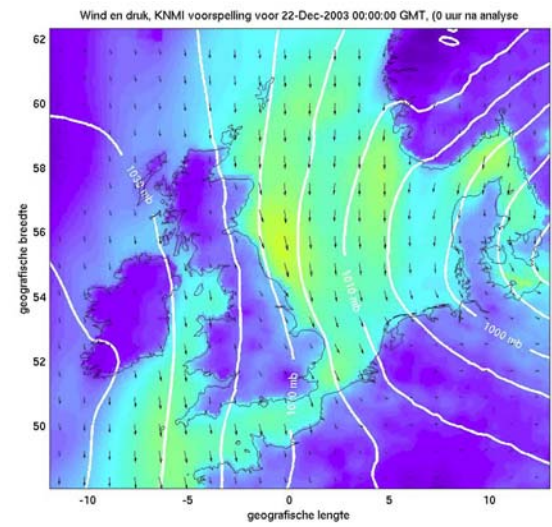
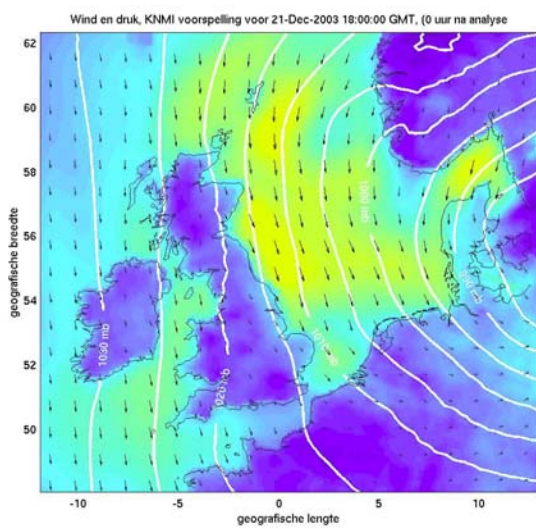
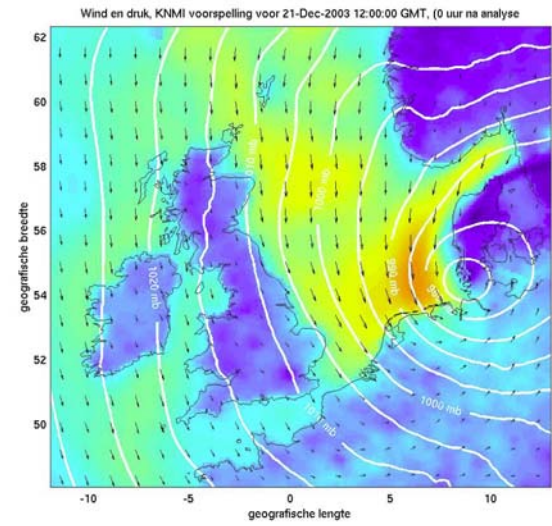
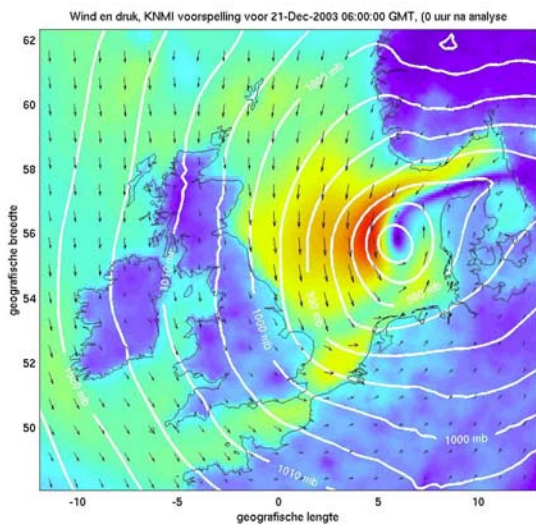
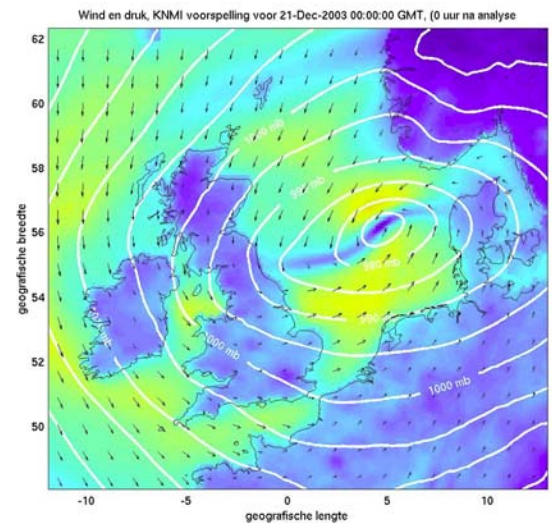
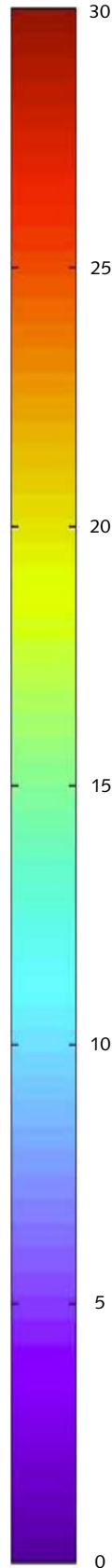
— windrichting (graden)
 — windsnelheid (m/s)

