



meteo maarssen

DE STORMVLOED VAN 25 DECEMBER 1717

astronomische, hydrologische en meteorologische achtergronden

Ton Lindemann



DE STORMVLOED VAN 25 DECEMBER 1717

astronomische, hydrologische en meteorologische achtergronden

Ton Lindemann

Copyright Meteo Maarssen, 2017

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door print-outs, kopieën, of op welke manier dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

VOORWOORD

Bijgaande verslag is een studie over de stormvloed van 25 december 1717 welke ons land met name de kustprovincies trof met als zwaartepunt Groningen. Het schadespoor van de storm als geheel is te volgen van de regio London/Theems, Belgische en Nederlandse kustprovincies, de gehele Waddenzee tot in Denemarken en verder tot aan Gotenburg en Kopenhagen.

De studie concentreert zich op met name in de meteorologische, hydrologische en astronomische omstandigheden in de dagen vooraf gaande aan en tijdens de climax op Eerste Kerstdag 1717. Hoewel de stormvloed vooral leeft in de provincie Groningen was het jammer te moeten constateren dat er geen animo geweest is van Nederlandse instituten als Rijkswaterstaat en Deltares voor ondersteuning van dit onderzoek. Bovendien bleek uit hun reacties dat een dergelijk onderzoek meer waarde zou krijgen als ook modellen gedraaid zouden worden met betrekking tot de hydrologie en het weer. Omdat ik geen binding heb met deze instituten was dit voor mij onmogelijk en heb het daarom moeten laten bij de theoretische beschouwingen van de Staatscommissie Zuiderzee en contemporaine bronnen. Ook is in een vroeg stadium getracht om uitgevers te interesseren voor deze stormvloed. Maar ik kreeg te vaak het antwoord, zonder inhoudelijk in te gaan op deze stormvloed, dat men er geen brood in zag want: wie heeft er nu interesse in een 300 jaar oude stormvloed? Om al deze redenen was het niet mogelijk om deze studie als review aan te bieden aan Nederlandse instituten, bovendien wilde ik hen verder niet belasten met nutteloos werk als het toch niet via officiële weg gepubliceerd kan worden; hetzij als boek, hetzij als rapport. Dit gaf mij wel de vrijheid om meer specialistische diepgang toe te voegen.

Tot slot spreek in mijn dank uit aan Jan Buisman met wie ik vele nuttige discussies gehad heb. Ondanks blijvend verschil van inzicht op sommige punten, met name over het gebruik van de hydrologische bevindingen en theorieën met hun invloed in de open Zuiderzee en Waddenzee daar waar contemporaine bronnen het in hun berichtgeving laten afweten.

Maarssen, november 2017.

INHOUD

VOORWOORD

INLEIDING

1 STORMVLOEDEN	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Hoog water	1
1.3 Waarom ons land zo gevoelig is voor stormvloed	2
1.3.1 De vorming van ons land	2
1.3.2 Waterstaat	7
1.3.3 Politieke en economische omstandigheden	8
1.4 Wat maakt een stormvloed?	9
1.4.1 Storm	9
1.4.2 Windkracht en windrichting	11
1.4.3 Duur van de storm	11
1.4.4 Luchtdruk en temperatuur	12
1.4.5 Kust	12
1.4.6 Opwaaiing, afwaaiing en stuwing	12
1.4.7 Opzet en stormeffect	13
1.4.8 Componenten van zeespiegelbeweging tijdens en stormvloed	13
1.4.8.1 <i>Getij en invloed van zon en maan</i>	13
1.4.8.2 <i>Golven uit wind</i>	16
1.4.8.3 <i>Langperiodieke golven</i>	17
1.4.8.3.1 Bui-oscillaties	17
1.4.8.3.2 Seiches	17
1.4.8.3.3 Buistoten	17
1.4.8.4 <i>Monstergolven</i>	17
1.4.9 Coriolis effect	18
1.4.10 Opperwater	18
1.5 Dijken	19
2 HYDROLOGIE VAN DE ZUIDERZEE EN WADDENZEE	
IN RELATIE TOT DE OPGETREDEN WATERSTANDEN.....	21
2.1 Inleiding	22
2.2 De noordelijke kustregio	22
2.2.1 Waddenzee	23
2.2.2 Zuiderzee	25
2.3 Waterstromen bij stormvloed	25
2.3.1 Buitengaats	25
2.3.2 Overstromingen en overspoelingen	29
2.3.3 Invloed van rivieren	29
2.3.4 Aflopen van water na een stormvloed	29
2.4 Vergelijking van enige Zuiderzee stormvloed	30
2.4.1 1825-02-03/05	31
2.4.2 1877-01-30/31	31
2.4.3 1883-12-12/13	31
2.4.4 1894-12-23/24	31
2.4.5 1901-01-28	31
2.4.6 1916-01-13/14	32

2.5	Waterhoogten tijdens de Kerstvloed	32
2.5.1	Noordzee	32
2.5.2	Waddenzee	32
	2.5.2.1 <i>Groningen</i>	32
	2.5.2.2 <i>Friesland</i>	33
2.5.3	Zuiderzee	34
	2.5.3.1 <i>Fries bekken</i>	35
	2.5.3.2 <i>De Kom</i>	35
	2.5.3.2.1 IJssel-/Vechtdelta	36
	2.5.3.2.2 Gelderse Zuiderzeekust	36
	2.5.3.2.3 De Eemmondig	36
	2.5.3.2.4 Het Y, Kennemerland en Waterland	37
2.5.4	Noord-Hollandse Noordzeekust	37
2.5.5	Maas/Schelde delta	38
2.6	Kunnen er zwaardere stormvloeden voorkomen?	38
3	ANALYSE VAN HET WEER.....	41
3.1	Weeroverzicht	41
3.1.1	Waarnemingen	41
3.1.2	Het weer in december 1717	42
3.1.3	Kerstvloed	43
3.1.4	Nog meer stormvloeden in de winter en voorjaar van 1717/18	46
3.2	Weerkaarten	47
4	OMVANG VAN DE RAMP.....	48
4.1	De overstromingen van 1717	49
4.2	Waddeneilanden	50
4.3	Groningen	50
4.4	Friesland	51
4.5	Overijssel	52
4.6	Gelderland	54
4.7	Utrecht	54
4.8	Noord-Holland	55
4.9	Zuid-Holland en de regio Biesbosch	58
4.10	Zeeland	59
4.11	Nederland	60
5	OPZET EN METHODIEK VAN DEZE STUDIE.....	61
6	SAMENVATTING EN CONCLUSIES.....	63
	BRONNEN EN LITERATUUR.....	64
	NOTEN.....	67

BIJLAGEN

De bijlagen volgen de nummering van hoofdstuk 4.

1 STORMVLOEDEN

VERANTWOORDING

In dit hoofdstuk worden de meest voorkomende directe en indirecte processen beschreven welke van belang zijn vóór en de gevolgen van stormvloed. Indien mogelijk wordt ook telkens een verband gelegd met de situatie tijdens de Kerstvloed van 1717 of in vergelijking met andere stormvloed. De meeste hieronder beschreven processen zijn herleid uit de stormvloedverslagen van Rijkswaterstaat/KNMI en rapporten door commissies ingesteld door de landelijke overheid.

Veel boeken beginnen een verhandeling over historische weersverschijnselen en stormvloed met een groots overzicht van wat ons land overkomen is. Een goed overzicht vormt met name het werk van Buisman: "Duizend jaar weer wind en water in de Lage Landen". Feitelijk is dit werk een herschrijving van de maatschappelijke vaderlandse geschiedenis met het weer als rode draad. Echter als we ons afvragen waarom ons land zo gevoelig is voor stormvloed, dan schiet veel literatuur daarin te kort. In dit verlag staan we daar wel even bij stil. Het ontstaan van het landschap en de processen welke daar een rol bij spelen wordt ook wel geomorfologie genoemd. Maar hier kijken we vooral in het bijzonder naar de invloed van het weer (stormvloed) en de menselijke activiteit gedurende het Holoceen. Dit onderdeel is uitgewerkt naar de huidige algemeen geaccepteerde inzichten zoals die in geologische, geomorfologische en archeologische publicaties beschreven worden.

Het tweede en derde deel in dit hoofdstuk gaat verder in op de processen die plaatsvinden bij stormvloed en de daarbij geldende voorwaarden. Een goed overzicht waaraan stormvloed moeten voldoen zijn de rapporten welke Rijkswaterstaat na elke stormvloed uitgeeft. Met name het verslag over de stormvloed van 1953 biedt veel inzicht in relaties tussen astronomische omstandigheden, getij, zeestromingen en stormweer op de Noordzee. Ook het Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee, belast met onderzoek naar stormvloed en zijn effecten na afsluiting van de Zuiderzee, uit 1926 geeft veel inzicht in die parameters. Hier volgen we met name de voorwaarden die van belang zijn voor de historische omstandigheden met stormvloed uit de 19^e en vroeg 20^e eeuw.

Astronomische parameters voor Zon, Maan en Aarde bij het geldende getij zijn bepaald met nauwkeurige astronomische software. Met betrekking tot de oude eenheden moet nog worden opgemerkt dat niet in alle gevallen bekend is welke standaarden gebruikt zijn. Voor Amsterdam weten we dat dit de Amsterdamse eenheden zijn, voor Groningen is aangenomen dat Groninger eenheden gebruikt zijn.

1.1 INLEIDING

Ons land kent een rijke traditie aan stormvloed. Weer, wind en water hebben ons land gevormd, maar de menselijke activiteiten hebben eveneens een voorname rol gespeeld. Een stormvloed treedt op bij storm en gevolg is een extra verhoging van het zeewater bovenop het getij. De wind stuwt daarbij het zeewater op, wat vooral merkbaar is aan de kust. Met name stormvloed uit noordwestelijke richtingen zijn gevaarlijk voor onze kust. Niet alleen de storm zorgt voor extra verhoging, ook de invloed van rivieren mag niet vergeten worden. Hoge waterstanden (opperwater) in met name de

riviermondingen kan de mate de hoogte van de stormvloed extra verhogen. Ook de vorm van de kust en het type van de kust, alsmede de menselijke activiteiten in het kustlandschap bepalen het gedrag van de stormvloed. Ook astronomische omstandigheden zijn van belang, omdat deze mede bepalend zijn voor het gedrag van het getij. Verder heeft ook de luchtdruk en de dichtheid van het water als relatie tot de temperatuur invloed. De extra verhoging van het zeewater door bovengenoemde effecten wordt "opzet" genoemd.

1.2 HOOG WATER

Voordat we het kunnen gaan hebben over stormvloed moeten we eerst aangeven wat we onder een stormvloed verstaan. Niet elk hoog water, ook niet bij storm, is een stormvloed. Met

het onderstaande overzicht proberen we de verschillende hoog waters van elkaar te onderscheiden.

Hoog water. Vaak het twee maal daagse getijde ritme waarbij het water wat hoger op het strand staat of tegen de kademuur oploopt.

Springtij. Bij hoog water met springtij komt het water nog wat verder het strand op en lopen vaak ook de slikken onder.

Hoge vloed. Licht extra verhoogd water. Nu staan ook de kwelders en schorren onder water of aangewassen landen. Soms ook lopen de zomerkades van buitendijkse polders over. We spreken dan in dit verslag over ondergelopen land of land wat blank staat.

Stormvloed. In vroeger tijd was het gebruikelijk om een stormvloed alleen als zodanig te vermelden als er duidelijk sprake was van schade, landverlies en/of slachtoffers; dus bij dijkbreuk van zeedijken, waarbij binnendijks land overstromd. Breken alleen de zomerdijken van buitendijkse polders dan worden deze ook als overspoeld, ondergelopen land of land wat blank beschouwd. Overstroming wordt dus exclusief gebruikt bij stormvloed en dijkbreuk van zeedijken, al het andere land wat onder water staat geldt als ondergelopen of overspoeld. We hebben ons hier strikt aan gehouden ook voor de onbedijkte eilanden Marken en Schokland.

Stormvloedcategorie	Delfzijl (m)	Overschrijdingskans gemiddeld per jaar
Extreme Stormvloed	≥ 6,40	≤ 10 ⁻⁴
Buitengewoon hoge stormvloed	5,80-6,40	10 ⁻³ à 10 ⁻⁴
Hoge stormvloed	5,05-5,80	10 ⁻² à 10 ⁻³
Middelbare stormvloed	4,20-5,05	10 ⁻¹ à 10 ⁻²
Lage stormvloed	3,55-4,20	0,1 à 0,5
Hoge vloed	2,65-3,55	0,5 à 5

Tabel 1: Grenspeilen voor Delfzijl

Tegenwoordig zijn dijken beter bestand tegen stormvloeden en spreken we over stormvloeden als een grenspeil overschreden wordt. Wanneer voor een bepaald dijkvak bij hoog water gebeurt, geeft Rijkswaterstaat een waarschuwing uit en bij het bereiken van het grenspeil voor meer gevaarlijker hogere waterstanden wordt dijkbewaking ingesteld. Deze grenspeilen zijn voor elk dijkvak verschillend en worden ook regelmatig bijgesteld, zodanig dat het laagste grenspeil gemiddeld eens per twee jaar

overschreden wordt. Wanneer deze waarde overschreven wordt door zeespiegelrijzing en dergelijke wordt het grenspeil aangepast. Het grenspeil is ingevoerd in 1938¹ en de laatste correctie voor o.a. Delfzijl was op 1 januari 2015. Geldige grenspeilen worden door Rijkswaterstaat gepubliceerd en daarin wordt ook onderscheid gemaakt voor diverse stormvloedklassen. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende stormvloedklassen van hoge vloed tot extreme stormvloed voor Delfzijl.

1.3 WAAROM ONS LAND ZO GEVOELIG IS VOOR STORMVLOEDEN

1.3.1 De vorming van ons land

Ons land in zijn huidige vorm is ontstaan in de delta van met name Schelde, Maas, Rijn, Overijsselse Vecht en Eems met hun zijrivieren². In een wat langer geologisch verleden ook van Scandinavische en andere Oost-Europese rivieren welke in onze regio hun delta hadden. Deze delta werd en wordt nog steeds in stand gehouden door een aanhoudende bodemdaling doordat de continentale platen van Amerika en Europa uit elkaar drijven. Door deze 'trekkende' beweging zakt de bodem in het Noordzee gebied. Rivieren welke sedimenten aanbrengen vullen nabij de kust regio de bodem weer op. Al ten minste sedert het begin van het Mioceen zijn door deze rivieren sedimenten in een ondiepe zee aangebracht waardoor de delta ontstond. IJstijden hebben het landschap met hun gletsjers vervormd waardoor er heuvelruggen ontstonden. Toen het klimaat in de Noordzee regio na de laatste IJstijd (het Weichselien) gunstig genoeg was begon op ongeveer 6000/7000 BC de vorming van het veen zoals we dat tegenwoordig kennen. De kustlijn lag enkele tientallen kilometers verder in zee. Achter een eilanden en duinen reeks bevond zich een lagune van een ondiepe zee. Het eerste veen ontstond in het kustnabije hoger gelegen land. Tot aan de eerste

millenniumwisseling AD kon dit veen op de vrijwel overal ongestoord doorgroeien met een snelheid van 1 mm per jaar. Over 7 tot 8 millennia was het veen op veel plaatsen tot 7 á 8 meter dik geworden en kwam op de veel plaatsen tot enkele meters boven het zeeniveau uit. Voor zover er dan sprake was van stormvloedschade was het tot in de laatste eeuwen van het 1^e millennium in de meeste gevallen doorgaans beperkt tot de kust. De zee drong bij stormvloeden doorgaans nauwelijks door in de riviermondingen. In een enkel geval, zoals het krekengebied in de regio van Het Oer-Y, destijds in de omgeving van Castricum uitmondend in de Noordzee, kregen stormvloeden wel vat op het achterland. Bekend is het Diemberbos met zijn veeneiken. Het bos wellicht verloren gegaan door binnendringend zeewater tijdens een stormvloed.³

In het veengebied ontstonden verschillende soorten veen. Op rivieroeveren (zandige oeverwallen) en donken (rivierduinen) lagen veelal de broekbossen met els, wilg en populier, waaruit het bosveen gevormd is. In eutrofe (voedselrijk) gebieden lagen de rietlanden en broekbossen. De mesotrofe (matig voedselrijk) gebieden waren bedekt met zegges en russen

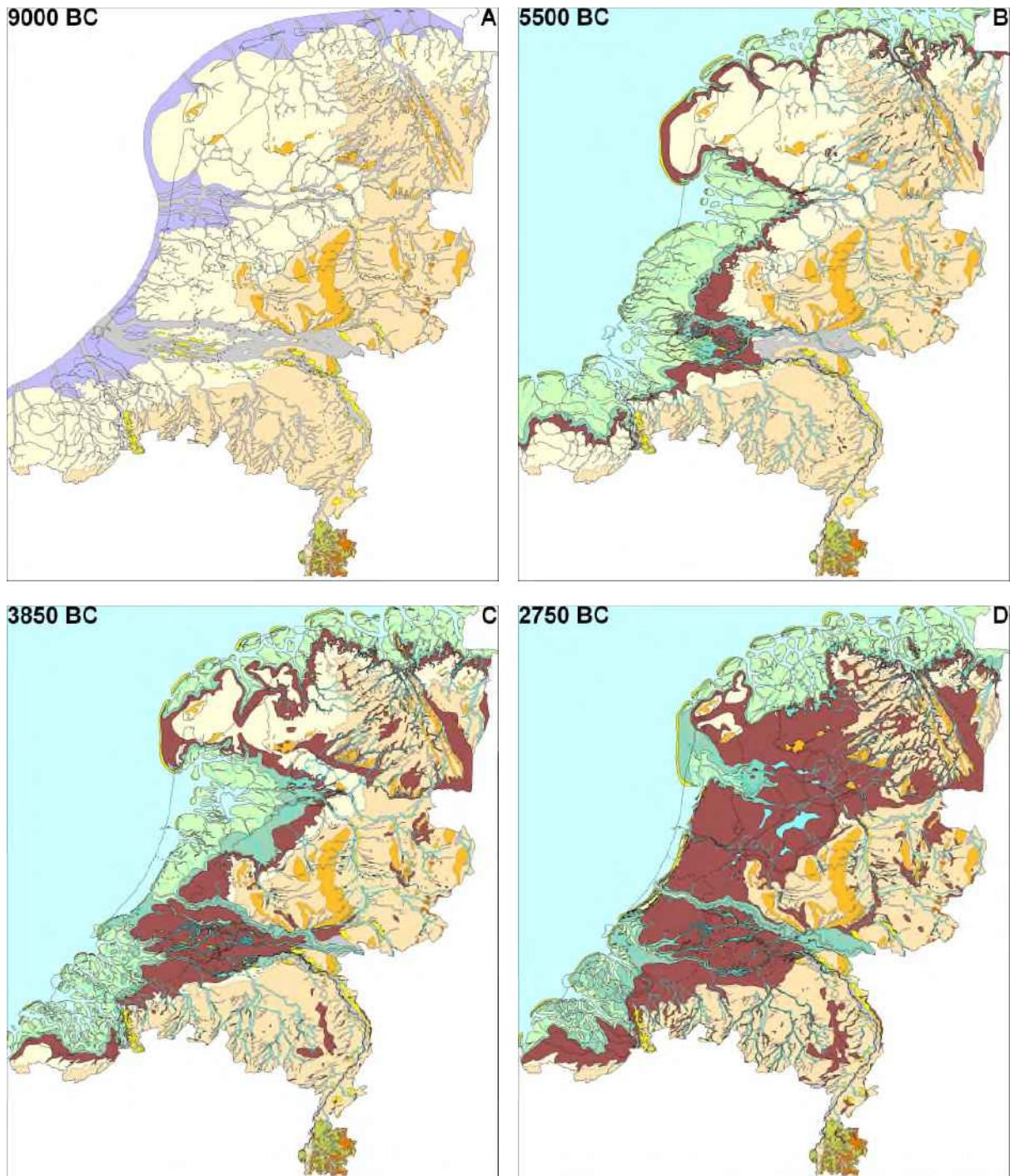
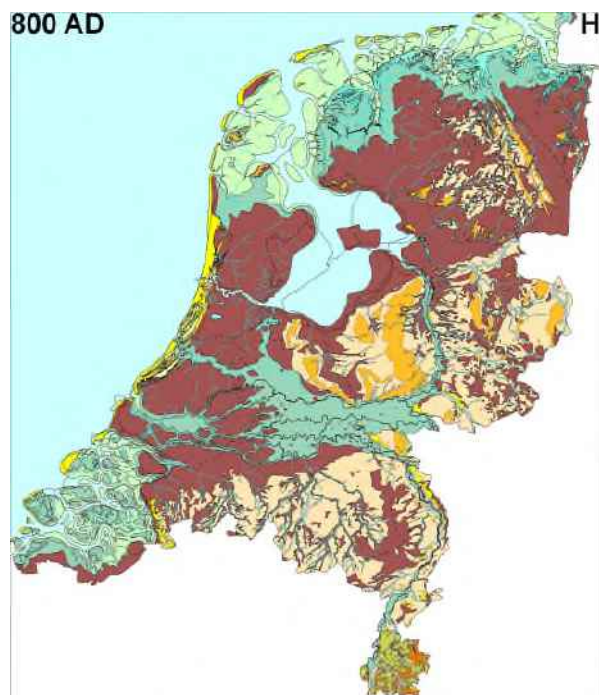
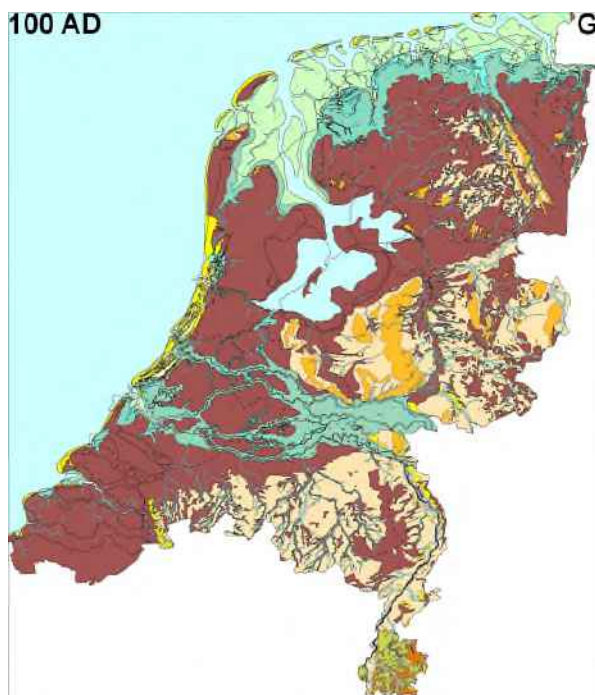
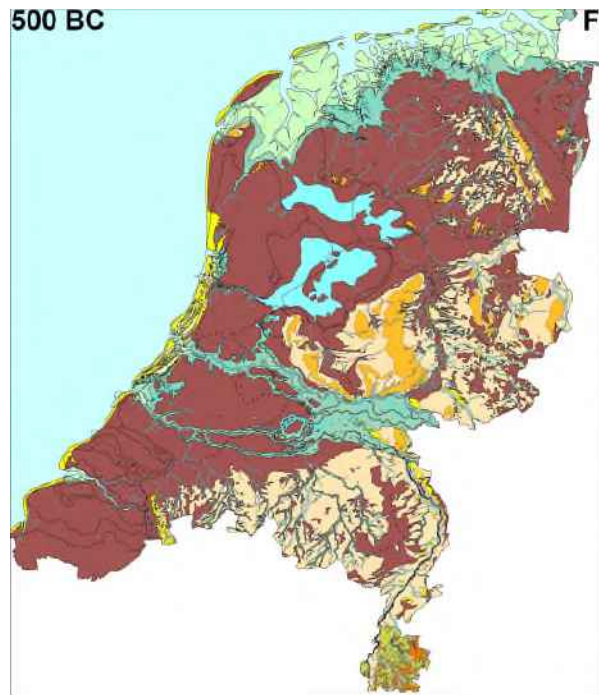
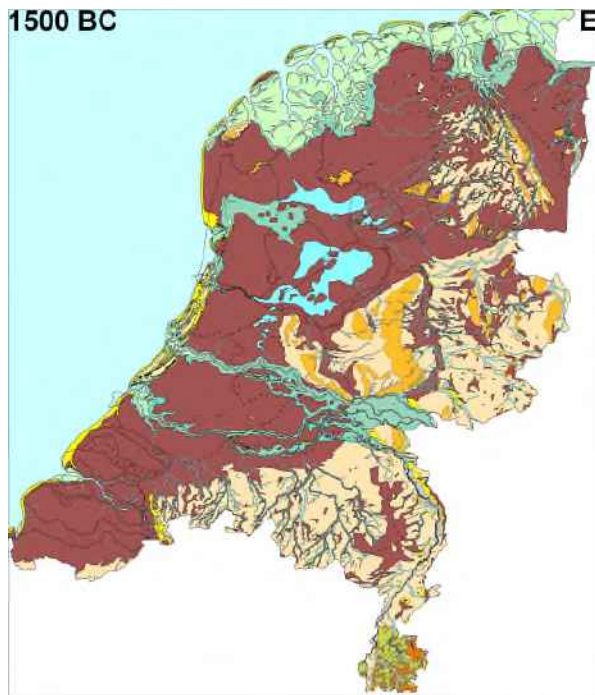


Fig. 1A/K: Ontwikkeling van Nederland gedurende het Holoceen. Verklaring zie tekst. (naar Vos en De Vries (2013)).

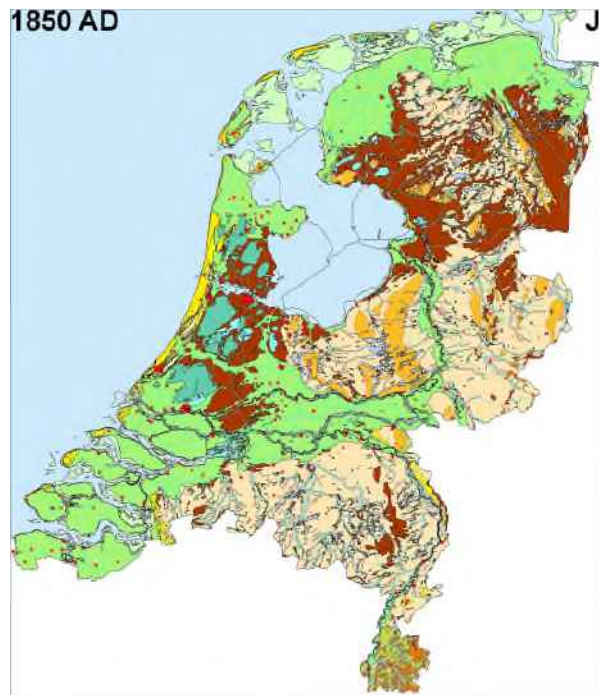
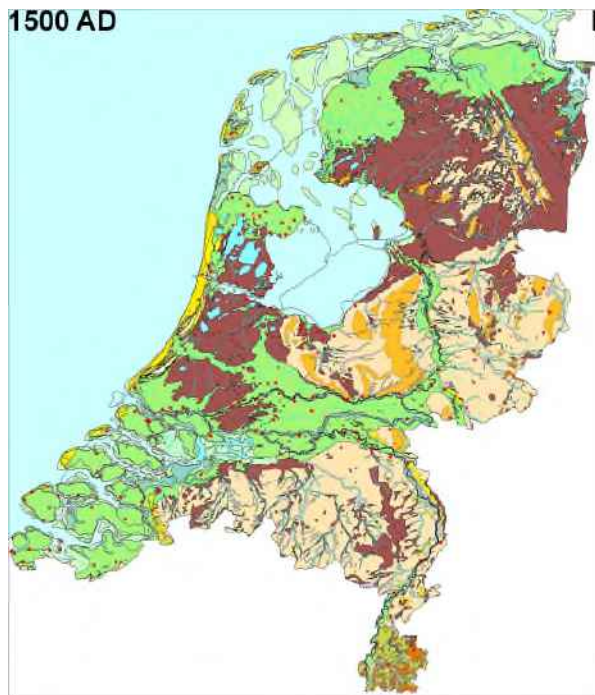
en daar waar de wateren oligotroof (voedselarm) waren groeiden de veenmossen. Over het algemeen kan gesteld worden dat hoe dichterbij water komen, met name de zee en rivieren, des te eutrofer het milieu wordt. Hier overwegend de broekbossen. Op de hogere zandgronden vinden we met name het mosveen wat vrijwel uitsluitend door regenwater gevoed wordt. In de overgangsgebieden vinden we de russen en zegges. Merk op dat tegenwoordig veel polders ver

beneden zeeniveau liggen. Toen de veenvorming begon lag de zeespiegel een stuk lager dan tegenwoordig. Dit vindt zijn oorzaak vooral in isostasie en klimaatveranderingen na afloop van het Weichselien. Beiden dragen flink bij aan de geologische geschiedenis van ons land en het Noordzee bekken. Daarmee zijn deze factoren ook van belang bij stormvloed en welke mede ons land gevormd hebben. Bij isostasie is er sprake van een bijdrage aan de relatieve stijging van het zeeniveau⁴ en bij klimaatveranderingen treedt er een bijdrage op van de eustatische of absolute zeespiegelbeweging. Bij het einde van Weichselien is Scandinavië ontdaan van zijn





ijskap en door het wegvallen van het gewicht van dit ijs veert deze regio op. Om een evenwicht te bereiken moeten andere delen van het continent dalen. Dit speelt ook in ons land. Daardoor is er door isostasie sprake van een bijdrage aan de relatieve stijging van het zeeniveau. En sedert de afgelopen halve eeuw komen daar bodemdalingen door aardgaswinning voor de regio Groningen nog extra bij. Door klimaatverandering verandert het eustatische zeeniveau wel. Bij hogere temperaturen zet het zeewater uit en krijgt meer volume en door voortgaande smelt van met name landijs aan het einde van het Weicheseliën op het noordelijk

halfmond steeg de zeespiegel uiteindelijk met ongeveer 100 m. Even in kantlijn: Deze eustatische zeespiegelstijging gaat tot op heden nog steeds door en zal mogelijk door de tegenwoordige klimaatsproblemen weer in een versnelling kunnen komen als de Groenlandse Ijskap en het westelijk deel van Antarctica dramatisch gaan smelten. Zeespiegelstijgingen tot +18 m worden voor ons land verwacht als we de klimaatproblematiek niet de baas worden.⁵ De eustatische zeespiegel beweging is dus geen recent verschijnsel. Het treedt al op vanaf het moment dat de Aarde oceanen kent, dus vrijwel de gehele 4,5 miljard jaar dat de Aarde bestaat.




Holoceen landschap




Kustduinen

-  Hoog duin: Jonge Duinen, gevormd na 900 na Chr., reilëfrlijk.
-  Duin en strandwallen: duingebied, voornamelijk Oude Duinen
-  Laag duin: duinvalleien tussen de strandwallen en lagere delen van het duin

Landduinen

-  Stuiwzand gebied: zandverstuivingen, hoofdzakelijk vanaf 1500 na Chr.

Overstroomde gebieden

-  Intertijdengebied: wadden en slikken
-  Overstromingsvlakte: gebieden in de rivier- en kustvlakte die periodiek of incidenteel onder water lopen; riviervlakten en kwelders.
-  Kwelderswallen: relatief hoog gelegen delen binnen de kwelders.


Veen gebieden

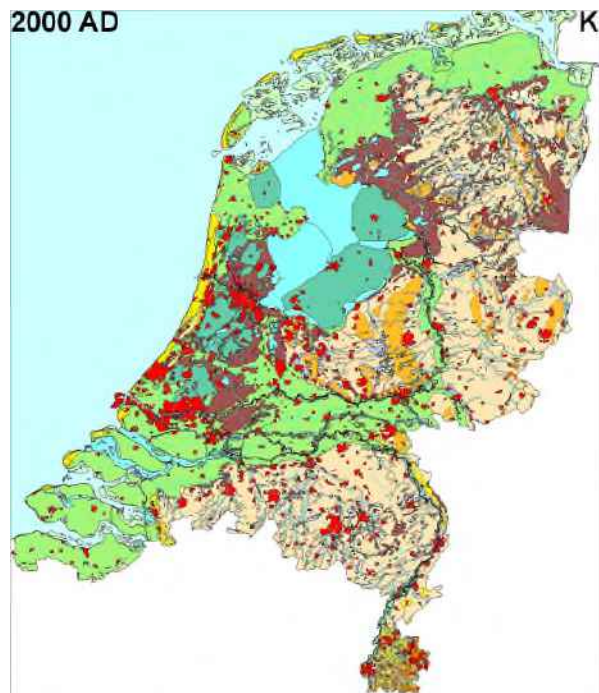
-  Veen

Antropogene gebieden

-  Ingedijkt overstromingsgebied
-  Droogmakertien
-  Stedelijk gebied

Permanent onderwater

-  Binnenwater: overwegend zoetwater, rivieren en meren.
-  Buitenwater: overwegend brak en zoutwater, Noordzee, getijdengeulen en lagunes.



En gedurende het grootste deel van de aardse geologische geschiedenis was er geen landijs aanwezig en stond de zeespiegel tot 250 m hoger dan tegenwoordig; waarvan akte. Het is

niet goed aan te geven wat de onderlinge bijdrage van isostasie of smeltwater van landijs op de zeespiegelstijging sedert het Weichselien is gedurende het Holoceen. Aanvankelijk rees de zeespiegel in het Noordzeebekken omstreeks 10000 BC met ongeveer 1 m per eeuw. Maar er zijn duidelijke verschillen per locatie. De bodemstijging door isostasie neemt van de Belgische kust in noordelijke richting toe en gaat in de Duitse Bocht aanmerkelijk sneller. Nemen we West-Nederlandse kust als gemiddelde dan stond hier de zeespiegel op ongeveer 6500 BC nog 35 m lager dan tegenwoordig, maar 500 jaar later was de zeespiegel al meer dan verder 10 m

gestegen. Een millennium later staat het niveau nog 15 m lager dan tegenwoordig, maar dan begint de snelheid van de relatieve spiegelstijging wat af te zwakken en stond deze rond 3000 BC op nog maar 5 meter lager dan tegenwoordig.

Rond het jaar 1000 AD veranderde het veenlandschap snel. De bevolking begon te groeien en er was behoefte aan nieuwe landbouw- en weidegronden om alle monden te kunnen voeden. Echter het vochtige veen houdt het water als een spons vast en is als agrarisch land ongeschikt. Granen, bijvoorbeeld, gedijen niet op natte gronden. De oplossing was om het veen in cultuur te brengen en dus het overtollige water af te voeren. Maar dan treedt er ook een bodemdaling op door klink, krimp en oxidatie. Bij klink zakt het veen als een plumpudding in elkaar doordat het wat eruit loopt. Dit kan vergeleken worden met een natte spons die we laten uitlekken. Daarna droogt het veen uit waardoor deze krimpt en ten slotte verweert het uitgedroogde veen door oxidatie, waarna er as overblijft. Om een 20 cm dikke beloopbare veraarde veenlaag (zode) te krijgen moet het veen ten minste 1 m diep ontwatert (gedraineerd) worden. Deze zode kan binnen 5 jaar zijn beslag krijgen. Echter voornamelijk door oxidatie verdwijnt de zode weer en om het land geschikt te houden (droog) voor met landbouw is verdere afwatering noodzakelijk. Daarna begint cyclus opnieuw: afwateren, peilverlaging, klink/krimp/oxidatie; afwateren, peilverlaging, enz. Het draineren geschiedde via gegraven sloten en afwateringskanalen, delven (= graven) genaamd. Zolang de gecultiveerde gronden konden draineren op een hoofdafvoer, rivier of ander boezemwater, kon het water vrij weglopen. Maar er kwam een moment dat het waterpeil in de boezem gelijk stond met het land en omdat het land nu snel te nat werd moesten de landerijen worden bemaald om deze voldoende droog te houden. Gevolg was dat de landerijen beschermd moesten worden met dijken en sluizen, maar door bemaling steeds dieper kwam te liggen ten opzichte van het boezemwater door erosie van het veen. Er ontstond een omkering van het relief. Hetzelfde gebeurde met de afwatering van de delven. Al rond twee eeuwen na het begin van de ontginningen werd op sommige plaatsen het zeeniveau bereikt. Het overtollige water kon niet langer op natuurlijke wijze afgevoerd worden via een delf naar zee. Om te voorkomen dat het zeewater het land binnendrong werden de eerste dammen en uitwateringssluizen of zijlen aangelegd. Plaatsnamen eindigend op dam en zijl getuigen hiervan. In Groningen bijvoorbeeld werd rond 1200 een delf voor de drainage gegraven, het latere Damsterdiep. Om het binnendringen van

zeewater te voorkomen bij het ontstane omgekeerde relief werd er in de late 12^e of vroege 13^e eeuw een dam aangelegd. Bij deze dam ontstond de plaats Appinge of Appinga. Rond 1303 en 1317 wordt er vervolgens gesproken over "Delfseilen", de sluizen van Delfzijl. Deze delven vinden we ook elders in ons land terug. Zo is ook Delft gelegen aan een gegraven vaart in veenrijk gebied, vermoedelijk al in de 11^e eeuw.⁶ Verder waren bijvoorbeeld de Amstel en de Vecht in die tijd ook belangrijk voor drainage van de veenrijke gronden. De ontginningen te Utrecht en Holland werden voornamelijk aangestuurd door de graaf van Holland en de bisschop van Utrecht.

Daarnaast werden delen van met name het kwalitatief betere mosveen afgegraven ten behoeve van energie voorziening voor stoken en koken. Blijkens recente paleografische kaarten⁷ (Fig 1A/K) hebben voortgaande landbouw activiteiten en vervening tot het verlies van veel veen geleid. Dit werd nog eens verergerd door afslag tijdens storm en stormvloed.

Daar waar het veen verdween kwam in de kust nabije regio's vaak rond zeeniveau vruchtbare zeelei bloot te liggen, maar liepen ook grote stukken onder water waar zich plassen vormden. De kuststreken werden zo overstromingsgevoelig bij elke stormvloed. West Friesland beschermde zich met de aanleg van een ringdijk in de 13^e eeuw. Maar de oudste dijken bevonden zich waarschijnlijk in Zeeland. In Friesland en Groningen bouwde men aanvankelijk vooral al sedert 500 BC terpen, kunstmatige heuvels voor bewoning. In later stadium ging met ook hier over tot dijkenbouw. Maar het kwaad was al geschied. We hadden ons kwetsbaar gemaakt voor binnendringend zeewater bij stormvloed.

De laag gelegen veengronden beneden zeeniveau waren ondertussen ongeschikt geworden voor het bedrijven van landbouw, op slootwaterniveau was het immers te nat. Maar voor natte vervening nog blijvend geschikt. Het veen werd uitgebaggerd en zo kon aan turf voor de groeiende energie behoefte voorzien worden. De ontstane gaten liepen vervolgens vol met water. Bij grote verveningen, dus vorming van grote plassen, kreeg ook de wind vrij spel en de slappe veenoevers stortten regelmatig in met als resultaat dat de plassen snel groter werden bij elke flinke storm door gestage oever afslag.

Erosie door afkalven trad ook op bij veenrivieren. Ten gevolge van stormvloed verdwenen grote delen van oevers van dergelijke veenrivieren, zoals Beemster, Schermer en Purmer in de 12^e en 13^e eeuw en ontstonden de grote Noord-Hollandse plassen. Bij de Haarlemmermeer⁸ liep het totaal uit de hand en ging deze grote wateroppervlakte zich als binnenzee gedragen. Bij elke storm verdwenen er grote stukken van

de slappe veenoever. Deze situatie is anders dan in de tijd dat het veen juist bescherming bood tegen hoog water, zoals hierboven beschreven.

Om het gevaar van steeds verdere uitbreidende binnenzeeën te voorkomen ging men rond 1600 in met name in het Graafschap Holland ertoe over om de uitgeputte verveningen te bedijken en droog te malen. We zien hier de eerste polders ontstaan. De Hoogheemraadschappen van Delfland, Schieland en Rijnland eisten zelfs in 1591 dat de natte vervening gestaakt moest worden om verdere schade te voorkomen. De ontstane plassen begonnen plaatsen als Gouda te bedreigen. In de droog gevallen polders konden de vrijgekomen kleigronden gebruikt worden als vochtig weideland. Ook werd de klei gebruikt voor bakstenen ten behoeve van stenen huizen in de steden, vestingwerken en stadswallen. En voor die steenbakkerijen was weer turf nodig. Vondel dichtte al in de 17^e eeuw: *"Welvarend is het land, waar 't kind zijn moer verbrand"*.

