

Oosterscheldekering *tweemaal dicht*



De Oosterscheldekering, 8 februari 2004. (Foto Jaap Wolterbeek/ANP)

Op 8 februari 2004 werd de Oosterscheldekering voor de tweede maal in korte tijd gesloten. De daaraan voorafgaande sluiting had slechts zo'n zes weken eerder plaatsgevonden, namelijk op 21 december 2003. Vóór die datum moeten we maar liefst zeven jaar teruggaan om een situatie te vinden waarbij de waterstand eveneens het sluitingspeil van 3 meter boven NAP overschreed. Sinds de ingebruikname van de kering op 4 oktober 1986 is zij in stormsituaties 23 keer dicht gegaan. Wat zijn de mechanismen die er toe leiden dat het Noordzeewater zo hoog wordt opgejaagd, dat tot sluiting van de kering wordt besloten?

Het belangrijkste voor de waterstanden in de Noordzee ter hoogte van de Oosterschelde is uiteraard het getij. Problemen met het niveau van de zeespiegel doen zich hoofdzakelijk voor bij hoogwater. Daarbij is het ene hoogwater niet hetzelfde als het andere; de hoogste astronomische standen komen voor met springtij, dat ongeveer twee dagen na Volle of Nieuwe Maan optreedt. De uitdrukking *astronomische stand* duidt niet op de hoogte, maar op het feit dat uitsluitend invloed van de maan en de zon zijn meegenomen voor de waterstand op de locatie waarvoor de berekeningen gelden. De astronomische standen zijn vooraf te berekenen uit in het verleden opgetreden waterstanden en verschijnen jaarlijks in publicaties als getijtafels en op het internet. De opgegeven standen zijn nooit zo hoog dat de kering dicht moet.

Alleen als de weersomstandigheden aanleiding geven tot een verhoging van de waterstanden, kan het sluitpeil van drie meter boven NAP, gemeten aan de buitenzijde van de kering, worden bereikt. Zowel voor het hoogwater op 21 december 2003 als voor het hoogwater van 8 februari jl. werd een dergelijke stand voorspeld.

De wind

De bij de Oosterschelde gemeten waterstanden tijdens hoog- en laagwater komen zelden overeen met de getallen uit de getijtafels. Het verschil tussen de beide standen noemt men de *opzet*; deze wordt veroorzaakt door de weersomstandigheden. De wind speelt bij het genereren van de opzet de belangrijkste rol; hij oefent een meeslepende kracht uit op het water: de schuifspanning. Als het waait, gaat het wateroppervlak scheef staan. De hellin-

gen zijn klein, maar toch zijn de effecten duidelijk merkbaar. Dat komt door de grote afstanden waar het om gaat. Zo levert een zware noordwesterstorm boven de Noordzee een helling op van 1:300.000; bij een afstand van negenhonderd kilometer komt dat overeen met een opzet van drie meter!

De opzet is evenredig met het kwadraat van de windsnelheid; daardoor is de opzet bij een wind van 25 m/s (windkracht 10) tweemaal zo groot als bij 18 m/s (windkracht 8). Verder is de opzet omgekeerd evenredig met de waterdiepte – om die reden is een storm boven het relatief diepe, noordelijk deel van de Noordzee ter hoogte van Schotland minder effectief en dus minder gevaarlijk dan een storm boven het ondiepere water voor de Engelse oostkust of vlak voor onze eigen kust. Ook de dichtheid van de lucht speelt een bescheiden rol. Zware lucht (koud en/of hoge luchtdruk) heeft meer 'grip' op het water dan lichte lucht (warm en/of lage luchtdruk), en geeft daardoor grotere opzetten.

Om bovengenoemde redenen is vooral de wind op de westelijke helft van de Noordzee van belang, en dan met name het gedeelte tussen de Engels-Schotse grens en het Nauw van Calais. Bij noordwester-

storm, een weersituatie waarbij zich gewoonlijk significante opzetten voordoen, draagt de wind boven dat zeegebied voor meer dan driekwart bij aan de totale opzet voor de Oosterschelde.