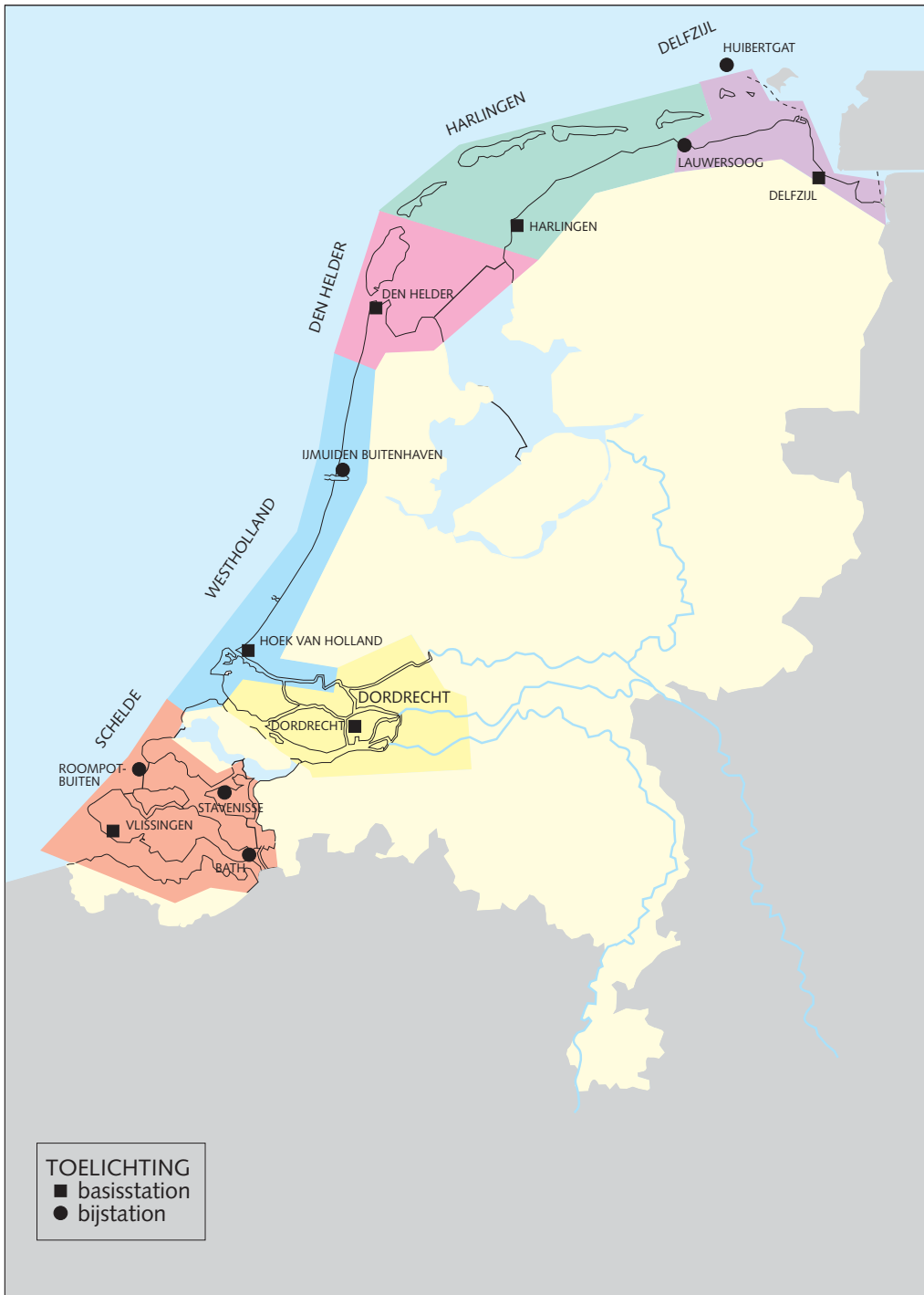


Depressiebaan en luchtdrukverdeling van 21 december 13h00.



wind [m/s]