De Zuiderzee is mogelijk op dezelfde wijze ontstaan. Bij het voortgaande proces van veenvorming was het midden van Nederland daarbij een handje hebben meegeholpen met oeverafslag door golven.

Buiten de bedijkte kustzones vond door aanslibbing ophoging van de bodem plaats en ook deze buitendijkse of aangewassen landen werden van tijd tot tijd ingedijkt. De eerste ingedijkte verzandde zeearmen of stroomgeulen waren de Middellandse Zee en delen van de Lauwerszee, de Dollard en iets later volgde Het Zwin in Vlaanderen. Later kwamen daar in Noord Nederland Het Bildt te Friesland en de Uitterdijkse en Aangewassen landen te Groningen bij. Maar al ver voor die tijd vond er ook voortdurend aanslibbing plaats. De laagste delen van de provincie Groningen liggen juist te noorden van het Winschoter Diep. Naar het noorden liggen de landerijen steeds hoger en het hoogst ligt de regio bij de kust van de Waddenzee.

Tegenwoordig is het veen op de meeste plaatsen verdwenen en ligt het overblijvende land onder zeeniveau. Vooral in West Nederland leven velen op het zeeniveau van ~7000 BC. En de

1.3.2 Waterstaat

Tegenwoordig hoeven we ons nauwelijks zorgen te maken over onze dijken. Het wordt allemaal keurig geregeld door Rijkswaterstaat en de waterschappen. Beiden zijn ontstaan uit de behoefte om het water in ons land beheersbaar te houden.

Waterschappen zijn ontstaan door samenwerking van een regio om bijvoorbeeld gezamenlijk de

rond 2750 BC vrijwel volledig bedekt met, nog relatief dunne, veenpakketten. Er resteerde een klein meer: het Almere. Sindsdien hebben ontginningen en verveningen mogelijk al aan de basis gestaan hebben bij het groter worden van het Almere. Van der Heide⁹ heeft in 1974 al aannemelijk gemaakt dat er in de omgeving van de Noordoostpolder al in het 3^e millennium BC landbouw en turfwinning plaatsgevonden heeft. In het westen van Nederland zijn de ontginningen in de Romeinse tijd begonnen, maar in het noorden van ons land pas in de 2^e helft van de 10^e eeuw.¹⁰

De Utrechtse Vecht en de Eem mondden tot aan de Romeinse tijd via Het Oer-Y en het Wijkmeer bij Castricum in de Noordzee. Vervolgens verzandde deze monding en kwamen deze rivieren uit in het Almere. Ook dit zal meegeholpen hebben om het waterniveau in het Almere te doen stijgen. Maar bij voortgaande zeespiegelstijging kon het water van het Almere via de Vlietstroom steeds moeilijker afvloeien naar de Noordzee. Gevolg was dat de waterstand ook in het Almere begon te stijgen en daardoor ook steeds groter werd. Stormen zullen

zeespiegelstijging en bodemdaling blijft nog steeds doorgaan.

Het moet gezegd: Ondanks alle stormvloed en schade daaruit die we ten minste de afgelopen 1000 jaar opgelopen hebben, hebben we er niet veel van geleerd. Nog steeds wordt het polderpeil in veel waterschappen verlaagd als het veen oxideert tot aan het bemalen grondwaterpeil (polderpeil). Het grondwater staat dan op veel plaatsen op het niveau van het oppervlakte water. Het wordt te dras voor de agrarische sector met hun zware landbouwvoertuigen, waarna het polderpeil weer omlaag moet. Het droog gevallen veen oxideert en klinkt verder in tot een volgende polderpeil verlaging nodig wordt. Zo zakken grote delen van Nederland sedert het begin van de ontginningen nog steeds. Nog even in de kantlijn; bij het oxideren van het veen komen ook gigantische hoeveelheden broeikasgassen vrij. Er zijn dus meer redenen om een ander beleid te verzinnen om verdere vernietiging van ons land te voorkomen.

waterstaatkundige werken binnen die gemeenschap te onderhouden. Meestal waren die gemeenschappen beperkt tot een polder. De kosten voor het onderhoud van watergangen, sluizen en dijken werden daarbij verdeeld tussen de grondbezitters en elk erf was verantwoordelijk om bijvoorbeeld een toegewezen dijkvak of sluis te herstellen na doorbraak of andere schade.

Deze methode wordt verhoefslagen genoemd; omslag van werkzaamheden en kosten per hoeve. Om te controleren of de taken juist uitgevoerd werden, werden er regelmatig schouwen uitgevoerd door de schouw, heemraad of dijkgraaf. Bij het in gebreke blijven werden sancties opgesteld, variërende van flinke boetes tot het uitbesteden van het werk die met een extra toeslag die aan een schouw moest worden betaald.

Het zal niet verbazen dat de plattelandsbevolking op deze wijze flink op kosten gejaagd werden en soms snel verarmde, vooral in tijden er als vaak en snel opeenvolgende dijkschades ontstonden. Uitdrukkingen als "*in het dyckrecht gaen*" waren ontsnappingsmethodes als de onderhouds-plichtige niet meer aan zijn verplichting kon voldoen omdat hij financieel aan de grond zat. Ten overstaan van dijkgraaf, schouw of heemraden moest hij dan met alleen zijn hemd aan op de dijk gaan staan, zijn spade in de dijk steken met de hand op de kruk bezweren dat hij niet meer had dan wat hij bij zich had. Eerst dan ontsloeg de dijkgraaf de armlastige van zijn plichten. De uitdrukking "*in zijn hemd staan*" vindt hier zijn oorsprong.¹¹ Vaak werd dan ook zijn land en andere bezittingen verbeurd verklaard.

Niet iedereen nam ook zijn taak altijd even serieus. Sommigen deden hun best, maar anderen deden maar wat en hoogden de dijken onvoldoende op. Een ongelijke kruin tot gevolg. Bovendien is het menselijk geheugen kort. Was er een tijdje geen sprake van doorbraken, dan werd men nonchalant. Soms dacht men ook dat de hoogste waterstand wel bereikt was en dat het zover wel niet meer zou komen. Ter verfraaiing van de dijken werden er zelfs bomen op dijken geplant en dat mocht al helemaal niet omdat dit de dijken juist verzwakt.

Maar zelfs al werden de dijken onderhouden, dan ook nog soms op de verkeerde wijze. In Groningen werd de aarde voor het ophogen van

de dijken vaak direct achter de inlandse basis van de dijk weggehaald en dit kwam natuurlijk ook de stevigheid en stabiliteit van de dijk niet ten goede. Het vergemakkelijkt kwel en ondermijning van de dijk bij hoog water.¹² Met name de plattelands bevolking had de verplichting deze taken uit te voeren, steden onttrokken zich hiervan. Sommige steden, zoals Zwolle, staken zelfs bewust de dijken door om te voorkomen dat de stad onderliep.¹³

Soms ontstonden uit deze samenwerkings gemeenschappen polderbesturen en waterschappen. Iedere ingezetene, vaak alleen uit de agrarische sector, betaalde aan het polderbestuur een evenredig deel van de kosten om de waterstaatkundige werkzaamheden te laten uitvoeren. Sommige polderbesturen noemden zich ook wel heemraadschap en bij samenwerking van meerdere polderbesturen ook wel hoogheemraadschap. Maar al te vaak liepen de belangen tussen waterschappen uiteen. Waar de ene polder een afwateringskanaal nodig had, ging de andere polder dwars liggen omdat zij dat vreemde water via hun grondgebied niet wensten af te voeren. Ook de belangen van gebruikers liepen uiteen. Een watermolen heeft baat bij een kolk om zijn rad draaiende te houden, maar de afdamming kon weer tot verzanding van de waterloop en tot overstromingen van landerijen stroom opwaarts leiden waar de schipper en boer niet blij van werden.

Dit werd uiteindelijk een onhoudbare situatie en om de nationale problemen het hoofd te bieden werd in 1798 het *Bureau tot bestiering van al hetgeen tot 's lands waterstaat betrekkelijk is* opgericht, in 1806 gevolgd door de eerste wet op de waterstaat. Na verschillende reorganisaties leidde dit 1848 uiteindelijk tot Rijkswaterstaat in de vorm zoals we deze tegenwoordig nog kennen. In 1881 kwam daar een nieuwe wet voor de provinciale waterstaten bij.¹⁴

1.3.3 Politieke en economische omstandigheden

Ook de politieke en economische omstandigheden speelden een rol bij stormvloed. Tot ver in de 19^e eeuw was er vaak geen geld voor onderhoud of versteviging aan dijken vanwege internationale spanningen en oorlogen; voor ons land vaak ook ontstaan uit jaloezie van onder meer de Britten en Fransen om onze handelssuccessen in de Gouden Eeuw. Dit leidde in 1672/73 tot een oorlogssituatie door de Franse bezetting. Dit staat bekend als Rampjaar. Deze oorlog kostte de Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden (ook wel: Belgica Foederata) zoveel geld dat daarmee tevens het einde van de Gouden Eeuw ingeluid werd. Er volgde een grote economische malaise en dito achteruitgang met tal van faillissementen.

Aansluitend daarop de Negenjarige oorlog tussen 1688 en 1697. En dan begon de 18^e eeuw met een ruzie tussen de grotere Europese mogendheden rond het scheiden van de boedel bij het overlijden van de Spaanse kinderloze koning Karel II in 1700. Dit leidde tot de grote Successie oorlog tussen 1702 en 1713. En na de Vrede van Utrecht in 1713 had ons land in Europa helemaal niets meer in te brengen. Vervolgens ook nog flinke onenigheid in de Scandinavische landen. In die regio probeerden Denemarken samen met Noorwegen de macht van Zweden te breken in een poging van Zweden om de Oostzee tot hun binnenzee te maken. Rond de Oostzee had Zweden al behoorlijk wat bezittingen verworven, ook in

Duitsland. Zweden mengde zich ook in de strijd. Het waren geldverslindende en uitputtende oorlogen en deze oorlogshandelingen kostten zoveel geld dat er nauwelijks wat overbleef voor dijkonderhoud en het werkte verwaarlozing in de hand.

En alsof het allemaal nog niet genoeg was liepen door klimaat verslechtering, met extreem koude winters en een serie zware stormvloeden,¹⁵ sedert 1650 de inkomsten van de agrarische sector hard terug. Het kon nog erger, want ook de opgestoken runderpestepidemie eiste zijn tol.

1.4 WAT MAAKT EEN STORMVLOED?

1.4.1 Storm

Allereerst is er een lage drukgebied nodig, ook wel depressie genoemd. Dit is doorgaans een slecht weer gebied wat op de barometer herkenbaar is als deze regen of storm aanwijst. Vaak stijgt of daalt de luchtdruk bij het wegtrekken of naderen van een depressie snel. Vanwege de snelle luchtdruk verandering neemt ook de wind toe. Des te sneller de luchtdruk verandert des te harder het waait. Voor een goed begrip van de weerkaarten in dit boek is het van belang om te weten dat bij een depressie het op het noordelijk halfrond de wind altijd tegen de wijzers van de klok indraait.

Niet elke storm veroorzaakt een stormvloed. De meest gunstige omstandigheden voor het ontstaan van een stormvloed aan de kusten van

In sommige regio's, waar het verhoefslagen al afgeschafte was en waar polderbesturen de waterschapstaken over genomen hadden, vielen weer terug op het goedkopere verhoefslagen.

Naast te lage dijken kan daarom ook achterstallig en slecht onderhoud in het lijstje van oorzaken tot de stormvloedrampen bijgeschreven worden. En door alle genoemde omstandigheden waren de dijken in 1717 van de gehele Waddenregio, van Nederland tot in Denemarken, niet op hun taak berekend.

ons land is een noordwester storm. Om in onze omgeving een noordwester storm met stormvloed te kunnen veroorzaken, moet de depressie 'om de noord' trekken. Bedoeld wordt dat de depressie ons land noordelijk moet passeren. Passeert een stormdepressie ons land via zo'n traject en stijgt de luchtdruk aan zijn westelijke flank snel, dan kan er een door de toename van de wind een stormveld ontstaan. Dit stormveld voert dan het water van de noordelijke Noordzee naar het zuiden waardoor onze kustregio's gevoelig worden voor een stormvloed. Voor ons land (Waddenzee - Zuiderzee - Zeeuwse wateren) onderscheidde de Staatscommissie Zuiderzee drie typen stormvloeden.¹⁶

Langdurige meerdaagse en opeenvolgende zuidwester- tot westerstormen gevolgd door een noordwester stormvloed.

Bij dit type stormvloed wordt eerst gedurende meerdere dagen water van de Atlantische oceaan van de midden of zuiden naar de westkust van Europa en de noordelijke ingang van de Noordzee gestuwd en vervolgens wordt de verhoogde watermassa met een noordwesterstorm naar het zuiden van de Noordzee getransporteerd, waar het voor stormvloeden kan zorgen aan met name de Zuid-oost Engelse kust, ingang van Het Kanaal, België, Nederland, Duitsland en Denemarken. Deze situatie deed zich voor in december 1717

Enkelvoudige stormdepressie welke noordelijk voorbij trekt van het noorden van Noordzee in zuidoostelijke richting.

De kern van deze stormdepressie blijft noordelijk van ons land en trekt van Schotland of Zuid Scandinavië via Denemarken of de Duitse Bocht weg. Voor de Waddenkust heeft deze storm als voordeel dat bij het ruimen van de wind naar noord tot noordoost het water via de westkust van ons land kan wegvloeien. Voor de Zuiderzee geldt dat in dat geval het door de storm aangebrachte water naar de kusten van Utrecht en Noord-Holland gestuwd wordt waar het voor gevaarlijk hoog water tot overstromingen kan leiden. Ook de stormvloed van 1953 valt onder dit type.

Enkelvoudige stormdepressie die over ons land naar het oosten trekt.

De randstoring welke op Eerste Kerstdag 1717 over het zuiden van ons land trok valt onder deze categorie. Boven de Waddenzee en de Zuiderzee komt een noorden, vaak verder ruimende stormwind naar noordoost of oost te staan en boven de het zuidwesten van ons land een noordwester storm. Bevindt zich in de Zuiderzee veel opgestuwd en opgewaaid water, zoals in 1717, dan kan dit voor

overstromingen in Noord Holland en Utrecht zorgen. Onder normale omstandigheden is dit type de minst ernstige.

Een meer recentere indeling komt van de Duitsers Petersen en Rohde.¹⁷ In 1991 introduceerden deze auteurs de volgende drie typen:

Jutland type: Dit type levert over het algemeen kortdurende maar zware stormvloed op. Deze ontstaan doorgaans in de omgeving van New Foundland en trekken via de Britse Eilanden over Jutland naar het oosten weg. Tot voorbeelden behoren de stormvloed van 24 november 1938, 10 februari 1949, 23/24 februari 1967 en 3 januari 1976.

Skagerrak type: De meeste van de zwaarste stormvloed van de vorige eeuw vallen onder dit type. De storm kan meerdere dagen aanhouden en daarmee grote hoeveelheden Noordzeewater vanuit het Noordwesten naar de zuidelijke Noordzee en Waddenzee verplaatsen. De baan van deze stormen loopt in de meeste gevallen van WNW richting OZO, waarbij de stormdepressie de 8° OL passeert tussen 57-60°NB. De stormvloed van onder meer 12 februari 1984, 13 maart 1906, 13 januari 1916, 16 februari 1916, 10 oktober 1926, 18 en 27 oktober 1936 en 16 november 1973.

Scandinavië type: Het traject van deze stormen begint bij Groenland en de depressie kern treft Scandinavië tussen 60-65°NB. Ook deze stormvloed kunnen meerdere dagen aanhouden en veel Noordzeewater naar het zuiden verplaatsen. De stormvloed van 5/8 december 1895, 5/6 november 1911, 16/17 februari 1962 en 20/22 januari 1976 vallen onder dit type.

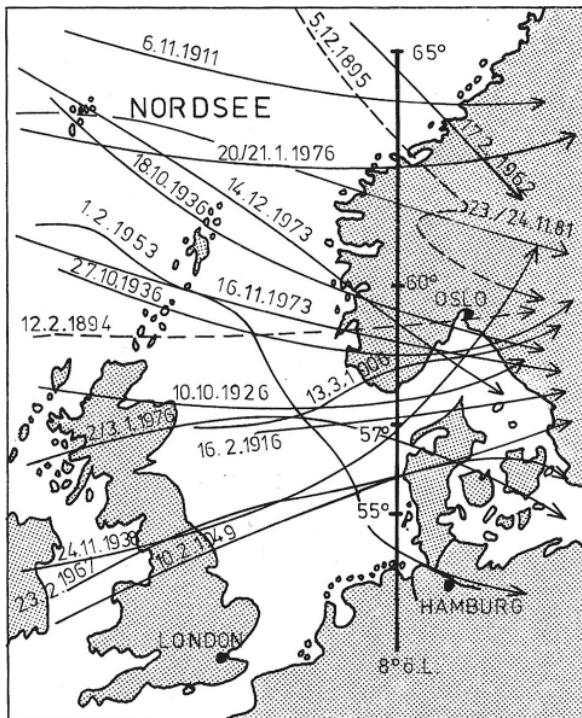


Fig. 2; Trajecten van enige stormen welke aan de Noordzeekusten tot stormvloed leidden. De datum geldt voor het overschreden van het grenspeer voor stormvloed (Naar Prügel, Schelling en Seewetteramt Hamburg).

In mijn analyses valt de Kerstvloed volgens de Staatscommissie Zuiderzee onder hun eerste type en de randstoring op Eerste Kerstdag onder het derde type. Volgens Petersen en Rohde viel

de Kerstvloed onder het Skagerrak type, net als de stormvloed van 1953. De grote stormvloed te Hamburg van 1962 was van het Scandinavië type.

Het stormseizoen in Nederland loopt in principe van oktober tot april, grofweg het winterhalfjaar. De oorzaak is onder andere het temperatuur verschil tussen de koude poolstreken en de warme (sub)tropische regio's. Deze is het grootst in het winterhalfjaar. Boven het dan relatieve warme zeewater met daarboven liefst een vochtige atmosfeer zijn de condities het meest geschikt voor de vorming van depressies. In deze depressies vindt een gevecht plaats tussen koude en warmte luchtmassa's. Deze luchtmassa's worden gescheiden door fronten. Waar warme lucht volgt op koude lucht spreken we over warmtefront. Volgt koude lucht op warme lucht dan spreken we over een koudefront. Het front wat rond middernacht op Kerstnacht 1717 de Waddenzee passeerde was een koudefront.

In de tropen aan de equator is de variatie in seizoentemperaturen minder groot dan op hoge breedte. Maar bij min of meer gelijke temperaturen in die regio wordt het in het zomerhalfjaar op de noordpool wel relatief een stuk warmer en heeft nu de Atlantische Oceaan een verkoelend effect op de luchttemperatuur. Dit verzwakt de depressie activiteit.

Boven de continenten ontstaan veel minder vaak depressies omdat deze sneller opwarmen en minder vocht kunnen afstaan aan de atmosfeer.

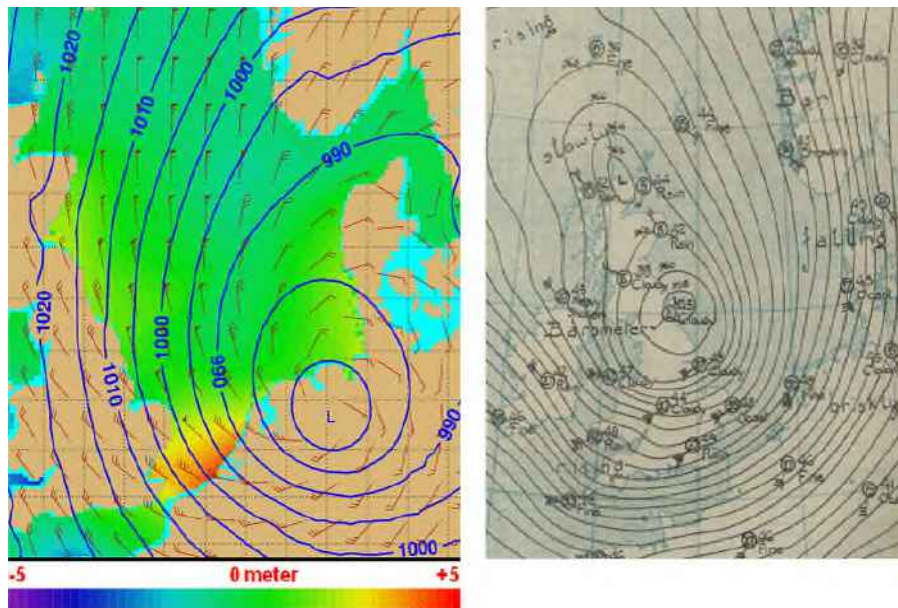


Fig. 3; Links: Stormvloed 1 feb 1953. Het windveld van de storm stuurt het water vanuit het noordwesten naar de zuidelijke Noordzee. Rechts: Storm 7 december 1929 waarbij geen stormvloed voorkomt. Water wordt langs onze kust naar het noordoosten gevoerd. (Links KNMI/Rechts UKMO).

1.4.2 Windkracht en windrichting

De gevaarlijkste stormvloeden voor ons land treden op bij een noordwester storm, waarbij geldt dat des te krachtiger de storm des te groter de stormvloed. Niet elke storm levert een stormvloed op, maar elke stormvloed vindt wel zijn oorsprong bij een storm. Niet alleen de gemiddelde windkracht is van belang, ook de optredende veel zwaardere windstoten spelen een voorname rol van betekenis en kunnen de golfbewegingen aanmerkelijk extra opzweepen. Bij een gevaarlijke noordwesterstorm in onze regio heeft het stormveld vrij baan vanaf de ingang van de Noordzee tussen Schotland en Noorwegen in de richting van de zuidelijke Noordzee. Het zeewater kan dan over een lang traject opgezweept worden wat tot gevaarlijke waterstanden leidt in de zuidelijke en oostelijk Noordzee. Dit wordt opwaaiing genoemd. Met name de kusten van zuidoost Engeland, ingang van Het Kanaal, België, Nederland, Duitsland en Denemarken kunnen daarbij zwaar getroffen worden. Een goed voorbeeld is daarbij de februari stormvloed van 1953 die vooral de

zuidelijke Noordzee belaagd heeft (fig. 3). Komt de storm uit zuidelijke of zuidwestelijke richtingen dan zijn de gevolgen voor onze regio een stuk minder ernstig. Ons land ligt dan in de luwte van de watervloed. Via Het Kanaal kan er dan nauwelijks voldoende water aangevoerd om voor enige significante verhoging te kunnen zorgen. Eerder wordt er water vanuit de zuidelijke Noordzee naar het noorden verplaatst, wat dan tot gevolg heeft dat de waterstanden juist extreem laag zijn wegens water tekort. Dit effect heet afwaaiing. De zuider- of zuidwesterstorm voert het water dan min of meer parallel langs onze kust in noordelijke richting. Dit speelde ook enkele dagen voorafgaande aan de Kerstvloed. Bij de zeldzame noordooster of oosterstorm treedt er voornamelijk verlaging van waterstanden op. Al kon zo'n oosterstorm in de voormalige Zuiderzee voor wel gevaarlijke situaties zorgen in met name Noord Holland, zoals ook de 25 december later in de middag gebeurd is. Verderop wordt besproken hoe dit kon gebeuren.

1.4.3 Duur van de storm

Van belang is ook de tijdsduur van een gunstig windveld voor een stormvloed. Een kortdurende heftige storm zal nergens voor bijzondere stormvloeden zorgen. Het zeewater heeft 9 tot 12 uur nodig om van de noordelijke Noordzee door de wind naar het zuiden gestuwd te worden. Dit betekent dat de wind bij benadering

eenzelfde tijdsduur uit en dezelfde noordwestelijke windrichting moet waaien, te rekenen vanaf het noorden van de Noordzee. Begint het transport van het water in de noordelijke Noordzee op tijdstip 0 h bij een noordwester storm, dan moet het windveld zich dus ten minste 9 tot 12 h in zuidoostelijke richting

verplaatsen om dan in onze regio aan te komen. Dit was onder andere ook het geval tijdens de stormvloed van 1953.

Bij analyse van beschikbare gegevens voor de Kerstvloed 1717 volgt eenzelfde tijdspanne. Het windveld met orkaankracht bevond zich in 1717 achter een koudefront. Eerst na de passage van

1.4.4 Luchtdruk en temperatuur

De optredende lage luchtdruk bij stormweer is verantwoordelijk voor meestal enkele centimeters tot maximaal enkele decimeters extra stijging van de waterhoogte. De verklaring is dat een waterkolom van 10 meter op een willekeurige oppervlakte evenveel kracht uitoefent als de luchtmasse van de luchtkolom in de atmosfeer bij 1.000 hPa (mbar) op dezelfde oppervlakte eenheid. Dit betekent dat voor elke hPa dat de luchtdruk verandert de zeespiegel ongeveer één centimeter stijgt of daalt. Een verandering ten opzichte van de gemiddelde luchtdruk van ongeveer 30 hPa kan zo dus een hoogteverschil van het zeeniveau van rond de 30 cm veroorzaken.

Een lage luchtdruk zal de neiging hebben om de zeespiegel te verhogen en een hoge luchtdruk zal de neiging om het te verlagen. Het

1.4.5 Kust

De kust is de ontmoetingsplaats van zeewater en land. Kusten zijn er in vele vormen, van geleidelijk hellende strandvlakten tot steile klippen. In Nederland hebben we alleen met strandvlakten te maken met duinenrijen of bedijkingen met een glooiende helling, al of niet voorzien van sluizen en andere kunstwerken. Van zee komende golven kunnen zo rustig oplopen tegen de dijk en de dijk biedt dan, mits stevig en hoog genoeg, de beste bescherming. De vorm van de kust beïnvloedt ook de zeestromingen. Zeestromingen variëren door ondiepten, kappen en baaien, welke weer afwijkingen kunnen vertonen bij wisselende getijden. Stormvloeden kunnen de normale zeestromingen en de getijbewegingen sterk wijzigen. Wanneer door een stormvloed door opzet het water aan de kust stijgt gaat het water ook sneller stromen omdat het in dieper water minder weerstand van de bodem ondervindt. Door het diepere water worden getijdenbewegingen daardoor vervroegd. Ten opzichte van het berekende astronomische hoog water kan het bij een stormvloed tot enkele uren vervroegd worden.

1.4.6 Opwaaiing, afwaaiing en stuwing

Opwaaiing is een verhoging van de waterstand aan kust of oever door windgedreven verhoging van water. Opwaaiing treedt op bij aanlandige wind bij opdiepe zeeën, meren en plassen. De

het koudefront kort na middernacht op Kerstnacht 1717 arriveerde ook het door de orkaan opgezweepte en opgestuwde water. Het water had toen al een lang traject vanuit het noordwesten achter de rug. Daarvoor was er nog relatief weinig aan de hand.

waterniveau past zich geleidelijk aan op de verandering van de luchtdruk. Ook gebeurt dit alleen bij grote wateroppervlakten. Normaal zijn de veranderingen in het zeeniveau door luchtdruk variaties zelden hoger dan 0,3 m. Maar onder invloed van lage drukgebieden, dus bij sterke wind of stormvloeden, kan dit aanmerkelijk meer zijn.

Ook de temperatuur van het water speelt nog mee. De temperatuur bepaalt de dichtheid van het water en die neemt af bij hogere temperaturen. Het water krijgt dan een lagere soortelijke massa omdat het water uitzet en dus meer volume krijgt. Deze factor is goed ook voor hooguit enkele millimeters. Bij lagere watertemperaturen zijn de effecten natuurlijk omgekeerd.

De zuidelijke Noordzee is te vergelijken met een kom. Er is dan wel een opening via Het Kanaal met de Golf van Biskaje en de Atlantische Oceaan, maar bij een toevloed van opgewaaid water door een storm uit noordelijke richting kan het water niet snel genoeg weg omdat de doorgang tussen Dover en Calais te smal is. Het water verzamelt zich in de zuidelijke kom door stuwing en opwaaiing. In fig.3 is de opwaaiing en stuwing rood ingekleurd. Bij de klippen van Dover en Calais leidt dit doorgaans niet tot ernstige problemen, maar de mondingen van Theems in Engeland of de Nederlandse Schelde-Maas delta hebben veel meer last. Hoge waterstanden kunnen hier voor problemen zorgen. Hetzelfde gold voor de voormalige Zuiderzee en nog steeds voor de zeearmen en riviermondingen aan de noord Nederlandse kust via de Duitse Bocht tot aan het noorden van Denemarken. Ook hier kan het opgewaaid water niet wegvloeien bij een noordwesten storm, dus alleen maar de hoogte in. In het hoofdstuk *Hydrologie* gaan we verder in op de specifieke Nederlandse situatie.

maximale opwaaiing treedt op bij wind en recht op de kust of oever. Op de kust of oever ontstaat daarbij in dieper water een onderstroom tegengesteld aan de bovenstroom. Bij afwaaiing

is sprake van afluende wind en leidt tot verlaagde waterstanden. De onderstroom is aanlandig om het watertekort door afluende bovenstroom aan te vullen. In beide gevallen is er geen sprake van een evenwichtssituatie waardoor het waterniveau bij opwaaiing hoog staat en bij afwaaiing laag. Door op- of afwaaiing treedt een verhang op. De mate van op- en afwaaiing is afhankelijk van de windsnelheid, de windrichting, de tijdsduur van de heersende wind, de strijklengte over het oppervlak en

1.4.7 Opzet en stormeffect

Al het door de stormwind gestuwde en opgewaarde water met zijn hierboven genoemd effecten zijn van invloed op de extra waterverhoging bovenop het astronomische getij. Dit wordt opzet genoemd. De maximale opzet kan op alle momenten tijdens de getijde beweging optreden. Valt deze niet samen met astronomisch hoog water dan spreken we over scheve opzet. Zo kan het voorkomen dat het officieel afgaand tij is, maar dat het water blijft stijgen door de storm. Het maximum hoog water valt dan later. Andere combinaties zijn natuurlijk

1.4.8 Componenten van zeespiegelbeweging tijdens een stormvloed

Er bestaan een aantal andere waterbewegingen welke onafhankelijk van elkaar de waterhoogten bepalen. Het tweedaagse getij, de golven door wind en stormeffect zijn de bekendste.

1.4.8.1 Getij en invloed van Zon en Maan

Het is niet de bedoeling om een complete verhandeling te geven over de voorwaarden en krachten welke meespelen bij het getij. Om het getij te berekenen zijn dat er al bijna 25. We houden het hier op de voornaamste oorzaken. De Maan is om diverse redenen van belang voor de astronomische waterstand. Allereerst de gang van het getij, deze heeft de grootste invloed vanwege de wisselingen tussen hoog en laag water, met elk etmaal twee cycli. Ook is afstand van de Maan tot de Aarde van belang. De baan van de Maan varieert tussen de ongeveer 356.410 en 406.600 km en de Maan passeert zijn meest nabije punt (perigeum) tot de Aarde en zijn verste afstand (apogeum) elke omloop één keer. Staat de Maan dichtbij, dan is de invloed groter, dan wanneer de Maan verder weg staat. De kleinere maansafstanden zijn goed voor enkele centimeters extra verhoging. Tenslotte heeft ook de declinatie van Zon en Maan invloed. Is het declinatie verschil tussen Zon en Maan klein, dan is de invloed van Zon en Maan samen groter, dan als het declinatieverschil groot is. Met het beoogde declinatie verschil vatten we hier een tweetal verschillende getijdenwerkingen samen; de effecten van de dagelijkse ongelijkheid en de amplitude.

de diepte van het waterbekken. Deze regels zijn opgesteld door de Staatscommissie Zuiderzee met de betrekking tot de Kom van de Zuiderzee en verder zoals deze methode is uitgewerkt door de Deltacommissie voor de Dollardregio.¹⁸

Tot stuwing rekenen we alle door zeestromingen verplaatst water wat zich aan de kust ophoopt door de stormwind. Bij stuwing wordt vrijwel de gehele waterkolom verplaatst en bij op- of afwaaiing is alleen sprake verhoging of verlaging door oppervlakte water.

ook mogelijk. Het stormvloed hoog water kan ook vallen voordat het astronomisch hoog water optreedt.

Het stormeffect bestaat uit de verheffing van de zeespiegel door de stormvloed, waarbij de getijde beweging en andere storingen welke van invloed zijn op de waterbewegingen buiten beschouwing gelaten worden. Verstoringen welke buiten beschouwing gelaten worden, of waarvoor uit registraties gecorrigeerd moet worden, worden in dit hoofdstuk en deze paragraaf nader besproken.¹⁹

Daarnaast moeten echter ook de langperiodieke golven, zoals de buis-oscillaties en buistoten nog genoemd worden. Elke component wordt hieronder afzonderlijk toegelicht.

We beginnen bij het getij. De beweging van hoog naar laag water v.v. onder invloed van Zon en Maan wordt astronomisch getij genoemd en wordt in ons land vaak uitgedrukt ten opzichte van het NAP. Stormvloed bij laag water heeft minder ernstige gevolgen dan bij hoog water. Bij springtij komt daar nog een tandje extra bij.

Het getij wordt bepaald door een samenspel van Zon en Maan. De Maan is voor ongeveer 2/3 verantwoordelijk voor de waterstand en de Zon voor 1/3 deel. Staan Zon, Maan en Aarde op één rij dan is het springvloed. Bij Nieuwe Maan (Zon-Maan-Aarde) is het springtij maximaal, maar bij Volle Maan (Zon-Aarde-Maan) werkt de Maan wat tegen en is het springtij iets minder sterk. De aantrekkingskrachten van Zon en Maan werken elkaar dan tegen. Staat de Maan in één van zijn kwartierstanden dan is het dood tij. Er is dan nog wel getijdewerking, maar geringer dan bij andere maanfases. In Nederland is er ongeveer 2 1/4 dag vertraging tussen de maanstand en het optredende getij. Bijvoorbeeld springtij treedt dus op 2 1/4 dag na Nieuwe of Volle Maan.

Net als de Aarde kent ook de hemelkoepel een evenaar. Deze valt samen met de equator van de Aarde. Objecten ten noorden van de hemelequator hebben een positieve declinatie

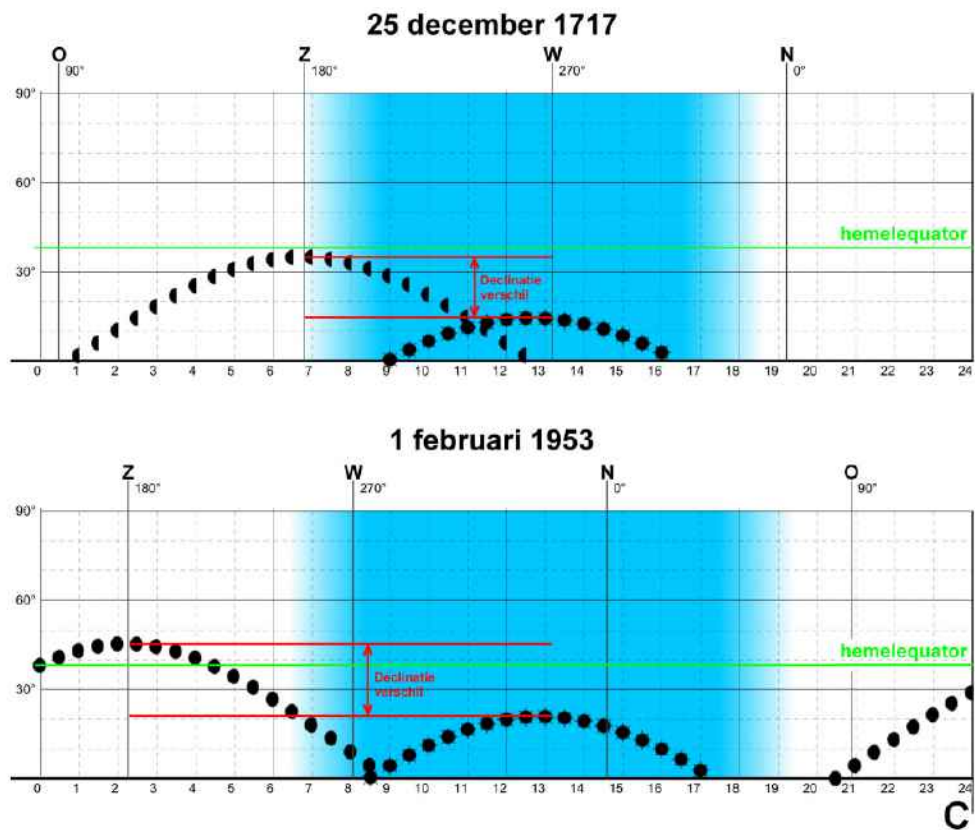
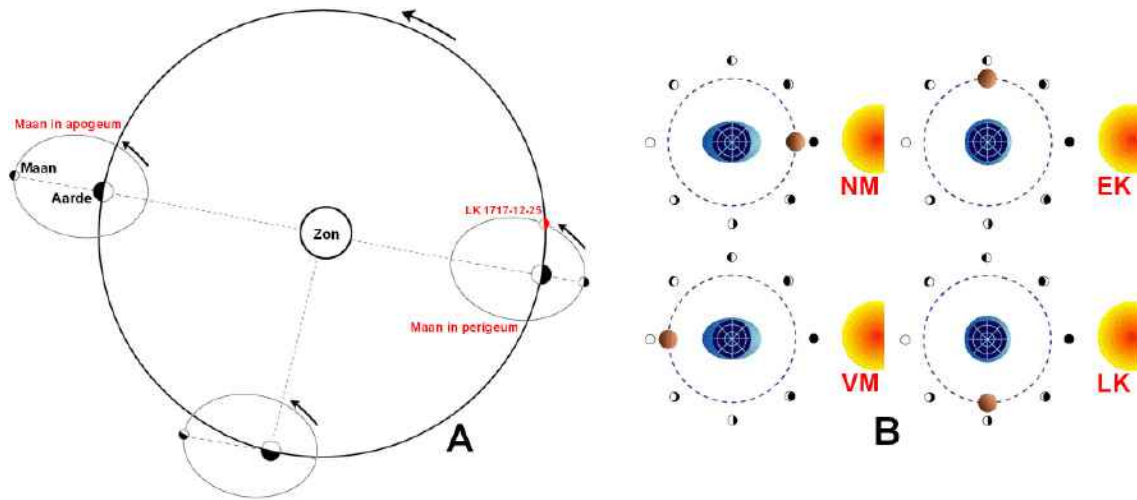


Fig. 4; De baan van de Maan. A: De maanbaan is een ellips en de afstand tot de aarde varieert. De situatie voor de Kerstvloed van 1717 is ook aangegeven. Verhoudingen niet op schaal en effecten overdreven. B: Ontstaan van getijden. C: Het declinatieverschil voor de stormvloed van 1717 en 1953. De aangegeven kompasrichting geeft aan waar de maan aan de hemel staat op de geldende datum. Zie voor verklaring de tekst.

die wordt uitgedrukt in graden, zuidelijk een negatieve waarde. Van de hemelequator tot aan de poolster is het 90°. De zonshoogte boven of onder de hemelequator varieert gedurende de loop van het jaar. Tijdens de zomerwende heeft

de Zon een 23,5° noordelijke declinatie. Tijdens de winterwende is deze 23,5° zuidelijk. Bij de dag en nacht evening in maart en september is deze nul. De Zon staat dan op de hemelequator. De declinatie van de Maan varieert niet per jaar,

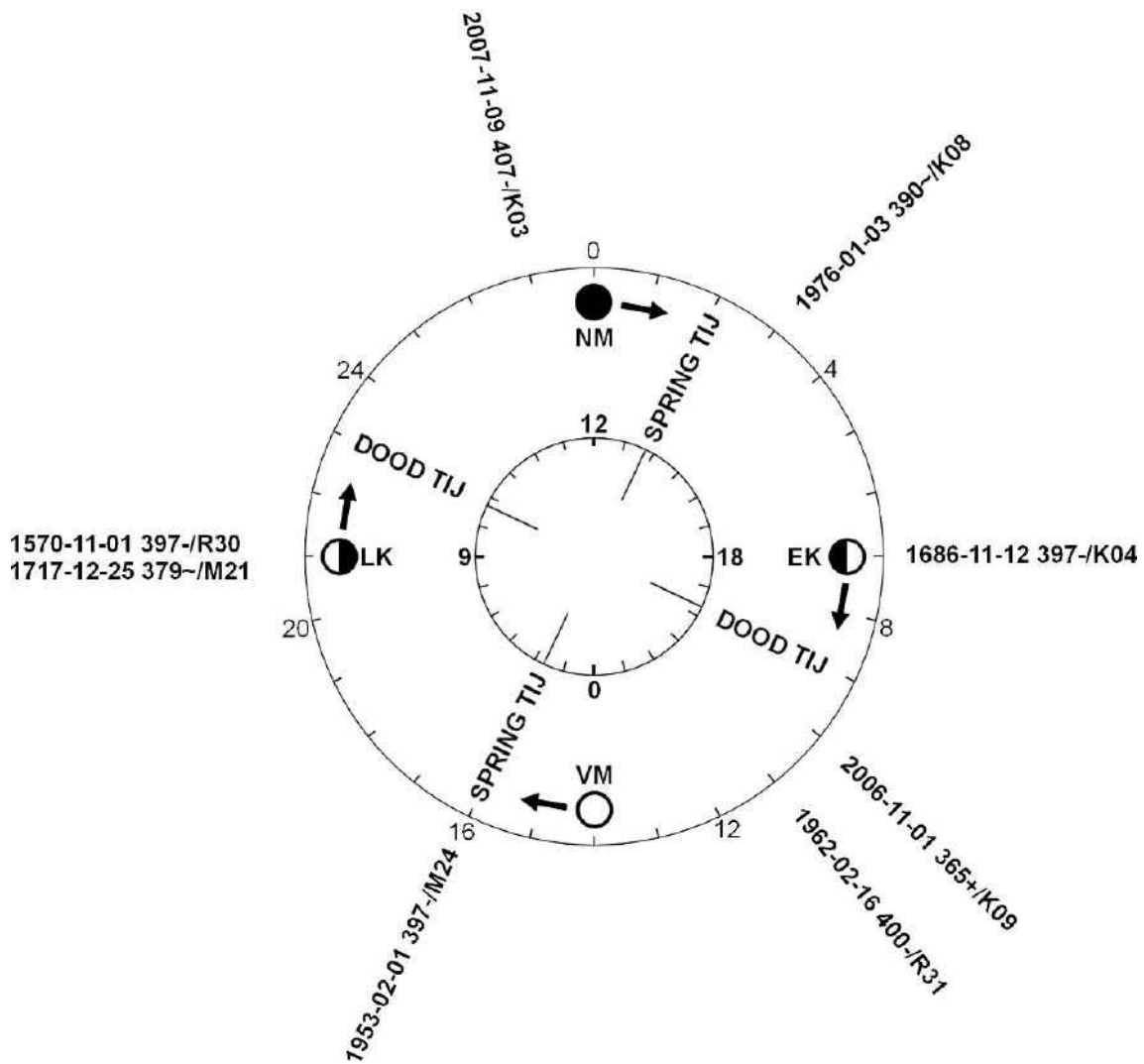


Fig. 5; Om de astronomische parameters van verschillende stormvloed met elkaar te kunnen vergelijken kan gebruik gemaakt worden van een stormvloedrozet. Op buitenste cirkel staat de ouderdom van de Maan in dagen met aangegeven kwartierstanden. De binnenste cirkel geeft aan hoe laat de Maan in het zuiden staat. De datum refereert naar de stormvloed in tabel 2. De astronomische omstandigheden voor de stormvloed datums 1570 en 1686 zijn gecorrigeerd voor de Juliaanse kalender. Overige astronomische indicatoren bij de datum (klassen ingesteld door auteur):

- +** Maan in of nabij zijn perihelium (grote invloed) - 356 tot 373 x 10³ km.
- ~** Maan op neutrale afstand - 374 tot 390 x 10³ km.
- Maan in of nabij zijn aphelium (kleine invloed) - 391.000 tot 407 x 10³ km.
- K** Declinatieverschil klein - <13°
- M** Declinatieverschil gematigd/vrij klein - 14° tot 26°
- R** Declinatieverschil redelijk/vrij groot - 27° tot 39°
- G** Declinatieverschil groot - >40°

zoals bij de Zon, maar per omloop om de Aarde. Het verschil tussen de declinatie van de Zon met de Maan varieert dus met maanstand en datum in het lopende jaar. Het declinatieverschil kan in onze streken variëren tussen de 0° en rond de 52°. Valt dit grote declinatie verschil in december, dan is het effect maximaal. De Maan maakt een hoek met de hemelequator en doorsnijdt deze elke omloop twee keer. Dit snijpunt wordt knoop genoemd. Gaat de Maan in zijn beweging

bijvoorbeeld van zuid naar noord, dan wordt dit de klimmende knoop genoemd. Van noord naar zuid de dalende knoop. De knopen kennen een eigen omloop om de Aarde en schuift telkens iets vroeger in de tijd op. Na ruim 18 jaar staan zij weer in dezelfde positie. Slechts eens in de 18 jaar is derhalve in december het maximale effect te verwachten.