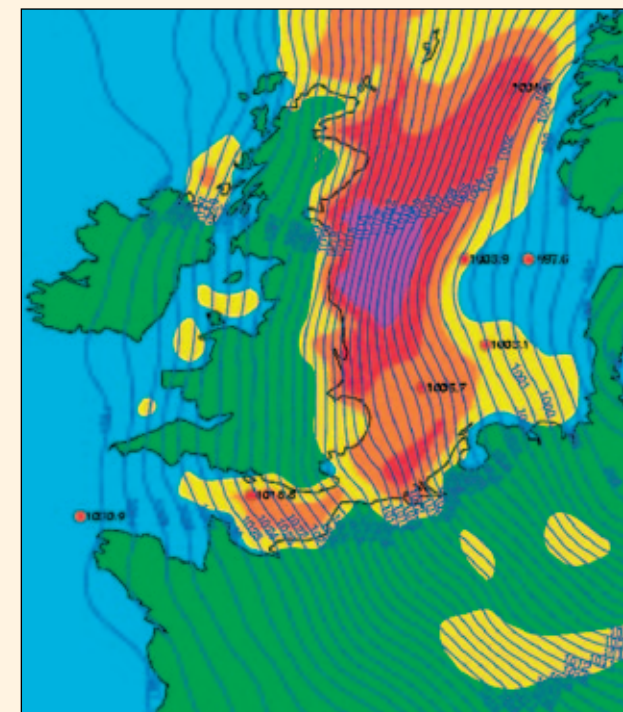
Situaties met significante opzetten deden zich zowel voor op 21 december 2003 als op 8 februari 2004. Op 8 februari gaf een depressie boven Zuid-Zweden aanleiding tot een noordwesterstorm boven de Noordzee, en vooral boven het gebied dat voor het genereren van opzet het belangrijkste is (zie weerkaart en satellietbeeld). De Oosterscheldekering ging dicht, de kaden in Antwerpen liepen onder en het water in de haven het dorpje Lillo aan de Schelde, midden in het Antwerpse havengebied, stond ongewoon hoog (zie foto's).

Overige factoren

De wind is weliswaar de belangrijkste, maar niet de enige weerfactor die uiteindelijk bepaalt welke waterstand precies wordt bereikt (lit. 1). Zo is de luchtdruk eveneens

van invloed. Bij lage druk wordt het zeeoppervlak namelijk als het ware iets naar boven gezogen – bij elke hectopascal of millibar minder komt het water één centimeter hoger. De luchtdrukfactor speelde op de genoemde dagen echter nauwelijks een rol. Datzelfde geldt voor de zogeheten allogene opzet (Engels: *external surge*), die opgewekt wordt bij zuidwestenwinden boven het zeegebied ten westen van Schotland en zich vervolgens als een opzetgolf door de Noordzee voortplant. Op de weerkaart is te zien dat er op 8 februari geen sprake was van zuidwestenwinden in het aangegeven zeegebied; hetzelfde gold op 21 december. Het effect deed zich dan ook die beide keren niet voor.

Front- of trogpassages geven soms eveneens aanleiding tot een extra verhoging van de waterstanden langs de kust. Vooral als de verplaatsingssnelheid van het weersysteem overeenkomt met de voortplantingssnelheid van een 'opzetgolf' kan het effect aanzienlijk



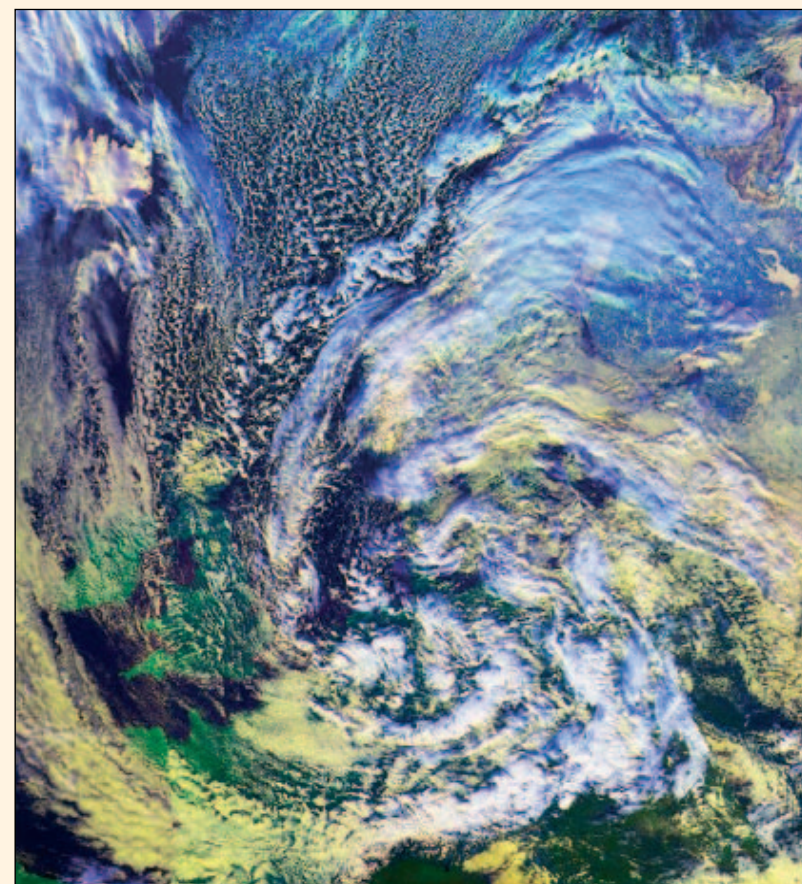
Luchtdrukpatroon en windsnelheid boven de Noordzee, 8 februari 2004, 12 UTC. Boven Denemarken is de luchtdruk het laagst, minder dan 994 hectopascal (hPa), bij Ierland het hoogst, meer dan 1031 hPa. Op de Noordzee woedt een zware noordwesterstorm, die de waterstand voor de Oosterscheldekering tot tegen het sluitingspeil doet oplopen. De isobaren zijn getekend om de hPa. De kleuren geel, oranje, rood en paars duiden op respectievelijk een harde wind, windkracht 7, een stormachtige wind, windkracht 8, een storm, windkracht 9 en een zware storm, windkracht 10. (Bron: KNMI)