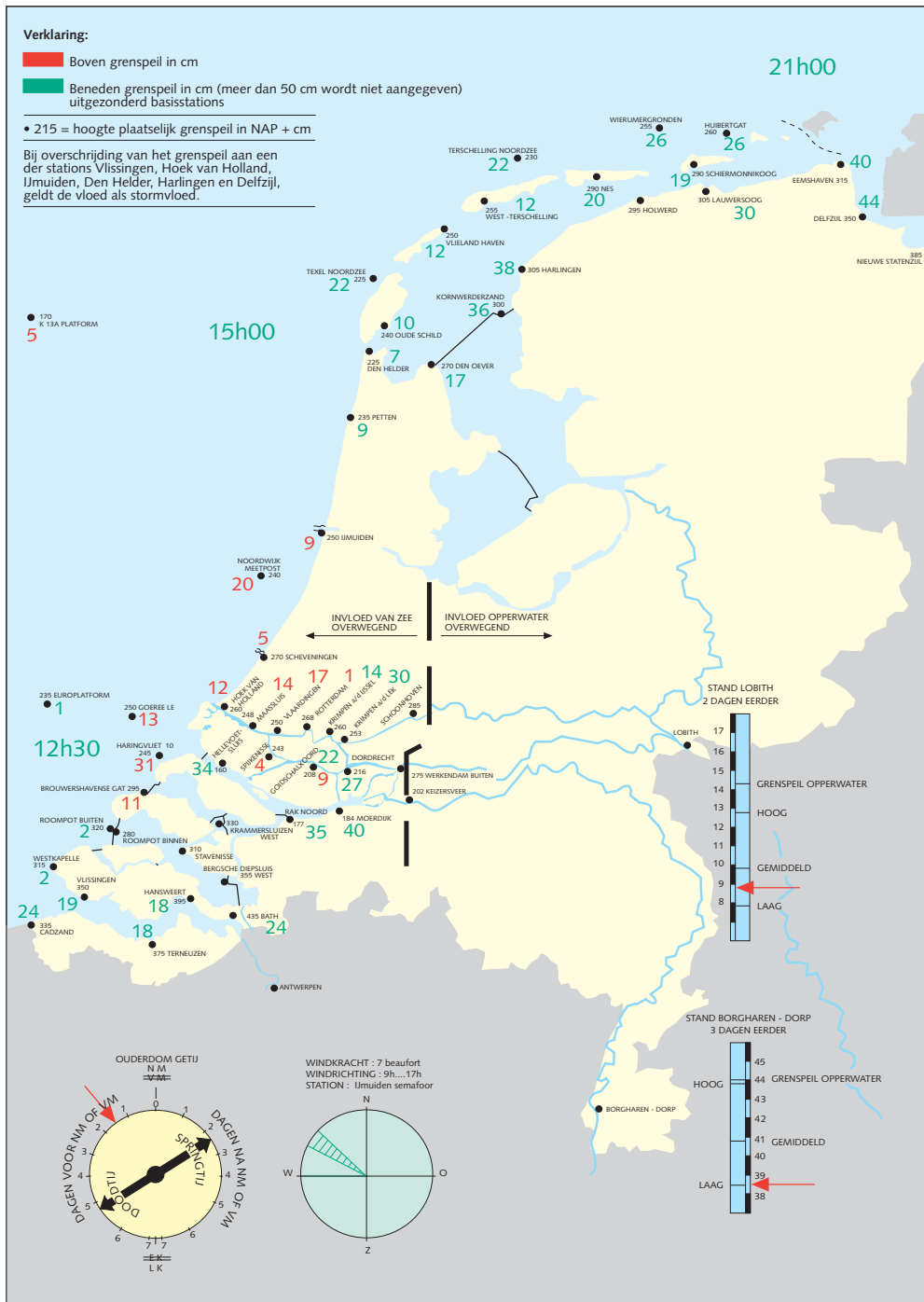


Sectorindeling SVSD

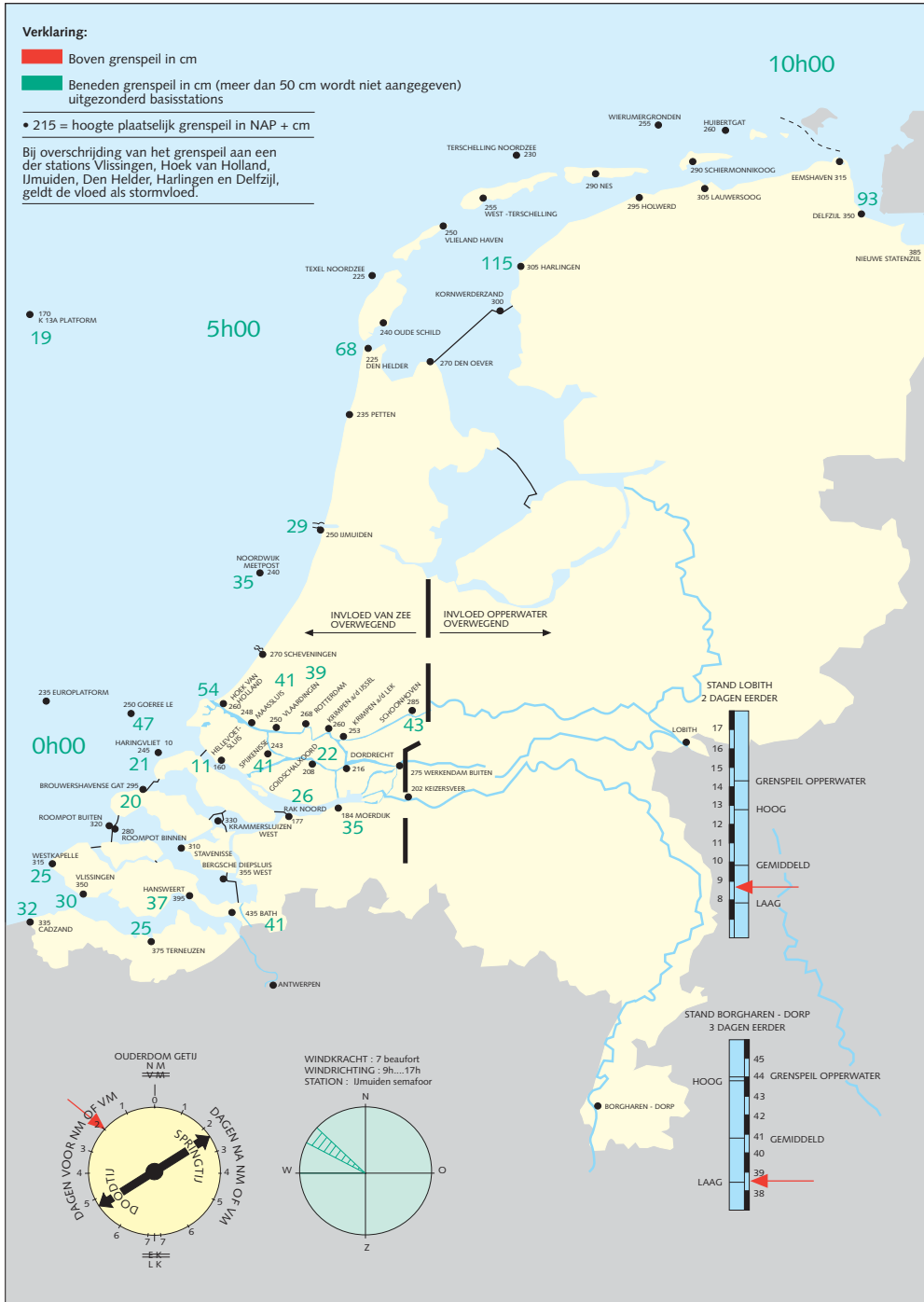
Overzicht van verwachte en opgetreden HW-standen (standen in NAP + cm)