Zon en Maan kunnen een gelijke declinatie hebben. Staat de Maan in zo'n geval voor de

Zon, dan kan er een zonsverduistering optreden, het is dan Nieuwe Maan. Bij Volle Maan treden dan maansverduisteringen op. Als de Zon op zijn laagste zuidelijke declinatie staat en de Maan op zijn hoogste noordelijke, dan is het declinatie verschil tussen beiden het grootst en werken deze elkaar wat tegen in de getijden beweging. Is het declinatie verschil nagenoeg nul, dan versterken Zon en Maan elkaar in de getijden beweging het meest. Dit effect wordt amplitude genoemd, waarbij met amplitude de afwijking is tussen hoog en laag water.

Van belang is ook de hoogte van Maan boven de horizon. Als de zuidelijke declinatie van de Maan maximaal is, staat de Maan laag aan de horizon; omgekeerd als de noordelijke declinatie maximaal is staat de Maan zeer hoog aan hemel. Staat de Maan extreem laag, dan is het effect op het getij kleiner dan als deze extreem hoog staat. Gesteld dat de Maan tijdens zijn doorgang door het zuiden (culminatie) laag boven de horizon staat, dan staat zij 12 uur later zeer diep onder de horizon. Andersom staat de Maan zeer hoog in het zuiden tijdens het culmineren, dan staat deze 12 uur later zeer ondiep onder de horizon. Deze dagelijkse beweging ontstaat door de hoek welke de maanbaan maakt ten opzichte van de equator. Het verschijnsel wordt dagelijkse ongelijkheid genoemd, waarbij het hoog water met een hoge Maan hoger staat dan 12 uur later bij een lage Maan. Het ene hoog water is dus

1.4.8.2 Golven uit wind

Bij een golf op het water gaat het water op en neer, of meer precies, het maakt een cirkel beweging. Het is de golf die zich verplaatst, niet het water. Bekijk een op het water liggend klein voorwerp en merk op hoe het op en neer gaat, zonder zelf noemenswaardig van plaats te veranderen. De golf verplaatst zich met een snelheid van in m/s van 1,56 keer de golfperiode in seconden. De golfperiode is tijd die verstrijkt tussen het arriveren van twee golftoppen. Stel een golf heeft boven open water buitengaats op volle zee een periode van 10 s, dan is zijn snelheid 15,6 m/s of 56,2 km/h.

Bij een lang traject, zoals hierboven beschreven, kunnen er hoge golven ontstaan. De golfhoogten worden bepaald door het gemiddelde nemen van het 1/3 deel van de hoogste waargenomen golven. Dit wordt significante golfhoogte genoemd. Golven verplaatsen zich in de windrichting. De golf wordt minder hoog op het moment dat de waterdiepte kleiner wordt dan de helft van de golflengte. De golf begint dan wrijving te voelen met de bodem. Aan de bodem neemt door de wrijving ook de snelheid af, terwijl deze aan het oppervlak met dezelfde snelheid blijft voortbewegen. Het resultaat is dat de golf gaat overslaan.

iets verhoogd en het andere hoog water dezelfde dag iets verlaagd. Al deze variaties en combinaties zijn goed voor enkele centimeters hoogte verschil in de getijde beweging.

De invloed van de Maan kan fraai geïllustreerd worden met de stormvloed van 1953. Op 30 januari was het Volle Maan. Hierboven hebben we gezien dat in zo'n geval springtij dan minder sterk is door tegenwerking van de Maan. Maar de Maan stond ook nog eens in het apogeum op 1 februari. Het declinatieverschil was met 24° gematigd. Ik ben het met Jan Buisman eens dat het springtij ongedaan gemaakt werd en het astronomisch getij in de meeste gevallen flink lager was tot maximaal samenviel met gemiddeld hoog water.

Tijdens de Kerstvloed van 25 december 1717 was het op die dag om 00:43 h MET²⁰ Laatste Kwartier en stond de maan op een afstand van ongeveer 378.900 km. Het was bijna dood tij voor de Nederlandse kust. Dood tij zou 2 dagen later volgen. Het perigeum van de maand deze maand was op 19 december met 360.200 km en apogeum zou volgen op 4 januari 1718 met 406.300 km. De maand stond dus rond zijn gemiddelde afstand tot de Aarde. Het declinatie verschil van Zon en Maan was tijdens de stormvloed 21°. Extreem hoog of laag water door astronomische invloeden was dus niet te verwachten.

Maar hoe hoog worden de golven op de Noordzee voor de kust van ons land? Dit is afhankelijk van de strijklengte van de wind over het water en waterdiepte, waarbij de storm lang genoeg aanhoudt om deze hoogten ook te kunnen bereiken. We gaan uit van een strijklengte van 800 km en een diepte van ongeveer 35 m vanaf de Doggersbank tot aan de kustnabije wateren. Bij windkracht 10 ontstaan er dan 7,2 m hoge golven bij een periode van 11,0 seconde. Bij windkracht 11 zijn deze al bijna één meter hoger en is periode ruim een halve seconde langer. Staat er een orkaan, windkracht 12, dan zijn de golven gegroeid tot ongeveer 9 m en bedraagt de periode ongeveer 12,5 s.²¹

Golven van 8 m zijn buitengaats waargenomen tijdens de stormvloed van 1 november 2006 benoorden Schiermonnikoog. Te Delfzijl werd tijdens deze stormvloed een record hoge waterstand van 4,83 m + NAP bereikt. De waterstand is daarmee hoger geweest als in 1717. Of er destijds in 1717 ook zulke hoge golven voorkwamen is niet bekend. Daarbij komt dat de Waddenkust gelegen is achter de Waddeneilanden en dat de Waddenzee ook stuk ondieper is dan buitengaats op de Noordzee. De Waddenkust lag daarmee in de luwte van de

orkaan in 1717.

Voor de aanmerkelijk ondiepere Zuiderzee ten opzichte van de Noordzee gelden andere waarden. Bij een windbaan van ongeveer 80 km over water (traject van IJsseldelta tot

Waddeneilanden in NW richting over Zuiderzee en Waddenzee) en een gemiddelde waterdiepte van 4 m liggen de golfhoogten bij windkracht 10 op 1,7 m en bij windkracht 12 op ten minste 2,1 m. De golfperiode bedraagt daarbij 5,7 tot 6,3 s.

1.4.8.3 Langperiodieke golven

Het zee-oppervlak kent buiten golven uit wind vele onregelmatige schommelingen in stand gehouden door zogenaamde langperiodieke golven.²² De voornaamste zijn de bui-oscillaties en de buistoten (ook wel meteo-tsunamies). Ook de seiches vallen hieronder. Tsunamies in de oorspronkelijke betekenis worden veelal veroorzaakt door zeebevingen en worden in ons land in niet waargenomen. Zowel bui-oscillaties als buistoten treden in de regel op in meer of mindere mate bij elke storm, maar zijn ook niet

altijd even sterk ontwikkeld. Buistoten zijn over het algemeen sterker en beter ontwikkeld en vaak is de bijdrage van de verhoging door bui-oscillaties niet goed te herkennen. Daar waar in bijvoorbeeld de luwte van de storm de golven door wind minder sterk ontwikkeld zijn, zijn de langperiodieke golven nog steeds goed aanwezig. Zowel bui-oscillaties als buistoten hebben een meteorologische achtergrond en ontstaan uitsluitend door interactie van weerselementen met de zee.

1.4.8.3.1 Bui-oscillaties

Bui-oscillaties komen in ons land slechts 10-30% van de tijd voor. Zonder stormweer kunnen deze tot 2 uur aanhouden en hebben buitengaats onder normale omstandigheden een hoogte tot ongeveer 10 cm. Dit verschijnsel treedt op onafhankelijk van het heersende getij. De bui-

oscillaties zijn met name buiten stormweer in havenkommen met open verbinding naar zee goed waar te nemen in vorm van seiches. Dit zijn zogenaamde staande golven in havenkommen en andere bekkens.

1.4.8.3.2 Seiches

Seiches ontstaan door resonantie tussen gelijkmatige op en neer gaande waterbewegingen in de kom en het binnendringen van langperiodieke golven vanaf zee. Zo'n havenkom kent een eigen langzame op en neer gaande beweging van het waterniveau, naast de normale golfslag. In IJmuiden bijvoorbeeld ligt het ritme op 35 s. De langperiodieke golven welke onze kusten bereiken hebben meestal een periode van 30 tot 40 s. Deze periode komt in de regel niet overeen met het eigen ritme van die kom en

loopt in fase daarom niet geheel gelijk. Echter somtijds valt de fase van de bui-oscillatie wel gelijk met het ritme van havenkom en in dat geval kunnen er seiches optreden: Een extra verhoging van het waterniveau. De langperiodieke golven en het eigen ritme van bijvoorbeeld de havenkom te IJmuiden ligt vrijwel gelijk en seiches kunnen juist daar extra hoog oplopen. Niet alleen in havenkommen treedt dit verschijnsel op. Het wordt ook waargenomen in andere bekkens.

1.4.8.3.3 Buistoten

Tijdens zwaar onweer of zware buien kunnen zogenaamde onweersneuzen voorkomen. Dit zijn zeer snelle kortstondige variaties in luchtdruk van enkele hPa's. Elke hPa zorgt voor 1 cm verandering van het waterniveau (zie hierboven bij § 1.4.4 *Luchtdruk en temperatuur*) en als de luchtdruk plotseling 6 hPa stijgt wordt het water ter plaatse 6 cm naar beneden gedrukt wat een golfje veroorzaakt van 6 cm. De onweersneus gaat gepaard met flinke windstoten. Dit verschijnsel kan ook optreden tijdens stormweer met zware windstoten en bij waterhazen. Wanneer deze kleine golfjes vanaf open zee

ondieper water bereiken, dan kunnen deze tot een paar decimeter doorgroeien. Deze buistoten komen bovenop de al bestaande golfslag. In registraties van de golfslagmeters zijn deze dan ook zeer duidelijk afgetekend zichtbaar. De krachtigste buistoten zijn aan onze kusten ongeveer 50 tot 60 cm hoog, maar neemt in zeearmen en estuaria snel af van 30 cm naar 5 cm op 20 km van de kust. In de Waddenzee en de Eemsmonding zijn de krachtigste buistoten nog slechts 10 cm en op het IJsselmeer nog lager. Dergelijke buistoten worden soms ook wel meteo-tsunamies genoemd.

1.4.8.4 Monstergolven

Op open zee, met name de diepe oceanen, kunnen ook zeer hoge monstergolven ontstaan. Dit zijn golven welke ten minste twee maal de significante golfhoogte (zie hierboven § 1.4.8.2

Golven uit wind) bedraagt. De hoogst bekende monstergolf is waargenomen tijdens een storm met windkracht 9 in de noordelijke Atlantische Oceaan op 4 februari 2013 en bedroeg 19 m.²³

Monstergolven hebben geen relatie met (meteo-)tsunamies en staan geheel op zich. Monstergolven komen in de Noordzee niet voor, daarvoor is de Noordzee niet diep genoeg. Over het ontstaan van monstergolven is niet veel bekend, maar een verklaring kan zijn dat met elkaar botsende zeestromingen op de

1.4.9 Coriolis effect

De aswenteling van de Aarde heeft ook invloed op de beweging van een waterstroom. Deze beweging wordt het Coriolis effect genoemd. Op het noordelijk halfrond is deze afwijking bij opkomend water op stroomrichting met wijzers van de klok mee, bij afgaand water tegen de wijzers van de klok in. Het Coriolis effect trad in ons land vooral op in de open zeearmen van Zeeuwse - en Zuid-Hollandse delta, de open Zuiderzee en de voedende geulen van de Waddenzee. Het Coriolis effect zorgt voor verschil in waterstand tussen beide oevers aan de ingang van de geul. Dit verschil loodrecht op de stroomrichting wordt dwarsverhang genoemd. In fig. 6 is te zien hoe dit vorm krijgt. Bij een westelijke instroming, zoals bij de zeearmen in het zuidwesten van ons land krijgt de stroming een zuidelijke component. Bij een noordelijk instroming, zoals bij de Zuiderzee, een westelijke.

Bij de stormvloed van 1953 werd in de zeearmen van de delta telkens de hoogste waterstanden aan de zuidelijke oevers van de zeearmen gemeten. Uit de gemeten waterstanden was af te leiden dat nabij de monding van de zeearmen een hoogte verschil waargenomen werd oplopende tot 40 cm voor de Westerschelde tot 5 cm voor de ingang van de Nieuwe Waterweg. De component voor het Coriolis effect bedroeg hierbij telkens ongeveer 29%; dus voor de Westerschelde rond de 12 cm en voor de Nieuwe Waterweg bijna 1,5 cm. Het overige aandeel van het verschil kwam voor rekening van de opwaaiing.²⁴

Bij de open Zuiderzee werd eenzelfde verschijnsel vastgesteld door de Staatscommissie Zuiderzee. In de Kom kreeg de vloedstroom een westelijke afwijking, goed voor de dwarsverhang van 20 cm. Door deze westelijke afbuiging kon het water tijdens het vollopen van de Kom met Kerstvloed toch in de omgeving van Het Y vrij hoge waterstanden bereiken, al ruim voor dat de wind in de ochtend van Eerste Kerstdag 1717 ruimde naar het

1.4.10 Opperwater

Rivieren en beken zwellen op door de toename van het water ten gevolge van overvloedige neerslag en/of smelt van sneeuw en ijs na een vorstperiode. Dit laatste kan ook het gevolg zijn van dooi verder stroom opwaarts in de

grensvlakken die golven kunnen veroorzaken. Zij kunnen onafhankelijk optreden en zijn niet altijd direct het gevolg van stormweer. Maar juist een flinke storm kan de zeestroming zodanig beïnvloeden dat dergelijke golven intensief gestimuleerd worden, ook in kustnabije regio's.

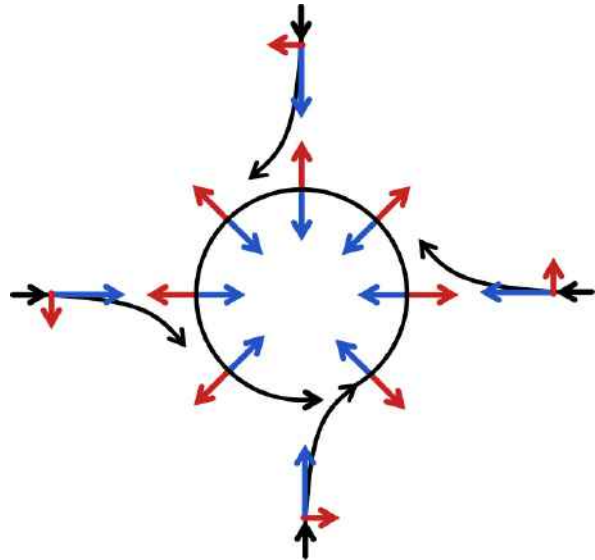


Fig. 6: Schematisch overzicht van stroming rond een draaikolk dat zich bevindt op het noordelijk halfrond van de aarde. Verhang is weergegeven met blauwe pijltjes, de tendens van het coriolis effect, steeds haaks op de bewegingsrichting, met rode pijltjes. Het resulterende effect is met zwarte pijltjes aangegeven.

noordoosten. In contrast hiermee staan de altijd minder bedreigende waterstanden langs de Friese zuidkust tot aan de IJssel/Vecht-delta. Deze zijn daar altijd lager dan bij Stavoren en ten zuiden van Kuinre.

Uit directe metingen van Staatscommissie Zuiderzee op de Vliestroom gedurende oktober 1922 en april 1923 kon ook het Coriolis effect aan de ingang van deze stroom aangetoond worden. Telkens ontstond er bij de inkomende vloedstroom een dwarsverhang met de hoogste waterstand aan de Vlielandse zijde en de laagste waterstand aan de Terschellinger zijde. Bij uitgaande waterstromen (de ebstroom) juist omgekeerd. Het verschijnsel was het sterkste op windrige dagen en op dagen met rustig weer was er niet veel van te merken.²⁵

bovenloop en brongebieden van rivieren en beken in de ons omringende landen en verder tot in de Alpenlanden. Deze verhoogde waterstanden wordt het opperwater genoemd. Het gevaar van hoog opperwater bij stormvloeden

was al in de Middeleeuwen goed bekend en men gaf de waterlopen dan ook de ruimte bij dijken bouw om de bergingscapaciteit te kunnen verhogen tijdens een periode met extreme neerslag. Hiertoe dienden de uiterwaarden langs de rivieren. Toch braken soms de dijken door hoog rivierwater. Je kunt daarbij de vraag stellen hoe sterk de dijken langs de rivieren zijn moeten om volledige bescherming te bieden. Hoge dijken zijn kostbaar evenals dijkherstel na doorbraak. Daarbij komt dat een doorbraak altijd ongelegen komt op een plek waar deze niet verwacht wordt. Om hierin te voorzien werden er soms zogenaamde overlaten in dijkvakken gebouwd. Dit zijn verlaagde dijken op plaatsen waar het water gecontroleerd het achterland kon instromen, daar waar relatief weinig kwaad kon. Hoewel de boerenstand daar niet altijd blij mee was en op kosten gejaagd werden, konden steden zich op deze wijze beter beschermen en

1.5 DIJKEN

Onze kusten bestaan voornamelijk uit strandvlakten met duinen afgewisseld met dammen en dijken, al of niet voorzien van sluizen en andere kunstwerken. Om ons land bij stormvloed goed te kunnen beschermen is het noodzaak dat de dijken voldoende hoog en sterk zijn. In vroeger tijd ging men vooral af op ervaringen uit het verleden. Brak een dijk door dan werd de dijk bij herstel gewoon enkele decimeters verhoogd. En na een volgende schadelijke stormvloed nog een keer.

Het meest vervelende bij een stormvloed is het begeven van een dijk. In veel gevallen leidt dit tot op zijn minst tot dras land of ernstiger: overstromingen. De druk van het hoge water op de dijken neemt bij een stormvloed enorm toe, daarbij komt dan nog de beukende kracht van de verschillende golfbewegingen, zeestromingen en elke stukslaande golf op de dijk. Overvloedige neerslag kan maken dat dijken intern verzadigd geraakt zijn door regenwater, wat als een spons opgenomen is. Dit verzwakt de dijken in ernstige mate. Al dit water kan leiden tot het inzakken of doorbreken van dijken. Overigens zijn er verschillende vormen te herkennen bij het begeven van dijken door water, maar het valt buiten het bestek van dit hoofdstuk daar nader op in te gaan.²⁶

Dijken moeten bestand zijn tegen golfslag. Golven die op de dijk uitrollen kunnen hoog oplopen. Dit is echter afhankelijk van de helling van het talud aan de zeezijde van de dijk, wat bepaald wordt door de verhouding hoogte : basis. Is deze lager van 1:3 dan worden de meeste golven weerkaatst, maar kunnen ook met 4 tot 5 keer hoger dan hun nominale golfhoogte op de dijk stuk slaan. Ook kunnen er hoge verstuivingen optreden. De terugslag van de

overstromingen in hun stad voorkomen. Deventer had een uitgebreid netwerk van overlaten op de IJsseldijken en ook Zwolle had voorzieningen getroffen. Daar werd in de dijk van het tegenoverliggende Mastenbroek moedwillig een bres gemaakt om het water vrij baan te geven. Deze locatie staat bekend als de stadswade. En te Amersfoort werd bij de aanleg van de Grebbelinie in 1745 een overlaat aangebracht in de nieuwe dijk te bescherming en ontzet van Amersfoort. Meer details hierover zijn te vinden in het hoofdstuk *Omvang van de ramp*. In de kustgebieden is de combinatie stormvloed en opperwater extra gevaarlijk. Hoog water tijdens een stormvloed belemmerd de doorvoer van de rivieren en werkt in de mondingen van rivieren als een stop waardoor het water in het achterland extra hoog wordt. In § 2.3.3 *Hoogwater* wordt hier nader op ingegaan.

golven zorgt voor roerig water en botsende teruggeslagen golven dempen de van zee komende golven. Soms ook botst de terugslag op een van open water komende golf en ontstaat er een meters hoge terugslag. Vaak zijn dit zeer steile golven waarbij het water aan twee zijden bijna verticaal oploopt met een zwaar verwaaiende schuimkop over de volle lengte van de golf. Dit treedt vooral op bij steile kusten en dammen en dijken met steile taluds.

Bij minder steile taluds van dijken, van 1:3 tot 1:8 wordt de golfoploop ook steeds lager naar mate het talud minder steil wordt. De maximale golfoploop ligt rond de 1:3. Bij deze waarde kan de golf tot 3 keer zijn oorspronkelijk hoogte tegen de dijk oplopen. Uit opgaven van Van Seeratt²⁷ valt te herleiden dat de meeste waterkeringen ten tijde van de stormvloed 1717 in de regio Groningen een talud hadden in de verhouding die lag tussen de 1:2,8 tot 1:3,8, dus dicht de buurt van de maximale golfoploop. Maar de dijken aan de Lauwerszee werden door Van Seeratt "*steijl als een muir*" genoemd. Een enkele overslaande golf kan geen kwaad. Maar een schadelijke golfoverslag treedt op als er meer dan (10 dm³/s)/m water over de kruin van de dijk komt. Dan treedt er schade op aan de binnenzijde van het dijktalud. Formeel geldt dit voor het tegenwoordige dijkontwerp met graskruin en dito talud.²⁸ Voor voldoende bescherming moet de dijk hoog genoeg zijn om te voorkomen dat de oplopende golven over de dijk heen spoelen. De helling van de talud moet daarbij rond de 1:3 bedragen. De kracht van de massa water die tegen een dijk aanbeukt is flink groter bij hoge golven in met lagere perioden dan bij kleinere golven in hogere perioden. De opgeslagen energie in een golf is helft van zijn

snelheid. In het hierboven genoemde voorbeeld bij 56,2 km/h dus 28,1 km/h. Aan de kust wel kleiner.²⁹

Na een overstroming door doorbraak van een dijk werd deze bij herstel soms ook extra verhoogd. Vaak werd echter alleen de kruin opgehoogd met als gevolg dat de taluds steiler werden met het risico dat de hoog oplopende golven over de dijk heen spoelen met vergrote kans op doorbraak.

Dammen en dijken hebben vooral hun zwakke plek daar waar deze over een oude stroomgeul heenlopen. De structuur van de ondergrond is daar doorbroken en opgevuld met materiaal wat van elders is aangevoerd. Het heeft geen natuurlijke binding met de ondergrond en dat werkt bij hoog water kwel onder de dijk door in de hand. Deze kwel maakt de dijk instabiel doordat zand en klei met de kwel onder de dijk weg spoelt met gevaar voor doorbraak.

Bij een dijkdoorbraak kan het gestuwde stormvloed water wegvloeien en neemt ter plaatse de druk op de dijk af. Door grof geweld en schurende werking van het instromende water wordt het gat snel ook groter en dieper. Buitengaats vindt via het stroomgat afzuiging plaats naar de lagere delen binnendijks. Dit gaat door tot het water voor en achter de dijk op gelijke hoogte staan en net als bij communicerende vaten een evenwichtssituatie bereikt.

Op de plaats van de doorbraken ontstaan dan de zogenaamde wielen, ook wel waaien of walen genoemd. Deze diepe doorbraakkolken zijn ook in het tegenwoordige landschap nog te terug te vinden. Reeksen van dergelijke wielen ten gevolge van doorbraken bij zomerkades van buitendijkse polders en zeedijken dijken zijn tegenwoordig onder meer nog te zien langs de

oude zomerkades te Eemnes en aan de Kamperzeedijk te Mastenbroek. Ook langs doorgebroken rivierdijken kunnen wielen worden aangetroffen.

Het is echter ondoenlijk om in dit kader uitgebreid aandacht te besteden aan de bouw en structuur van dijken in de late 17^e en vroege 18^e eeuw. De verscheidenheid was ook toen al groot van steile palendijken tot glooiende taluds als of niet voorzien van een bekisting aan de voet als golfbrekers. Bovendien is ook niet altijd bekend welke type dijk ter plaatse gebruikt werd. Maar de meest tot de verbeelding sprekende dijk was wel de palendijk die vooral aan de Zuiderzeekust algemeen was. Deze dijk bestond uit in de grond geheide boomstammen als damwand en verankerd met steunberen. De dijk was onderhoudsgevoelig want regelmatig woelde een stormvloed in de Zuiderzee de zeebodem zodanig om dat de geheide boomstammen wegdreven of werden de palendijken beschadigd door ijsgang na een vorstperiode waarin de Zuiderzee dicht was gevoren. Het was ook een steile dijk. In het midden van de 18^e eeuw moest men noodgedwongen de palendijk opgeven omdat de paalworm de dijken aantastten en verzwakten. Daarna ging men over op glooiende hellingen, aan de voet verstevigd met (zwerf)stenen, waarvoor zelfs verschillende Drentse Hunnenbedden afgebroken werden en basalten werden gebruikt uit vooral de Eifel.

Een reconstructie van zo'n historische palendijk is te zien nabij Spakenburg. De paalworm kan daar geen kwaad, want dat is een bewoner van zout en brak water. De kades van Schokland bestaan ook uit palen en deze bevinden zich ter plaatse nog in origineel verband.

Fig. 7; Reconstructie van een palendijk nabij Spakenburg.



2 HYDROLOGIE VAN DE ZUIDERZEE EN WADDENZEE IN RELATIE TOT DE OPGETREDEN WATERSTANDEN

VERANTWOORDING

De voornaamste bron voor analyses van historische waterstanden ten gevolge van getij en stormvloed in relatie tot de hydrologie van het aandachtsgebied is een uitvoerige studie van de Staatscommissie Zuiderzee met de opdracht om de waterloopkundige omstandigheden in kaart te brengen na de afsluiting van de Zuiderzee bij stormvloed. De commissie onder leiding van H.A. Lorentz had daarbij alleen enkele spaarzame stormvloedverslagen uit de tweede helft van 19^e en begin van de 20^e eeuw tot haar beschikking, aangevuld met een reeks metingen van peilstations en data van het operationele weerstation te Den Helder en een windpaal te Elburg. De uitkomsten staan in een uitgewerkt verslag wat in 1926 verscheen. Het is het enigste rapport wat inzicht geeft in de hydrologie van de Waddenzee en Zuiderzee van vóór de afsluiting met de Afsluitdijk in 1932 met betrekking tot getijbewegingen, stroomgeulen, waterstanden en de invloed van stormvloed daarop. Bij analyse van beschreven stormvloed bleek dat de analyses ook model kon staan voor de omstandigheden tijdens de Kerstvloed. Maar dat wil nog niet zeggen dat ook de omstandigheden in de Waddenzee en Zuiderzee destijds volledig gelijkwaardig waren. Daarvoor heb ik de onder andere stroomgeulen van 1926 vergeleken met zeekaarten van eind 17^e eeuw van onder andere de ateliers Van Keulen (Amsterdam) en Jaillot (Parijs/Amsterdam). Deze zeekaarten (ook wel paskaarten) waren van groot belang voor een handelsland als Nederland. Deze paskaarten werden dan ook veelvuldig bijgewerkt want ook alle scheepvaart van alle Zuiderzee steden ging via de Texelstroom/Marsdiep en Vliestroom naar de Noordzee. Betonning werd verzorgd door de havensteden rond de Zuiderzee.

Voor het bepalen van de waterstanden in 1717 zijn het aantal objectieve bronnen en peilmerken schaars. Alleen een peilmerk in de kerk van het Duitse Suurhusen ten noorden van Emden geeft enig houvast, samen met registraties van het Amsterdamse Stadswaterkantoor. Opmerkingen als "enkele voeten hoger als tijdens een andere stormvloed", of "het water ging manshoog de dijken" over dragen niet echt bij om de waterstand en daarmee zijn opzet ten opzichte van het astronomisch getij, zelfs niet bij benadering, te bepalen. Deze subjectieve gegevens zijn hooguit met een grote foutmarge te gebruiken in de onderstaande analyses en dienen indicatief benaderd te worden.

Primair wordt daarom het peilmerk van Suurhusen gebruikt voor de regio Groningen en Oost-Friesland. Het peilmerk wordt bij gebrek aan betere vergeleken met de getijbewegingen te Emden. Helemaal correct is het niet omdat het peilmerk zich op het land bevindt waar de waterbewegingen anders zijn dan op open water. In het hoofdstuk Stormvloed wordt dit nader toegelicht. Voor Het Y konden de waterstanden gemeten door het Stadswaterkantoor te Amsterdam gebruikt worden. Deze geven een goed inzicht in het verloop van de waterstanden. Andere exacte waterstanden zijn voor 1717 niet beschikbaar.

Van Veen plaatst in het tijdschrift van het KNAG van 1940 nog enige vraagtekens bij de waterstanden genoteerd door het Stadswaterkantoor en vraagt zich af of de grote afwijkingen van 1717 van -47 duim +AP op 24 december 1717 en +96 duim +AP op 25 december 1717 het gevolg kan zijn van een verzakking van het gebouw, nieuwe vloer, enige aanslibbing in Het Y, wijzigingen in getij door nauwere of wijdere zeegaten of door wijzigingen in windrichting met grote afwaaiing tot gevolg. Lamb laat in zijn "Historic storms of the Northsea, British Isles and Northwest Europe" echter overtuigend zien dat we duidelijk in de richting van afwaaiing moeten zoeken maar meldt ook dat de meldingen van de windgegevens van het Stadswaterkantoor met enige regelmaat niet echt betrouwbaar zijn. Dit laatste is ook door mij gebleken bij de windrichtingen overdag op Eerste Kerstdag.

Een ander probleem is het zeeniveau. Dit niveau verandert door de tijd en is al lange tijd stijgende. Midden in de zogenaamde Kleine IJstijd van 17^e/18^e eeuw lag het zeeniveau een stuk lager dan tegenwoordig. Er lag meer ijs opgeslagen in het hooggebergte en in de poolstreken. Bovendien was het stuk kouder. Sindsdien is het klimaat warmer geworden en is veel van het ijs in hooggebergten verdwenen en is ook het ijs in de poolstreken een stuk minder. Door het warmere klimaat is het zeewater warmer geworden en heeft daarom meer volume gekregen, wat ook bijdraagt aan de stijging van het zeeniveau. Volgens Mijnsen-Dutilh³⁰ lag het gemiddeld zeeniveau in 1683/1684 16 cm beneden Amsterdams Peil.³¹ Maar doordat de zeespiegel sinds die tijd is gestegen en het land is gedaald, ligt het gemiddeld zeeniveau langs de Nederlandse kust tegenwoordig op of maximaal 10 cm boven NAP, dit varieert iets van plaats tot plaats. In deze stormvloedbeschrijving zijn geen correcties toegepast voor zeespiegelstijging. Alle waarden zijn ten opzichte van NAP.

We kennen tegenwoordig het Normaal Amsterdams Peil en het in Duitsland daarvan afgeleide Normal Nul, dus zonder getij bewegingen, opzet, opwaaiing of andere verschijnselen. Dit peil kennen we met zekerheid en is gebruikt als referentie niveau. Formeel zijn alle waterstanden herleid naar NAP, maar het NAP is wat anders dan het werkelijke gemiddelde zeeniveau. Het werkelijke zeeniveau ligt tegenwoordig hoger dan in de 18^e eeuw. Ook in de 19^e eeuw bleef het zeeniveau stijgen en registraties van peilstations geven dus niet altijd goed aan wat de bijdrage van een stormvloed is tussen het lagere niveau in 1825 en het hogere zeeniveau in 1916, zoals vermeld in de stormvloed verslagen. In de tegenwoordige tijd proberen we dit met zogenaamde grenspeilen te ondervangen (zie § 1.2).

De getijdcurven zijn bepaald met een webapplicatie (Easy Tide) van de Britse Hydrografische dienst (United Kingdom Hydrographic Office), waarvan getijden aan de kust met redelijk tot goed bepaald kunnen worden vanaf de 2^e eeuw AD. Wel moeten we daarbij opmerken dat met name de Nederlandse kust er geheel anders uitzag dan tegenwoordig en dat er ook andere zeestromingen stonden. Bovendien bestond de Zuiderzee en de Waddenzee toen nog niet. Deze ontstond pas later in de Middeleeuwen zoals we deze vandaag de dag kennen.

Per saldo is de bepaling van de opzet in de Dollard regio een benadering met beschikbare data van datgene wat heeft plaatsvonden. Correcties op berekeningen zijn niet uitgevoerd. Wel is de zogenaamde Chart Datum, gebaseerd op Lowest Astronomical Tide (LAT), van de getijde curve omgezet naar NAP. De LAT ligt tegenwoordig op -2,33 m +NAP.

De meeste gegevens over het verloop en de schade welke de stormvloed aangebracht heeft komt uit contemporaine bronnen. Bekend zijn de verslagen in de Europese Mercurius van 1718, het "Opregt en Nauwkeurig Historis-Verhaal" van A.E. Crous uit 1719 voor met name de situatie in Nederland. De beschrijving van J.C. Hekelius uit 1719: "Ausführliche und ordentliche Beschreibung", G. Outhof's "Verhaal van alle hooge watervloeden" en de "Nordfresischen Chroniek" van A. Heimrich in de heruitgave van 1819 geven een goed overzicht van de gebeurtenissen die voornamelijk in Duitsland plaatsvonden. Voor met name de Nederlandse omstandigheden zijn de verslagen in de Europese Mercurius van grote waarde. Maar opgemerkt moet worden dat ook het verslag in de EM niet altijd even nauwkeurig is. Alle overstromingen worden over één boeg gegoeid, terwijl er duidelijk sprake is van meerdere opeenvolgende gebeurtenissen en ook wordt geen duidelijke melding gemaakt van het ruimen of krimpen van windrichtingen. In het bijzonder wordt de tijdelijke noordooster storm op 25 december niet als zodanig benoemd, toch cruciaal voor de ramp in Noord Holland.