zijn, maar ook nu weer geldt dat dit in de beide hier besproken gevallen geen rol speelde.

Als er meerdere depressies achter elkaar over de Noordzee trekken, ontstaat er soms een slingerbeweging, die ook aanleiding kan geven tot een extra afwijking van de astronomische stand. Dit effect is echter vrij zeldzaam in stormvloedsituaties.

Wisselstrategie

De Oosterscheldekering sluit automatisch bij een stand van drie meter boven NAP. Op het eerste gezicht lijken weersverwachtingen dan ook niet nodig. Toch beschouwt men een volledig geautomatiseerde werkwijze, waarbij de kering bij die stand automatisch dicht gaat, als minder veilig (lit. 2). Het peil van het Oosterscheldebekken zou in dat geval tijdens stormvloedsituaties namelijk steeds ongeveer +3 m NAP bedragen. Bij zulke hoge waterstanden is de kans op schade aan de dijken te groot. De schade ontstaat door golfoverslag, door gebrek aan stabiliteit van de dijken, door erosie ten gevolge van doorstroming van water onder de dijk of door de effecten van geconcentreerde golfaanvallen op glooiingen en grassmaten. De stormvloedkering kan wél zonder veiligheidsproblemen



Satellietbeeld van 8 februari 2004. Een depressie boven Zuid-Zweden veroorzaakt boven de Noordzee een noordwesterstorm. Instrument: AVHRR. Kanalen: 1, 2 en 4. Satelliet: NOAA 16. (Beeldbewerking: Freie Universität, Berlijn, Duitsland)

Kees Floor*

* Kees Floor is hoofd van de afdeling Meteorologische Opleidingen van het KNMI in De Bilt.



De haven van Lillo aan de Schelde op 8 februari 2004. (Foto: Maaïke Floor/Gazet van Antwerpen)

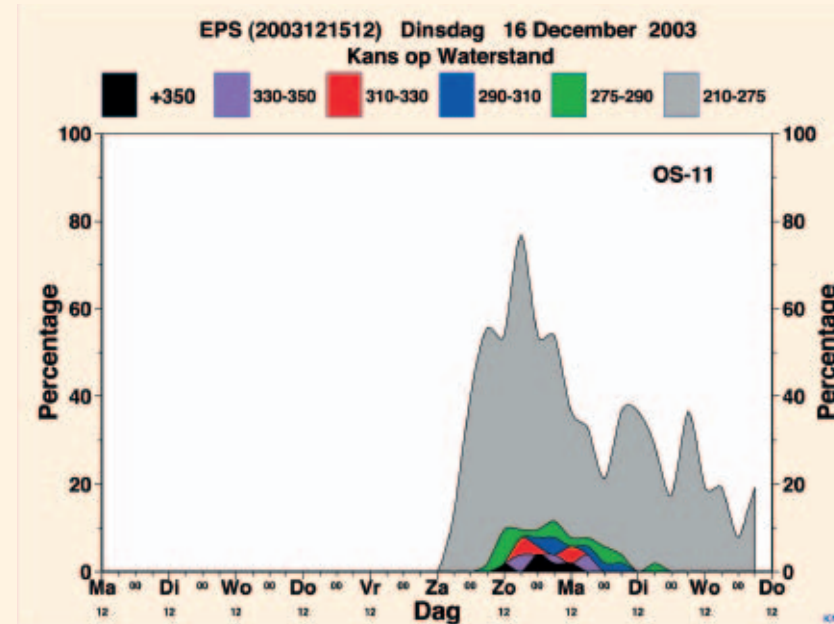
worden gesloten als voor een binnenpeil van +1 m NAP wordt gekozen. Verwacht men meerdere stormvloed en dan gaat