datum	station	astronomisch HW volgens getijtafel		door SVSD 6 uur voor HW verwachte HW-standen		opgetreden HW-standen		scheve opzettingen opgetreden minus astronomische HW-standen		opgetreden minus HW-standen		alarmpeil dijk-bewaking c.q. waarschu-wingspeil		HW-standen t.o.v. alarmpeil dijkbewaking		waarschu-wingspeil		HW-standen t.o.v. waarschu-wingspeil	
		tijd in MET	hoogte in cm t.o.v. NAP	tijd in MET	hoogte in cm t.o.v. NAP	tijd in MET	hoogte in cm t.o.v. NAP	tijd in MET	hoogte in cm t.o.v. NAP	(5b-3b)	(5b-4)	(8)	(9a)	(9b)	(10)	(4-10)	(11a)	(5b-10)	(11b)
(1)	(2)	(3a)	(3b)	(4)	(5a)	(5b)	(6)	(7)	(8)	(9a)	(9b)	(10)	(11a)	(11b)					
21 dec.	Vlissingen	12h02	+ 221	+ 350	12h30	+ 331	+ 110	- 19	+ 370	- 20	- 39	+ 330	+ 20	+ 1					
	Roompot buiten	12h01	+ 169	+ 305***	12h30	+ 318****	+ 149	+ 13	+ 300*	+ 5	+ 18	+ 275**	+ 30	+ 43					
	Hoek v Holland	13h35	+ 116	+ 260	13h40	+ 272#	+ 156	+ 12	+ 280	- 20	- 8	+ 220	- 40	+ 52					
	Dordrecht	14h35	+ 108	+ 196	15h10	+ 189	+ 81	- 7	+ 250	- 54	- 61	-	-	-					
	Den Helder	14h45	+ 55	+ 220	17h00	+ 218	+ 163	- 2	+ 260	- 40	- 42	+ 190	+ 30	+ 28					
	Harlingen	19h34	+ 91	+ 270	18h00	+ 267	+ 176	- 3	+ 330	- 60	- 63	+ 270	0	- 3					
	Delfzijl	22h11	+ 135	+ 300	21h40	+ 306	+ 171	+ 6	+ 380	- 80	- 74	+ 300	0	+ 6					
22 dec.	Vlissingen	00h31	+ 234	+ 320	00h20	+ 319	+ 85	- 1	+ 370	- 50	- 51	+ 330	- 10	- 11					
	Roompot buiten	00h28	+ 181	-	-	-	-	-	+ 300*	-	-	+ 275**	-	-					
	Hoek v Holland	01h15	+ 129	+ 220	02h10	+ 206	+ 77	- 14	+ 280	- 60	- 74	+ 220	0	- 14					
	Dordrecht	02h59	+ 112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