2.1 INLEIDING

Voor de regio van de Dollard valt uit de beschikbare gegevens met redelijke nauwkeurigheid van de opgetreden waterstanden te herleiden voor de stormvloed in de Kerstnacht van 1717. En op Tweede Kerstdag later op dag en in avond vonden er overstromingen plaats in de regio van Het Y, Waterland en delen van Kennemerland. De waterstanden in Het Y te Amsterdam zijn ook bekend. Voor de effecten van stormvloeden op de Zuiderzee wordt het verslag van de Commissie Zuiderzee gebruikt, wat we getracht hebben te herleiden naar 1717. Ook proberen we een antwoord te vinden op de vraag waarom de kusten van Friesland minder ernstig getroffen zijn

2.2 DE NOORDELIJKE KUSTREGIO

In dit verslag beschouwen we de Zuiderzee (waartoe we ook de (Wieringer)meer en Het Y rekenen) en de Waddenzee (inclusief de Lauwerszee en Dollard) tot de wateren van de Noordelijke kustregio. Met name tussen de westelijke Waddenzee en de Zuiderzee vond veel interactie plaats bij getijdenbewegingen en stormvloeden. De interactie tussen de Waddenzee en de Noordzee wordt ook tegenwoordig nog steeds bepaald door de stroomgeulen gelegen tussen de Waddeneilanden. Ook bij stormvloeden liep het al het water via de stroomgeulen de Waddenzee in en van daaruit naar de Zuiderzee. Voor het gehele gebied kunnen verschillende getijdebekken onderscheiden worden. De Waddenzee bestaat nog steeds uit een achttal bekkens welke gescheiden worden door wantijgebieden, gelegen achter de Wadden eilanden. De bekkens worden gedurende het verloop van het getij bedient door stroomgeulen tussen de eilanden. Bij opkomend water voeden deze stromen de bekkens en bij afgaand water voeren deze het water af. Bij afvoer ontstaat aan de Noordzee zijde van de stroomgeul een zogenaamde ebgetijdendelta. Dit zijn een reeks geulen en zandplaten aan de ingang van de stroomgeul. Bij opkomend water stroomt het water vooral door geulen nabij de eilanden en bij afgaand water vooral door de centrale geulen in de midden van ebgetijdendelta. Elk bekken heeft een bepaalde vaststaande bergingscapaciteit, de komberging. Er bestaat een directe relatie tussen de capaciteit van de stroomgeul en totale hoeveelheid water welke een komberging kan bevatten. Gesteld dat het watervolume toeneemt in een bekken, dan krijgt het stroomgat ook een grotere capaciteit. Omgekeerd, als het watervolume in het getijdebekken afneemt dan verzand ook de stroomgeul en neemt de omvang van het wad ook toe. Dit wordt de zandhonger genoemd. Deze effecten kunnen ook optreden

dan die te Groningen. Om deze vragen te beantwoorden gaan we eerst bekijken hoe de waterbewegingen in de systeem Waddenzee/Zuiderzee verlopen zijn en wat de rol van stormvloeden daarbij zijn geweest in de periode 1825-1926. Deze gegevens gebruiken we vervolgens voor een terugkoppeling naar de stormvloed van 1717. Tot slot worden ook de opgetreden waterhoogten te Delfzijl geanalyseerd voor 1717 en proberen we aan te geven waarom de schade te Friesland en de IJssel/Vecht delta meeviel. Voor het zuidwesten van ons land (Maas/Schelde delta) zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om daar uitspraken over te doen.

als de capaciteit van de stroomgeul verandert. Neemt de capaciteit van een stroomgeul af, dan wordt ook bergingscapaciteit kleiner door verzanding. Wordt een stroomgeul dieper en breder dan neemt de bergingscapaciteit toe. De zandhonger van de Waddenzee speelt vooral sedert het afsluiten van de Zuiderzee en de Lauwerszee. In het eerste geval hoeven de Texelstroom en Vliestroom de Zuiderzee niet meer te voeden en in het tweede geval stroomt er minder water door het Friese gat omdat de Lauwerszee afgedamd is.

In dit verslag wordt de Waddenzee in twee delen gesplitst. De westelijke en de oostelijke Waddenzee, gescheiden door het wantijgebied tussen Ameland en Friesland. Deze verdeling is voor waterbewegingen tijdens stormvloeden van groter belang dan de acht onderscheiden bekkens afzonderlijk bij normale getijde ritmen. De stroomgeulen welke de westelijke Waddenzee bedienen, de Texelstroom, Vliestroom en de Terschellingerstroom, bedienen ook de Zuiderzee en de stroomgeulen oostelijk van Ameland voeden de oostelijke bekkens. Tot de oostelijke Waddenzee behoren ook de Lauwerszee en de Dollard. De Staatscommissie Zuiderzee heeft onderzocht of er inderdaad geen interactie bestond tussen de oostelijke en westelijke Waddenzee. Er zijn daarvoor tijdens een viertal proeven totaal 55 drijvers (lege flessen en houten blokken) te water gelaten bij noordwesten wind tijdens een overtocht met de veerdienst van Holwerd op Ameland. Slechts één drijver kwam een weinig westelijk van Holwerd terecht. De meeste, 20 stuks, werden oostelijk van Holwerd op de kust van Friesland terug gevonden, enkele andere op de Nederlandse Waddeneiland oostelijk van Ameland, een aantal op de Groninger kust en zelfs enkele tot op Borken en Juist. Verloren gingen 18 drijvers en zijn nooit terug gezien. De conclusie van de Staatscommissie Zuiderzee was daarmee

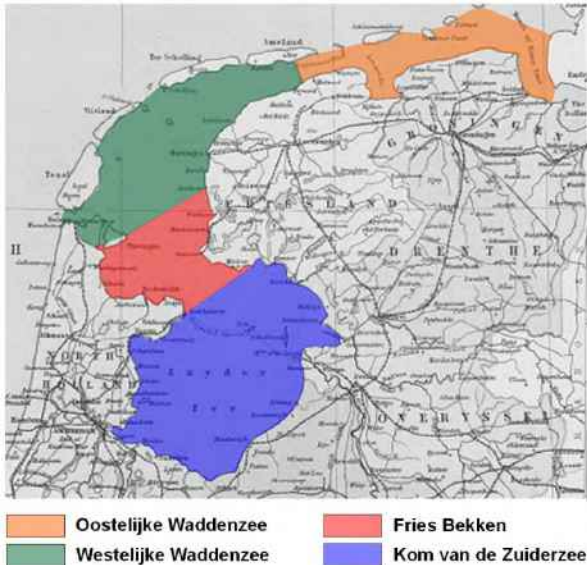


Fig. 8: Onderverdeling van bekken.

gerechtvaardigd dat het wantijgebied op het Amelander Wad de scheidslijn is tussen het westelijke en oostelijke Waddenbekken. De stroomgeulen in het oostelijke Waddengebied droegen niet bij aan de vulling van de westelijke Waddenzee en Zuiderzee.

De voormalige Zuiderzee werd ook verdeeld in twee bekken. Het deel ten zuiden van de Enkhuizen (NH) en de Steile Bank (FR) werd de Kom genoemd en het stuk ten noorden van die lijn tot aan de omgeving van huidige Afsluitdijk het Friese Bekken. Het Fries Bekken was voor de afsluiting van de Zuiderzee het overgangsgebied tussen de Kom en de Waddenzee. De Wieringermeer werd in het verleden ook wel als aparte komberging beschouwd.

Opgemerkt is al dat bij vermindering van de bergingscapaciteit van de bekken dit ook invloed heeft op de stroomgeulen. Tussen 1717 en 1932 waren geen grote inpolderingen van welke van grote invloed geweest zijn op de capaciteit van de bekken. Voor de Zuiderzee betrof het voornamelijk nieuwe polders bij Koegrass (kwelders) en omgeving en in de Kom met name het inpolderen van Het Y. Voor een goede verbinding van Amsterdam met zee werd ook nog het Noord-Hollands Kanaal gegraven met name vanwege het verzanden van de ingang van het Y bij Pampus. Op het totale bergingsvolume van de westelijke Waddenzee en de Zuiderzee maakt het niet veel uit. Deze veronderstelling wordt ook bevestigd door

2.2.1 Waddenzee

De Waddenzee werd door een wantijgebied op het wad ten zuiden van Ameland voor de waterbewegingen in twee delen geplitst. De stromen van het Amelander gat (westelijk van

bevindingen van de Staatscommissie Zuiderzee inzake het afsluiten van het Amsteldiep in 1924. Na het de afsluiting trad er slechts een kleine verzwakking van het getij op met 5-10% en werd het getij met 10 minuten verlaat voor het gehele bekken van de Zuiderzee.³²

De ironie is dat het afsluiten van de Zuiderzee zelfs geleid heeft tot een versterking van de getijdestroom via het Texelse gat. Dit ontstond door het in fase komen van de getijde golf met een lengte van 280 tot 370 km in relatie met redelijk grote omvang van de Zuiderzee.³³ Bij een afgesloten Zuiderzee kon het water niet de Zuiderzee instromen en vormde zich boven de westelijke Waddenzee een staande golf op dezelfde wijze beschreven in § 1.4.8.3 *Langperiodieke golven*. Het verhoogde water leidde dan ook tot een versnelde instroom van water. Bij grotere diepten stroomt het water sneller door de geulen.

In de loop van de 17^e eeuw worden de stormvloedstanden steeds hoger in de Zuiderzee. De oorzaak moet gezocht worden in klimatologische omstandigheden gedurende de zogenaamde Kleine IJstijd die dan een van zijn dieptepunten nadert.³⁴ Deze klimaatsfactoren waren destijds natuurlijk niet bekend. Het eerste plan om daar wat tegen te doen kwam van Hendrick Stevin in 1667. Zijn plan voorzag in het afdammen van de stroomgaten tussen de Waddeneilanden van Den Helder tot aan Ameland en van Ameland over het wad naar Friesland. Het graven van een scheepvaartkanaal van Amsterdam naar de Noordzee was onderdeel van dit plan. Dit plan bleek niet haalbaar. De Staten van Holland hebben daarna nog overwogen de Texelstroom te vernauwen. Ook dit was indertijd technisch niet mogelijk.

Maar om de stad Amsterdam toch beter tegen het hoge water te beschermen werd in 1681 besloten de dijken aan te passen. Voor dat doel werden de waterhoogten op Het Y gemeten vanaf september 1683 tot september 1684. Vanwege een bevroren Het Y was meten in de winter niet mogelijk. Hieruit werd het Amsterdams Peil (AP) afgeleid; in feite de gemiddelde zomervloedstand.³⁵ Ook in Utrecht zijn tussen 1694 en 1718 de zeedijken verschillende keren extra verhoogd.³⁶ Elders aan de kust van Zeeland tot de Dollard was het niet anders.

Ameland) en het Friese gat (oostelijk van Ameland) ontmoeten elkaar boven het Amelander Wad en daar komt de waterbeweging tot stilstand. Dit is het wantij gebied. Het water

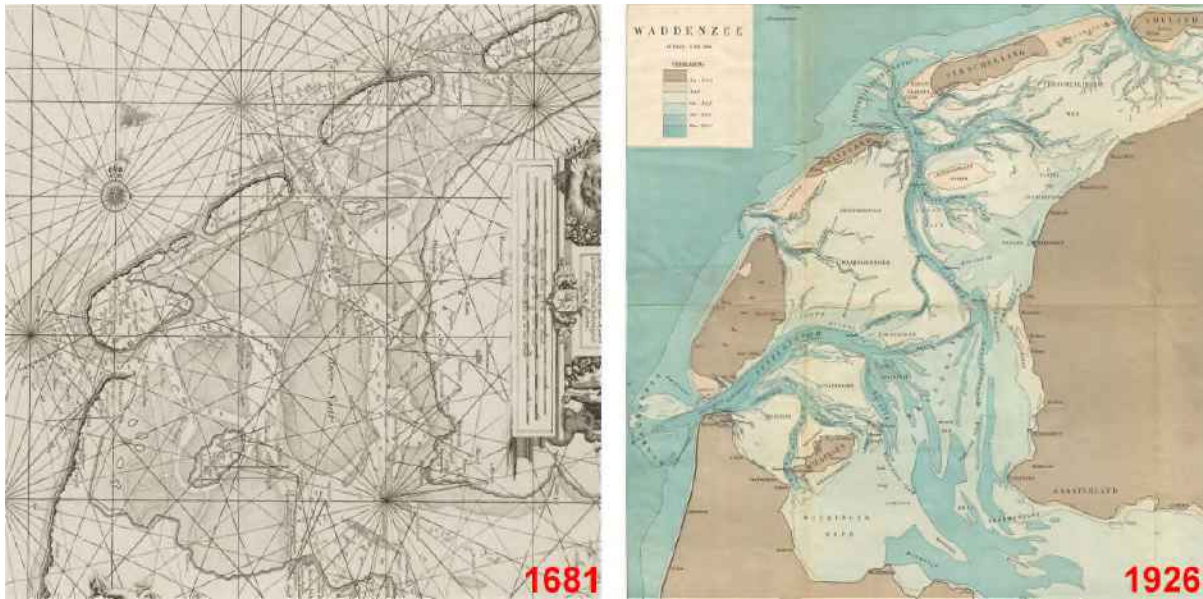


Fig. 9; De westelijke Waddenzee eind 17^e eeuw en 20^e eeuw voor afsluiting van de Zuiderzee. (links kaartfragment van J. van Keulen, rechts Staatscommissie Zuiderzee)

wat via de stroomgaten oostelijk van Ameland de Waddenzee instroomde vond zijn weg naar de oostelijke Waddenzee en de Lauwerszee. Interactie tussen de westelijke en oostelijke Waddenzee was er niet. Dit is ook onderzocht door de Staatscommissie Zuiderzee.³⁷ Er zijn tijdens een viertal proeven in totaal 55 drijvers (lege flessen en houten blokken) te water gelaten bij noordwesten wind tijdens een overtocht met de veerdienst van Holwerd op Ameland. Slechts één drijver is een weinig westelijk van Holwerd aangespoeld. De meeste, 20 stuks, werden oostelijk van Holwerd op de kust van Friesland terug gevonden, enkele andere op de Nederlandse Waddeneilanden oostelijk van Ameland, een aantal op de Groninger kust en zelfs enkele tot op Borken en Juist. Verloren gingen 18 drijvers en zijn nooit terug gezien. De conclusie van de Staatscommissie Zuiderzee was daarmee gerechtvaardigd dat het wantijgebied op het Amelandse Wad de scheidslijn is tussen het westelijke en oostelijke Waddenbekken. De stroomgeulen in het oostelijke Waddengebied droegen niet bij aan de vulling van de westelijke Waddenzee en Zuiderzee, ondanks het feit dat de waterstanden in de oostelijke Waddenzee hoger waren dan in de westelijke Waddenzee. De veel sterkere Terschellingstroom voorkwam dat het water van de oostelijke Waddenzee kon doordringen in westelijke richting. De Terschellingstroom en de werkte als een barrière. Het water wat via de oostelijke stroomgaten de oostelijke Waddenzee vulde kon alleen maar omhoog en hoe verder naar het oosten hoe hoger ook het water stond. De voornaamste zeegaten tussen de Waddeneilanden van de westelijke Waddenzee zijn het Texelse gat en Terschellinger gat. Het

Texelse en Terschellinger gat hadden bij normale getij bewegingen eind 19^e begin 20^e eeuw een capaciteit per stroomgat van ruim 100.000 m³/s voor het vullen van de Zuiderzeekom. In hoeverre dat ook het geval was in de tijd van de Kerstfloed is lastig na te gaan. Maar in het algemeen kan gesteld worden dat met name de ebgetijdendelta van de stroomgaten snel konden verzanden, maar ook weer eroderen. Rijkswaterstaat vond voor de Viestroom tussen 1831 en 1865 een toename van 8% in die ebgetijdendelta, maar tussen 1911 en 1935 bleek uit metingen dat deze telkens ongeveer met een maximale afwijking met 10% of toe- of afnam. Met name bij stormvloed konden vooral de nevengeulen vooral in de ebgetijdendelta sterk wijzigen, maar deze wijzigingen werden vaak al voorbereid tijdens normale getijbewegingen. Over het algemeen kan gesteld worden dat de hoofdgeulen en zandbanken het resultaat zijn van een lange evolutionaire weg bij de vorming van de Waddenzee en de Zuiderzee in relatie met de bergingscapaciteit van zeewater in deze bekkens. Het bodem reliëf is standvastig en veranderingen in het hoofdgeulenstelsel treden onder normale omstandigheden nauwelijks op. Per 10.000 m³/s watertoevoer bij stormvloed via de stroomgeulen werd daarbij de waterstand in de Kom van Zuiderzee met ongeveer 1 cm verhoogd. Bij een stormvloed met een debiet van vaak ten minste rond de 200.000 m³/s (zie verderop) geeft die capaciteitsveranderingen van de stroomgeulen nauwelijks invloed op de waterstanden in de Zuiderzee. Rond het eind van 17^e en begin van 18^e eeuw bestond het Eierlandse gat tussen Eierland (tegenwoordig het noordelijk deel van Texel) en Vlieland nog niet. Vanaf Texel liep via Eierland

een zandrug naar Vlieland. Deze zandbank fungeerde als barrière voor het instromende zeewater. In de 19^e eeuw ontstond het Eierlandse gat, maar het geulensysteem loopt ook tegenwoordig nog steeds dood op het wad bij Texel en Vlieland. Het heeft nauwelijks invloed op de waterbewegingen in dit deel van de Waddenzee en was ook onderschikt belang bij de waterhoogten in de Zuiderzee bij stormvloed.

Het ritme van het getij in de Waddenzee begint altijd het eerst in het westen en volgt de kust naar het oosten. Daardoor ontstaat er ook een

2.2.2 Zuiderzee

De Zuiderzee had een oppervlak van 360.000 ha, waarvan de Kom 260.000 ha voor zijn rekening nam. Het Fries Bekken werd voor afsluiting van de Zuiderzee in het noorden begrensd door een reeks van ondiepe zandplaten. Dit was een natuurlijke drempel waarin diverse uitgesleten stroomgeulen lagen welke het verlengstuk of zijtak vormden van de Texelstroom enerzijds en de Vliestroom anderzijds. Tot de zijtakken of uitlopers van de Texelstroom richting de Zuiderzee behoorden het Amsteldiep tussen Noord Holland en het eiland Wieringen en de Vlieter ten oosten van Wieringen. Het Amsteldiep liep dood op de (Wieringer)meer en droeg in de regel niet bij aan de voeding van water voor de Zuiderzee. De vanuit het noorden komende Vliestroom eindigde in het Fries Bekken als Middelgronden. Tussen de Vlieter en de Middelgronden lag de ondiepte Breezand.

Het Enkuizerzand en de Val van Urk kunnen als relictten gezien worden uit de tijd dat de

faseverschil tussen het Texelse gat en Terschellinger gat. Eerst loopt het getij water via de Texelstroom en pas later ook via de Vliestroom in of uit. Tussen beide stromen bestaat dan ook wisselwerking in stand gehouden door dit faseverschil. Door deze wisselwerking bestaan er verbindingsgeulen waartussen het water van de ene naar de andere geul heen en weer gaat afhankelijk van het getij en het faseverschil. In de Dollard zijn getijbewegingen later dan in de westelijke Waddenzee.

Zuiderzee ontstond, waarbij de Val van Urk een oude stroomgeul geweest is. De Val van Urk was tot aan het begin van de jaartelling onderdeel van de oer-Vliestroom welke het Almere met Noordzee verbond.³⁸

Bij opkomend water in de Waddenzee was de stroming aanvankelijk sterk, maar de waterbewegingen werden rustiger als deze de Zuiderzee instromen. In de Kom van de Zuiderzee kwam het water tot geheel rust. De bodem is daardoor vlak vlak en hier kreeg het fijne slib de kans om te bezinken. De tijdstippen van hoog en laag water vielen in de Kom van de Zuiderzee ongeveer 1 1/2 h later dan in de westelijke Waddenzee. Bovendien werd het getijverschil ook merkbaar snel kleiner. In Zurich was het gemiddeld tijverschil nog 1,10 m, bij Piaam was deze al gereduceerd tot 0,71 m en nog zuidelijker bij Hindelopen 0,57 m en bij Stavoren 0,47 m. In de regel bedroeg het getijverschil in Kom onder normale omstandigheden nog maar 20 à 30 cm.

2.3 WATERSTROMEN BIJ STORMVLOEDEN

2.3.1 Buitengaats

Bij getijdestromen in ongestoorde situaties, in dit geval zonder stormvloed, stroomde het water met een ritme van gemiddeld twee getijden cycli per etmaal de Waddenzee en de Zuiderzee in. Maar tijdens stormvloed uit noordwestelijke richtingen traden er drastische veranderingen op bij de waterbewegingen in de Waddenzee en Zuiderzee. Bij de meeste stormvloed stond het water in de westelijke Waddenzee al snel minimaal 1 m lager dan in de Noordzee. Zolang deze niveau verschillen tussen de Noordzee en de Waddenzee bestonden bleef ook de aanvoer van water in stand. Dit niveauverschil werd in stand gehouden door afwaaiing van water naar het zuidoosten en waterafvoer naar de Kom van Zuiderzee die dan ook hoger stond. De lagere waterstanden in de Waddenzee zorgden zodoende voor een versnelde waterstromen door de stroomgaten. Dit effect wordt afzuiging

genoemd. Door afzuiging ontstond een verhang, tussen de Noordzee-zijde en de Waddenzee-zijde. Daarbij geldt dat hoe groter het verhang des te sterker de stroomsnelheid.

De Staatscommissie Zuiderzee heeft dit afzuig effect in de westelijke Waddenzee bij de stormvloed van 6 november 1921 kunnen goed bestuderen. Op het hoogtepunt van de waterstromen door de stroomgaten was er een hoogteverschil van 1 m tussen de waterstand op de Noordzee en de Waddenzee. Dit resulteerde in een waterstroom van 267.000 m³/s water in de richting van de westelijke Waddenzee. Van dit water stroomde er 150.000 m³/s door naar de Zuiderzee. Fig. 10 laat zien dat de afzuiging al ver buitengaats van de hoofdstromen in het Texelse gat en Terschellinger gat merkbaar waren bij de 2 m lijn. Via het Texelse gat stroomde maximaal 115.000 m³/s door de

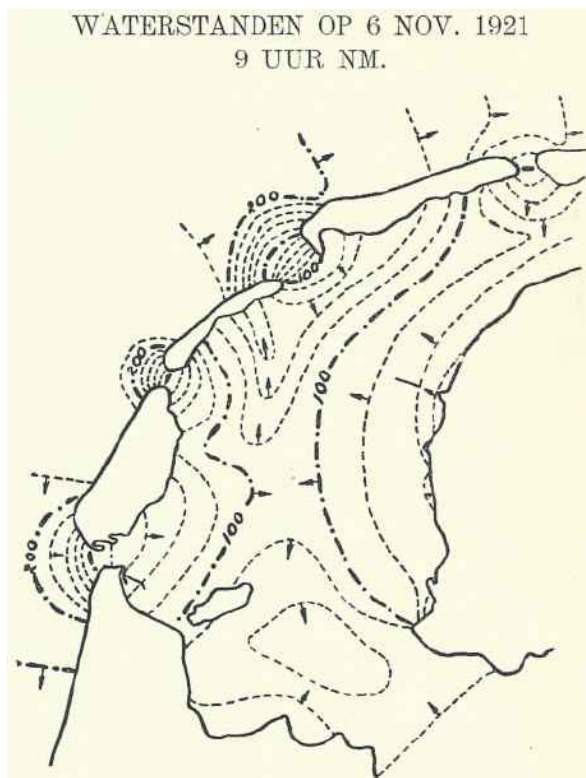


Fig. 10; Afzuigeeffecten in de stroomgaten tussen de Waddeneilanden (naar Staatscommissie Zuiderzee)

Texelstroom naar de Zuiderzee en via de Vliestroom 120.000 m³/s. De rest van het water kwam binnen via het Eierlander gat en het de Terschellingerstroom. Deze stormvloed kwam uit noordwestelijk richting en het windveld stond dus ook vrijwel loodrecht op het Terschellinger gat, wat mogelijk de oorzaak kon zijn van de iets grotere waterstroom door extra opwaaiing via dit gat en mede daardoor grotere waterdiepte met als gevolg een versnelde doorstroming. Helaas waren er gedurende de onderzoeksperiode van de Staatscommissie geen wester stormvloeden, maar te verwachten is dat in dat geval het Texelse gat verantwoordelijk zou kunnen zijn voor de grootste doorstroming. Beide stroomgeulen hebben ongeveer dezelfde capaciteit gehad.

Een evenwichtssituatie met gelijke waterniveaus tussen de verschillende bekkens kwam niet vaak voor. Door de hierboven aangegeven oorzaken waren de waterstanden in de westelijke Waddenzee doorgaans lager. Om een dergelijke evenwichtssituatie te bereiken zou het één tot meerdere dagen aaneen uit noordwestelijke richtingen moeten door stormen, dit afhankelijk van de windkracht. In de dagen voorafgaande aan de Kerstvloed was er al sprake van stormachtig weer, waarbij uit de opgaven van het Stadswaterkantoor te Amsterdam op te maken valt dat er van een evenwichts-situatie sprake geweest is bij verhoogde waterstanden in de

Kom ten opzichte van de Noordzee waterstanden. De getijbewegingen lieten zich niet of nauwelijks verstoren.³⁹ In fig. X bij A is het getij te volgen tot op 23 december 1717. Ook bij de stormvloed van 1825 trad een dergelijke evenwichtssituatie op.

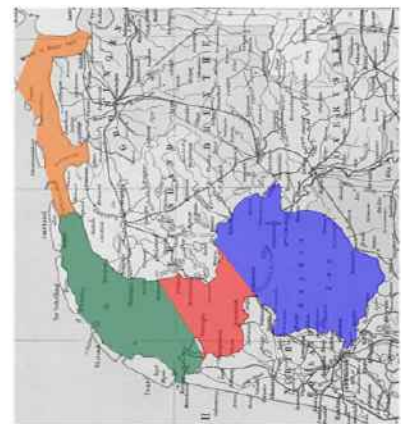
In de oostelijke Waddenzee kon over het algemeen wel snel een evenwichtssituatie worden bereikt. Het is een stuk kleiner en had geen last van doorstroming naar de Zuiderzee, zoals bij de westelijke Waddenzee. De hoge waterstanden werden snel bereikt en door opwaaiing aan de kust ook nog eens versterkt.

Een snelle vulling van de Zuiderzee trad op bij met name een stevige noordwester storm. Immers dan staat de wind recht op de voornaamste stroomgaten en is opzet het grootst. De grote diepte van, zowel de Texelstroom als de Vliestroom, maken een grote en vooral ook versnelde watertoevoer mogelijk; geholpen door de afzuiging. De flanken van de stroomgeulen fungeren daarbij als oevers, ook als het reeds vloed is en de zandbanken van de Waddenzee onder water staan. Lek via de ondiepten boven de zandbanken is marginaal. Afzuiging van de Noordzee via de stroomgaten en afwaaiing van water boven de zandbanken naar de Kom van de Zuiderzee zorgden ervoor dat de waterstanden in de westelijke Waddenzee gematigd bleven. Stuwing aan kust vond meest plaats aan de Friese zijde, maar met de kanttekening dat het water snel afgevoerd werd naar de Zuiderzee en van Harlingen naar Stavoren namen de waterstanden altijd af door die afvoer.

Enmaal in het Fries Bekken vervolgde de grootste waterstroom naar het zuiden zijn weg in verschillende stroomgeulen, samenkomend in de Val van Urk. Het Enkhuizer zand vormde daarbij een barrière, zodat het meeste water bij de heersende windrichting naar de Overijsselse en Gelderse kust gedirigeerd werd. Hoogste waterstanden werden daarbij traditioneel te Elburg gemeten. Weerszijden van Elburg, richting Nijkerk in het zuidwesten enerzijds en Mastenbroek ten noordoosten anderzijds, zijn de waterstanden steeds significant iets lager. Opvallend is dat bij stormvloeden uit noordwestelijke richtingen dat waterstanden aan zuidelijk kust van Friesland doorgaans lager is dan in de richting van Nijkerk. De oorzaak moet gezocht worden bij het Coriolis effect (zie § 1.4.9). Bij een westelijke of noordwestelijke vloedstroom krijgt de waterstroom de neiging om langs de Veluwe kust zuidwaarts te stromen (met de wijzers van de klok mee). Direct achter de bocht voorbij Stavoren trad door hetzelfde effect juist een verlaging op van de waterstanden, of werden hoge waterstanden nooit bereikt. De waterstandenkaarten tijdens de

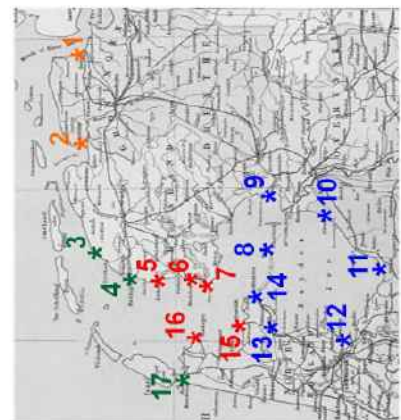


Fig. 11; Vergelijkende waterstanden bij een op Zuiderzee bij verschillende stormvloed.



Plaats van de meetstations

- 1 Delfzijl
- 2 Zoutkamp
- 3 Nieuw Bildt
- 4 Harlingen
- 5 Makkum
- 6 Hindelopen
- 7 Stavoren
- 8 Urk
- 9 Kraggenburg
- 10 Elburg
- 11 Nijkerk
- 12 Durgerdam
- 13 Hoorn
- 14 Enkhuizen
- 15 Medemblik
- 16 Den Oever
- 17 Den Helder



In dit overzicht zijn alleen de stormvloed en opgenomen welke te Delfzijl het grenspeil voor middelbare stormvloed bereikt hebben.

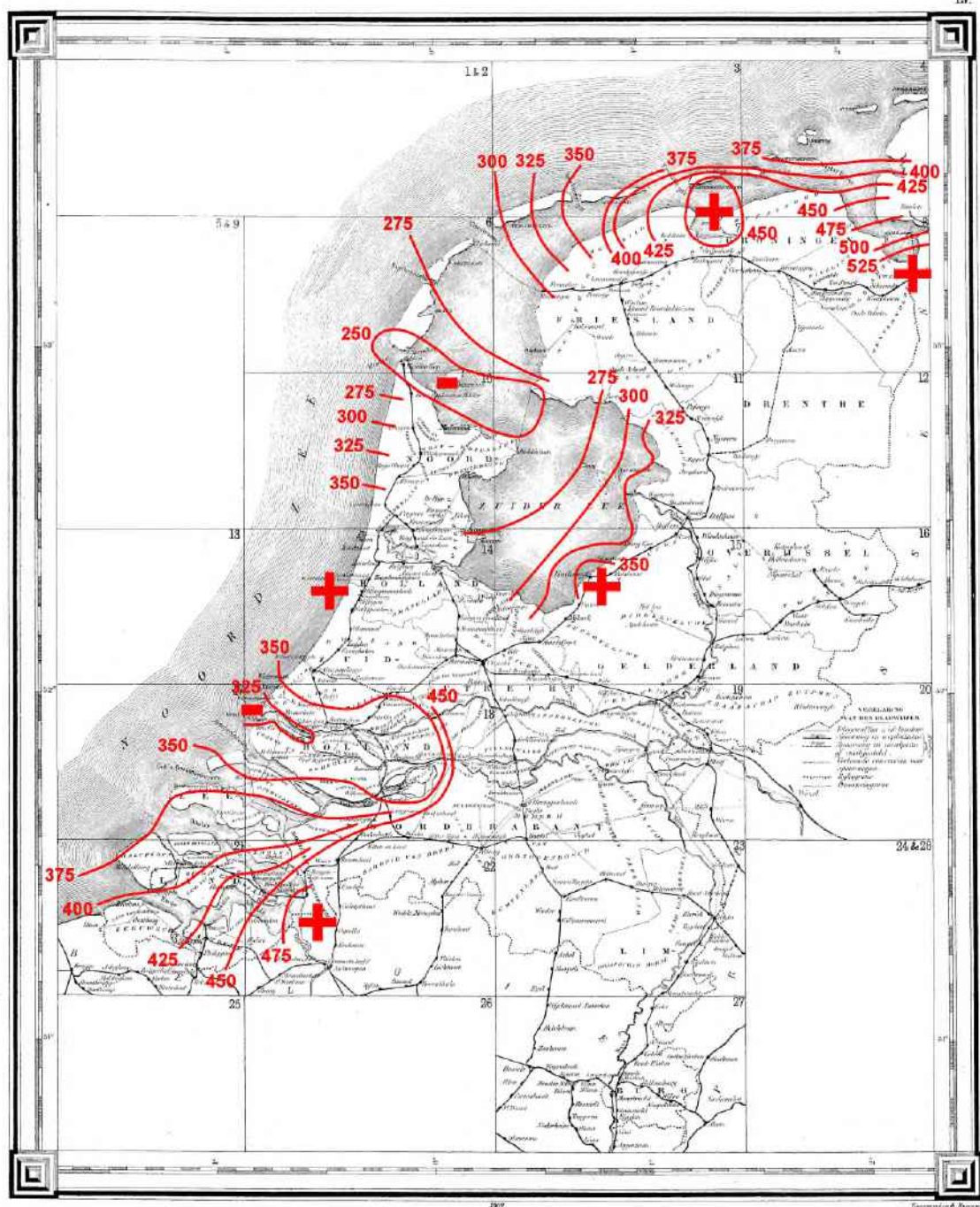


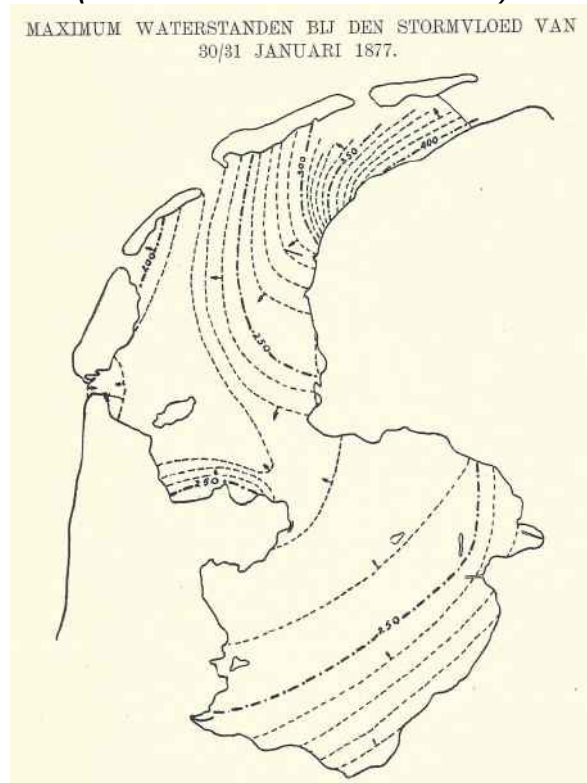
Fig. 12: Hoogst opgetreden waterstanden langs de Nederlandse kust over de periode 1825-1932 (naar stormvloed verslagen – kaartbasis Topografisch Bureau 1869)

stormvloed van 1877 verduidelijken dit effect (fig. 13). Dit effect kon bij elke stormvloed waargenomen worden. De Zuiderzee kust van Noord-Holland in de Kom liep vaak pas gevaar bij een naar het noorden of noordoosten ruimende stormwind of als door dagenlange aanhoudende storm een evenwichts situatie bereikt werd. Noord-Holland kende daarbij een echte zwakke plek en dat was de regio van Het Y. Bij de meeste stormvloeden ging het vooral daar mis, waarbij met name Waterland en Diemerland vaak getroffen werd door

dijkbreuk. Maar de Eem nabij Eemnes en Eembrugge tot aan Amersfoort was ook vaak de klos. Bij de ruimende wind naar het noorden en noordoosten en aanhoudende stormwind kon het opgewaaide water in de Kom zich in de richting van Het Y verplaatsen, maar per saldo was de gehele kust tot aan Hoorn gevoelig voor hoog water in deze situaties. In de kop van Noord-Holland lag de situatie wat anders. Fig. 10 verklaart al hoe dat komt. Bij een noordwester storm werd het meeste water via de Texelstroom direct naar de Kom van Zuiderzee

gevoerd. Afzuiging bij het Texelse gat veroorzaakte samen met afwaaiing aan de zijde van de westelijke Waddenzee voor lagere waterstanden. Het hoog water kon in Koe-gras moeilijker bereiken dan in de diepere westelijke Waddenzee of het Fries Bekken. Hoog water in Koe-gras trad pas op als er een evenwichts situatie bereikt werd of bij een ver ruimende

Fig. 13: Waterstanden van de stormvloed van 1877 (naar Staatscommissie Zuiderzee).



2.3.2 Overstromingen en overspoelingen

Bij overstromingen en overspoelingen van land spelen er nog een aantal andere voorwaarden mee, waarbij we de vraag kunnen stellen in hoeverre het water in de laagvlakten tot aan het hoger gelegen achterland doorgedrongen is. Voor het beantwoorden van deze vraag moeten we eerst enkele randvoorwaarden afbakenen. Ten eerste loopt een relatief kleine polder sneller onder water dan een grotere bij eenzelfde toevoer van water. Een glas water is onder een geheel open gedraaide kraan ook sneller gevuld dan een afwasbak. Ook de waterdiepte is belangrijk. Het water stroomt bij grote diepte sneller dan boven ondiepten. Bij ondiepten geeft de ondergrond veel weerstand wat de snelheid van het water aanmerkelijk vertraagd. Zo zal ook gelijkwaardige omstandigheden een overstroming bij afgaand tij het water minder ver doordringen dan bij opgaand tij. Ook het reliëf van het landschap speelt mee. Veel glooiingen, dalen en kommen, maken dat het water eerst de

wind. De eerste situatie kwam bijna nooit voor. Dat laten ook de stormvloed analyses zien verzameld door de Staatscommissie Zuiderzee.

De Meer was een ondiepte met zandplaten welke naar het oosten steeds dieper werd. Het was, net als bij het Amelander wad het geval was, een gesloten systeem en werd voor ongeveer de helft gevoed door het Amsteldiep. Zuidelijk van De Meer lagen de noordelijke delen van de Westfriese ringdijk en bij een stijging van het water in De Meer trad hier al gauw opwaaiing op. Regelmatig kwam het water daar vaak tot boven de 2,5 m bij stormvloeden.

Nemen we de Waddenzee als geheel dan zien we bij een stormvloed de waterstanden in de regel van west naar oost oplopen. Fig. 11 laat vanaf het grenspeil voor middelbare stormvloeden te Delfzijl het verloop zien van waterstanden langs de Zuiderzee en Waddenzeekust zien voor de periode 1825-1932; de periode dat er meetgegevens beschikbaar zijn voor de open Zuiderzee. De keuze voor Delfzijl als hoofdsleutel bij extreme waterstanden is gemaakt omdat Groningen de zwaarst getroffen provincie van ons land geweest is met de Kerstvloed. Maar het effect is bij vrijwel elke andere stormvloed ook zichtbaar. Vanaf Den Helder zien we eerst in het Friese Bekken van de Waddenzee rijzen met een maximum de Kom, van de Kom richting de Waddenzee weer dalen om vervolgens weer langs de Friese Waddenkust richting de oostelijke Waddenzee weer flink op te lopen. Zoals we hieronder nog zullen zien kan dit een plausibele verklaring zijn voor de relatief geringere schade van de Kerstvloed in 1717 in Friesland ten opzichte van Groningen en in Duitsland en Denemarken.

lage delen vult alvorens verder vloeien. Neemt dan bijvoorbeeld tijdens het vollopen van dalen en kommen ook de stormvloed in kracht af, of als het astronomisch getij naar laag water gaat, dan neemt de kans op verdere overstromingen ook snel af. Andere barrières, zoals tussen de polders liggende dijken, remmen eveneens de voortgang van een overstroming. Mits keersluizen, kolken en duikers gesloten zijn is een volgende polder pas aan de beurt als eerdere volgelopen is en water de dijk overgaat. Het is daarom niet altijd aannemelijk om de hoogte contouren van een landschap te volgen om de mate van een overstroming vast te stellen. In ons verslag gaan we ervan uit dat het reliëf binnendijks (waarbij we de zeedijken als uitgangspunt nemen) in de afgelopen 300 jaar niet wezenlijk is veranderd. Wat wel valt waar te nemen is dat sommige polderdijken en zelfs voormalige zeedijken geslecht zijn, maar significante verhogingen van inlandse

polderdijken komen nauwelijks voor. Daar staat tegenover dat er wel meer opgehoogde taluds van wegen en spoorbanen zijn, maar die zijn

vaak weer zo lek als een mandje vanwege de vele bruggen en viaducten.

2.3.3 Invloed van rivieren

In estuaria en benedenloop van rivieren treedt nog een ander effect op bij hoog opperwater in combinatie met een stormvloed en de tweedaagse gang van de getijbeweging. In ons land werkt het normale getij in de benedenloop van de grote rivieren door tot de grens waar de ondergrond van zeeklei overgaat in zandgrond. Voor die rivieren is het getij merkbaar tot aan grofweg halverwege de Betuwe. Bij de IJssel, uitmondend in Zuiderzee, was het veel zwakkere Zuiderzee getij voorbij Kampen al niet meer van invloed. Ook de Eem stond onder invloed van de getijdenbewegingen. Amersfoort had zo via de open Eem een directe verbinding met de Zuiderzee. Bij hoog water in de Zuiderzee kon het water met gemak tot Amersfoort doordringen. Stonden ook de voedende beken van de Eem, de Barneveldse Beek en Lunterse Beek, hoog dan werd Amersfoort van twee zijden bedreigd. Opkomend hoog Zuiderzeewater vanuit het noordwesten en het opperwater via de beken vanuit het zuidoosten. Bij de Duitse rivieren Eems, Wezel en Elbe treden dezelfde

verschijnselen op en ook daar heeft het opperwater de overstromingen alleen maar verergerd.