men over op de zogeheten wisselstrategie. Daarbij wordt de stand aan de binnenzijde van de kering tijdens het eerste hoogwater ingesteld op +0 m NAP, tijdens het daaropvolgende hoogwater op +1 m NAP en indien er nogmaals sprake

zou zijn van een dreigende overschrijding van het alarmpeil, al naar gelang de mogelijkheden van de situatie op +0 of +2 m NAP. De wisselstrategie heeft bovendien het voordeel dat nadelige effecten van de sluiting voor milieu en visserij worden gespreid. Een situatie waarbij de Oosterscheldekering drie achtereenvolgende hoogwaters dicht moest, deed zich totnogtoe slechts éénmaal voor en wel op 27 en 28 februari 1990. Een sluiting op twee opeenvolgende hoogwaters is minder zeldzaam en kwam buiten de genoemde data nog vijf keer voor.

Verwachtingen

Om de kering tijdig bij de gewenste standen te kunnen sluiten, zijn wateropzetverwachtingen noodzakelijk. Hoe eerder bekend is dat het peil van drie meter boven NAP bereikt of overschreden zal worden, des te beter. Bij het opstellen van de verwachtingen wordt onder andere gebruik gemaakt van computermodellen die de wateropzet berekenen uit de door atmosfermodellen aangeleverde wind- en



Kans op overschrijding van in de legenda aangegeven waterstanden voor dezelfde periode als waarop het pluimdiagram betrekking heeft. (Verklaring: zie tekst; bron: KNMI)

luchtdrukgegevens. Daarnaast is voor een *quick and dirty scan* van de gevoeligheid van de wateropzet voor onzekerheden in de weerparameters een eenvoudige methode in gebruik, de zogeheten vakkenmethode. Door dit wateropzetmodel te voeden met de uitkomsten van ECMWF-ensemblevoorspellingen (lit. 3), is ook op de wat langere termijn een inschatting te maken van de kans op noodzaak tot sluiting van de kering.

Bij het maken van ensemblevoorspellingen wordt een grofmazige versie van het 'gewone', operationele weermodel nog 51 maal gedraaid onder licht gewijzigde omstandigheden. Iedere afzonderlijke modelberekening levert haar eigen verwachtingswaarden voor bijvoorbeeld luchtdruk en wind. In principe zijn al die voorspellingen mogelijke weersontwikkelingen; alle eruit afgeleide wateropzetvoorspellingen zouden zich in principe dus kunnen voordoen. Op deze manier kan een inschatting worden gemaakt van de kans op grote opzeten of hoge waterstanden. De voorspellingen worden weergegeven in een diagram met pluimen of met overschrijdingskansen. De afgebeelde pluim geeft de verschillende mogelijkheden die de combinatie van ensemblevoorspelsysteem en wateropzetmodel heeft berekend voor de locatie Oosterschelde en voor de storm van 21 december. De rode lijn geeft de voorspelling op basis van het 'gewone', operationele

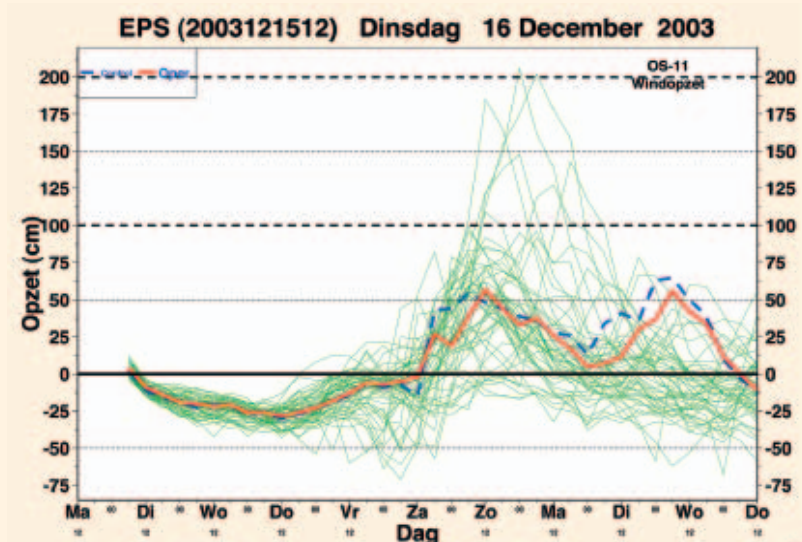
weermodel. Voor de blauwe lijn is de grofmaziger modelversie gebruikt. Ook bij de groene lijnen is men uitgegaan van de grofmaziger versie, maar nu is de beginsituatie steeds op een andere manier licht gewijzigd. De pluim laat zien dat de wateropzet mogelijk zelfs twee meter kan bedragen.