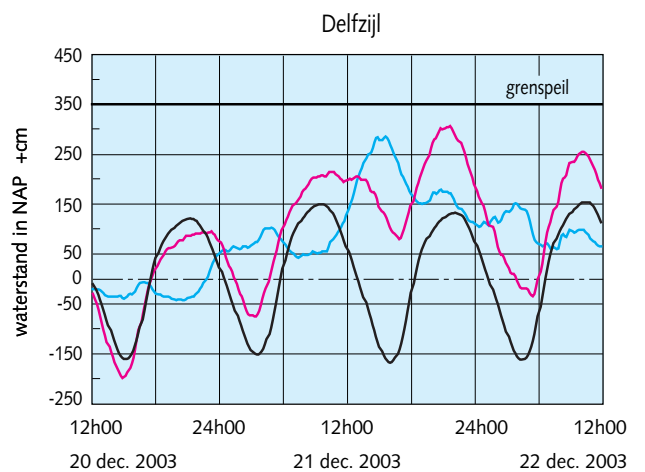
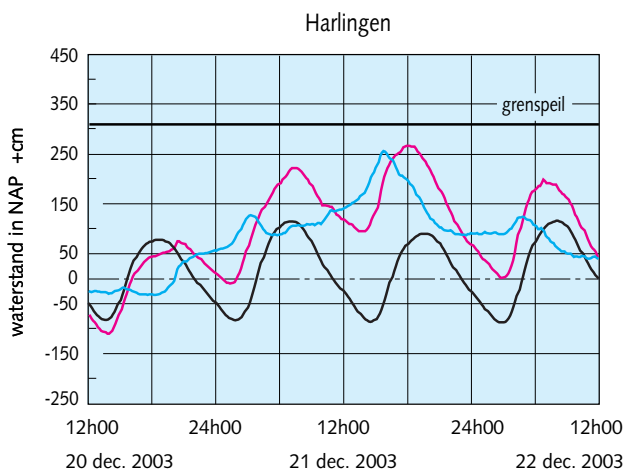
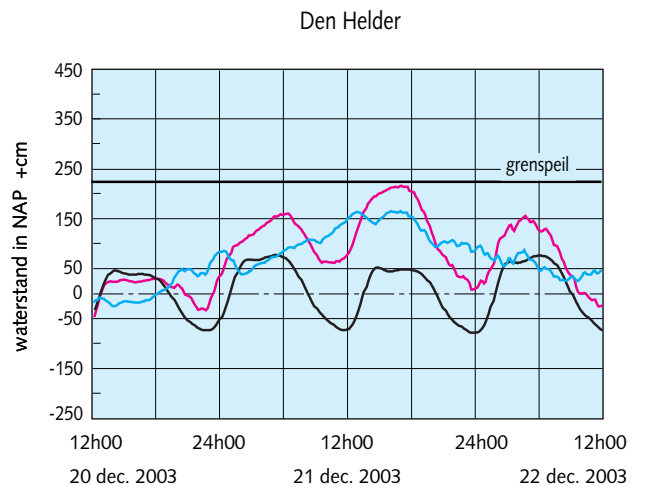
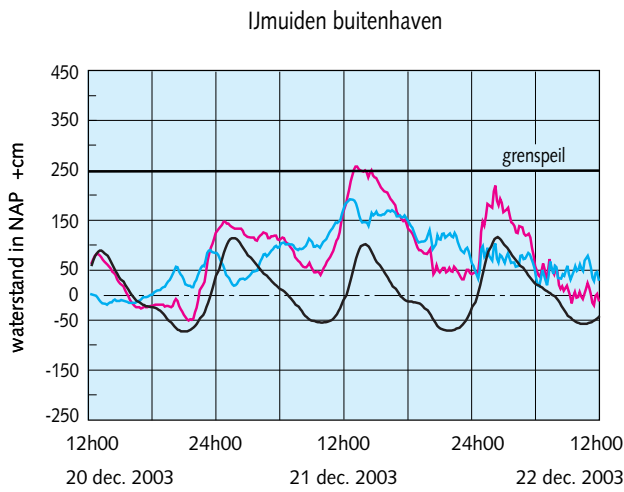
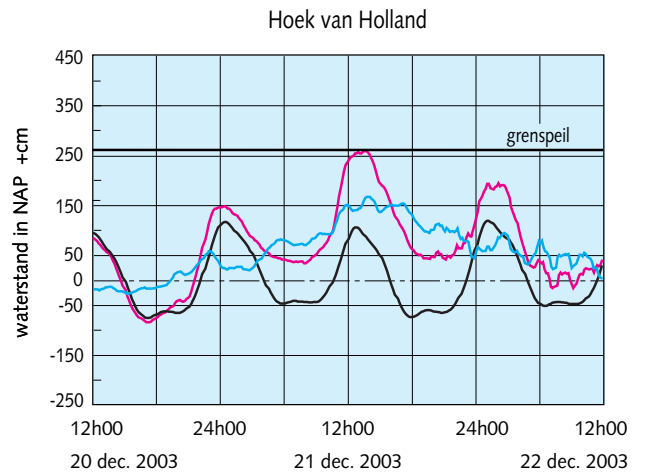
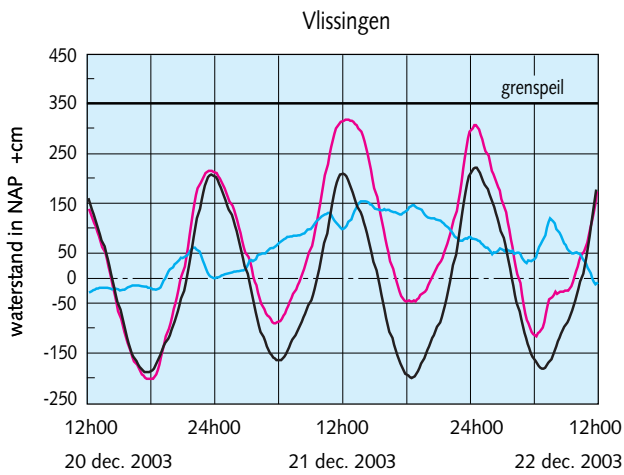
- # Waterstand boven plaatselijk grenspeil
- * Sluitpeil Stormvloedkering Oosterschelde
- ** Alarmfase Stormvloedkering Oosterschelde
- *** Verwachting geldt voor open kering; bij gesloten kering kan de hoogwaterstand enkele decimeters hoger uitkomen
- **** Stormvloedkering Oosterschelde-gesloten