Een stormvloed komt zelden alleen. Vaak is het al langere tijd onstuimig en met veelal ook overvloedige regen. Gevolg is dan dat ook rivieren hoog staan en landerijen dras. Bij opkomst van een stormvloed wordt zeewater de riviermonding ingestuwd en dit belemmert de afvoer van rivierwater. Het werkt als een verstopping. Maar de aanvoer van rivierwater gaat gewoon door. Het gevolg is dat ook stroomopwaarts extreem hoge waterstanden in de rivieren gaan optreden met risico op overlopen of doorbraken van rivierdijken dieper in het binnenland.

Bij alleen hoog opperwater kan de afvoer van rivierwater over het algemeen gewoon doorgaan, zelfs bij hoog water gedurende springvloed.

Tijdens de stormvloed van 1953 was er geen sprake van hoog opperwater, ook hierdoor waren de stormvloed peilen niet extreem. In 1717 speelde het juist wel een rol van betekenis.

2.3.4 Aflopen van water na de stormvloed

Bij het normaliseren van het weerbeeld staat het meeste land na 1 tot 1 1/2 dag weer droog. Het land dat onder zeeniveau ligt of direct onder de invloedssfeer van het dagelijkse getij valt staat blijft wel last houden van het water. Zolang het water op het land staat en er sprake is van de evenwichtssituatie blijft het ook onderhevig aan het twee maal daagse getij ritme.

Ook de Kom van de Zuiderzee kende na 1 tot 1 1/2 etmaal weer normale waterstanden. De Kerstvloed werd op 28 december gevolgd door een volgende stormvloed, maar daarna valt het water snel. Op fig. X is te zien dat na ongeveer een etmaal bij F weer normale waterstanden met ongestoord getij plaatsvonden.

2.4 VERGELIJKING VAN ENIGE ZUIDERZEE STORMVLOEDEN

Als eerste moeten we vaststellen dat de Zuiderzee stormvloed als de perfecte storm niet bestaat. Altijd is uitgangssituatie anders, de in het vorige hoofdstuk en dit hoofdstuk besproken voorwaarden en omstandigheden zijn altijd variabel. En ook het weer heeft geen geheugen. Toch zijn er wel een aantal overeenkomsten waarmee de Zuiderzee stormvloeden te vergelijken zijn, al zijn uitwerkingen verschillend. Meest bijzonder is de wetmatige overeenkomst van waterstanden bij stormvloeden in de Zuiderzee en Waddenzee. In fig. 11 zien we die duidelijke overeenkomst uit vastgelegde waterstanden van verschillende peilstations. Toch verschillen de stormvloeden zelf sterk in verscheidenheid, maar is het effect vaak gelijk: hogere waterstanden in de oostelijke Waddenzee, afnemend naar het westen en bij het vollopen van de Zuiderzee kom aldaar weer rijzend. In de Kom van de Zuiderzee altijd de

hoogste standen aan de oostkust.

Opgemerkt moet worden dat de overgenomen waarden uit het verslag van de Staatscommissie Zuiderzee waarden tot op de centimeter van een valse nauwkeurigheid getuigen.⁴⁰ Zelf merkt de commissie hierover op dat pas met de introductie van zelfregistrerende peilschalen rond 1918 deze nauwkeurigheid voldoende benaderd of bereikt werd. Tot die tijd werden veel peilschalen 'op zicht' afgelezen. Zelfs in een relatief rustige havenkom is door de altijd aanwezige golfslag geen betere nauwkeurigheid te bereiken dan tot op 5 cm. Als het peilschaal op strand of dijk stond opgesteld dan was een goede aflezing geheel onmogelijk. Het bleven grove schattingen uit gemiddelden van golfdalen en golftoppen vaak in een brandingszone. Daarbij komt dat veel peilschalen tot in 1914 nog geen waterpassing voor NAP ondergaan hadden. Waarnemers op Schiermonnikoog rapporteerden

bijvoorbeeld tot in 1914 waterhoogten in halve meters boven Volzee⁴¹, zoals ook bij andere peilschalen nog vaak gebruikelijk was. Na waterpassing bleek dat een correctie van +106 cm nodig was tot NAP. Na correctie eindigden de standen in halve meters met een 6. Voor bv Harlingen was een correctie -27 cm nodig en diens waarden eindigen op een 3 of 8 en voor Nieuw Statenzijl was een correctie van +129 cm nodig waardoor de standen eindigden op een 4 of 9. Er zijn nog meer verstoringen om de onderlinge waterstanden goed te kunnen vergelijken. Deze worden in § 1.4 *Wat maakt een*

2.4.1 1825-02-03/05

Al vanaf 30 januari in dat jaar stond er een langdurige westen tot westnoordwesten gematigde stormwind welke vermoedelijk tot zeer hoge waterstanden aan onze Noordzeekusten geleid hebben. De windrichting was ongunstig voor het snel laten vollopen van de Zuiderzee, maar uiteindelijk stonden rond 4 en 5 februari de waterstanden zo hoog dat zowel de Zuiderzee als de Waddenzee volgelopen waren en er een evenwichtssituatie optrad met de Noordzee.

2.4.2 1877-01-30/31

Ook deze stormvloed trad op bij hoog springtij. Op Lichtschip Noordhinder stond een 9 uur durende wester tot westnoordwester harde tot stormachtige wind van 7 à 8 Bf. Even tippte de storm aan 9 à 10 Bf. De Waddenzee ligt een stuk noordelijker dan Lichtschip Noordhinder en hier is te Den Helder windkracht 12 met 37 m/s gehaald.

De waterstanden in de Noordzee waren niet buitengewoon, maar door opwaaiing en stuwning aan de Friese kust was er daar sprake van

2.4.3 1883-12-12/13*

Stormvloed bij een gematigd getij bij windkracht 9 uit noordwestelijke richtingen over tijd van iets minder dan 8 uur. De grootste stuwning van het water vond plaats bij hoog tij omdat toen juist ook

2.4.4 1894-12-22/23*

Deze stormvloed trad op bij dood tij, maar omdat het declinatie verschil tussen de Zon en Maan klein was (minder dan 1°), was er toch sprake astronomisch redelijk hoog water. De storm begon uit het zuidwesten en al ruimende naar het westnoordwesten nam deze in kracht toe tot maximaal 9 Bf voor de duur van 2 uur. Bij het

2.4.5 1901-01-28

Zware stormvloed in de Dollard regio, maar de gevolgen voor de Zuiderzee waren minder extreem bij deze stormvloed welke samenviel bij een groot declinatie verschil van 37°. Van alle stormvloeden in de grafiek was deze voor het

stormvloed besproken.

Hieronder volgen korte beschrijvingen van enkele voorname stormvloeden uit met name de 19^e eeuw waarin deze variaties van waterstanden te volgen zijn. De met een "*" aangegeven stormvloeden zijn niet opgenomen in de grafiek. De in dit onderstaande overzicht genoemde windkrachtwaarden in Beaufort zijn gecorrigeerd ten opzichte van de opgaven door de Staatscommissie en de stormvloed rapporten van Rijkswaterstaat vanwege herzieningen in de Beaufort schaal.⁴² Ter vergelijking geven we ook de astronomische parameters.

Weinig was er dan nog nodig om de de dijken rondom de Zuiderzee het massaal te laten begeven. De waterstanden van 1825 zijn waarschijnlijk de hoogste standen ooit, in elk geval de hoogst gemeten standen. Hier was een samenloop met hoog springtij in het spel. Zonder springtij zou de storm volgens de Staatscommissie Zuiderzee niet zulke dramatische gevolgen gehad hebben.

hoogwater. Het meeste water stroomde door naar de Zuiderzee en ondanks de ongunstige windrichting bedroeg debiet naar de Zuiderzee 210.0000 m³/s met hoog peil in de Kom tot gevolg.

De ongunstige windrichting van deze stormvloed had ook nog tot het zeldzame effect dat de waterstanden in de oostelijke Waddenzee (Dollard) te Delfzijl achterbleven ten opzichte van Zoutkamp (Lauwerszee).

de grootste windsnelheden gemeten zijn. Het berekende debiet naar de Kom bedroeg 180.000 m³/s, waarmee de Kom snel volliep.

verder ruimen naar het noordwesten nam de wind af tot 7 Bf. Ondanks de hoge standen aan de Noordzee en de relatief korte duur van de storm konden de standen geen hoog peil bereiken, ondanks de piekdoorstroming van 210.000 m³/s.

Zuiderzeegebied de minst zware. Het maximale debiet bedroeg 175.000 m³/s naar de Kom. De wind kwam hoofdzakelijk uit een west en westnoordwestelijke richting met meest windkracht 8. Windkracht 9 werd niet bereikt.

2.4.6 1916-01-13/14

Deze stormvloed met een maximale windkracht van 9 à 10 Bf strekte zich uit over 2 getij cycli maar was als storm niet bijzonder krachtig en viel bij dood tij. Bij een de eerste vloed bedroeg het debiet bij noordwesten wind 170.000 m³/s in de richting van de Kom. Bij het daarop volgende laag water stagneerde de toestroom om weer op te steken bij de daarop volgende vloed. De

rampzalige overstroming van Waterland vond plaats bij de tweede vloed toen de wind naar het noordnoordwesten gedraaid was en mede door het sterkere Coriolis effect (§ 1.4.9 *Coriolis effect*) meer vat kreeg op Het Y. Daardoor stegen de waterstanden in die regio tot aan waarden die ook in 1825 gemeten werden.

2.5 WATERHOOGTEN TIJDENS DE KERSTVLOED

Om te bepalen hoe zwaar de stormvloed was in onze kustregio's waren, gaan we eerst een aantal randvoorwaarden beantwoorden zoals die genoemd worden in het hoofdstuk *Stormvloeden*. We zullen daarbij ook de opgetreden

waterstanden beoordelen en analyseren, zowel bij het hoog water op Eerste Kerstdag 1717, als het extreem laag water in de ochtend van 24 december 1717.

2.5.1 Noordzee

Het gedrag van de Noordzee is bepalend voor het al of niet overstromen van land of schade bij het optreden van noordwester stormvloeden. Bij een storm uit het Noordwesten heeft het water uit de Noordelijke Atlantische Oceaan vrij baan om het Noordzeebekken in de stromen. Aan de zuidkusten van de Noordzee treedt daarbij stuwung op met gevaarlijke hoogwater standen. Treedt de hoofdmacht van de stuwung op in de ruime omgeving van de Duitse Bocht, de Waddenzee en zijn omgeving, dan zijn de

hoogste waterstanden hier te verwachten, dus inclusief de Zuiderzee. Valt de hoofdmacht van de stormvloed in de zak van de Noordzee (het gebied tussen Nederland-België-Frankrijk Kanaalregio enerzijds en de Groot Brittannië anderzijds) dan is met name in ons land de Zuid-Hollands - Zeeuwse delta de gevoelig voor overstromingen. In 1717 werden met name de Waddenzee met zijn nevenbekkens en riviermondingen getroffen, grofweg regio Noord-Nederland tot ver in Denemarken.

2.5.2 Waddenzee

2.5.2.1 Groningen

Met computermodellen kunnen tegenwoordig heel goed getijden voor een bepaalde locatie vanaf de 2^e eeuw AD bepaald worden. De curve in fig. 14 geeft een voorbeeld van uitkomsten geleverd door de United Kingdom Hydrographic Office (Easy Tide), in dit geval de beweging van het getij voor 25 december 1717 voor Emden. Ook hier zijn de tijden in MET. De groene curve toont het astronomisch getij zonder verstoring, alsof er geen stormvloed geweest zou zijn. De rode curve toont de snelle opkomst van de stormvloed rekening houdende met waarnemingen uit de omgeving. Voor de volgende tijdstippen in Middelbare ZonneTijd (MZT) moet een correctie van ongeveer een half uur worden toegepast om te vergelijken met MET. Rond 1 h op 25 december was er nog weinig aan de hand. Een uur later stonden de straten in Emden al blank en bleef het water snel rijzen. Omstreeks 3 uur begaven de eerste dijken het van Groningen tot de Elbe regio. Bij een dijkenhoogte van rond de 3 meter, zal de stormvloed ook ongeveer deze waterhoogte gehad hebben. Rond 6 h had het water in Groningen vrij baan. De meeste dijken waren niet alleen doorgebroken, maar ook geheel vanaf hun basis geslecht, totaal verdwenen. We gaan

ervan uit dat toen het water rond 6 h zijn maximale stand van 4,45 m bereikt heeft. Immers de druk op de dijken valt weg en het meerdere water kan naar het achterland wegstromen. Een dergelijke snelle rijzing van het water is een bekend verschijnsel. Bij een plotseling opstekende stormvloed duurt het 1 uur voordat de opwaaiing tot stand komt. Dat zien we in de waarnemen te Emden ook terug.

Kunnen we nu uit deze gegevens een benadering geven van de opzet? Uit de grafiek volgt een normaal astronomisch hoog waterpeil van afgerond 1,6 m. Vergelijken we dit met het waterhoogte te Suurhusen van 4,45 m dan is er een opzet geweest van ongeveer 2,85 m. Opgemerkt moet worden dat volgens het uitvoerige verslag van Gerardus Outhof (predikant te Emden) met omstreeks 06:30 h (MZT) te Emden 'normaal' hoog water zou zijn. Onduidelijk is waarom er rond 2 h verschil bestaat tussen berekeningen van Easy Tide en opgaven volgens Outhof. Een oorzaak zou kunnen zijn het afsluiten van de Zuiderzee in 1932 waardoor en in de (westelijke) Waddenzee een vervroeging en versterking van het getij plaats zou kunnen vinden.⁴³ Of dit voor de Dollard ook nog geldig is, wordt in het verslag

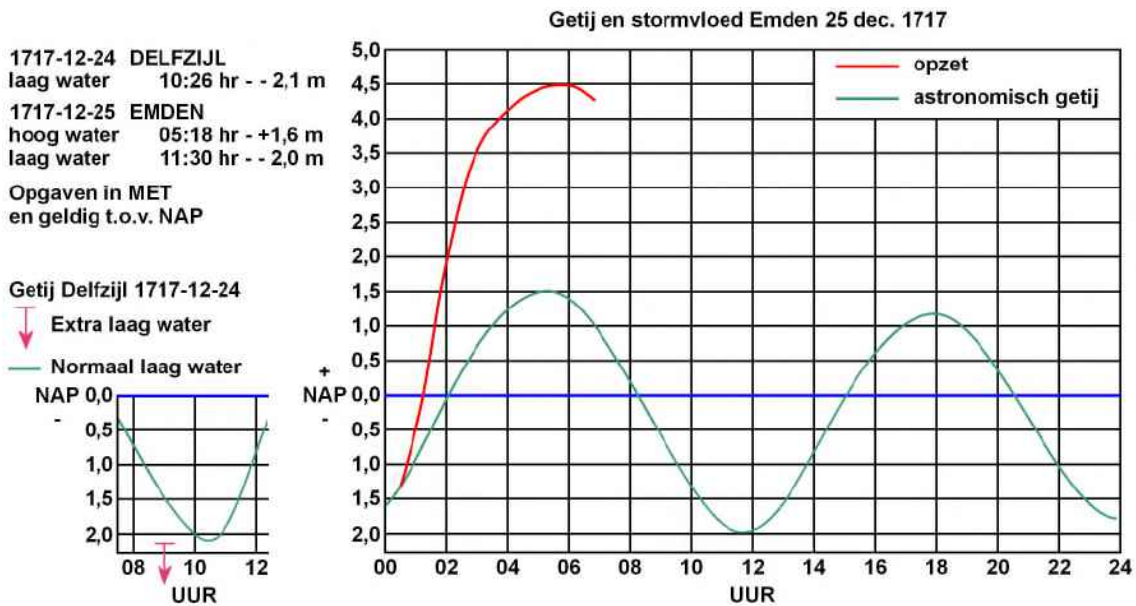


Fig. 14; Astronomisch getij in de Dollard regio.

van Lorentz niet duidelijk.

Omgekeerd kunnen we ons ook afvragen hoe laag het water stond op 24 december rond 9 h MZT in ochtend nabij de Punt van Reide aan de Nederlandse zijde van de Dollard. Deze vraag is wat moeilijker te beantwoorden. We kennen maar één waarneming. Van Seeratt verhaalt dat hij op de ochtend van 24 december op dit tijdstip met een boot in de buurt was. Het water stond volgens een oude man van 80 die hij sprak nog nooit zo laag. Dat laag water kan alleen optreden bij een stevige zuidoosten wind. Naar berekening van Easy Tide zou het eerst rond 10:26 h MET (=09:50 h MZT) laag water zijn. Volgens de grafiek blijkt dat de verlaging meer dan 0,7 m geweest moet om lager te staan dan het astronomisch laag water 50 minuten later.

De Waddenkust is gelegen achter een rij eilanden. Daarmee lag de Waddenkust in de luwte van windbaan en watervloed van deze orkaan. Dit heeft een dempend effect op de golven en geeft een vertraging op het vollopen van de Waddenzee. Het meeste water moet door de stroomgaten tussen de eilanden, waarbij wel afzuiging op de Noordzee optrad en voortgaande afwaaiing door de noordwesten wind aan de Waddenzijde. Golven zijn in de ondiepe Waddenzee aanmerkelijk minder hoog dan

2.5.2.2 Friesland

Volgen we de opmerkingen van § 2,3,1 dan zien we de waterstanden van oost naar west in de Waddenzee snel in hoogte afnemen moeten de waterstanden in 1717 al bij de Lauwerszee en de Friese kusten rond Dokkum al flink lager geweest zijn dan in de omgeving van Delfzijl. Toch zijn er in de directe omgeving van Dokkum, met name rond de Lauwerszee, nog diverse dijkbreuken

buitengaats. In de Noordzee buitengaats Schiermonnikoog zijn door een boei van Rijkswaterstaat tijdens de Allerheiligenvloed van 2006 golven met een hoogte van ruim 8 m waargenomen. In november 2007 volgde een herhaling van deze hoge golven met de stormvloed van 9 november 2007.⁴⁴ Het zijn de hoogst geregistreerde golven ooit in Nederlandse wateren. In de Waddenzee, zijn zeearmen en estuaria van Eems, Wezer en Elbe zijn de golfhoogten dan al sterk gereduceerd. Wel neemt de door de toevloed van water de waterhoogte enorm toe omdat het nergens anders naar toe kan dan omhoog. Er treedt snel een evenwichtssituatie op. Het water wordt van alle kanten ingesloten: bedijkte landen en eilanden. Het water blijft door opwaaiing stijgen totdat de zwakste schakel breekt. In dit geval de dijken. De zeedijken langs de Groninger Waddenkust, Lauwerszee en de Dollard waren, zoals al ter sprake gekomen is, gemiddeld ongeveer 3 m hoog. Deze dijken waren ook als een spons verzadigd met water door de vele regens. Zelfs de hoogste dijken van 4,67 m waren daardoor geen partij meer voor de stormvloed van 4,45 m. Overloop en golfoverslag van onder meer manshoge boven de dijk uitkomende waterverstuivingen maakte dat het water er alsnog ruim overheen kwam.

voorgekomen. Voorbij Dokkum in westelijke richting zijn de waterstanden nog weer flink lager. Tot aan de omgeving van het Nieuw Bildt is nog sprake van een dijkbreuk of overloop waarbij die polder onder water kwamen te staan. Volgen we de Friese kust verder naar het zuiden dan is er te Harlingen alleen nog sprake van water dat een paar voet hoog hinderlijk door straten loopt.

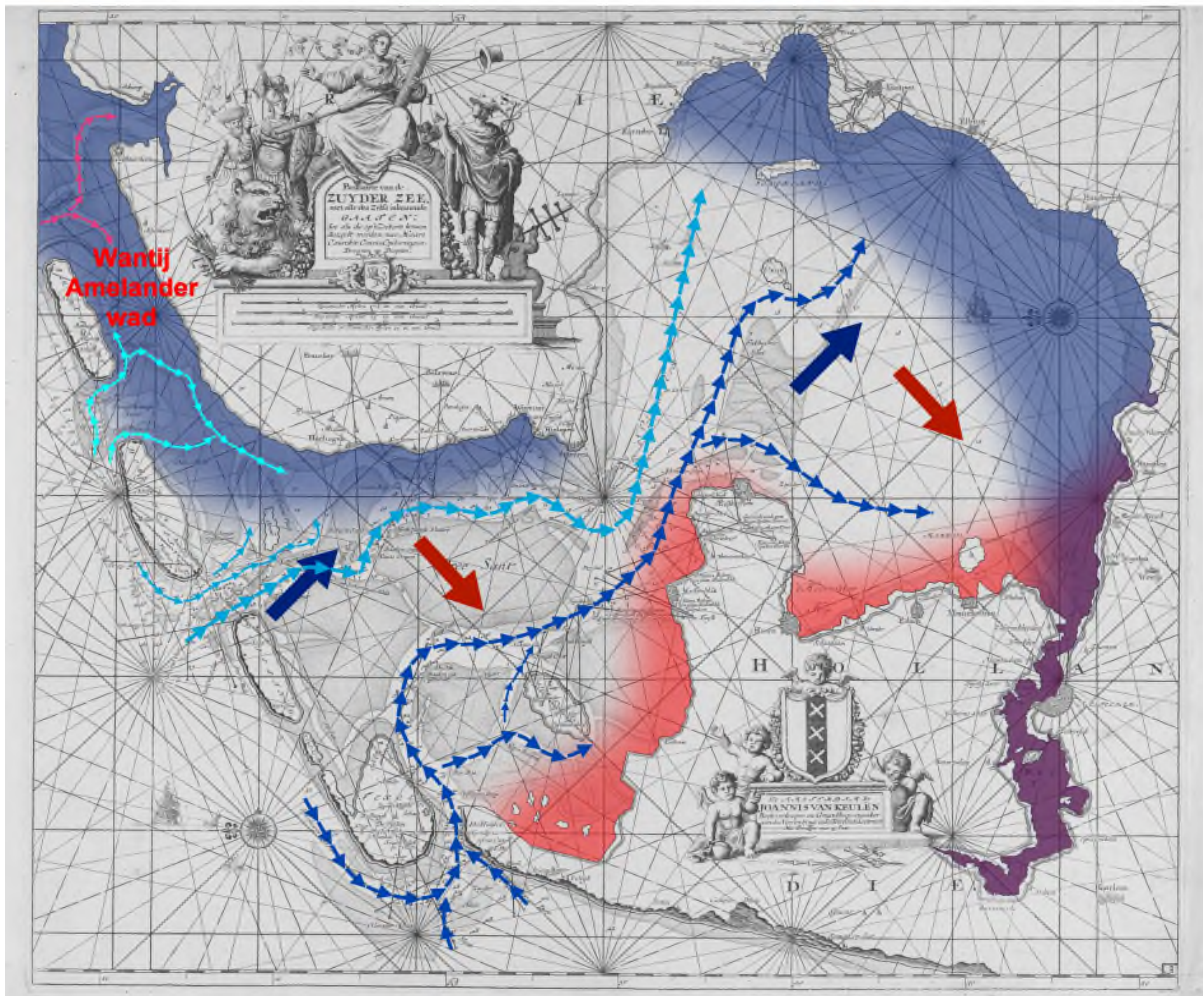
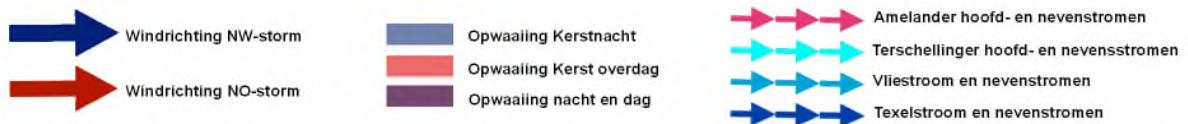
2.5.3 Zuiderzee

Waterstromen via de stroomgaten en opwaaiing in de Zuiderzee vonden volgens een vast patroon plaats. Zoals hierboven al geschetst is stroomde het water via de stroomgaten bij een noordwesterstorm eerst de westelijke Waddenzee in, waarna het door de wind verder gestuwd werd naar Kom van de Zuiderzee. Bij een noordwesten wind vond de grootste opwaaiing van het water plaats aan de kust van Overijssel, Gelderland en Utrecht. De hoogste waterstanden waren zonder uitzondering altijd voor de kust van de Veluwe en de IJssel/Vecht-delta, waarbij het zwaartepunt vaak lag bij Elburg. Zuidelijke deel van Noord-Holland kreeg het pas vaak te verduren bij een ruimende wind naar noordelijke en noordoostelijke richting. Dit was een standaard effect bij stormvloed. Over

de periode 1825-1925 zijn op de Zuiderzee oostelijk van de lijn Eem-Kuinre standaard de hoogst gemeten standen tot ruim 3,3 m voor de Veluwse kust. Aan de monding van het Y zijn de hoogste standen ruim 2,7 m geweest (fig. 15). Dit heeft zich ook in 1717 afgespeeld. Eerst werd de Kom van de Zuiderzee gevuld met de hoogste waterstanden aan de zuidoostkusten en later bij ruimende wind werd het gevaarlijk hoog water in de regio van de Eem en het Y en verder noordelijk tot aan Hoorn. Vaak trad eerst dan dijkbreuk of overloop op. In fig 15 wordt dit verklaard. De blauwe zone is de regio waar opwaaiing plaats vond in de Kerstnacht en de rode zone op Eerste Kerstdag overdag met later op de dag dijkbreuk in het Wijkermeer en overloop elders.

Fig. 15; Vulling en opwaaiing in de Zuiderzee op 25 december 1717. Overstromingen en ondergelopen land is niet aangegeven. (Kaartbasis J. van Keulen 1681).

Legenda



2.5.3.1 Fries Bekken

Volgen we de waterstanden nog verder naar het zuiden, dan zijn we in het Fries Bekken van de Zuiderzee aanbeland en net als in Harlingen was er ook in Stavoren weer sprake van hinderlijk hoog water. Stavoren ligt op een soort in de Zuiderzee uitlopende kaap. Juist noordelijk van die kaap zien we in veel gevallen die door de Staatscommissie Zuiderzee aangedragen worden weer extra stuwning van water wat niet naar het zuiden in de richting van de Kom van de Zuiderzee kan wegvloeien. Toch liggen hier de waterstanden weer een stuk lager dan te Harlingen. Bovendien is de Zuiderzee op zijn smalst bij de doorgang Enkhuizen-Stavoren. De stroomsnelheid nam in de richting van de Kom aanmerkelijk toe, maar van een significante verhoging van het waterniveau is bij de vernauwing geen sprake. Toch heeft ook Stavoren wateroverlast gehad met de Kerstvloed. Deze verhoging is met name veroorzaakt door opwaaiing vanuit de westelijke Waddenzee bij de heersende noordwesten wind.

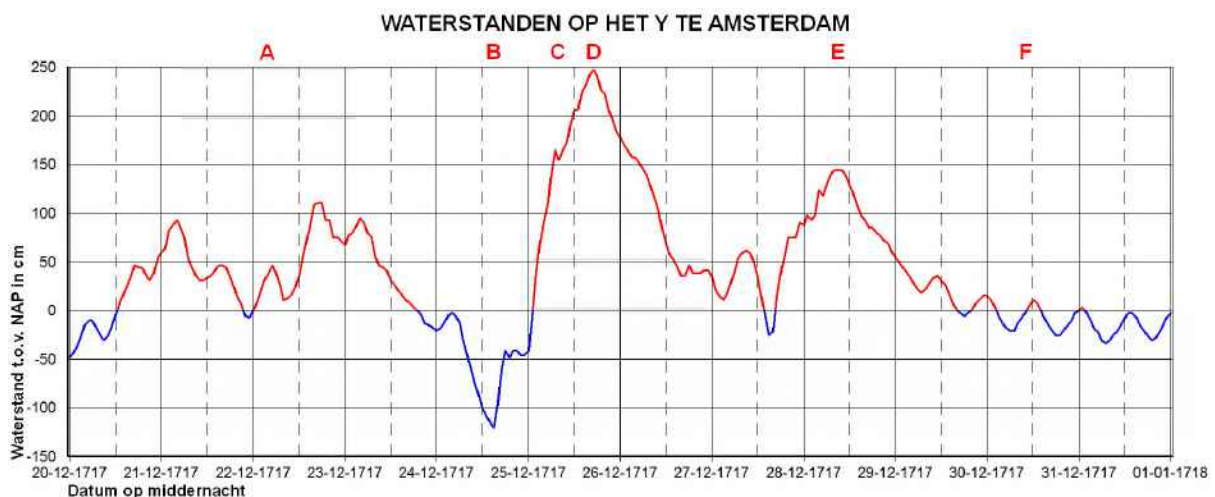
2.5.3.2 De Kom

Daags voor Kerstvloed vond er in de Kom, net als in de Dollard, afwaaiing van water plaats. Rond 15 h MZT noteerde het Stadswaterkantoor te Amsterdam de laagste stand van -47 duim (-1,21 m) +AP op Het Y (fig. 16 bij B). Rond 17 h MZT op Eerste Kerstdag bedroeg de waterstand 96 duim (+2,47 m) +AP (fig. 16 bij D). Een zeldzaam verschil van 3,68 m in iets meer dan

Ook Medemblik werd getroffen door wateroverlast. Dat de waterstanden in deze regio niet extreem waren wordt ook duidelijk bij De Zijpe. Deze dijken zijn in 1717 niet doorgebroken.⁴⁵ Het ligt in dezelfde lijn dat ook eerst dan Koegras door de naar het noordoosten geruimde wind overspoeld is. Immers door de verwachte optredende afzuiging tijdens deze stormvloed in het Texelse gat, zoals we hierboven (§ 2.3) gezien hebben en afwaaiing van water in zuidoostelijke richting, lag het voor de hand dat Koegras bij stormvloeden alleen getroffen kon worden bij naar het noorden of noordoosten ruimende stormwind. Bovendien lag Koegras bij NW-stormen grotendeels in de luwte beschermd achter de Zanddijk tussen Petten en Den Helder. Fig. 16 laat deze waterbeweging zien voor de opwaaiing aan de Friese kust in de Kerstnacht en bij ruimende wind voor de Kop van Noord-Holland. In beide gevallen werden de kusten getroffen door opgewaaid water uit de westelijke Waddenzee.

een etmaal tijd. Dit grote verschil getuigt van een snel vollopen van Kom tot rond 8 h in de ochtend van Eerste Kerstdag. Op dat tijdstip zien we bij C in fig. 16 een kleine stagnatie in de vloedcurve bij een stand van 60 duim (+1,54 m) +AP. Waarnemers van het Stadswaterkantoor maken hier ook melding van een tijdelijke naar west krimpemde wind. Het water in de Het Y

Fig. 16; Waterhoogten op Het Y te Amsterdam/Stadswaterkantoor.
A Stormachtig weertype met westelijke winden en vrij hoge waterstanden door opwaaiing,
B Stormachtig weertype met zuidenwind en lage waterstanden door afwaaiing,
C Hoogste waterstand bereikt tijdens stormvloed met noordwesten wind. Storm verliest greep op het weer, tweede storm steekt op met noordoosten wind en hernieuwde stijging van water,
D Noordooster storm bereikt hoogtepunt, met name rond het Wijkermeer breken dijken, elders vooral overslag,
E Opnieuw stormweer met stormvloed,
F Wind gaat luwen en Zuiderzee krijgt weer normale waterstanden en getij ritme.
(Data: Stadswaterkantoor Amsterdam/Stadsarchief).



kreeg de gelegenheid weer wat af te vloeien. Dit is ook met moment dat de storm van de voorafgaande nacht zijn invloed aan het verliezen is en dat de randstoring met een noordoosterstorm zijn opwachting maakt. Al vrij snel ruimt de wind weer, nu naar het noordoosten⁴⁶, en stijgt het water snel door tot rond 17 h MZT (fig. 16 bij D). Dit opgewaaide water moet afkomstig zijn uit afwaaiing van de oostelijke delen van de Kom. Immers de toevloed van nieuw water uit de Noordzee vond door de geruimde wind niet meer plaats. Het water en werd tot ver Het Y ingestuwd en bereikte zijn hoogste standen rond het Wijkermeer waar dijken overliepen en doorbraken..

Een waterstroom van ten minste 200.000 m³/s zal in de nachtelijke uren van 25 december 1717 dan ook zeker gehaald zijn. Ondanks het feit dat bij de heersende NW windrichting het meeste water aanvankelijk in de richting van de Overijsselse kust gestuwd werd, steeg ook het water elders zeer snel. Dit kan deels ook worden

2.5.3.2.1 IJssel/Vecht delta

In de loop van de nacht werd met een noordwesten wind voldoende gestuwd water aangebracht om later in de nacht en vroege ochtend van 25 december 1717 gevaarlijk hoog water te veroorzaken aan de Overijsselse kust. Dit kustgebied lag perfect in de stuwrichting bij de heersende noordwesten wind. Door de lagere zomerkades van het Kampereiland was dit gebied al snel onder water gezet en kon het hoog water zijn aanval inzetten op Mastenbroek. Gezien de relatief geringe schademeldingen bij dijkbreuk zou een scenario van NW naar NO ruimende stormwind een verklaring kunnen zijn

2.5.3.2.2 Gelderse Zuiderzeekust

Op het peilstation van de vesting Elburg werden, zoals in § 2.3 al is aangegeven, vaak de hoogste waterstanden voor de Kom bereikt. Kennelijk is het water in Elburg niet tot last geweest, maar zal het er wel hoog gestaan hebben. Elburg ligt op een hoogte van rond de 2,5 m. Ook Harderwijk ligt op een verhoging, maar de gehele kust van de Veluwe bestond uit een vlakke strandvlakte,

2.5.3.2.3 Eemonding

De Eem was een getijden rivier en begint bij de Koppelpoort te Amersfoort. De Eem is gelegen in een trechtervormige kom in het zuiden van het IJsselmeer en samen met Arkemheense Polder in Gelderland behoorde het tot de zuidelijke delen van het oude kom waarin het Almere gelegen was.

Aan beide zijden van de Eemoevers liggen de ontgonnen landen welke voornamelijk dienst deden als hooilanden. Deze waren voorzien van zomerkades en liepen in de winter regelmatig

toegeschreven aan het Coriolis effect (§ 1.4.9 en hierboven). Hier kreeg de noordelijke vloedstroom in de Kom een zuidelijke en zuidwestelijke afbuiging voorbij de Val van Urk. Na de stagnatie rond 8 h in de ochtend steeg het water verder in het Y, maar nu door opwaaiing vanuit het noordoosten.

Toen de invloed van de noordwester storm in de ochtend van 25 december 1717 om 8 uur afnam bedroeg de waterstand op Het Y te Amsterdam 1,54 m +AP. Hierboven is al gemeld grofweg oostelijk van de lijn Eem - Kuinre altijd de hoogste waterstanden genoteerd werden. Daarom kunnen we veilig aannemen dat dit ook in 1717 het geval geweest is. De waterstanden in de ochtend uren oostelijk van de lijn Het Y - Urk waren dan ook hoger dan 1,5 m. Door verdere opwaaiing aan de Overijssel/ Gelderse kust zijn waterstanden tot ruim 2 m +NAP daarom zeer goed te verdedigen en valt ook de dijkbreuk bij Mastenbroek goed te verklaren.

die verdere overstromingen tegenging. Al aangegeven is dat een waterstand van ten minste omstreeks 2 m gerechtvaardigd is. Het ruimen van de wind zou dan plaats gevonden moeten hebben rond 8 uur op 25 december 1717, het tijdstip dat het Stadwaterkantoor te Amsterdam een krimpwind meldt. Dus op dat moment was in de delta maximaal hoog water: Juist op het moment dat de NW orkaan zijn greep op de Zuiderzee verloor door het arriveren van een randstoring. Door de ruimende wind trad er vervolgens afwaaiing op waardoor verdere schade uitbleef.

hier en daar voorzien van kleine duintjes. Bij stormvloeden kon het water al snel, afhankelijk van de opwaaiing, 2 tot 5 km het veelal onbewoonde land binnendringen tot aan de postweg Harderwijk - Elburg. Over het overspoelen van de dun bewoonde kustvlakte in 1717 is niets bekend, maar heeft gezien de opgetreden waterstanden zeker plaatsgevonden.

onder bij stormvloeden. Zowel aan de Eemnesser als aan de Bunschoter zijde waren de polders overstroomd. Vaak was ook de Arkemheense polder getroffen. Nog tot in 1916 stonden de zomerpolders bij stormvloed waterstanden hoger dan 1,5 m +Volzee onder water en drong het via de Eem ook door tot bij Amersfoort. De peilstations te Eembrugge en Amersfoort laten geen enkele uitzondering zien voor stormvloeden in de 19^e en vroege 20^e eeuw en dit was ook daarvoor het geval.⁴⁷

Waterstanden in de Eemvallei opgetreden tijdens de stormvloed van 1717 zijn niet bekend, maar via indirecte weg is daar wel een schatting van te maken. We moeten daarvoor afgaan op de bekende gegevens over dijkhoogten en waterstanden van de stormvloed in 1775.

Het ministerie van Oorlog heeft in 1815 een enquête laten uitgaan naar alle Nederlandse gemeenten. Eemnes geeft op de vraag over de hoogste stormvloedstand op dat de hoogste waterstanden bij stormvloed 8 à 9 voet bedragen. Van de stormvloed 1775 is bekend dat deze ongeveer 4 à 5 duim hoger stond als in 1717. Daarmee weten we nog niet veel, maar kunnen een oplossing gaan zoeken bij de hoogte van de Eemnesser Dorpsdijk. De dijk werd in 1718 verhoogd naar 10 voet. Het is niet duidelijk welke voet gebruikt is, dat kan zowel de Rijnlandse of de Utrechtse zijn geweest.⁴⁸ Om de vloedhoogte te bepalen gaan we deze bepalen op beide eenheden.

Bij de Rijnlandse voet is de dijk 3,14 m hoog. Niet bekend is of dit gerekend is vanaf AP of de dijkbasis. Mijnsen-Dutilh neemt aan dat de hoogte gemeten is vanaf de dijkbasis op de zandgronden van omliggende polders. Deze zijn tegenwoordig niet meer gevoelig voor klink en ook in 1717 was het veen al verdwenen. Volgens het Actueel Hoogtebestand Nederland ligt de voet van de dijk op 60 cm +NAP. Dat wijkt waarschijnlijk daarom niet veel af van de waarde boven AP in 1717. Corrigeren we de dijkhoogte voor AP dan was dijk 3,64 m hoog. Bij de stormvloed van 1775 kwam het water tot minder dan 2 voet (0,63 m) onder de rand. Ten opzichte van de dijkkrui ~3 m vloedhoogte. De

2.5.3.2.4 Het Y, Kennemerland en Waterland

De gemeten vloed in Het Y bestond uit twee fasen. Tijdens de eerste fase, de Kerstvloed, liep het water snel op door het vollopen van de Kom tot omstreeks 8 uur (C in fig. 16) in de ochtend. Daar is de al eerder genoemde kleine stagnatie door afwaaiing bij westenwind waargenomen. Maar al vrij snel ruimde de wind weer, nu naar het noordoosten, en steeg het water in de tweede fase snel door tot rond 17 h MZT (fig. 16 bij D). Dit opgewaaid water was afkomstig van de oostelijke delen van de Kom en werd tot ver Het Y werd opgewaaid. Omdat het water in met name in het Wijkermeer door de opwaaiing en ook stuwing door vernauwing zo sterkt rees dat het nergens anders heen kon dan over de dijken, braken juist hier de dijken en liepen grote delen van het Kennemerland en Waterland onder. De scherpe afname van de waterhoogten op Het Y

2.5.4 Noord-Hollandse Noordzeekust

Aan de kust van Noord-Holland trad er met name over het traject Egmond aan Zee tot Den Helder

vloedstand in 1717 was ~11,7 cm lager, dus bijna 2,9 m. Hetzelfde kunnen we bepalen voor de opgaven in Utrechtse eenheden. Gecorrigeerd voor AP wordt de kruinhoogte 3,25 m en verminderd met 53,6 cm en 12,6 cm komt de vloedhoogte op omstreeks 2,6 m.

Na de voorgaande stormvloed van 1702 werden de dijken verhoogd en na de stormvloeden van 1714 en 1715 nogmaals. Echter de Eemnes Binnendijks zag daar de laatste twee stormvloeden geen reden toe en deze dijken waren in 1717 wat lager dan elders. Hier kon de dijk met moeite behouden worden.⁴⁹ De dijk te Eemnes Binnendijks was net hoog genoeg om de vloed tegen te houden en net laag genoeg om een bijna doorbraak te forceren.