In het diagram met overschrijdingskansen wordt de verwachte waterstand getoond, dus niet zoals bij de pluim alleen het meteorologisch effect. Het diagram heeft eveneens betrekking op 21 december 2003. De piek in het grijze gebied betekent dat op dat moment de kans op een waterstand van 2,1 meter of meer tachtig procent bedraagt. Enkele leden van het ensemble verwachten voorspellen zelfs een stand van meer dan 3,5 meter (zwart).

Deze getoonde diagrammen bieden een prachtig hulpmiddel om te realiseren dat medewerkers van het KNMI en van het Topshuis, waar het beheer van de kering is gevestigd, tijdig ingezet kunnen worden om de stormvloed situatie en haar gevolgen het hoofd te bieden.

Literatuur

1. Floor, C., 1989, Weerinvloeden op waterstanden langs de kust, *Zenit* oktober 1989.
2. Floor, C., 1987, Meteorologische berichtgeving voor de stormvloedkering Oosterschelde, De Bilt, KNMI Technische Rapporten TR-1-1.
3. Floor, K., 2002, Tien jaar ensemblevoorspellingen op het Europees weercentrum, *Zenit* december 2002.



Verloop van de wateropzet gedurende een verwachtingsperiode, waarin onder andere de storm van 21 december optrad. Sommige verwachtingen komen zelfs op een meteorologisch effect op de waterstand van twee meter. Verklaring: zie tekst. (Bron: KNMI)

bynolyt **BYNOSTAR®**
www.bynostar.nl

ONTDEKKINGSREIS DOOR HET HEELAL

bynolyt OPTICS

Bij elke BYNOSTAR® telescoop leveren wij GRATIS

- * Nederlandstalige montagehandleiding en gebruikershandboek
- * Planisfeer (sterrenkaart) voor 52° NB
- * Boek "Ontdekkingsreis door het heelal"

Optioneel verkrijgbare accessoires

ASTRODEALERS:
Schmidt Optiek, Rokin 72, Amsterdam • Koopman Optiek, Kaasmarkt 2, Pannerdend • Combi Foto Loek Anderson, Burg, Mooystraat 27a, Castricum • Foto de Loeuw, Glerstraat 22, Haarlem • Optiek v.d. Wiel, Nieuwe Rijn 62, Leiden • Combi Focus, Goudenregenplein 59-64, Den Haag • W.D. Bos & Zn. Optiek, Thomsenlaan 40-40 B, Den Haag • Foto van der Waal, Rembrandtlaan 71, Schiedam • Foto Video van der Vooren, Voorstraat 95, Woerden • Polaris Optische Instrumenten, Nachttegaalstraat 76, Utrecht • Egbers Optiek, Tilburgseweg 76, Goirle • Optiek Cyszewski, Chaamsseweg 14, Baarle-Nassau • Opticiën Bloemendaal, Steenstraat 136, Arnhem • Foto Dubach, Korenstraat 112, Apeldoorn • Combi Foto Kemper, Grotestraat 264, Nijverdal • J.C. Oland Opticiën, Kamperstraat 8, Zwolle • Combi Foto Joop Baars, Stadhuisstraat 64, Lelystad • Combi Foto Sipkes, Poelestraat 19, Groningen • Foto Aktief, Laarderweg 142, Bussum • Foto Dalshelm, Uiterdijksterweg 13, Leeuwarden • Foka Foto Video Audio, Kerkstraat 8, Deurne • Focus Optiek, Nieuwe Burg 9, Middelburg • Foto Hein Manné, Markt 15, Roosendaal.

Technolyt
Industrieweg 35
1521 NE WORMERVEER
Tel. 075 - 64 74 547
info@technolyt.nl
www.technolyt.nl