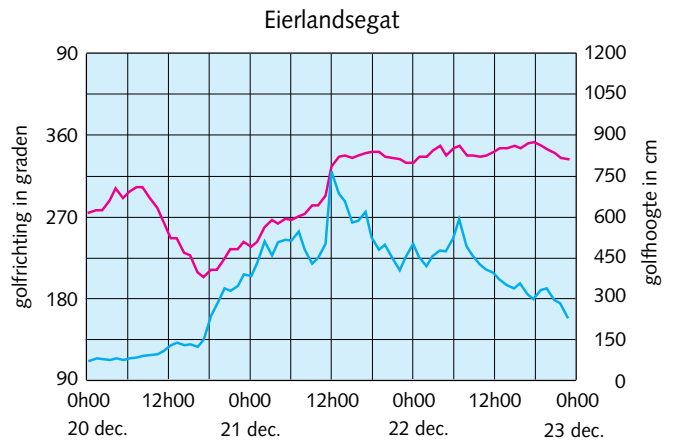
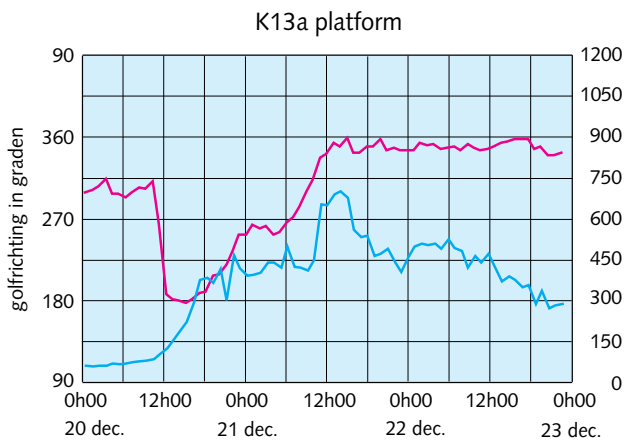
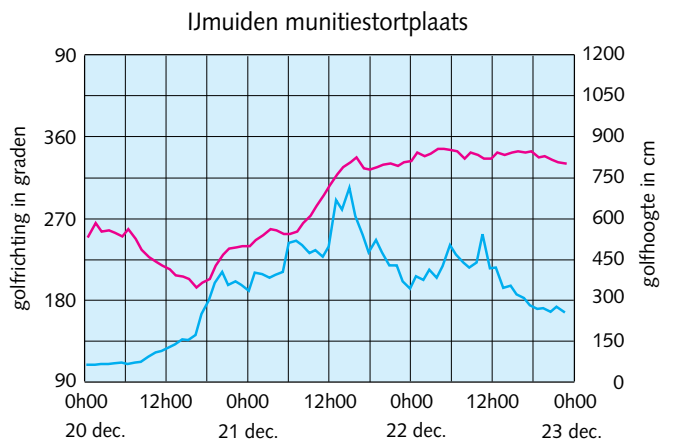
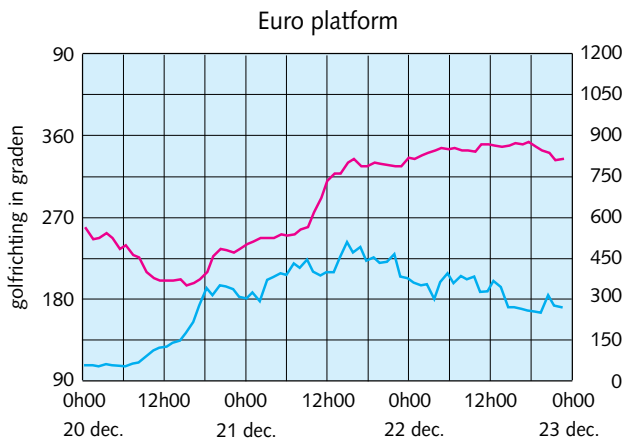
Opgetreden hoogwaterstanden van 21 december 2003 2^e HW t.o.v. de plaatselijke grenspeilen