Wanneer we de waarde van een stormvloedhoogte van omstreeks 2,6 m als uitgangspunt nemen, dan blijkt dat deze waarde verrassend goed overeen komt met de waarden gemeten in Het Y bij het Stadswaterkantoor te Amsterdam. De hoogste stand van 2,47 m +AP is aldaar waargenomen op 25 december 1717 om 5 hr n.m. (lokale tijd). In de regel geldt ook dat de waterstanden in de oostelijke Zuiderzeekom (Harderwijk-Mastenbroek) altijd flink hoger stonden dan in het zuidwestelijke deel. Dit naar analyses van de bevindingen van de Staatscommissie Zuiderzee in 1926. De monding van de Eem ligt daarin ver genoeg oostelijk ten opzichte van Het Y voor wat extra opzet of opwaaiing, geholpen door Coriolis effecten, bij noordwesterstorm in de Kerstnacht en later overgaande in een (zeldzame) noordooster storm 25 december overdag.

te Amsterdam kan dan verklaard worden door de dijkdoorbraken rond het Wijkermeer. De zeedijken waren 2,67 m hoog en het is dus niet verwonderlijk dat het water links en rechts door golfslag over de dijk stroomde bij een stand te Amsterdam van +2,47 m + AP of dat het zelfs tot doorbraken kwam. In Amsterdam bleef de schade beperkt. Alleen enkele buitendijkse buurten kwamen onder water te staan.

In Kennemerland en Waterland waren grote overstromingen, maar hoe hoog kwam het water daar? Bekend is dat de kruin van ringdijk van de Beemster in die tijd ongeveer 1 m boven het omliggende land lag en dat de Beemster niet was overstroomd. De waterstanden zullen dus ten opzichte van het omliggende land minder dan 1 m bedragen hebben.

flinke kust afslag op. Hierbij liep de Kerk van Egmond aan Zee zware schade op en verder

mogelijk ook dijkbreuk aan de Zanddijk tussen Petten en Callantsoog. Dit wordt verder

beschreven in het hoofdstuk *Omvang van de ramp*.

2.5.5 Maas/Schelde delta

De schade in delta van de Maas en Schelde is beperkt. De voornaamste reden is dat de hoofdmacht van de storm zich concentreerde op de Waddenzee en aangrenzende wateren.

Gezien het verloop van de storm zijnde overstromingen hier waarschijnlijk in de loop van Eerste Kerstdag ontstaan.

2.6 KUNNEN ER ZWAARDERE STORMVLOEDEN VOORKOMEN?

Om te bepalen of er nog ernstigere stormvloed kunnen optreden in de Dollard regio bekijken we eerst wat er gebeurd zou zijn als de Kerstvloed niet op 25 december plaatsvond maar op 20 december 1717 bij springtij. Vervolgens gaan we na hoe de waterstanden zich ontwikkeld zouden hebben bij enkele andere stormvloed in de regio, geprojecteerd op Delfzijl of de Dollard. We houden daarbij geen rekening met het opperwater, omdat deze in veel gevallen niet bekend zijn en we gaan daarom uitsluitend uit van de opzet.

Helaas kennen we niet de waterstand van de Kerstvloed te Delfzijl, maar te Suurhusen net boven Emden in Duitsland kwam het water tot 4,45 m. Dit is de stand gemeten vanaf het huidige NAP of NN. Te Delfzijl kan er enkele centimeters verschil bestaan hebben, maar volgens tabel 2 waren er in recentere tijd daarom tot mogelijk zeven stormvloed zwaarder dan de Kerstvloed. Alle bekende stormvloed te Delfzijl kunnen gerekend worden tot de middelbare stormvloed, waarbij tot op heden de hoogste stand optrad tijdens de 'paardenvloed' van 2006. Bij dit hoog water moesten de paarden buitendijks gered worden vanaf de ondergelopen kwelders. Tijdens deze Allerheiligenvloed kwam het water tot 4,83 m.

De Kerstvloed van 1717 valt ruim binnen de marges van middelbare stormvloed (4,20-5,05 m). Stormvloed zwaarder dan middelbare stormvloed zijn tot op heden niet bekend voor Delfzijl.

Een geluk bij ongeluk was dat de Kerstvloed niet samenviel met springtij. Springtij was op 20 december 1717 en dood tij zou op 27 december volgen. Wel stond de Volle Maan op 18 december bijna in zijn perihelium (19 dec). Zou de stormvloed plaats gehad hebben op 20 december dan komt de berekende waterstand, springvloed plus opzet, uit op ten minste 4,85 m. Dit zou hoger geweest zijn dan de huidige hoogst bekende stand van 4,83 m.

De astronomische omstandigheden en zijn invloed op het getij zijn voor de stormvloed van 1953 al ter sprake gekomen in § 1.4.8.1. Tijdens deze stormvloed zijn de hoogste stormvloedstanden opgetreden in het estuarium van de Westerschelde bij Bath. Bij een stormvloedstand van 5,60 m was de opzet 3,13

m, bepaald ten opzichte het berekende astronomische tij van 2,47 m. Gesteld dat de stormvloed vooral het Eems estuarium getroffen had en deze opzet 3,13 m te Delfzijl was bereikt, dan zou in 1953 de waterstand een peil bereikt hebben van 4,39 m; vergelijkbaar met de Allerheiligenvloed van 1570, maar lager dan de Kerstvloed van 1717. Projecteren we de stormvloed van 1953 op de Dollard regio anno 1717, dan zien we dat de opzet en dus ook de waterstanden ~0,2 m hoger zouden uitkomen dan tijdens de Kerstvloed.

Ook bij de stormvloed van 1 november 2006 was geen sprake van hoog water bij springtij, maar wel bedroeg de opzet 3,47 m. In dit geval stond de Maan nabij het perihelium en bedroeg het declinatie verschil 9°. Verplaatst naar Delfzijl in 1717 zou de waterstand hoger uitgekomen zijn dan 5,37 m omdat in 1717 de Maan iets dichterbij stond en dus het de astronomische getij wat sterker geweest zou zijn. Voor Delfzijl een hoge stormvloed.

Wanneer we de regio wat ruimer nemen, dan zien we dat in het Elbe estuarium in de nacht van 16 op 17 februari 1962 getroffen is door een stormvloed met een stand van 5,70 m +NN. De opzet bedroeg 4,00 m. Te Cruxhaven bereikte het water een hoogte van 4,95 m +NN. Deze stormvloed kan beschouwd worden als het Duitse equivalent van onze stormramp in 1953. De astronomische omstandigheden waren ongunstig voor het bereiken van hoog springtij. Volle Maan zou volgen op 19 februari en de Maan stond nabij haar aphelium. Het aphelium werd bereikt op 22 februari. Het declinatieverschil was 31°. Er was dus flinke tegenwerking. Verplaatsen we deze stormvloed naar de Dollard, dan krijgen we voor 25 december 1717 een waterstand van ongeveer 5,60 m; een hoge stormvloed.

Maar dat het nog extremer kan laat de stormvloed van 3 januari 1976 zien. In Ribe kwam het vloedpeil tot 4,70 m en te Delfzijl tot 4,40 m +NAP (ongeveer gelijk aan de stormvloed van 1570 en 1717). Maar in het Elbe estuarium was de toestand dramatisch met een stand van 6,45 m +NN met opnieuw overstromingen. Te Cruxhaven kwam het water 5,10 m +NN hoog. Trad het zwaartepunt van deze stormvloed met

een stand van 6,45 m +NAP op bij Delfzijl, dan zou dit een extreme stormvloed geweest zijn. Deze stormvloed vond plaats rond springtij met de Maan in de nabijheid van zijn aphelium. Het declinatie verschil tussen Zon en Maan was met 12° klein. Stond de Maan in zijn perihelium dan mag er nog enkele centimeters bij geteld worden. Voor beide besproken stormvloeden moeten we hierbij wel in aanmerking nemen dat de meting in het Elbe estuarium plaats vond, dus met extra stuwung door vernauwing van de monding. Delfzijl ligt in het estuarium van de Eems en de Dollard is daarin een verruiming. Dit zal tot gevolg kunnen hebben dat de waterstand tot enkele decimeters lager kan uitvallen, maar mogelijk boven de grens van extreme stormvloed (6,20 m) zal blijven.

Toch kunnen we niet geheel ongestraft historische stormvloeden met elkaar vergelijken. Uit de vorige paragrafen wordt al duidelijk dat kustvormen en dijkenbouw een belangrijke rol spelen. Wanneer we dit projecteren op de zojuist besproken stormvloeden dan moeten we ons ook realiseren dat de waterstaatkundige omstandigheden een niet te onderschatten factor van betekenis is. Aan de kust stijgt het water nimmer

hoger dan de hoogste dijkruinen, komt het water hoger dan loopt de dijk over, breekt door en stijgt het water niet verder. Zoals we verderop nog zullen zien waren de meeste dijken in Groningen rond de 3 m hoog met lokale uitschieters tot ruim 4,5 m. De dijken waren in 1717 geen partij voor de watervloed. Wat nu als deze dijken 8 m hoog geweest waren? Dit zou voor flink hogere waterstand geleid hebben omdat het water nu hoger tegen de dijk kan oplopen alvorens te overlopen of door te breken. Dat roept dan als vanzelf de vraag op of de stormvloed van 2006 met 4,83 m te Delfzijl zich wel kan meten met 1717. Wat we meten is dus in feite de mate van welvaart, techniek en waterstaatkundige kennis inzake kustverdediging. Zo is de sluiting van het Emssperrwerk nabij Emden van directe invloed op de waterstand in Dollard. Voor de stormvloed van 28/29 oktober 2017 rekende Rijkswaterstaat met een extra verhoging van 0,15 m indien het Emssperrwerk gesloten zou worden. De gemeten waterstand was 4,00 m, maar omdat het Emssperrwerk pas later gesloten werd was dit niet van invloed op hoogst gemeten stand.⁵⁰

Datum	Vloedpeil +NAP (m)	Opmerking
2006-11-01	4,83	Benoemd in de tekst.
2013-12-06	4,82	
1825-02-04/05	4,60	
1901-01-28	4,53	Benoemd in de tekst.
1906-03-13	4,51	Benoemd in de tekst.
1944-02-04	4.48	
1962-02-16	4,46	Benoemd in de tekst.
1717-12-25	4,45	Beschreven in de tekst; Suurhusen (D); herleid naar NAP
1570-11-01	4,40	Benoemd in de tekst; Suurhusen (D); herleid naar NAP
1976-01-04	4,35	Benoemd in de tekst.
1916-01-13	4.32	Benoemd in de tekst.
1994-01-28	4,25	
1877-01-30/31	4,25	Benoemd in de tekst.
2007-11-09	4,21	Benoemd in de tekst.

Tabel 2: Stormvloeden te Delfzijl boven grenspeil Middelbare stormvloed (4,20 m)

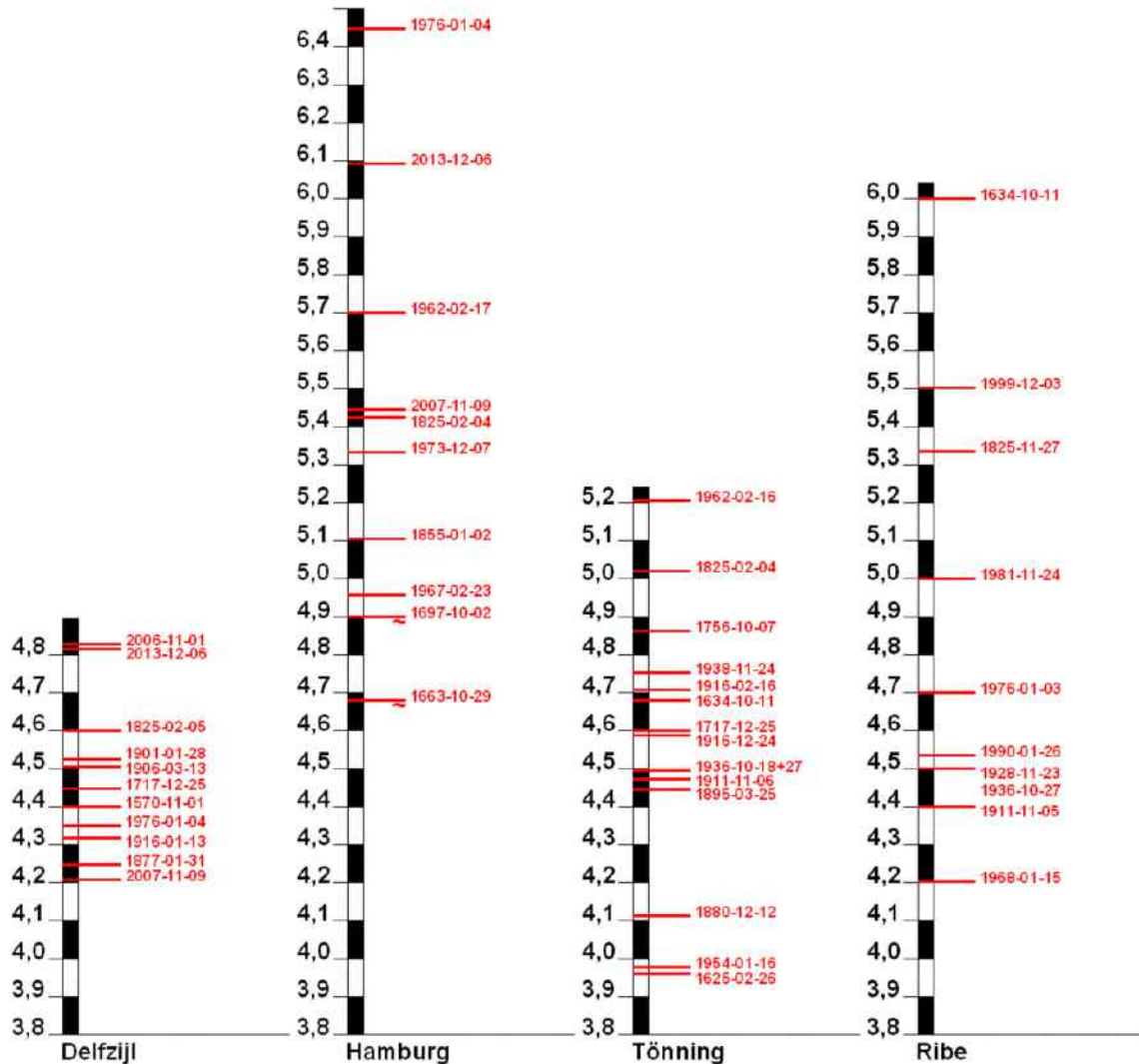


Fig. 17; Vergelijking van enige extreme waterstanden tijdens zware stormvloed langs de Waddenkust. Dit overzicht maakt geen aanspraak op volledigheid. Zwaarte van de storm, opzet en kustvorm ter plaatse zijn bepalend voor de hoogte van het zeewater. Een stormvloed op de ene plaats hoeft op een andere plaats door ligging van de storm geen hoog water op te leveren. Het overzicht is uitsluitend bedoeld om een overzicht te geven van extreem hoog water voor een bepaalde plaats aan de Waddenkust. Wat wel opvalt is het effect van het Elbe estuarium. Diep in het estuarium bij Hamburg (St. Pauli) liggen de waterstanden vaak flink hoger dan elders. Vergelijk bijvoorbeeld de stormvloed van 1825 welke op elk peilstaaf voorkomt. Ten opzichte van Cuxhaven aan de Noorzeekust staat in Hamburg St. Pauli het water bij stormvloed steeds ongeveer 1 tot 1,5 m hoger.

3 ANALYSE VAN HET WEER IN DECEMBER 1717

VERANTWOORDING

In deze analyse wordt gebruikt gemaakt van diverse historische en recente bronnen. Het recente materiaal betreft voornamelijk literatuur. Waar mogelijk werden verschillende genoemde literatuurverwijzingen vergeleken. Veel is ondertussen op internet te vinden, zelfs de vermelde primaire en contemporaine ingangen. Helaas zijn sommige bronnen ook soms moeilijk of geheel niet te traceren. Maar dat bleek uiteindelijk voor het resultaat van onderschikt belang. De literatuur verwijzingen achterin dit boek geven een overzicht al het voornaamste geraadpleegde werk. De belangrijkste uitvoerige studies over historische stormvloed in dit verslag rond de Kerstvloed 1717 vormen het werk van H. Lamb en J. Buisman.

Lamb, verbonden aan de universiteit van East Anglia, publiceerde in 2005 een boek over historische stormen in de Noordzee en omgeving. In dit boek worden honderden stormvloed beschreven van de 16^e eeuw tot eind 20^e eeuw met een onuitputtelijke lijst van primaire en contemporaine bronnen en literatuur verwijzingen. Een tweede recente bron betreft de compilatie en analyses van Buisman (historisch geograaf) in het monumentale werk: *Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen*. Dit werk leverde vele nieuwe primaire en contemporaine bronnen op. Deze vormen voor de voorliggende revisie een welkome aanvulling op het boek van Lamb.

Ook de internetsite van de Groninger Archieven heeft nieuwe bronnen ontsloten. Op deze site staan een aantal zeer belangrijke primaire bronnen. Vooral het Journaal van zeedijken van Thomas van Seeratt uit 1730 is van groot belang. Van Seeratt was voormalig zeeman en later inspecteur van de zeedijken in de provincie Groningen.

Interessante informatie geeft ook de Nordfresischen Chroniek uit de 17^e eeuw en geschreven door Anton Heimreich en daarna o.a. voortgezet door Heinrich Heimrich. Het gehele werk is niet beoordeeld, maar dat wat over de stormvloed van 1717 geschreven is consistent en past naadloos in het weerbeeld en geeft belangwekkende details voor de herziene weerkaarten van 24 december.

De Sammlung von natur- und Medicin- wie auch hierzu gehörigen Kunst- und Literatur-Geschichten (*Anallium physico medirocum*) werd uitgegeven door de arts Johann Kanold uit Breslau. Hij had voor zijn tijd moderne wetenschappelijke inzichten. Het tijdschrift geeft voor verschillende locaties in Europa een overzicht van het opgetreden weer en vormt daarmee een goede aanvulling op de meteorologische gebeurtenissen rond de Kerstvloed. Hoewel tijdgenoot heeft hij veel beschrijvende informatie toch uit de tweede hand. Jammer genoeg geeft Kanold niet aan wie zijn informanten waren of waar hij de beschrijvende informatie vandaan heeft. De analyses van Lamb steunen zwaar echter op dit werk, met name de weersoverzichten per station in tabelvorm. Deze overzichten zijn geheel in overeenstemming met wat Buisman vond.

Dit hoofdstuk maakt ook gebruik van de waarnemingen van Nicolaas Cruquius (landmeter) te Delft. Het is de oudste reeks instrumentele waarnemingen uit ons land en loopt van 19 december 1705 tot eind 1734 met ook waarnemingen te Rijnsburg en Leiden. De instrumenten stonden opgesteld in een onverwarmde kamer gelegen op het noorden. Dit was een veel gebruikte methode in het begin van 18^e eeuw. De oorspronkelijke registers zijn verloren gegaan, maar er resteert nog een waarnemingsboekje in het archief van het Hoogheemraadschap Rijnland. Van de periode 1705 t/m 1725 is in 2006 een facsimile uitgave verschenen. De dagwaarden welke Cruquius voor o.a. 1717 opgeeft zijn volgens Buisman een soort dagelijkse gemiddelden. Voor de temperatuur gebruikte Cruquius aanvankelijk een eigen gemaakte lucht thermometer, maar kreeg later in 1729 de beschikking over een thermometer in Fahrenheit. Gabriel Fahrenheit was instrumenten maker in Amsterdam en uitvinder van de kwikthermometer in een schaal die naar hem genoemd is. Deze thermometer werd in 1717 geïntroduceerd. Toen Cruquius deze Fahrenheit thermometer ging gebruiken heeft hij daarop zijn eigen reeksen omgerekend naar °F. De thermische reeksen in Fahrenheit zijn omgezet naar Celsius. Het herleiden van de luchtdruk in Amsterdamse Troys ponden naar het gebruikelijke mbar of liever hPa is (nog) niet mogelijk. We kennen weliswaar het absolute bereik van zijn luchtdrukmetingen en kunnen daaruit ook de gemiddelde luchtdruk in Troys ponden bepalen. Dit zal gelijk zijn aan de gemiddelde luchtdruk van 1013 hPa. Maar daar houdt het ook mee op. Een tweede waarde, of het nul-punt, ten opzichte van hPa moet bekend zijn alvorens de door Cruquius gebruikte schaal te kunnen iken aan huidige standaardwaarden. Pas dan kunnen ook de deze gegevens gereduceerd worden naar zeeniveau op 45° Breedte bij 0°C. Een ander bezwaar is dat ook het Amsterdam en uitvinder van de kwikthermometer is. Het kent zelfs verschillende waarden. Ondanks deze problemen zijn de metingen wel bruikbaar om de dagelijkse variaties in beeld te brengen. De schommelingen in hPa of Troys ponden zijn gelijkwaardig. We kunnen alleen de gebruikelijke luchtdrukeenheid er niet aan koppelen en deze herleiden naar zeeniveau. Uitdrukkelijk moet vermeldt worden dat er géén gebruik gemaakt is van herleidde gegevens van Cruquius te Delft, Rijnsburg of Leiden naar De Bilt (KNMI), opgenomen in de zogenaamde Labrijnreeks. Dit is een reeks metingen gedaan op verschillende plaatsen in Holland en Utrecht. Gegevens zijn gereduceerd naar De Bilt. De reeks loopt van 1706 t/m heden en bevat maandgemiddelden.⁵¹

3.1 WEEROVERZICHT

3.1.1 Waarnemingen

Er bestaat een overweldigende hoeveelheid data in verschillende vormen die inzicht geven in het weerbeeld van december 1717 en de stormvloed gedurende de Kerstnacht. Zo is het Hubert Lamb, verbonden aan de universiteit van East Anglia, gelukt om zelfs weerkaarten te reconstrueren. Hij gebruikte daarvoor vooral scheepsjournalen van een oorlogsvloot in het Kattégat en de Sont. Deze oorlogsbodems lagen daar vanwege een conflict tussen Denemarken/Noorwegen en Zweden. Een andere voorname bron van Lamb was een bescheiden netwerk van Europese weerstations en weer waarnemers waarvan de data

gepubliceerd werd door een organisatie te Breslau. Verder zijn er tientallen getuigen rapporten en verslagen bekend. Veel van die rapporten die voor Nederland van belang zijn, zijn samengebracht in het monumentale werk van Buisman: *"Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen"*. Ook recentelijk zijn er nog nieuwe bronnen bij gekomen, zoals het werk van Van Seeratt over de toestand van zeedijken in de provincie Groningen. Veel details geeft ook de Nordfresischen Chroniek van Anton Heimrich en voortgezet door Heinrich Heimrich. En natuurlijk is er nog de oudste instrumentele waarnemingsreeks van ons land, verricht door

Nicolaas Cruquius te Delft. Al deze waarnemingen maakten het mogelijk om de

weerkaarten van Lamb voor 23 t/m 25 december 1717 grondig bij te werken.

3.1.2 Het weer december 1717

De compilatie van getuigenverslagen, dagboeknotities, vlugschriften en andere waarnemingen bijeen gebracht door Buisman laten zien dat het de gehele maand december 1717 stormachtig en regenrijk was. Dit wordt ook door Lamb bevestigd. Onderstaand een samenvatting van beide publicaties en aangevuld met gegevens uit het netwerk van o.a. Breslau voor een Europees breed overzicht. Voor een weerbeeld in december 1717 doen we eerst een rondje Europa.

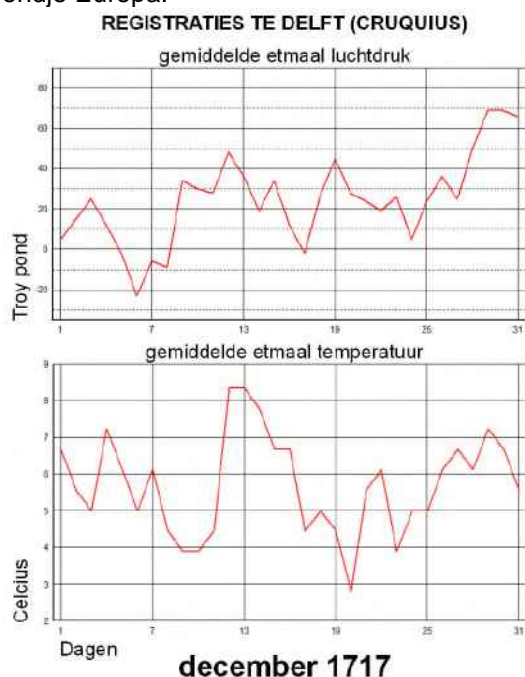


Fig. 18; De waarnemingen van Nicolaas Cruquius verricht te Delft laten zien dat december 1717 een onstuimige zachte maand geweest is. De luchtdruk is gemeten in Troy ponden en is helaas niet te herleiden naar het gangbare hPa (mbar). Voor de luchtdruk geldt, des te steiler de lijn, des groter de verandering van luchtdruk, des te harder het waait. Zowel de temperatuur als luchtdruk zijn een soort dagelijkse etmaal gemiddelden.

In Scandinavië kwam de winter in de december 1717 niet echt los. Perioden met wat lichte tot matige vorst in het begin van de maand, afgewisseld door stormachtige perioden met sneeuw en regen wisselden elkaar af. Met name op 18, 21 en 24/25 december was er stormweer. In West en Centraal Europa was de maand vooral een zachte, regenrijke en stormachtige maand met nauwelijks enige vorst van betekenis. Wanneer we de waarnemingen van Nicolaas Cruquius te Delft er bij halen dan zien we dat

gemiddelde temperatuur in december 1717 uitkwam op 5,7°C. Deze waarden liggen in lijn met waarnemingen andere weerstations in Europa. Johann Kanold vond het zelfs noemenswaardig te melden dat de Donau in Hongarije in die december maand nog niet was dichtgevroren. Te Breslau lag de gemiddelde maandtemperatuur op 4,7°C en volgens de antieke Manley reeks in Midden Engeland op 5,0°C.

Er woeden verschillende stormen. In de nacht van 4 op 5 december had een westerstorm in West Europa in zijn greep ook in de nacht van 6 op december waaide het stevig door. Een volgende ZW storm werd in grote delen van West Europa gemeld voor 16 december. Daarna draaide de wind naar noordelijke richtingen en vroom het op veel plaatsen in de nacht. In ons land viel er op 18 december een sneeuw buitje, maar elders in Europa was het een rustige zonnige dag met op sommige plaatsen strakblauwe luchten, soms afgewisseld met wolkenpartijen. Ook de nacht daarop vroom het op veel plaatsen in Centraal Europa, maar al snel betrok de lucht weer en ging het regenen, dieper in Centraal Europa eerst ook sneeuw. Dit bij een aantrekkende wind uit westelijke richtingen. Rond 20 december begon een periode met veel wind en stormweer boven de Noordzee regio met de fatale storm van 24 en 25 december als climax. Ook daarna was het nog niet gedaan, want op 27/28 december stak er opnieuw een noordwester storm op aan de Nederlandse en Duitse Waddenkust.

Het regenrijke stormachtige weer had ook naar Zuid Europa in zijn greep, tot in ver in Spanje en Italië en zelfs Algerije in Afrika. In het noordwesten van Italië kwamen voor de kusten Livorno op 5 december tijdens een stormvloed in die regio verschillende schepen in moeilijkheden en raakten hier de lage delen van het land overstroomd. Dezelfde storm veroorzaakte in de omgeving van Turijn veel schade op het platte land en in de omringende bergen viel daarbij grote hoeveelheden sneeuw. Rond het midden van de maand vergingen tijdens stormweer in de omgeving van Palermo diverse schepen. En alsof Italië nog niet zwaar genoeg getroffen was door het slechte weer op de Middellandse Zee werd het in het midden van maand ook nog eens getroffen door een aardbeving in de regio Monte Rotondo, zuidoost van Rome en een uitbarsting van de Etna. Zelfs tot in Afrika in Algerije werd zwaar onweer gemeld met name rond 20 december.⁵²

Dit en ander stormweer vinden we terug in de grafiek van fig. 18, waar de snelle grote veranderingen van luchtdruk te Delft het stormweer aangeven.⁵³ Het bleef daarna onstuimig en alle weerrapporten uit het netwerk van Breslau rapporteerden daarbij ook zeer veel

3.1.3 Kerstvloed

Boven de Golf de Biskaje lag volgens Lamb op 20 december 1717 een lagedrukgebied wat naar de Noordzee trok en van daaruit in de richting van de Duitse Bocht om vervolgens op te lossen. Direct daarachter volgde een nieuw lagedrukgebied vanuit de Bordeaux streek, welke op 22 december boven de Midlands van groot Brittannië arriveerde. Met straffe zuidelijke winden werd door beide depressies veel water van de zuidelijke delen van de Noordzee naar het noorden verplaatst. In de Theemsmonding bleef constant een zuidwesten tot westen, pas veel later ook een noordwesten, wind staan en daardoor werd er door afwaaiing veel water de Noordzee opgedreven. Het leidde tot extreem lage waterstanden waarbij de Theems op sommige plaatsen op 24 december doorwaadbaar geworden was. Naar mening van Lamb splitste de Midlands depressie zich in tweeën. De zuidelijke tak zette koers naar het noorden van ons land waar het in de ochtend van 24 december aankwam. De noordelijke tak trok in de richting van Noorwegen. Onder invloed van de oostelijk afsplitsing moet de wind in de Dollardregio vervolgens uit het zuidoosten gekomen zijn. Van Seeratt was die ochtend met een schip in de buurt van de Punt van Reida in de Dollard en meldde extreem laag water. Dit is alleen te verklaren door een stevige zuidoosten wind die het water de Dollard uitdrijft. Dit water werd ook naar de noordelijke Noordzee getransporteerd.

Vervolgens liet Lamb een depressie ten noorden van Schotland een koers zetten naar IJsland die vandaar uit snel uitdiepende de Atlantische Oceaan overstak. Naar zijn analyse moet in de straalstroom op 10 km windsnelheden tot 150 kt gestaan hebben om de depressie die grote snelheid te geven om deze in de nacht van 23 op 24 december voor de kust van Noorwegen aan te laten komen. Deze depressie bestond hoofdzakelijk uit koude luchtmassa's. De noordelijke tak van de Midlands depressie had vervolgens koers gezet naar het noorden. Deze depressie bestond uit zachte en vochtige luchtmassa's. De orkaan ontstond vervolgens door het samensmelten van beide systemen nabij Noorwegen boven het relatief warme oceaanoever. Door de zachte en vochtige luchtmassa's kreeg het depressie systeem een flinke boost en diepte zich razend snel uit tot een orkaan. Naar mijn analyse zette deze orkaan

regen. Droge dagen zijn op de vingers van één hand te tellen. In Frankrijk waren veel wegen door het natte winderige weer onbegaanbaar en in Groot Brittannië was er vrijwel aan een stuk door sprake van onstuimig stormweer gedurende de tweede helft van de maand.

vervolgens koers naar de Oslo regio, waarbij het stormveld grip kreeg op de gehele Noordzee. Al het water wat door vorige stormwinden naar het noorden van Noordzee verplaatst was, werd uiteindelijk op transport gesteld naar de Noord-Nederlandse kust en de Duitse Bocht. De vloedmassa zou daarbij ongeveer 9 tot 12 uur later aan bij de getroffen kustregio's aangekomen moeten zijn. Dit op basis van de analyses van Lamb voor de kaart op 24 december 1717 en de doorkomst van het koudefront in de regio Groningen - Oost-Friesland. Dit komt overeen met de tijdsduur die de zuidelijke verplaatsing van het water nodig had om van de noordelijke Noordzee bij de Nederlandse kust aan te komen tijdens de stormvloed van 1953.

De ontwikkelingen vanaf 24 december gaan razend snel. Een kleine depressie trok op 24 december over het land naar het zuidoosten. In de omgeving van Amsterdam kromp de stormachtige wind tijdelijk naar westelijke richtingen waaien met als gevolg een afwaaiing van water uit Het Y. Op 24 december werd te Amsterdam een verlaging van 27 duim (~0,7 m) waargenomen t.o.v. AP.⁵⁴ Deze afwaaiing zou in de oostelijke delen van de Kom van de de Zuiderzee tot extra opwaaiing geleid moeten hebben. Met het wegtrekken van deze depressie naar het oosten verloor het zijn invloed op het weer in ons land.

Van Seeratt⁵⁵ beschrijft vervolgens de lucht die *begon soo wonderlyck te staan. Hoog, en over al met draayingen en De lugt werde hoe lange hoe swaarder. gelyck in de West Indies als daar orkanen komen.* Bij cyclonen kan de lucht daarbij eenzelfde aanblik hebben als bij een warmtefront op afstand. In beide gevallen zien we hoge cirrus (*draayingen*) overgaan in een waterig zonnetje waarna steeds zwaardere bewolking. Dit rechtvaardigt het weergeven van een warmtefront op het midden van de Noordzee op de middagkaart van 24 december 1717.

De bekende kroniek van Noord Friesland, geschreven door Anton en Heinrich Heimrich beschrijft de situatie voor 24 december in de Duitse Bocht. In deze regio stond er nog een stormachtige zuidoosten wind met op hallig Nordstrandischmoor vanaf 9 uur tot 2 uur zware regen, maar pas tegen de avond werd het droog. Dit is de aanwijzing voor de doorkomst van een front behorende bij die depressie in de Duitse Bocht. Later ruimde de sterk afgezwakte wind

naar het westen. Tegen 8 uur 's avonds begon de wind weer in kracht toe te nemen.

Het dramatische stormveld bevond zich achter een koudefront wat arriveerde kort na middernacht met flinke regen en ook onweer. Dit wordt door alle bronnen gemeld. Het koudefront had ongeveer 12 uur nodig om van de noordelijke Noordzee naar de Waddenkust te trekken. Direct na de passage van het front begon de wind toe te nemen tot orkaankracht en steeg ook het zeewater in rap tempo. Rond 1 h in de Kerstnacht was er nog niet veel aan de hand, maar een uur later stond het water al tot aan de rand van dijken en nog weer enkele uren later waren de dijken doorgebroken of overspoeld en voltrok zich een grote overstromingsramp in de kustgebieden van de gehele Waddenzee. Te Suurhusen, ten noorden van Emden, kwam het water tot 4,45 m hoog. Eerst toen in de loop van de middag van Eerste Kerstdag de wind vanuit het westen geleidelijk weer wat liggen werd het rustig. Maar het water stroomde overvloedig het land in. Rond het middaguur kwam het aan voor de poorten van Groningen-stad. Uit fig. X valt af te leiden dat dit rond het astronomisch laag water geweest moet zijn. Met de opkomende volgende astronomische hoog water stond het water aan de eind van de middag tot ongeveer maximaal 3 à 4 vt (~0,9 - ~1,2 m) hoog binnen de stadspoorten.⁵⁶

Vrijwel alle rivieren in noordwest Europa hadden te kampen met hoog opperwater en dit heeft in een aantal gevallen ook bijgedragen aan de overstromingen in het achterland. Stroom opwaarts van de Eems, Wezer en Elbe bijvoorbeeld, had dit zeer ernstige gevolgen. De al genoemde kroniek van Noord Friesland, beschrijft de situatie aan de Elbe waar het water aanvankelijk op 24 december ook extreem laag stond, maar tijdens de stormvloed nog sneller weer opkwam. Rond 3 h 's ochtends op de 25^e stonden de landerijen rond de Elbe al onder water.