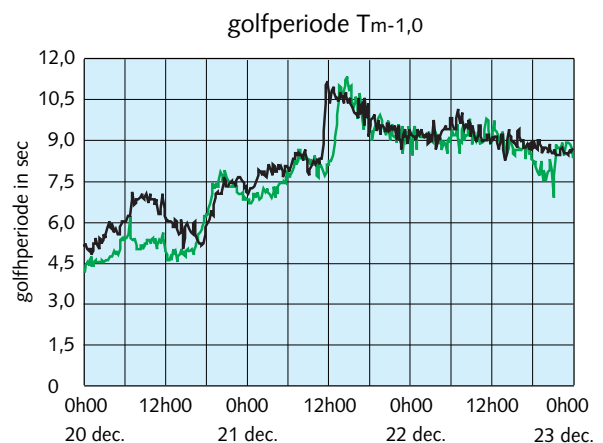
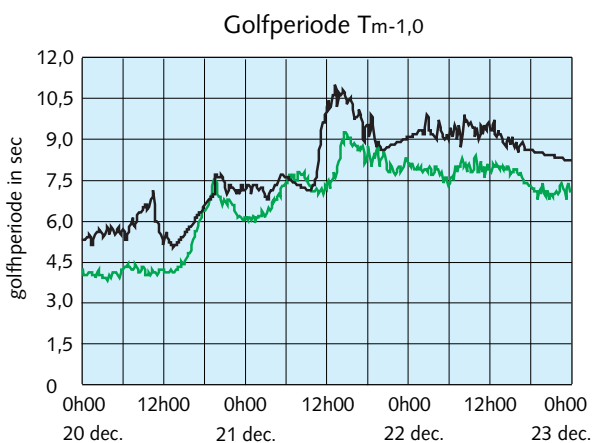
Opgetreden hoogwaterstanden van 22 december 2003 1^e HW t.o.v. de plaatselijke grenspeilen



- Opgetreden waterstand
- astronomisch getij
- opzet



— golfrichting (graden)
 — golfhoogte (cm)



— Euro platform
 — K13a platform

— IJmuiden munitiestortplaats
 — Eierlandsegat

overzicht maatgevende standen basisstations SVSD in NAP + cm

Sector	Schelde		Westholland		Den Helder		Harlingen		Delfzijl		Overschrijdingskans in gemiddeld aantal malen per jaar
	Vlissingen		H.v.Holland		Den Helder		Harlingen		Delfzijl		
Informatiepeil Voorwaarschuwingsspeil Waarschuwingsspeil Grenspeil* Alarmeringspeil (dijk- bewaking)	290	310	180	200	150	230	240	260	300	350	omstr. 5 omstr. 2 0,5 omstr. 0,2
Hoge vloed* Lage stormvloed* Middelbare stormvloed* Hoge stormvloed* Buitengewone hoge stormvloed* Extreme stormvloed*	305 à 350	350 à 385	210 à 260	260 à 300	165 à 225	225 à 305	260 à 350	350 à 410	410 à 495	495 à 560	5 à 0,5 0,5 à 0,1 10 ⁻¹ à 10 ⁻² 10 ⁻² à 10 ⁻³ 10 ⁻³ à 10 ⁻⁴ ≤10 ⁻⁴
1 februari 1953 3/4 januari 1976 hoogste HW-stand 21/22-12-03 hoogste bekende stand	455	394	385	298	325	334	307	435	306	460	
	495 à 550 ≥550	430 à 505 ≥505	395 à 445 ≥445	465 à 505 ≥505	395 à 445 ≥445	465 à 505 ≥505	560 à 620 ≥620				
	455	331	385	272	325	369	306	460			

* In de overschrijdingswaarden is de zeespiegelstijging t/m 2006 al verwerkt.

De grenspeilen en overschrijdingswaarden zijn per 1 januari 1995 aangepast aan de voor de periode 1995.....2004 geldige waarden, te weten de aflezingen van de frequentielijnen 1985 plus 5 cm in verband met de sindsdien opgetreden stijging van de hoogwaters (zie ook het boekwerkje Getijtafels voor Nederland 1996).

Hoogste 50 hoogwaterstanden na 1900 (Den Helder en Harlingen na 1932)