Ondanks het feit dat er in het Skagerrak een Noors oorlogsschip verging in de storm en dat te Göteborg in Zweden het water door straten liep, schijnt de Deense Noordzee kust er over het algemeen goed vanaf gekomen zijn. In Tønning te Nord Friesland (destijds Deens) kwam het water nog tot 4,60 m boven gemiddeld zeeniveau. Maar het Deense Ribe, gelegen aan het noordelijke einde van de Waddenzee, kwam er redelijk goed vanaf. Op Eerste Kerstdag stroomde het water slechts hinderlijk over de straten, zodanig dat de stedelingen niet in staat waren de kerkdiensten in de kathedraal bij te wonen. Ribe was ook een plaats welke in het verleden regelmatig door hoge stormvloed getroffen werd. In 1634 steeg het water tot 6,01 m (peilmerk) en recentelijk nog in 1999 met 5,50

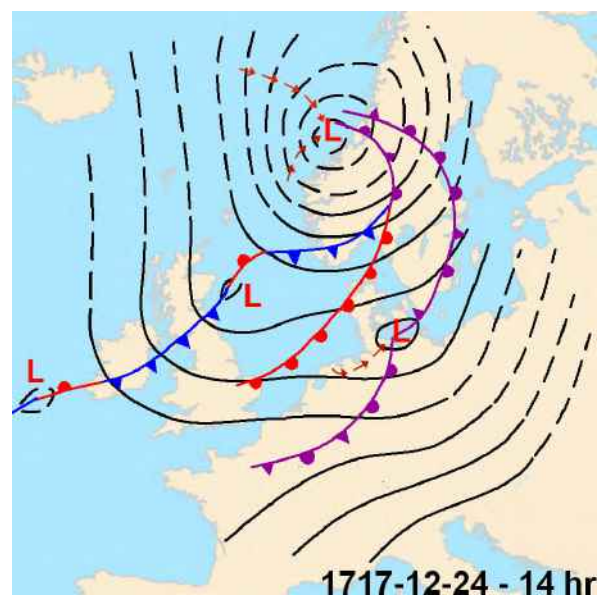
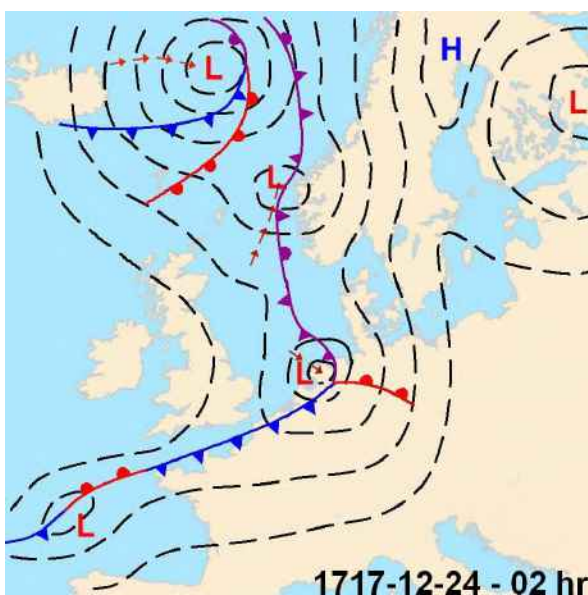
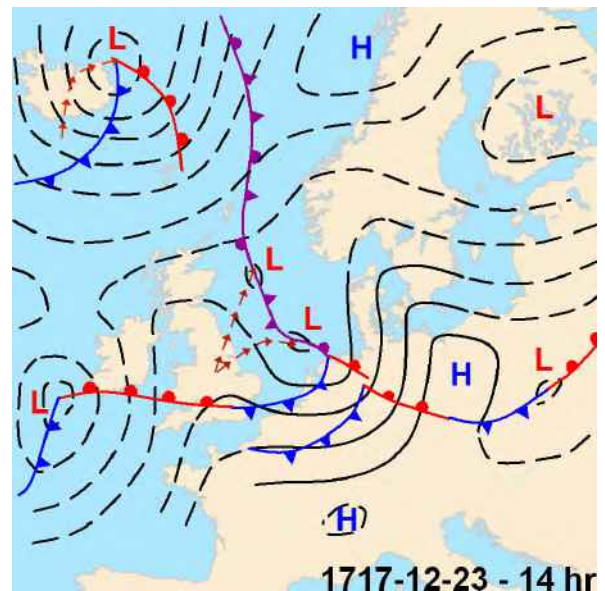
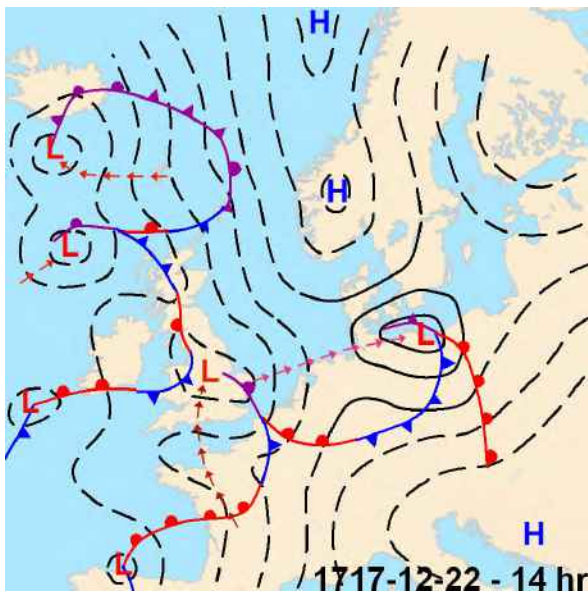
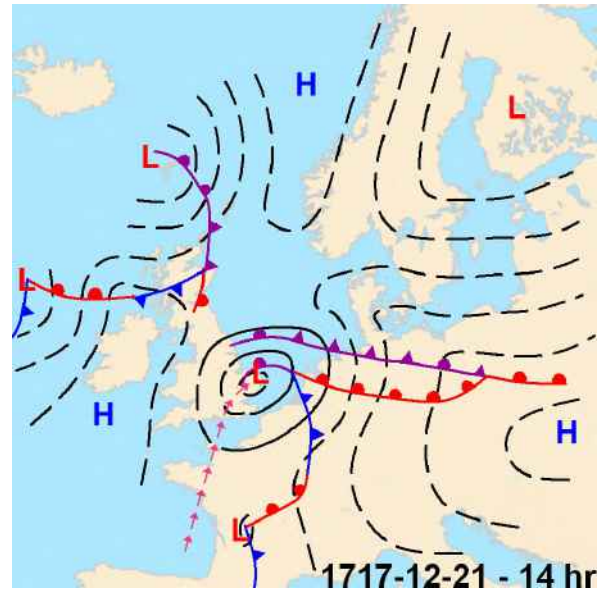
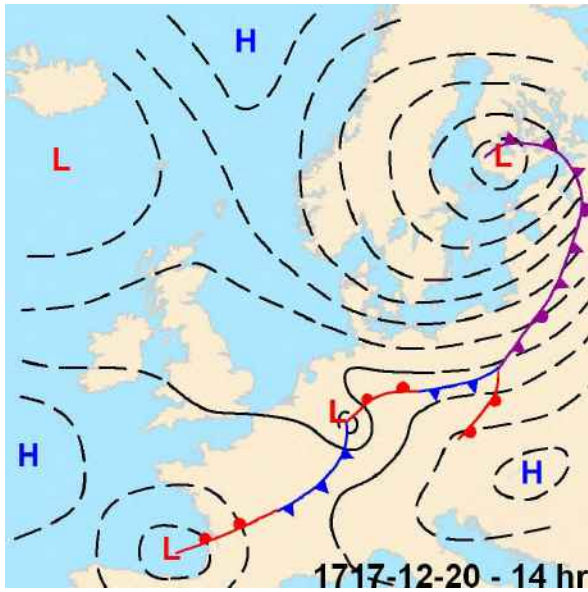
m (nu buitendijks).⁵⁷

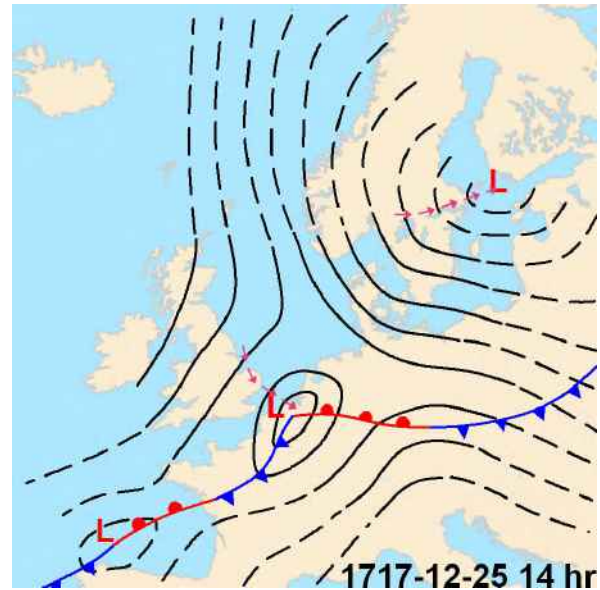
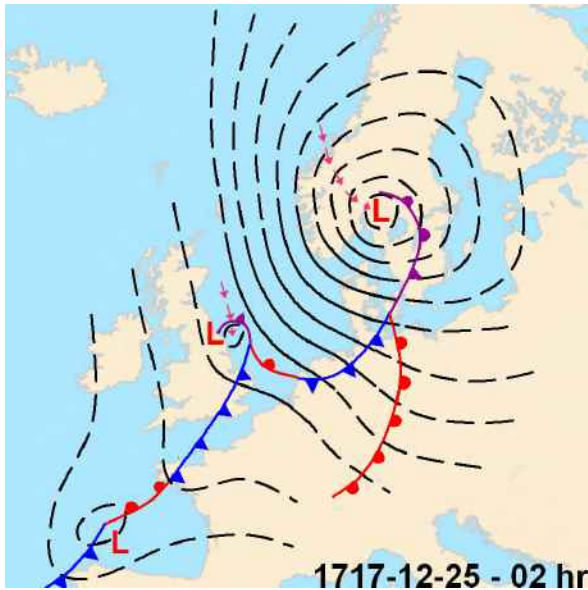
In diverse verslagen wordt ook melding gemaakt van dijkschade of breuk in de omgeving van Den Helder. Mogelijk wordt hier de Zanddijk bedoeld gelegen tussen Petten en Callantsoog, destijds gelegen achter een breed strand op de plaats van de huidige Hondsbosche zeewering ter hoogte van Zype.

Steeds is er sprake enorme hoeveelheden regen in de voorafgaande maand en de rivieren stonden daardoor hoog, landerijen waren dras en (ook te lage) dijken doorweekt. Door de dijkdoorbraken overspoelden grote hoeveelheden land en ook de rivieren konden het overtollige water niet langer afvoeren.⁵⁸ Hierdoor kon op de ochtend van 25 december in de Dollardregio een waterstand van 4,45 m +NAP gehaald worden, bij een vrijwel volledig overstromde provincie Groningen.

Later op die dag werd ook Noord-Holland getroffen door overstromingen als gevolg van een noordooster storm. In hoofdstuk 2 worden de voorwaarden geschetst hoe dit kan zijn verlopen. De weerkaarten volgens Lamb van 25 december laten zien dat er een randstoring van de orkaan langs de oostkust van Groot Brittannië trok om in de loop van 25 december via het noordwesten van ons land boven België en Noord Frankrijk aan te komen. Aangenomen dat het tijdelijke ruimen van de wind waargenomen op het Stadswaterkantoor te Amsterdam rond 8 h in de ochtend naar westelijke richtingen correct is, dan moet de depressie deze noordelijke koers gevolgd hebben. Dat grote delen van Noord-Holland onder water kwam te staan moet in dat geval grotendeels toe te schrijven zijn geweest aan het vollopen van de Kom van de Zuiderzee tijdens de vooraf gaande Kerstnacht en het opnieuw ruimen van de wind naar noordoostelijke richtingen in de ochtend van 25 december.⁵⁹ Dezelfde weerkaart van 25 december laat zien dat er langs de Nederlands-Belgische kust vervolgens een noorden wind kwam te staan. Het gezwollen zeewater voor de noordwestelijke delen van onze kusten kon nu naar het zuiden getransporteerd worden.

Het zuidwesten van het land, wat er tot dan toe nog goed vanaf kwam, kreeg nu ook de volle laag. Veel schade heeft het in Zuidwest-Nederland niet opgeleverd. Op het Eiland van Dordrecht aan de Biesbosch-zijde kwamen een paar polders blank te staan, op Overflakkee braken enkele dijken van Ooltgensplaat polder en overstroomde, De Polder van Namen in Zeeuws Vlaanderen ging definitief verloren. Voor het overige was er sprake van hoog water in Rotterdam en Antwerpen, waar het water over de kades liep. Wel is aannemelijk dat kwelders en schorren onder water stonden. Immers eerst dan





-  koude front
-  warmte front
-  occlusie
-  isobaren (verwacht)
-  isobaren (verondersteld)

Fig. 19; Reconstructie van mogelijke verloop van het weer met weerkaarten voor de periode van 20 december 1717 t/m 25 december. De waarde voor de isobaren zijn niet bekend. De getrokken lijnen zijn gebaseerd waarnemingen van windrichtingen en de streeplijnen zijn verondersteld. De pijlen geven de trekrichting van de weersystemen aan. (Kaarten van 14 hr zijn bewerkt en aangevuld naar Lamb en de kaarten van 02 hr zijn van de auteur).

staat het water hoog genoeg om de enkele dijken te laten doorbreken. Bij normaal vloed staan de kwelders en schorren over het algemeen droog. Ook Londen kreeg op 1^e Kerstdag te maken met extreem hoog water via de monding van de Theems en liepen delen van de stad onder water. In de omgeving van de Kingstreet gingen men met boten door straten. Ook de Britse kustregio's hadden te lijden en er is veel vee verdronken.⁶⁰ Het stormweer in de regio's rond de zuidelijke Noordzee stond daarbij in schril

contrast met het snel afnemen van de orkaan aan de Noord Nederlandse kust en in de Duitse Bocht.

Formeel hebben we dus te maken met twee stormvloeden, die wel met elkaar in verband staan. De eerste trof vooral de Waddenzee van Nederland tot Denemarken in de Kerstnacht en de tweede werd veroorzaakt door een randstoring die later op Eerste Kerstdag met name Noord-Holland en de zuidelijke Noordzee (Zak van de Noordzee) trof van zuidelijk Zuid-Holland tot aan de ingang van Het Kanaal en in Engeland tot ver in de Theemsmonding.

3.1.4 Nog meer stormvloeden in de winter en voorjaar van 1717/18

Januari 1718 is over het algemeen wisselvallig en zeer koud met ook flinke vorstperiodes en flink wat sneeuw. Volgens de Labrijnreeks lag de gemiddelde januari temperatuur te De Bilt op $-1,4^{\circ}\text{C}$ en voor februari op $-0,2^{\circ}\text{C}$. Echter op 25 januari 1718 staat er weer een zware storm welke met name in het Land Hadeln, juist oostelijk van Cuxhaven in de Elbemonding, opnieuw een hoge vloed veroorzaakt en de schade van de Kerstvloed vergroot. Ernstiger is de stormvloed van 25 februari 1718. Aanvankelijk stond er een zuidzuidwester storm en later op de dag ruimde de aantrekkende wind naar westen

om in de loop van de avond in het noordwesten uit te komen. De gehele regio van Groningen tot Noord-Friesland werd opnieuw getroffen met ten minste dezelfde waterstanden als tijdens de Kerstvloed. Op veel plaatsen stond het water zelfs nog hoger en in Noord-Friesland vielen er in de nacht naar 26 februari opnieuw slachtoffers. Tijdens de voorliggende zware vorstperiode had zich ook veel zeeijs gevormd en dit werd met de noordwester het land opgestuwd. Bressen in de dijken werden door de ijsvloed groter en elders ontstonden nieuwe. Wat nog aan huizen en stallen overeind stond werd alsnog de vernield,

nu vooral door het kruierende ijs. Te Tönningen stond het water ongeveer 4 voet hoger dan tijdens de Kerstvloed.

Groningen was ondertussen weer droog gevallen, maar stond bij die stormvloed ook weer geheel onder water. Hoewel er geen sprake was van nieuwe schade werd datgene wat nog overeind stond tussen stad en Delfzijl alsnog met de grond gelijk gemaakt. Over een ijsvloed in ons land is niets bekend.

Nog was het leed niet geleden. Een nieuwe stormvloed op 5 maart 1718 zette opnieuw grote delen van het land blank en ook op 9 maart was er sprake zeer hoog water met overstromingen door alweer een stormvloed. Van 15 tot 18 maart

opnieuw een stormvloed welke niet alleen de Duitse Bocht trof, maar ook de Oostzee waarbij Danzig en Koningsberg te kampen hadden met overstromingen. En op 31 maart met weer raak met een stormvloed. Tijdens springtij liep alles andermaal onder. Een paar dagen later op 2 en 3 april was het weer mis. Een flinke storm joeg het hoge water opnieuw door de dijkgeden en tijdens stormachtig weer op 14 april verdrinken er toch weer 8 man uit Suurhusen door een omgeslagen boot bij dijkherstel. De laatste stormen traden op van 17 tot 20 april waarmee voor de laatste keer deze winter en voorjaar de getroffen landerijen overstroonden.⁶¹

3.2 WEERKAARTEN

Als aanvulling op de gegevens uit de *Anallium physico medirocum* van Kanold heeft Lamb voor zijn kaarten ook gebruik gemaakt van scheepsjournalen van met name een Noors-Deense armada tijdens een oorlog van deze landen en Zweden. Deze kaarten zijn door mij opnieuw beoordeeld en waar nodig bijwerkt. De belangrijkste wijziging betreffen de kaarten van 23 t/m 25 december 1717.

Thomas van Seeratt maakt in zijn verslagen melding van extreem laag water in de Dollard op 24 december 1717. Dat kan alleen optreden bij een stevige zuidooster. Deze vermelding is alleen goed te verwerken door te veronderstellen dat de afgesplitste depressie in de Duitse Bocht op 23 december iets zuidelijker gelegen heeft en kern van dat systeem zich via de onze

noordelijke provincies naar de omgeving van Kiel verplaatst heeft. Het was daar op 24 december in middag aangekomen. Het traject van de depressie wordt ondersteund door de originele kaart van 24 december van Lamb, waar op de plek van Flensburg een windvaantje te zien is met een NO windrichting; geheel tegendraads bij de geldende isobaren op die kaart. Enkele andere nieuwe bronnen onderschrijven deze zienswijze.

Een andere correctie betreft de koers van de orkaan. Het ideale stormveld voor deze orkaan op de Noordzee kreeg ik door de orkaan via een zuidelijker traject over Olso te laten lopen. En niet zoals Lamb aangeeft parallel aan ongeveer 60°NB.

4 OMVANG VAN DE RAMP

VERANTWOORDING

De meeste gebruikte basiskaarten om de overstroomde gebieden aan te geven komen uit de Atlas der Neederlanden⁶², een omvangrijke atlas van alle gebieden van de Lage Landen met een grote kaartenverzameling uit de 17^e en 18^e eeuw. Het beste is natuurlijk om een goede kaart voor handen te hebben welke de situatie voor 1717 goed weergeeft. Maat helaas, die zijn er niet. Per saldo voldoet geen enkele kaart om verschillende redenen.

De meeste kaarten werden en worden ook tegenwoordig nog steeds, slechts periodiek bijgewerkt. Vaak ook helemaal niet. Zo is in de atlas een kaart van de Zeven Verenigde Nederlanden te vinden van Frederik de Wit uit de 17^e eeuw, doodleuk opnieuw onbewerkt uitgegeven door Covens en Mortier in de 2^e kwart van de 18^e eeuw. Op deze kaart is goed te zien dat de originele kaart ouder is dan 1686: toen waren de Buitendijkse Landen op de Groninger Waddenkust nog niet voorzien van kades. Dit gebeurde pas na de stormvloed van 1686. Een ander voorbeeld is Zeeuws Vlaanderen. Veel kwelders, schorren en slikken werden hier meest in de tweede helft de 17^e eeuw bedijkt. Het is dan niet verwonderlijk dat kaarten uit het atelier van Willem en zijn zoon John Bleau deze regio's als zodanig weergegeven hebben in de eerste helft van 17^e eeuw. Echter kaartenmakers als Guillaume Sanson gaven deze regio's rond 1700 nog steeds aan als kwelders, schorren en slikken.

Bij de keuze van de kaarten is daarom in het algemeen ook met name ook gelet op voor het publicatie jaar recente bedijkingen en inpolderingen. Op de geselecteerde kaarten staan deze steeds goed aangegeven, maar zoals hierboven al is aangegeven wordt in sommige gevallen de ouderdom door verschillende instituten anders beoordeeld. Met betrekking tot de kaart Groningæ et Omlandæ dominium dateert de Deense Koninklijke bibliotheek de kaart op omstreeks 1710, de Rijks Universiteit Groningen op 1720 en de Atlas der Neederlanden zelfs op de tweede/derde kwart 18^e eeuw. De oorspronkelijk kaart moet tussen 1686 en 1717 zijn gemaakt in het atelier van N.I. Visser, immers op de kaart zijn de Nieuwe aangewassen landen nog bedijkt met een zomerkade (Kadijk). Deze zomerkade werd na de stormvloed van 1686 aangelegd en na de Kerstvloed van 1717 opgewaardeerd tot zeedijk. Het atelier van P. Schenk jr heeft de kaart in de 18^e eeuw opnieuw uitgegeven.

Op de Nieuwe kaart van Friesland staat het Dokkummer Diep als afgesloten. De bedijking en afdamming vond plaats in 1729. In 1717 was deze zeearm naar Dokkum nog open. De wetlands langs het Dokkummer Diep zijn daarom als ook zodanig behandeld op de overstromingskaart.

Een ander probleem is het Verdrongen land van Zuid Beveland wat door diverse stormvloeden in de 16^e eeuw ten onder ging. Alle kaartenmakers suggereren dat het nog een groot gebied met kwelders, schorren en slikken was. Bleau benoemd zelfs nog de Gorsen van Lodyck. Om deze redenen worden deze 'verdrongen landen' in Zeeland als buitendijkse overspoelde gebieden beschouwd. Hetzelfde geldt voor de Biesbosch. Bekende slikken, zandplaten en wadden zijn niet als overspoeld ingetekend, zij lopen immers onder bij elk hoog tij, dus dagelijks twee keer.

Voor Noord- en Zuid Holland zijn de Heemraadschapskaarten gebruikt uit de eerste helft van de 18^e eeuw van bijvoorbeeld Delfland, Schieland en Rijnland. Deze zijn met zogenaamde driehoeksmetingen ingetekend. Voor Heemraadschap Delfland bijvoorbeeld door N. Cruquius; de landmeter uit Delft welke ook de eerste instrumentale meteorologische waarnemingen in ons land begon (zie hoofdstuk 3: Analyse van het weer in december 1717). De Heemraadschapskaarten zijn geraadpleegd om de ligging van de zeedijkenloop te controleren op de gebruikte basiskaarten.

Van Overijssel zijn nauwelijks goede historische kaarten beschikbaar. De ateliers van Bleau en Visser hebben als een van de weinige goede kaarten van de provincie gemaakt. Op de kaart van Ten Kate uit het atelier van Visser uit 1658 staan ook de voornaamste zeedijken aangegeven. De zomerkades op Kampereiland worden niet vermeld en zijn op de overstromingskaart maar zijn herleid naar een reconstructie⁶³ volgens een kaart van Jan Muller uit de 17^e eeuw. De kaart uit het atelier van Visser is voor het laatst in 1743 een bijgewerkte versie verschenen door J. de Lat uit Deventer. Onderlinge vergelijkingen tussen de verschillende bijgewerkte edities leert dat er voor de IJsseldelta nauwelijks verschillen te ontdekken zijn.

Ook de plaatsbepaling van bekende locaties op de kaarten laat te wensen over. Op vrijwel geen enkele kaart worden steden, dorpen en kustlijnen correct weergegeven. De oorzaak is dat locatiebepalingen tot ver de 18^e eeuw vrijwel onmogelijk was.⁶⁴ Maar voor ons doel is dat van minder belang, als de topografie verder maar klopt. Dat wil zeggen vooral ook is bijgewerkt met recente omdijkingen en inpolderingen en dat de zeedijken goed zijn weergegeven, of te herleiden zijn. Dit probleem van plaatsbepalingen is tegenwoordig te omzeilen door de kaarten van een zogenaamde georeferentie te voorzien voor gebruik in GIS-software (Geographic Information System). Daarmee kan een oude kaart goed worden weergegeven volgens het juiste coördinaten systeem. Helaas is deze software zo extreem prijzig dat ik daar als particulier geen gebruik van kan maken.

In 1718 publiceerde Johann Baptist Homann in Nürnberg (D) zijn Geographische Vorstellung der jämmerlichen Wasser-Flutt in Nieder-Teutschland, 25 Dec. 1717. Op deze fraai uitgevoerde kaart worden de overstroomde regio's aan de Nederlandse en

Duitse kusten weergegeven. Helaas valt er op deze kaart het nodige aan te merken.⁶⁵ Kustlijnen, groepering van eilanden en ligging van vele plaatsen zijn onjuist weergegeven. Maar wat vervelender is, is dat de overstroomde gebieden in de meeste gevallen ook foutief ingekleurd zijn. Voor Nederland liggen de grootste fouten in Noord Holland en Friesland. Overijssel, Gelderland en Utrecht wordt helemaal niet genoemd.

A.W. Lang publiceerde in 1963 nieuw overstromingskaartje voor de Duitse Waddenregio, maar zoals Hagen aangeeft is het onduidelijk waar Lang zich op baseert. Bij nadere analyse blijkt dat Lang uitgegaan is dat alle laag gelegen veengebieden in Noord-Duitsland zijn overstroomd. In elk geval komen de contouren op het kaartje van Lang wel erg sprekend overeen met die kustvenen. Ik beschouw de zienswijze van Lang daarom ook als onbetrouwbaar.

In een meer recente publicatie over de overstromingen te Schleswig-Holstein is D. Meier⁶⁶ anders te werk gegaan. Hij heeft voor zijn kaarten contemporaine bronnen naast een hoogtekartaart gelegd en zo goed al mogelijk getracht na te gaan er overstroomd geweest is. Het blijkt dat Meier voor de overstroomde gebieden de contouren gevolgd heeft van de hoogte verschillen in het landschap. En daar waar de dijken niet braken zijn ook geen overstromingen ingetekend. Ook Buisman geeft de overstromingen onjuist aan. Zo is o.m. Zype in Noord-Holland niet overstroomd geweest.

De kaarten in rapport zijn met een gelijkwaardige wijze als de methode Meier samengesteld. Als basis zijn de contemporaine bronnen en de hydrologie van de open Zuiderzee als basis genomen. Waar de contemporaine bronnen in gebreke bleven is de hulp van de hydrologie ingeroepen en zijn de overstromingscontouren gecontroleerd met met Actueel Hoogtebestand Nederland en de rapporten van het VNK2 (Veiligheid Nederland in Kaart, versie 2). De VNK is met name interessant om de overstromingen vast te stellen bij dijkbreuk. Hoewel de Waterstaatskaart van Nederland voor het eerst rond 1880 verscheen en te modern is om de situatie voor 1717 goed weer te geven, bleek het in sommige gevallen wel mogelijk oude dijktrajecten vast te stellen. Ondertussen is tegenwoordig is veel daarvan verdwenen.

4.1 DE OVERSTROMINGEN VAN 1717

De stormvloedkaarten zijn gebaseerd op kaarten van kaartenmakers van het eind van de 17^e en begin van de 18^e eeuw. Bij twijfel zijn deze onderling vergeleken. Het blijkt onder meer dat nog tot ver in de 18^e eeuw kaarten herdrukt werden die rechtstreeks te herleiden naar de kaarten van Blaeu en andere ateliers uit de eerste helft van de 17^e eeuw. Deze zijn onbruikbaar voor ons doel.

Om de stormvloed overstromingen en overspoelingen goed te verbeelden zijn we ervan uitgegaan dat alle wetlands door het water overspoeld geweest zijn. Onder deze wetlands verstaan we hier: alle buitendijkse kwelders (ook wel gorsen genoemd), schorren en de buitendijkse of zogeheten aangewassen landen. De wetlands overspoelen normaal gesproken alleen bij springtij en extreem hoog water zoals bij stormvloed. Slikken, zandplaten, waarden en wadden lopen bij elke vloed onder water.

Hetzelfde geldt voor de buitendijkse polders, veelal bedijkt met lage zomerkades. Uit analyse van gegevens blijkt dat in enkele gevallen voor een doorgebroken of overspoelde zeedijk een polder gelegen heeft voorzien van zomerkades.

Dit sterkt de veronderstelling dat de buitendijkse bekaide polders overspoeld geweest moeten zijn, anders kan immers de achterliggende zeedijk niet doorbreken. Deze overspoelde buitendijkse polders worden echter in geen enkel verslag benoemd. Gezien de ernst van de overstromingen en schades aan zeedijken worden op de kaarten aangegeven buitendijkse polders als overspoeld aangemerkt.

Aangewassen landen zijn feitelijk slikken en kwelders welke voortdurend aangroeien door getij bewegingen en stormvloed door telkens bij elk springtij of stormvloed het land iets wordt opgehoogd door aangebrachte sedimentatie. Met als resultaat dat deze ten slotte ook droog liggen bij vloed. We gaan er daarbij vanuit dat de graveurs van deze kaarten deze kwelders op een juiste wijze hebben ingetekend. Waar duidelijk is dat de graveur bij laag water droogvallende gronden bedoelt, zoals wadden en zandplaten, zijn deze niet als overspoeld aangemerkt.

Over de schade aan de kusten van Overijssel, Gelderland en Utrecht is vrijwel niets bekend. Echter uit meer recente stormvloed doorbij bij

Fig 20; Kaart van Homann met daarop aangegeven de contouren volgens Lang (rood) en Buisman (blauw).



een waterstand van >1,5 m +Volzee in de Kom van de Zuiderzee bereikt werd, blijkt dat standaard veel vrijwel onbewoonde gebieden getroffen werden. Deze gebieden zijn met name het Kampereiland, Kamperveen en de regio Eemnes. Bij controle op de overstromingskaarten van 1825, 1862, 1863, 1877 en 1916 blijkt dat telkens dezelfde landerijen onder water stonden bij grote stormvloed. De regio Eemnes stond zelfs bij vrijwel elke winter regelmatig blank bij deze waterstanden.⁶⁷ Het is ook niet verwonderlijk dat de geschiedschrijving en contemporaine bronnen hiervan geen gewag gemaakt hebben. Het was een nauwelijks bewoond gebied waar verder ook amper schade over te melden was. Gezien het hoge opperwater ten gevolge van het natte weer in 1717 en de opwaaiing van zeewater nabij de kust, zou het uitzonderlijk zijn dat dit met de Kerstvloed niet het geval geweest is. Onverlet dit manco kunnen we daarom aannemen dat ook in 1717 deze regio's onder water hebben gestaan. Op onder andere de kaart van Overijssel zijn de uiterwaarden aangegeven als indicatie van overspoeling door hoog opperwater. Voor de regio van de Biesbosch is het arbitrair om aan te geven of de uiterwaarden door hoge vloed of

opperwater overspoeld is. De oevers van rivieren zijn meest als uiterwaarden aangemerkt ter onderscheid van de wetlands in de Biesbosch.

Op de meer gedetailleerde kaarten van onder meer Heemsraadschappen, zijn ook de (zee)dijken goed aangegeven. Deze basisgegevens resulteren in een set data waarmee in grote lijnen het overspoelde en overstromde gebied in de kustregio's vastgesteld kon worden.

Voor met name Friesland en Groningen ligt dat iets anders. In het hoofdstuk *Hydrologie* worden enkele voorwaarden omschreven waar rekening mee gehouden moet worden om tot een verantwoord resultaat te komen. Wanneer we bijvoorbeeld naar Friesland kijken dan kunnen we ons de vraag stellen waarom het water niet tot aan Leeuwarden is doorgedrongen. Immers volgens het Actueel Hoogtebestand Nederland zien we dat zuidwestelijk van Ferwerderadeel het landschap nog steeds laag genoeg ligt om last te hebben gehad van de 1717 vloed. Toch is dat niet gebeurd. Remmingen van het relief samen met afgaand tij en het afnemen van de stormvloed zullen hier een gunstig effect gehad moeten hebben.

4.2 WADDENEILANDEN

Kaart: Carte des entrées du Suyder-Zee et de l'Embs

Auteur: P. Mortier

Graveur: H. van Loon

Jaar van uitgave: 1693

Alle Waddeneilanden zijn overstromd geweest en alle eilanden hebben te kampen gehad met doorgebroken dijken. Van Ameland en Terschelling is bekend dat het water ook dwars

door de duinen gespoeld is. Texel was voor ongeveer 1/3 deel overstromd na een dijkdoorbraak bij Spijkdorp (Op 't Speijk).⁶⁸

4.3 GRONINGEN

Kaart: Groningæ et Omlandæ dominium: vulgo de provincie van Stadt en Lande

Auteur: L.T. van Starckenburg/N.I. Visser.

Graveur: A. Hogeboom.

Atelier: P. Schenk jr, Amsterdam.

Jaar van uitgave: Eerste helft 18^e eeuw.

De zeedijken langs de Groninger Waddenkust en de Dollard waren volgens opgave van Van Seeratt uit de provincie Groningen en belast met inspectie van de zeedijken in het begin van 18^e eeuw, 6 tot 16 vt (Gronings) hoog (1,75 tot 4,67 m), met een gemiddelde van 11 vt (3,21 m).⁶⁹ Dit gemiddelde is bepaald op basis van de werkelijke hoogte, niet volgens een gewogen trajectgemiddelde. Zelfs de hoogste dijken van 4,67 m waren geen partij voor de vloed van rond de 4,45 m. Diverse bronnen meldden dat het water 'manshoog' over de dijk kwam. Outhof relateert dat door te beschrijven dat het water 4 tot 6 voet (1,2 tot 1,8 m) over de dijk heen stoot.⁷⁰ Dit is een andere benadering dan het idee van hen die meenden dat er een 'muur' van

water over de dijk heen kwam. Dit is voordat de eerste dijken rond 3 hr braken. Bovendien moet in dit kader opgemerkt worden dat het hoogtepunt van de storm in het duister van de nacht plaatsvond. De Maan in zijn eerste kwartierstand was allang onder (als deze al zichtbaar geweest was in de voorafgaande avond) en er zal ook veel bewolking geweest zijn; in elk geval bij de doorkomst van het koudefront kort na middernacht. Openbare straatverlichting was nog niet gebruikelijk. Ook was er nog lang geen sprake van uitgebreide dijkbewaking zoals we dit tegenwoordig kennen. Mede door deze beperkende omstandigheden, dus vooral door slecht zicht en duisternis, is het achteraf bezwaarlijk vast te stellen wat er precies



Fig. 21; Voorstelling van de ontberingen tijdens de stormvloed van 1686 in de provincie Groningen. Soortgelijke omstandigheden zullen zich ook in 1717 voorgedaan hebben. (Jan Luyken – Rijksstudio/Rijksmuseum Amsterdam).

is gebeurd en is de subjectieve beleving van de watermuur niet verwonderlijk.

Voor het vaststellen van de overstroomde regio's te Groningen en gebruik gemaakt van de verliestabellen genoemd door Crous.⁷¹ Toch is moeilijk vast te stellen hoe ver het water het land is binnengedrongen. Zover er ten minste schade is aan huizen kan met zekerheid worden bepaald dat het water de betreffende plaats overstroomd heeft. Maar de overstroming kan nog verder zuidelijk gekomen zijn zonder schade, maar met enkele decimeters water op het land waarbij overlast van ondergelopen kelders en nog zuidelijker met alleen dras land. Deze begrenzing

is helaas niet vast te stellen. Op de kaart wordt dat voor de oostelijke delen van de provincie aangegeven met vervagende kleuren.

Rond Groningen stad, de regio's zuidelijk van het Winschoter Diep en de Trekvaart op Dokkum, wordt geen schade meer gemeld. Beide waterwegen worden daardoor beschouwd als uiterste grens van de overstroming, waarbij we aannemen dat kades langs deze waterwegen een voldoende waterkerend vermogen hadden om het stormvloed hoogwater tegen te houden. Het water bereikte deze regio's overigens pas in de namiddag van Eerste Kerstdag toen de storm al was gaan liggen.

4.4 FRIESLAND

Kaart: Nieuwe kaart van Friesland

Auteur: J. Vegelin van Clearbergen

Atelier: R. en I. Ottens, Amsterdam/T. van Dessel, Leeuwarden

Jaar van uitgave: 2^e/3^e kwart 18 eeuw.

Naar het westen wordt de schade snel kleiner. Grote dijkschade met ook doorbraken vonden vooral plaats vanaf de Lauwerszee tot aan Het Nieuw Bildt. De oorzaak is besproken in § 2.2.1 Waddenzee.

In het Lauwerszeegebied werden doorbraken gemeld voor de dijken aan het Dokkummer Diep. Zware overloop met mogelijke doorbraken heeft ook plaatsgevonden bij de schans van Oostmahorn. Deze werd vernield.

De suggestie van doorbraken of zware overloop valt waarschijnlijk ook te herleiden doordat er soms sprake van veel slachtoffers. Dit was onder andere het geval vlak achter de zeedijken van West Dongeradeel bij Ternaard, Ferwerd en Holwerd. In deze plaatsen verdronken in Friesland ook de meeste mensen. Echter van doorbraken wordt geen verder geen melding van gedaan. Wel bekend is dat langs de gehele Friese Waddenkust het water het 17 palmen of

manshoog over de dijk kwam. Outhof merkt hierover al op dat het in dergelijke gevallen vooral om hoge waterverstuivingen ging, dus van stukslaande golven op de dijken.

De meest westelijke overstromingen vonden plaats in het Nieuw Bildt. De Nieuwe Zeedijk of Tweede Bildtdijk van Het Nieuw Bildt was doorgebroken waardoor deze polder ook was ondergelopen. De Eerste Oude Bildtdijk of ook wel Tweede Zeedijk genoemd, tussen Het Nieuw Bildt en Het Oud Bildt brak ter hoogte bij de Oude Bildtzijl bijna door. Een doorbraak kon ternauwernood voorkomen worden door de bres te dichten met puin van huizen welke speciaal hiervoor met een noodgang werden gesloopt. De Nieuwe Bildtpolder, bedijkt in 1715, werd niet getroffen.

Alle dijkbreuken aan de Noord-Friese kust resulteerden in een overstroming van het Kollummerland, Oost- en West Dongeradeel en Ferwerderadeel en de Nieuwe Bildtpolder.

Te Harlingen is alleen sprake van wateroverlast wat enkele voeten hoog door de straten liep. In het Zuiderzee gebied stroomde in Stavoren water ook door de straten. Van het iets noordelijker gelegen Hindelopen is niets bekend. Dan komt de vraag hoever het water het land is binnengedrongen. Het hoogtepunt van de storm met dijkdoorbraken viel na middernacht. Astronomisch hoogwater viel in de vroege ochtend. Vaak volgt het opgewaaide en

gestuwde water ook gewoon de getij beweging. Voortgaande overstromingen werden daardoor vertraagd, deels belemmerd door afgaand water, remmingen door in het landschapsrelief en ondiep water. Uit de contemporaine bronnen valt op te maken dat de zuidelijke grens van het water in het oostelijk deel van Friesland ten minste tot aan de trekvaart Dokkum - Groningen gelegen heeft. Westelijk van Dokkum kan de grens getrokken worden langs de Dokkummer Ee, de trekvaart van Dokkum op Leeuwarden. De historische beschrijvingen sluiten hiermee aan op een onderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat voor het project Veiligheid van Nederland in Kaart, versie 2. Het Dijkkringrapport 6 (Groningen en Friesland) schetst daarin de situatie bij dijkbreuken voor verschillende stormvloedscenario's.

Waterstaatkundige omstandigheden, zoals dijkhoogten, buiten beschouwing gelaten lijkt de situatie in 1717 in overeenstemming te zijn voor een stormvloed welke de Nederlandse Waddenzee kust ééns in de 400 jaar treft. Bij een dergelijke stormvloed, rekening houdende met de dijkbreuken en overlopen in 1717, stond Friesland ten noorden van de trekvaart Dokkum - Groningen onder water. Westelijk van Dokkum in dat geval ook alles boven de lijn Barthiem-Hijum en trekvaart op Leeuwarden. Deze lijn is echter helaas niet exact vast te stellen en wordt daarom op de kaart vervaagd weergegeven.

4.5 OVERIJSEL

Kaart: Transisalaria provincia Over-ijssel.

Auteur/Atelier: J. de Lat, Deventer.

Jaar van uitgave: 1743.

Met name de steden Kampen en Zwolle hebben in december 1717 last van het hoge water gehad. In hoeverre daarbij de IJssel/Vechtdelta overstroomd geweest is, is niet geheel duidelijk. Vast staat de dijken van Kampereiland in die tijd voornamelijk uit zomerkades bestonden met een maximale hoogte van ongeveer 2 meter, voor Mastenbroek misschien iets hoger. De Kamperzeedijk te Mastenbroek was een volwaardige zeedijk. Outhof⁷² spreekt duidelijk over dijkbreuken en overstromingen in de omgeving van Zwolle en Kampen en ook van Egmond en Crous geven daarbij aan dat ook andere plaatsen in de regio, zonder deze met naam te noemen, last van het water gehad hebben. Volgens de hoogwater registers van Zwolle was de Kamperzeedijk op twee plaatsen doorgebroken.⁷³ Er is iets meer gebeurd dan op basis van berichten herleid kan worden. Hieronder volgt dan ook een hypothetische beschouwing over de overstromingsschade zoals deze in 1717 plaats gevonden kan hebben. Waarschijnlijk is de schade groter geweest dan hier aangegeven wordt, maar dat is volstrekt

onduidelijk.

De bodemkaart laat duidelijk de geschiedenis zien van de IJssel/Vecht delta. De buitendijkse polders met zomerkades op het Kampereiland zijn overwegend geel en groen. Dit zijn gebieden waar bij elke overstroming nieuwe lagen klei en zand afgezet zijn en wat de bodem als zodanig ook verbeterd heeft ten gunste van het boerenbedrijf. Mastenbroek, blauwe tinten, overstroomde minder vaak en hier ligt het veen nog aan de oppervlakte. Het veen bestaat voornamelijk uit rietzeggeveen of zeggerietveen. Na omdijking in de 14^e eeuw werd een deel van de polder sedert halverwege de tweede helft van de 17^e eeuw voor de duur van twee eeuwen verveen (paars). Dit geschiedde in de Koekoek welke daardoor tegenwoordig ongeveer 2 meter lager ligt dan de rest van Mastenbroek. Nadat de vervening in de loop van de 19^e eeuw beëindigd werd vestigden zich ook hier enkele boeren, wat op de bodemkaart af te leiden valt door de opgebrachte toemaak.⁷⁴ Toemaak komt in de rest van Mastenbroek niet voor. Tot ver in de 19^e eeuw waren daar volgens Staring vooral weiden

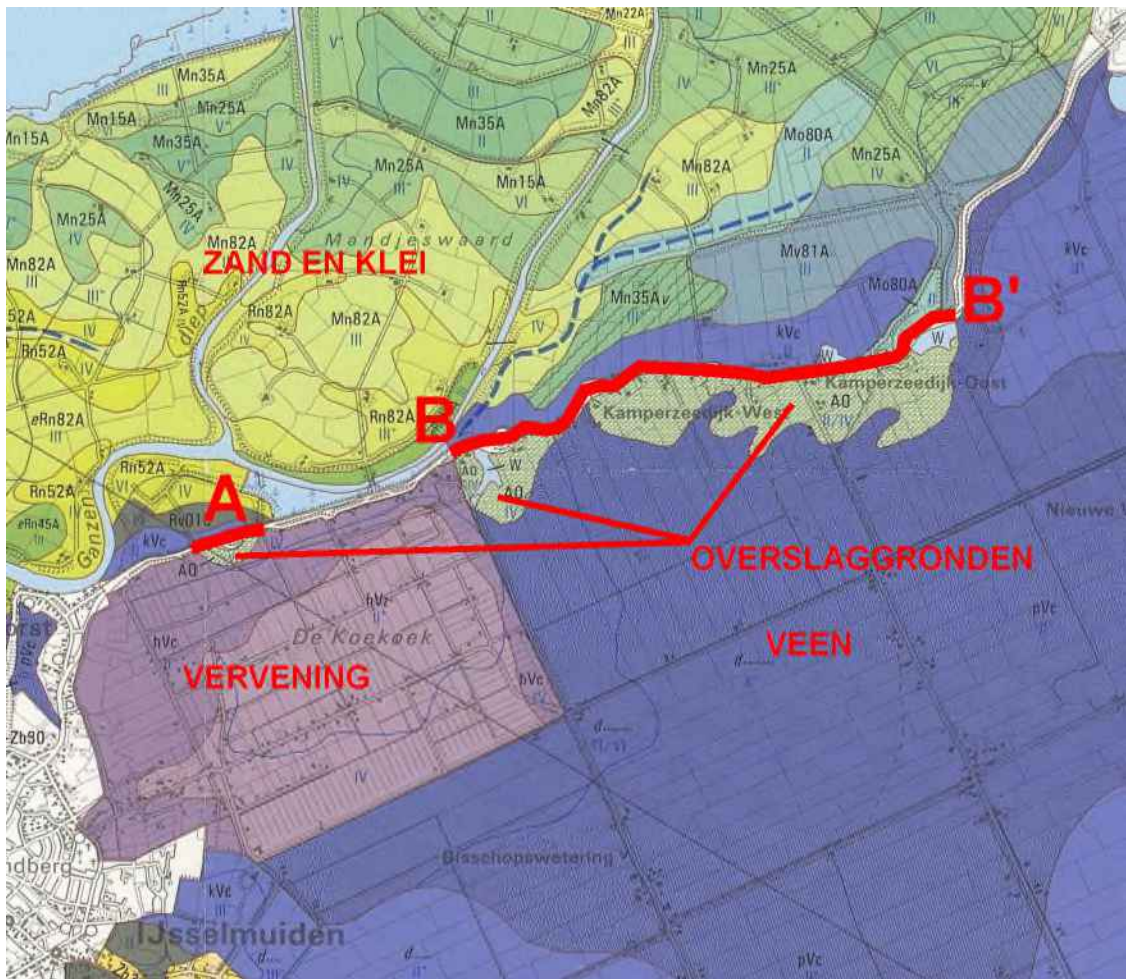


Fig. 22; Omgeving van de doorbraak gevoelige trajecten van de Kamperzeedijk van Polder Mastenbroek. (Kaartfragment van de bodemkaart van Nederland/European Soil Data Centre (ESDAC)).

met veel zeggens en russen. Gebieden waar de zeedijk van Mastenbroek (Kamperzeedijk) vaak doorbrak zijn te herkennen aan de zogenaamde overslaggronden. Dit zijn afzettingen aangebracht tijdens dijkdoorbraken of overslag van water over de dijk. De overslaggronden worden aangetroffen achter de dijk in het verlengde van het Ganzediep bij de De Koekoek (A) en halverwege de dijk tussen De Koekoek en Genemuiden (Nieuwe gemaal/Oude stoomgemaal - traject B-B'). Achter dit stuk dijk liggen nog 7 doorbraakwielen. De gronden in het verveningsgebied De Koekoek liggen op ongeveer -2,5 m +NAP en achter het traject B-B' loopt parallel aan de dijk het geleidelijk op van -2 m naar -1 m +NAP. Het zal niet verbazen dat bij een dijkdoorbraak als eerste de net zuidelijk van het doorbraakgebied B-B' gelegen diepere verveningsgebied De Koekoek onderliep. Bij veel stormvloeden overspoelde het Kampereiland met grote regelmaat had Mastenbroek ook met dijkbreuken te maken. De eigenaren/bestuurders van de polders in de delta stelden kennelijk geen belang in een afdoende kustverdediging.