nr	Vlissingen datum	stand in NAP +cm	Hoek van Holland datum	stand in NAP +cm	Den Helder datum	stand in NAP +cm	Harlingen datum	stand in NAP +cm	Delfzijl datum	stand in NAP +cm
1	01-02-1953	+455	01-02-1953	+385	01-02-1953	+325	03-01-1976	+369	28-01-1901	+453
2	03-01-1976	+394	23-12-1954	+300	31-01-1953	+312	22-12-1954	+369	13-03-1906	+451
3	12-03-1906	+392	13-01-1916	+300	03-01-1976	+297	26-02-1990	+366	04-02-1944	+448
4	28-01-1994	+387	03-01-1976	+298	22-12-1954	+289	23-12-1954	+366	16-02-1962	+446
5	27-02-1990	+384	26-11-1928	+296	23-12-1954	+277	31-01-1953	+366	04-01-1976	+435
6	14-11-1993	+383	30-12-1904	+296	26-02-1990	+275	01-02-1983	+355	13-01-1916	+432
7	01-03-1949	+382	12-03-1906	+290	01-02-1983	+270	20-01-1976	+353	28-01-1994	+425
8	26-11-1928	+374	28-01-1994	+288	21-02-1993	+265	28-01-1994	+344	19-11-1973	+419
9	15-11-1977	+373	27-02-1990	+284	14-02-1989	+253	16-02-1962	+340	21-01-1976	+408
10	16-11-1966	+373	16-11-1966	+280	16-02-1962	+251	01-02-1953	+334	03-01-1976	+406
11	15-11-1993	+372	10-12-1965	+280	06-12-1940	+251	21-02-1993	+331	10-01-1995	+403
12	02-01-1995	+371	14-02-1989	+279	27-02-1990	+250	27-02-1990	+330	14-12-1973	+399
13	02-02-1983	+371	14-12-1973	+279	20-01-1976	+248	01-01-1995	+329	31-12-1977	+396
14	28-02-1990	+370	21-12-2003	+272	28-01-1994	+242	13-12-1973	+327	22-12-1954	+393
15	23-11-1930	+370	01-01-1995	+270	29-01-1938	+240	20-01-1960	+320	27-02-1990	+392
16	21-03-1961	+367	24-12-1954	+270	02-02-1969	+238	03-01-1976	+319	24-11-1981	+391
17	10-12-1965	+365	01-03-1949	+270	01-01-1995	+236	01-12-1936	+319	02-02-1983	+388
18	30-12-1904	+365	07-04-1943	+268	28-01-1994	+234	03-11-1970	+305	28-02-1990	+387
19	01-03-1990	+364	15-11-1977	+267	20-12-1991	+233	07-12-1940	+305	24-11-1981	+385
20	01-02-1953	+364	26-01-1944	+267	13-12-1973	+233	14-11-1977	+304	02-12-1917	+382
21	29-08-1996	+361	23-11-1908	+266	27-10-2002	+231	28-01-1994	+303	30-01-2000	+381
22	01-12-1936	+360	14-11-1993	+265	18-12-1979	+231	24-11-1981	+303	06-12-1973	+373
23	26-01-1944	+358	25-01-1993	+265	20-01-1960	+230	30-12-1977	+303	12-12-1929	+368
24	02-01-1955	+357	01-02-1953	+265	19-01-1945	+230	02-02-1969	+302	03-12-1999	+366
25	23-12-1954	+356	06-12-1940	+265	20-10-1935	+229	09-01-1958	+302	28-01-1994	+366
26	27-02-1990	+355	01-12-1936	+265	01-12-1936	+228	12-12-1990	+300	18-09-1914	+366
27	14-12-1973	+355	28-02-1990	+264	30-01-2000	+227	24-11-1981	+300	03-12-1917	+365
28	11-11-1992	+354	02-02-1983	+264	24-11-1981	+227	16-11-1973	+300	02-01-1995	+364
29	24-11-1984	+354	06-11-1922	+263	09-01-1958	+227	20-12-1991	+299	05-02-1999	+359
30	13-01-1916	+353	17-02-1962	+262	12-12-1990	+225	23-02-1967	+299	13-11-1973	+357
31	29-10-1996	+352	11-11-1912	+262	13-11-1973	+224	30-11-1966	+298	16-11-1973	+356
32	28-02-1967	+352	02-01-1995	+261	21-11-1971	+222	16-12-1982	+297	02-11-1921	+354
33	28-11-1974	+351	01-03-1990	+261	07-04-1943	+222	25-01-1993	+296	14-03-1994	+353
34	13-11-1973	+350	21-01-1976	+257	05-12-1988	+220	14-02-1989	+296	08-04-1943	+353
35	25-01-1993	+349	23-02-1946	+256	14-01-1986	+220	13-11-1973	+296	07-01-1905	+353
36	13-11-1977	+349	21-02-1993	+254	16-12-1982	+220	14-03-1994	+295	12-12-1990	+351
37	21-01-1976	+349	02-02-1969	+254	30-12-1977	+220	18-01-1983	+295	10-10-1926	+351
38	14-12-1973	+349	02-12-1917	+254	23-02-1967	+219	19-01-1945	+294	20-12-1993	+350
39	13-11-1977	+345	29-10-1996	+253	21-12-2003	+218	29-01-1938	+294	23-01-1993	+350
40	05-10-1967	+344	01-12-1936	+253	03-01-1984	+218	30-01-2000	+293	01-12-1936	+350
41	16-10-1958	+344	30-11-1923	+253	03-01-1976	+218	20-02-1970	+293	05-02-1999	+349
42	21-02-1993	+343	22-12-1954	+252	15-11-1973	+218	01-03-1967	+292	23-02-1967	+349
43	22-11-1903	+343	20-04-1980	+251	24-11-1981	+217	04-02-1944	+292	17-02-1962	+349
44	12-01-1959	+342	26-02-1990	+250	28-02-1967	+217	18-12-1979	+291	30-12-1904	+348
45	23-11-1908	+342	07-01-1905	+250	02-11-1965	+216	25-01-1990	+290	22-01-1976	+346
46	20-10-1986	+341	21-02-1993	+249	25-10-1998	+214	17-02-1962	+290	18-10-1936	+345
47	15-11-1962	+341	12-12-1990	+249	04-01-1984	+214	15-01-1986	+289	23-11-1930	+345
48	03-03-1984	+340	14-12-1973	+249	20-02-1970	+214	03-01-1984	+289	26-11-1928	+345
49	02-01-1979	+340	27-02-1990	+247	05-02-1999	+213	22-01-1993	+286	01-03-1967	+343
50	01-01-1995	+339	13-11-1973	+246	15-11-1977	+213	27-10-2002	+285	31-01-1994	+339
	21-12-2003	+331	22-12-2003	+206			21-12-2003	+267	21-12-2003	+306
	22-12-2003	+319								

hoogwaterstand, opgetreden tijdens stormvloed van 21 en 22 december 2003
 hoogwaterstand beneden het plaatselijke grenspeil

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