Sommige grondeigenaren van Mastenbroek lagen zelfs structureel dwars bij elke discussie over dijkverbeteringen. Die discussie over dijkverbetering duurde voort tot het gereedkomen van de afsluitdijk in de jaren dertig van de 20^e eeuw, waarmee men daarna meende dat het probleem als vanzelf opgelost was. Waren de eigenaren alleen op pacht uit en kon het hen niet schelen dat de polders geregeld onder water liepen, mensen en vee verdrongen bij rampen? De arme boeren waren bij het bestuur niet betrokken en hun belangen werden zelfs genegeerd. Ze moesten er maar mee leren leven. Soms sloegen de steden Zwolle en Kampen zelf bressen in de dijken om bij hoog water hun eigen voeten droog te houden.⁷⁵ Op de kaart van J. de Lat is zelfs de stadswade van Zwolle in de dijk aangegeven. Een arrogante houding ten aanzien van de inwoners van de polders.

Wat er in 1717 gebeurd is valt moeilijk te achterhalen. Er zijn meldingen bekend van dijkdoorbraken tijdens deze Kerstvloed, maar net als van andere dijkdoorbraken in Mastenbroek is

van vervolgschade weinig bekend. Ook over slachtoffers of verdrinken vee is niets bekend bij dijkdoorbraken tot aan de stormvloed van 1825. Zoals hierboven al is opgemerkt: leer er maar mee te leven. Toch was het wel gebruikelijk om tijdens gevaarlijk hoog water en dijkdoorbraken de bewoners met kanonschoten te waarschuwen.⁷⁶ Voor zover er sprake geweest is van overstromingen bij dijkbreuk gaan we ervan De regio rondom Kampen, zoals de polders Haatland, Dronthen en Broek en Maten werden sedert 1596/97 slechts beschermd met zomerkades en nog in 1771 is een deel van de zomerkade geslecht om dienst te doen als overlaat bij hoog water. Bevloeiing door hoog water in de winterperiode werd niet bezwaarlijk gevonden, men kende er zelfs een vorm bemesting aan toe.⁷⁷ Het stond met elke stormvloed onder water en is daarom ook op de kaart als overspoeld aangemerkt.

Juist ten zuidoosten van dit gebied lag een op de grens met het Kamperveen een slaperdijk. Hoewel het Kamperveen regelmatig bij stormvloeden overstroomd geweest is, nemen we aan dat de stormvloed niet lang genoeg duurde om bressen in de zeewering tussen Elburg en Zwolle te slaan en dat het Kamperveen, net als grote delen van

uit dat op het hoogtepunt van hoogwater rond 8 h in de ochtend er een afwaaiing optrad waardoor ook het hoogwater begon te dalen en daardoor ernstige overstroming van Mastenbroek belette. We gaan ervan uit dat de laagste delen van Mastenbroek, de regio rond de Koekoek, ten minste dras stonden over een gebied tot de 1 m -NAP hoogtelijn.

Mastenbroek, geen noemenswaardige schade opgelopen heeft en dus niet overstroomd geweest is.

Urk behoorde tot 1950 tot de provincie Noord Holland, maar we behandelen Urk, samen met Schokland bij deze kaart van Overijssel. Urk ligt hoog, tot ongeveer 7 à 8 m. Stormvloeden bezorgden daarbij nauwelijks overlast. Schokland ten slotte is een verhaal apart. Het lag slechts op een hoogte van rond 1 m en werd regelmatig overspoeld. Ook werd het eiland bij bijkans elke flinke storm of stormvloed steeds kleiner. In 1717 was het eiland nog bewoond, maar in 1859 werd besloten de laatste bewoners te evacueren vanwege het blijvende gevaar van overspoelingen en het steeds kleiner worden van het eiland. Gezien de waterstanden van ten minste 1,5 m +MV in 1717 moet ook Schokland overspoeld geweest zijn.

4.6 GELDERLAND

Kaart: Gueldre Hollandois

Auteur: S. Sanson

Atelier: P. Mortier, Amsterdam/Parijs.

Jaar van uitgave: 1708

Grote delen van de Gelderse kust waren onbedijkt en met name de kustvlakte tussen de Arkemheense Polder en Doornspijk waren daardoor gevoelig voor hoog water en overspoelingen (zie: § 2.5.3.2.2 *Gelderse Zuiderzeekust*). Verwacht mag worden dat de Zuiderzee ten daar minste 2 tot 5 km het land is binnen gedrongen.

De situatie voor het Gelderse deel van het Kamperveen zal niet anders geweest zijn dan in Overijssel.

Voor de Arkemheense Polder ligt dat wat anders. Westelijk grenst de Arkemheense Polder aan de Polder Bunschoten ter Veen. Tussen beiden ligt de Laak. Deze afwateringsgracht is al in de vroege 13^e eeuw gegraven in een kreek die daar lag.⁷⁸ Tegenwoordig ligt de stroombedding boven

het maaiveld. Het is een relict uit de tijd van de verveningen, welke in de vroege 18^e eeuw allang afgerond waren. Het land had al een paar eeuwen een agrarische bestemming. De Laak is ook tegenwoordig nog steeds voorzien van kades van ongeveer 1 m hoog ten opzichte van het maaiveld. De Arkemheense Polder kon op twee manieren overstroomd: bij directe doorbraak van de Arkemheense zeedijk of door overloop van de Laakkades vanuit het westen via de Bunschoter polders. De Bunschoter polders stonden bij een stormvloed van ten minste 1,5 m + Volzee al onder water. Dan was het eerder regel dan uitzondering dat ook ten minste de lage dun bevolkte delen van de Arkemheense Polder overstroomde, soms zelfs tot aan of in Nijkerk.

4.7 UTRECHT

Kaart: Tabula nova provinciae Ultrajectinae.

Auteur: N.I. Visser.

Atelier: P. Schenk jr, Amsterdam.

Jaar van uitgave: 2^e kwart 18^e eeuw.

In de provincie Utrecht viel de schade mee, vooral omdat het met name overspoelingen betroffen van bekade polders. De Eem was een

echte getijden rivier en het opkomende Zuiderzee water kon zonder veel moeite Amersfoort bereiken.

Aan Bunschoter zijde van de Eem braken de dijken van de Bunschoter polder ter Veld (Eemoever) en de Veendijk (zeewering) van de Bunschoter polder ter Veen. Bij Coelhorst, nabij Amersfoort ging het ook fout. Getuigen hebben het over ongemeen snel opkomend water dat men dacht dat het *"totaal verderf op handen was"*, maar men wist zich nog net in veiligheid te brengen. Het vee kon ook maar ternauwernood op hogere grond gebracht worden. Doch de pachter van het erf De Wetering te Bunschoten ter Veld, wie ook met zijn vee had moeten vluchten, was zo *"verschrikt dat [hij] op sterven lag."*⁷⁹ Één van de grotere dorpen binnen de Bunschoter polders was Bunschoten. Van oudsher ligt deze plaats op een oude zandbult en het was eertijds midden in het onontgonnen veen een eiland wat ook al reeds vroeg in de Middeleeuwen bewoond was. Vanwege de hogere ligging liep Bunschoten niet bij elke stormvloed onder, zoals in 1862 en 1863. Wel waren bij deze stormvloeden aan de oostelijke Eemzijde de Bunschoter polders en ook het Gelderse Arkemheen overstroomd.⁸⁰ Omdat er ook geen meldingen bestaan van enig wateroverlast te Bunschoten gaan we ervan uit dat ook in 1717 Bunschoten niet was overstroomd.⁸¹

De linkeroever bestond voor een groot deel uit een zomerkade welke in 1613/1614 is aangelegd bij de verbetering van de Eem en ook dienst deed als jaagpad. Daarmee konden schepen van en naar Amersfoort gesleept worden.⁸²

De zeedijk langs de linkeroever van de Eem lag verder naar het westen bij Eemnes. Deze dijk, de Hoge, Dorps of Wakkere dijk, liep in rechte lijn van noord naar zuid over Eemnes Buitendijks en Eemnes Binnendijks. Deze Dorpsdijk van Eemnes kon met moeite behouden worden.⁸³

De polders aan de westelijke zijde van de Dorpsdijk waren de polders te Veen en aan de

oostelijke zijde lagen de buitendijkse polders te Veld, De Vennen, de Maatpolder en de Bekaaide Uiterdijken. De kades waren ongeveer 1,5 m hoog en bij stormvloedstanden hoger dan 1,5 m + Volzee liepen de buitendijkse polders al snel onder water met uit de Zuiderzee. Bezwaarlijk was dit niet, want de buitendijkse polders waren vrijwel uitsluitend in gebruik als hooilanden. Goed beschouwd waren deze polders een vorm van uiterwaarden.⁸⁴ Tussen de Maatpolder en Bekaaide Uiterwaarden en de aangrenzende polders te Veld lag de Zomderkade. Dat deze Zomderkade vaak is doorgebroken is heden ten dage nog te zien aan de vele wielen die er liggen.

Blijkens oude overstromingskaarten was ook de westelijke oever van de Eem van Baarn tot Amersfoort bij alle hoge stormvloeden overstroomd tot aan de Soestdijk. Baarn zelf bleef vaak net buiten schot. Ook van deze plaats zijn geen gegevens bekend betreffende de Kerstvloed in 1717.⁸⁵

De Eem was een getijdenrivier waarmee Amersfoort een open verbinding had met de Zuiderzee en bij stormvloeden kon het opdringende water soms tot enkele meters boven het normale peil oplopen.. Vaak hadden de Kortegracht, Langegracht, De Koppel, Smallepad, Schimmelpenninckstraat, Spui, de Singels en het Havik bij stormvloeden wateroverlast.⁸⁶ Bij de Koppelpoort zijn te Amersfoort in de 19^e en vroeg 20^e eeuw de waterstanden geregistreerd. De hoogst bekende stand te Amersfoort werd tijdens de stormvloed van 1916 op 14 januari gemeten, toen het water tot 2,60 m hoog kwam. In 1825 reikte het peil met de stormvloed van 4 en 5 februari tot 2,22 m. Te Eembrugge 3,18 m respectievelijk 2,59 m.⁸⁷ De geschatte waterstand in 1717 bedroeg bij Eemnes ongeveer 2,6 m (§ 2.5.3.2.3 *Eemmondig*).

4.8 NOORD HOLLAND

Kaart: 'T Hoogh-Heemraetschap van de uytwaterende sluysen in Kennemerlant ende West-Frieslant.

Auteur: J. Dou.

Atelier: A. de Leth, Amsterdam.

Jaar van uitgave: 1729.

De zeedijken in Noord Holland in de omgeving van Het Y waren 2,67 m (9 vt 5 duim; Amsterdams)⁸⁸ hoog. Deze hoogte is aangegeven door merkpelen op zogenaamde Huddestenen (naar de naam van de Burgemeester van Amsterdam die deze stenen liet plaatsen). De stenen gaven de voorgescreven hoogte van de zeedijken aan met de inscriptie: "ZEE DIJKS HOOGHTE ZYNDE, NEGEN VOET VYF DUYM BOVEN STADTSPEYL".

Dijkdoorbraken en overstromingen volgden in de

regio van Het Y pas in de loop van Eerste Kerstdag. In het noordelijke kustgebied was de noordwesten wind al gaan luwen op Eerste Kerstdag, maar in het Zuiderzee gebied begon de storm eerst tijdelijk naar west te krimpen om vervolgens te ruimen naar noord of noordoost ten gevolge van een kleine randstoring die vanaf de Noordzee naar het zuidoosten van het land wegtrok. Het door de storm in de Kerstnacht gestuwde en opgewaaide water in de oostelijke delen van de Zuiderzee werd nu met deze noordooster in de richting van Het Y verplaatst.

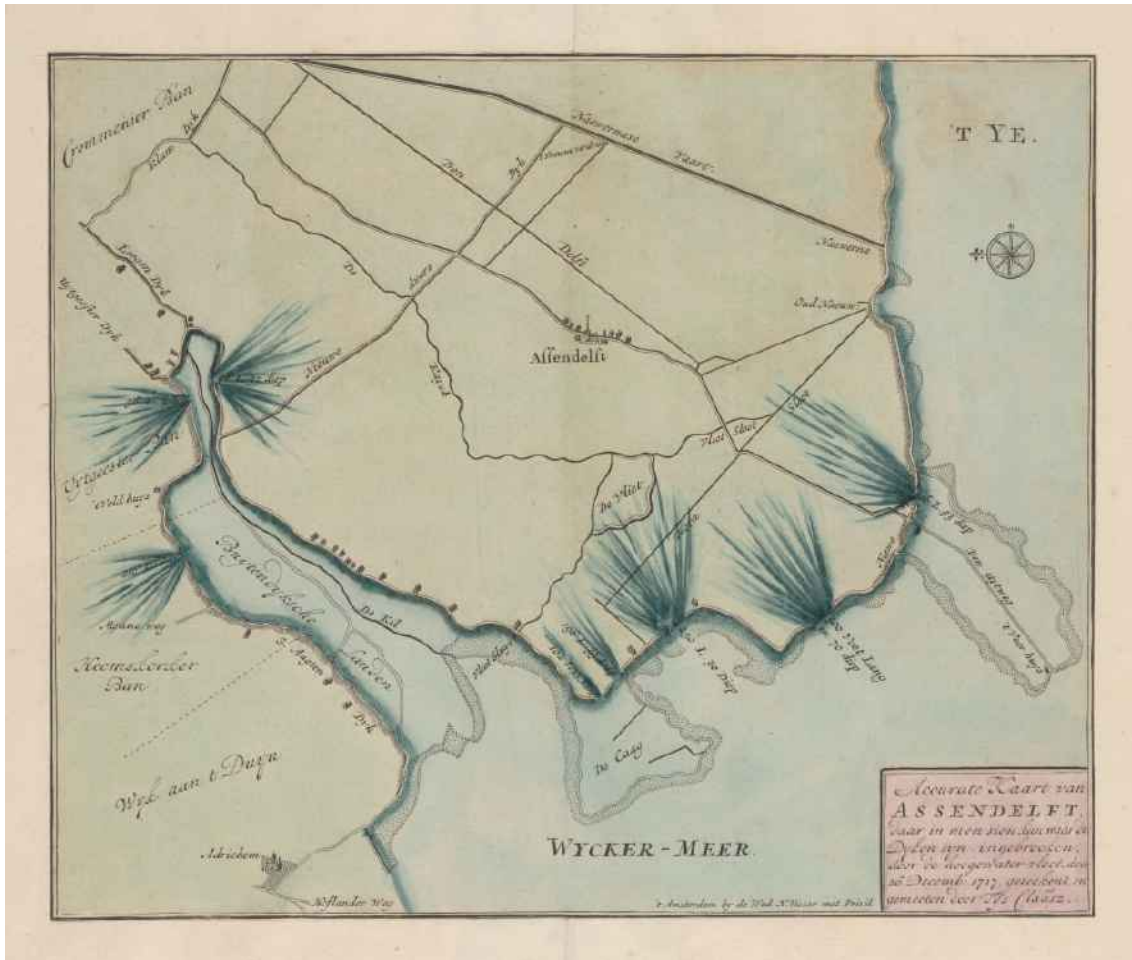


Fig. 23; Kaart met aangegeven dijkdoorbraken aan het Wijkmeer, waardoor grote delen van Noord-Holland boven Het Y overstroomde. (Atlas der Neederlanden/UvA)

Al in de ochtend van Eerste Kerstdag liepen de buitendijkse regio's in Het Y onder en liep het water ook de buitendijkse delen van Amsterdam binnen. Bij verdere opwaaiing in westelijke richting zocht het water zich over de dijken ook een weg naar het zuidelijke deel van Kennemerland en het water kwam tot in Haarlem.

Het noordelijke deel van Kennemerland is door de stormvloed deels overstromd door dijkdoorbraken in het Wijkmeer gedurende de middag van Eerste Kerstdag en nachtelijke uren van 26 december. Volgens een verslag in Europese Mercurius overstromden in de buurt van Alkmaar verder verschillende dorpen en stond het water tot in Alkmaar. Het water moet daarbij uit het zuiden gekomen zijn, want de noordelijke polders Zype⁸⁹ en Wieringerwaard waren niet overstromd. Wel hadden o.a. Medemblik, Enkhuizen en Hoorn last van het hoge water. Te Enkhuizen ging ook een pakhuis verloren en bij Hoorn kon de zeedijk met moeite behouden worden⁹⁰. Maar de ringdijk van West-Friesland had het gehouden. Vergelijking met topografie van ondermeer het Actueel

Hoogtebestand Nederland (AHN) leert dat bij een doorbraak van de Wijkmeerdijken het Kennemerland tussen de Beemster en Kennemer geestgronden (Castricum - Limmen - Heiloo - Alkmaar) overstromd geweest moeten zijn: zijnde het pad wat het water heeft moeten volgen om bij Alkmaar te komen. De Beemster was niet overstromd en de geestgronden vormden een natuurlijke verhoging bestaande uit een zandlichaam van stuifduinen uit omstreeks de 10^e eeuw. Op een kaartje met een pelgrimroute uit 1704 staan deze geestgronden als korenvelden (core landen) ingetekend omgeven door vochtige weide. Landbouw in met name granen is alleen mogelijk is bij lage grondwaterstanden, dus op deze hoger gelegen geestgronden. We beschouwen deze oude stuifduinrug dan ook als natuurlijke westelijk begrenzing van het overstromingsgebied in het noordelijk deel van het Kennemerland, welke volgens het AHN tegenwoordig ongeveer 2 meter hoger ligt dan zijn omgeving.

De Zaanstreek en Waterland zijn overstromd door doorbraken van de Assendelfer dijk. De Zuiderzeedijken van Waterland schijnen niet doorgebroken te zijn, alhoewel de situatie bij



Fig. 24; De kerktoeren van Egmond aan Zee kwam in 1717 door kustafslag op het strand te staan. In de inzet rechtsboven, plattegrond van Egmond aan Zee in 1886 en de situatie 1719 na kustversterking met rijswerken. Geheel onder de kerktoeren aan het strand. (Johannes Rollerus/Atlas der Neederlanden/UvA).

Durgerdam precair was en de dijken nabij Edam en Monnickendam overliepen.

Wat eerder gezegd is over de wetlands in Zeeland, geldt ook voor bijvoorbeeld Koegras. Dit gebied met grote, deels begroeide, zandplaten en stuifduinen stond ook regelmatig bij springtij of stormvloed onder water. Er is daarbij, voor de zover dat op de kaart aangegeven is, onderscheid gemaakt met waardgronden oostelijk grenzend aan Koegras. Net als bij wadden is daarbij aangenomen dat deze bij vloed normaal gesproken onder water staan. Deze zijn dus niet als wetlands aangemerkt.

Diverse verslagen melden dijkschade of breuk in de omgeving van Den Helder. Mogelijk wordt hier de Zanddijk bedoeld gelegen tussen Petten en Callantsoog, destijds gelegen achter een breed strand op de plaats van de huidige Hondsbossche zeevering ter hoogte van Zype. Een authentiek verslag van Gysbert Boomkamp in 1741 beschrijft de teloorgang van kerktoeren van Egmond aan Zee ten gevolge van

stormvloeden, in bijzonder die van 1717 en 1741. Hij beschrijft daarin dat de opdringende zee de kerktoeren bij verschillende stormvloeden behoorlijk had ondermijnd met flinke scheuren in de toren. De scheuren bevonden zich aan de noord- en zuidzijde van de 4 voet (~1,2 m) dikke torenmuren en liepen van boven naar beneden. Met de storm die hier om 2 h in de nacht van 25 december begon vond verdere kustafslag plaats en kwam de kerktoeren aan het strand te staan en werden ook de funderingen ondermijnd, zodanig dat de kerkers en gewelven onder de toren bloot kwamen te liggen. De toren werd daardoor nog instabieler en ondanks herstelwerkzaamheden ging de toren bij de stormvloed van 24 november 1741 alsnog ten onder.⁹¹

Volgens een kaart van Egmond aan Zee van P. Schenk uit 1719 bevond de kerktoeren te Egmond aan Zee in 1686 op 30 Hondsbossche roeden (~102 m)⁹² van het strand, in 1714 al was dit door afslag al afgenomen tot 10 roeden (~34 m) en ten gevolge van de stormvloed van 1717 nog

eiland ten onder aan de stormvloed. Beide polders hadden al geruime tijd last van dijkdoorbraken in 1717. Al eerder dat jaar, op 4 januari en 1 september in hetzelfde jaar, stond de polder tijdens stormweer ook al blank door dijkbreuken en de schade was rond Kerstmis nog niet geheel hersteld⁹⁴

Op het Eiland van Dordrecht stonden alle omringende wetlands onder water en braken de dijken van de Aloysen of Bovenpolder en de Zuidpolder van Dubbeldam op een drietal plaatsen door. De dijk in de Aloysen of Bovenpolder aan de rand van het Eiland van Dordrecht brak in 1715 ook al op twee plaatsen.⁹⁵

Door hoog stormvloedwater moet ook oostelijk van het Eiland van Dordrecht moeten ook alle wetlands in de gehele Biesbosch tot aan ten minste de westelijke dijken van het Land van Altena onder water gestaan hebben. Maar de situatie nabij Geertruidenberg is onduidelijk. Het Brabantse Geertruidenberg kwam bij het ontstaan van de Biesbosch tijdens diverse stormvloeden in de 15^e eeuw aan de zuidelijke oever de Biesbosch te liggen⁹⁶. De Donge mondde bij Geertruidenberg uit in de Biesbosch. Gelijk achter de monding van de Donge bevond zich een krekengebied. Maar hoeverre deze ook overspoeld is geweest, viel tot op heden niet na te gaan. Alleen Hekelius⁹⁷ meldt terloops dat ook in Brabant grote stormvloed schade was. Details worden niet gegeven en deze beperkte

informatie is onvoldoende om de omvang vast te kunnen stellen. Nog in 1953 kwam het water in Brabant tot aan Waalwijk, maar wat er in 1717 gebeurd is, is verder volstrekt onduidelijk.

Te Rotterdam stond het water ook in straten en in de regio Vlaardingen - Maassluis zou een polder zijn overstromd.⁹⁸ Voor Rotterdam is dat niet verwonderlijk. De zeedijk liep dwars door stad over de Hoogstraat, Korte Hoogstraat en Schiedamse dijk. Deze dijk was de scheiding tussen de havens en de stad. Dit mag als indicatie worden beschouwd dat ook in de Maasmonding de buitendijkse regio's en wellicht bekade polders onder water stonden. Oude Heemraadschapskaarten van Schieland en Delfland laten zien er veel polders met dergelijke zomerkades tussen de zeedijk en de rivieroever aanwezig waren. De melding dat er nabij Vlaardingen - Maassluis een polder zou zijn overstromd kon niet bevestigd worden door het Heemraadschap Delfland. Er zijn in het oud archief van het Heemraadschap over 1717/1718 geen archiefstukken aanwezig welke verhalen over schade en herstel aan dijken of polders. We gaan er derhalve voorlopig vanuit dat de buitendijkse polders omgeven door zomerdijken of kades geweest zijn die waren ondergelopen, niet alleen door opzet door de stormvloed, maar ook door hoge waterstanden in rivieren (opperwater) door gedurende regens in de gehele maand december 1717. Dit opperwater kon niet weg door de opzet veroorzaakt door de stormvloed.

4.10 ZEELAND

Kaart: Zelandia Comitatus novissima tabula delineata.

Auteur: N.I. Visser.

Atelier: Ottens en Zn, Amsterdam.

Jaar van uitgave: Bijgewerkte heruitgave uit ~1720.

Dat Zeeland er zo gunstig vanaf kwam had vooral te maken dat de hoofdmacht van de stormvloed zich richtte op het gehele Waddengebied van Noord-Holland tot aan Schleswig. Er was wel sprake van een flinke verhoging van de waterstand welke in ondermeer tot in Antwerpen de kades onder water zetten en de Polder van Namen ten noordwesten van het Verdrongen land van Seaftingen definitief verloren ging.⁹⁹ Uit mijn nieuwe analyses besproken in hoofdstuk 3 uit blijkt dat Zeeland vooral later op Eerste Kerstdag getroffen is en niet al in de Kerstnacht.

Op de kaart van het Graafschap Zeeland is te zien dat met name het oostelijk deel Zeeuws Vlaanderen uit vele kleine eilanden bestaat, gescheiden door wetlands. Aangenomen mag worden dat deze allen overspoeld geweest zijn door het hoge water, anders is het moeilijk te verklaren de Polder van Namen verloren ging.

De wetlands in het westen van Zeeuws Vlaanderen waren vanaf ongeveer 1650 bedijkt. Plaatsen als Sluis, Yzendijke, Oostburg hebben daarom niet geleden onder deze stormvloed. Polders rond Biervliet en Terneuzen waren al bedijkt, al lagen deze plaatsen wel op eilanden omgeven door wetlands.

Zuid-Beveland was in de 16^e eeuw al getroffen met een aantal zware stormvloeden waarbij vanaf 1530 bij opeenvolgende stormvloeden het Verdrongen land van Zuid-Beveland ontstond. Er is nooit een poging ondernomen om dit gebied opnieuw te omdijken. Er ontstond toen een groot gebied met wetlands.

De kaart suggereert een beetje een vals beeld. Er moet goed onderscheid gemaakt worden tussen de overspoelde buitendijkse regio's en overstromingen door dijkbreuk. Dit laatste is maar op een tweetal locaties het geschied.

4.11 NEDERLAND

Kaart: Provinces-Unies des Pays Bas

Auteur: A.H. Jaillot

Atelier: Chez Pierre Mortier, Parijs/Amsterdam

Jaar van uitgave: 1708

Deze kaart is een samenvattend overzicht van alle hierboven genoemde getroffen regio's. Het geeft in één opslag de totale omvang van de overspoelingen en overstromingen weer van de stormvloed tijdens de Kerstnacht en Eerste Kerstdag 1717. Grofweg geldt de schade oostelijk van de Zuiderzee voor de nacht en

vroege ochtend van 25 december bij de noordwester storm en de westelijke en zuidelijke delen van ons land bij de daarop volgende secundaire storm met op de Zuiderzee een noordooster wind en elders langs de Noordzeekust een noordwesten storm.

5 OPZET EN METHODIEK VAN DEZE STUDIE

De hydrologische omstandigheden in de Waddenzee en Zuiderzee en hun interactie met de Noordzee in relatie met het optredende weertype dragen bij in de kennis van de verwachte waterbalans tijdens deze stormvloed. Deze hydrologische beschrijving is met name gebaseerd op het onderzoek van de Staatscommissie Zuiderzee. Het beschrijft de dynamiek van zeestromingen in de open Zuiderzee en Waddenzee voor afsluiting van de Zuiderzee tot uit IJsselmeer in 1932. Dit eindrapport bevat onder meer een verslag van de hydrologische omstandigheden van de Zuiderzee en Waddenzee bij stormvloeden, bij een open Zuiderzee en de te verwachten verschillen bij een afgesloten Zuiderzee (IJsselmeer). Door de bevindingen van deze commissie te extrapoleren naar 1717 is gepoogd om de omstandigheden tijdens de Kerstvloed te beredeneren op basis van gedrag van andere stormvloeden, zeestromingen tijdens stormvloeden, opgetreden waterhoogten en tal van andere zaken. Hoewel elke stormvloed zich anders gedraagt en er geen enkele hetzelfde verloop heeft gehad, zijn er wel ook een groot aantal overeenkomsten tussen deze stormvloeden. Door de verschillen en overeenkomsten te wegen aan de stormvloed kan 1717 konden toch voorzichtige uitspraken gedaan worden voor de oostelijke en zuidelijke kusten van de Zuiderzee. Het bleek zelfs mogelijk om een ruwe schatting te maken van de waterhoogten in de Eem. De uitkomsten zijn in verrassend goede logische overeenstemming met die gemeten in Het Y te Amsterdam. Voor zover ik kan nagaan is nog niet eerder de hydrologie van Waddenzee en Zuiderzee, zoals gepresenteerd in dit rapport, meegewogen in studies over historische stormvloeden. Toepassing van de hydrologie voorziet duidelijk in aanvullende gezichtspunten daar waar contemporaine bronnen te kort schieten voor de Waddenregio en de open Zuiderzee.

Een ander punt waarvoor de hydrologische staat van de open Zuiderzee en Waddenzee van belang is, is de natuurkundige staat waarvan in 1717 geen kennis aanwezig was. De contemporaine bronnen missen bijvoorbeeld de natuurkundige achtergrond, kennis welke we tegenwoordig wel hebben. Onverklaarbare gebeurtenissen zijn met de huidige wetenschap goed uit te leggen. Gepoogd is om deze gebeurtenissen in dit rapport een juiste plaats te geven in de totale omvang van de ramp. De hydrologie van de Waddenzee en open Zuiderzee is dus met name van belang daar waar contemporaine bronnen te kort schieten in hun beschrijvende relaas. Dit betreffen met name

de economische zwakke of minder interessante gebieden. Bovenstaande overwegingen wogen zwaar mee in het bepalen van de zwaarte van de stormvloed en mate van overstromingen.

Maatschappelijke omstandigheden, met name contemporaine bronnen, spelen op de achtergrond wel mee, maar deze historische gegevens dienden hoofdzakelijk om een overzicht te krijgen in de zwaarte en omvang van de stormvloed. Toch hebben deze contemporaine bronnen een niet te onderschatten waarde. Immers deze beschrijven voor sommige regio's exact de schade ontstaan tijdens deze stormvloed. Maar gedurende het onderzoek aan deze storm bleek al gauw dat de bronnen vooral berichten over schade in economisch belangrijke regio's of als er aanzienlijke aantallen slachtoffers vielen. Zo bespreekt bijvoorbeeld de Europese Mercurius wel over schade en slachtoffers in Groningen, Friesland en overstromingen rond Amsterdam, maar komt de rest van het land er nogal bekaaid vanaf. Kampen en Zwolle worden in de kantlijn even aangehaald met de melding dat er veel landerijen onder water stonden, helaas niet welke. Stel nu bijvoorbeeld dat de IJssel/Vechtdelta de economische zwaarte van Amsterdam had en Noord Holland grotendeels onbewoond was, zou er dan zo uitvoerig over de overstromingen in Noord-Holland geschreven zijn. En was de rapportage over de IJssel-/Vechtdelta dan niet veel uitgebreider? Bij nader speurwerk bleek dan ook dat in de omgeving van Zwolle dijken braken en dito aan de Eem tussen Amersfoort en de Zuiderzee. De omvang van de ramp is groter dan de Europese Mercurius aangeeft. Om de omvang van de stormvloed ravage op de juiste wijze op de kaart aan te geven is het dus van belang om niet alleen de bekende ravage in te tekenen, maar ook om te proberen een inschatting te maken van de schade dáár waar niet of niet volledig over gerapporteerd is. Dit is met name het geval gebleken bij, zoals al aangegeven, de dun bevolkte en economisch minder belangrijke regio's. Zo werden polders zoals Mastenbroek en ook de Eempolders vooral bewoond door meest arme ploeterende en door landeigenaren uitgebuite boeren. De polders waren slechts beleggingen voor de landeigenaren. Waterstaat en bedijking was hier vaak pover en veelal onvoldoende en had ook niet de interesse van de grondbezitters, zij zagen dit als ongewenste kostenpost. De pachtinkomsten stonden voorop en hoe het hun pachters verging interesseerde hen niet. Als het geld maar binnenkwam. Eigenaardig te vernemen was ook de Zwolse arrogantie. De stad had ter bescherming van

hunzelf een stadswade in dijken van Mastenbroek die bij gevaarlijk hoog water in werking gesteld werd. Mastenbroek liep onder, jammer voor de boeren, maar de stad hield het droog. Dat was gebruikelijke staande praktijk. Ook Deventer bediende zich bij hoog opperwater in de IJssel hiervan.

Bovendien bleek dat de schade niet altijd correct benoemd is, zoals nabij Dordrecht en

Om dus de omvang van de totale ramp vast te stellen was het van belang om inzicht te krijgen in wat er nu werkelijk gebeurt is in alle regio's, ook die van economisch van minder belang. Er is daarom relatief veel aandacht besteed aan het aannemelijk maken van mogelijke schade in de

De Brit H. Lamb heeft in 1991 een studie gepubliceerd over stormvloed in het Noordzee gebied. In deze studie zijn van de Kerstvloed ook een aantal weerkaarten gemaakt op basis van data uit een bescheiden Europees netwerk van enkele verspreide weerstations. Samen met het werk van J. Buisman en het invoegen van enkele andere contemporaine bronnen konden de weerkaarten van Lamb verbeterd worden.

Tot slot is ook omvang van het overstromde land vaak lastig vast te stellen. De vraag die zich opdringt is hoe ver het water in staat geweest is het land binnen te dringen. Hoewel er 300 jaar

De keuze van de auteur was om de hydrologische regels op basis van stormvloed uit de 19^e en vroeg 20^e eeuw als één van de voornaamste leidraden te gebruiken. Contemporaine bronnen waren van belang om het weer en de omvang van de ramp in kaart te brengen, maar werden wel telkens getoetst aan de hydrologie van de open Zuiderzee, met vraag

Vlaardingen. Dat roept de vraag op wat er gebeurd is in de Vecht-/IJsseldelta te Overijssel, de Gelderse Zuiderzeekust en in de Eem. Immers de Zuiderzee bezit te weinig water om bij een stormvloed grote delen van Noord Holland rond het Y onder water te zetten. Waar kwam dat water vandaan? Ook hier bracht de hydrologische studie van de Staatscommissie Zuiderzee uitkomst.

wel voor de hand liggende, maar niet gerapporteerde in bijvoorbeeld de polder Mastenbroek, de Eempolders en de dunbevolkte Zuiderzee kust van Gelderland. Hier waren ook de resultaten van het onderzoek van de Staatscommissie Zuiderzee van grote waarde.

verschil is tussen de landschappen, kan wel vast gesteld worden dat grosso modo het oppervlakte reliëf niet wezenlijk gewijzigd is. Natuurlijk, door o.a. vervening, bodemdaling en zeespiegelstijging zal op sommige plaatsen tegenwoordig het land wat dieper liggen. Maar dit is niet zo dramatisch dat er meters verschil bestaat tussen 2017 en 1717. Ik heb mij hier bedient, naast verliesstaten, met data van het Actueel Hoogtebestand Nederland en de dijkkringrapporten Veiligheid Nederland in Kaart 2. Het VNK2 bespreekt per dijkkring de overstromings-risico's bij dijkbreuk.

kan dat wel? Daar waar contemporaine bronnen in gebreke bleven is de hydrologie leidend. Helaas laat dit niet altijd voldoende ruimte om de omvang van de overstromingen vast te stellen in dun bevolkte en agrarische regio's als contemporaine bronnen daar onvoldoende over berichten.

6 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Dit rapport probeert een overzicht te geven van de overstromingsschade tijdens de stormvloed van 25 december 1717, ook bekend als de Kerstvloed van 1717. In de nacht van 24 op 25 december braken in ons land met name de dijken van Groningen en noordoost Friesland en zette grote delen van beide provincies onder water. Ook aan kusten van de Zuiderzee hield deze storm flink huis. Met name voor de provincie Noord-Holland is de schade goed bekend. Echter hier veroorzaakt door een randstoring welke op 25 december 1717 over het land trok.

In het eerste hoofdstuk worden de randvoorwaarden beschreven welke van invloed zijn op stormvloed in het algemeen en de Kerstvloed van 1717 in het bijzonder. Aan bod komen de factoren welke van belang zijn voor stormvloed. Uitgebreid wordt ingegaan over de ligging, ontstaan en vorming van ons land, processen welke leiden tot stormvloed en wat we onder stormvloed kunnen verstaan. In hoeverre de veel van de genoemde processen een rol gespeeld hebben bij deze stormvloed is lastig na te gaan. Contemporaine bronnen spreken over een plotseling opkomend hoog water kort na middernacht van 24/25 december. In de voorgaande dagen werd met zuidelijke stormen al veel water van de zuidelijke Noordzee naar het noorden gestuwd en dit extra water arriveerde gelijk na de doorkomst van een koudefront uit het noordwesten aan de Nederlands-Duitse kust. De aard van deze vloedgolf is niet geheel duidelijk. Het kan een combinatie zijn van enkele besproken golven uit wind. Het plots opkomende hoog water zou evenwel ook een variant van een monstergolf kunnen zijn. Voor het front uit was de wind aanvankelijk zuidwest en werd het water naar het noordoosten gestuwd. Achter het front gelijk noordwester storm. De enorme watervloed achter dit front botste op het water voor het front uit, resulterende in het verrassend snel stijgen van het water.

De opgetreden waterstanden waren met ongeveer 4,45 m niet extreem hoog. Volgens huidige begrippen kan de storm tot een middelbare stormvloed gerekend worden.

De Maan stond in haar laatste kwartier en dood tij zou twee dagen later volgen. De Maan stond nabij haar gemiddelde afstand tot de Aarde. Met Volle Maan stond zij in haar perigeum op 19 december. De waterstanden zouden flink hoger uitgekomen zijn wanneer de stormvloed samenviel met Volle Maan enkele dagen eerder. Tijdens het onderzoek bleek ook al snel dat de contemporaine bronnen niet alle overstromingen meldden. Er is vooral bericht over schade in

economisch belangrijke regio's of daar waar veel slachtoffers te betreuren waren. Er moest daarom ook gekeken worden naar de hydrologie van de Zuiderzee en Waddenzee om in deze leemte te voorzien. Bij toepassing van de regels van de Staatscommissie Zuiderzee, gepubliceerd in 1926 en betrekking hebbende op de open Zuiderzee, bleek al gauw dat deze goed te extrapoleren waren naar 1717 en daarmee een welkome aanvulling waren om het gedrag van de storm beter te kunnen beschrijven.

De storm op Eerste Kerstdag zelf bestond uit twee verschillende stormvloed. De hoofdstorm, welke vooral het noorden van het land teisterde, liet ook de Kom van de Zuiderzee vollopen. Nadat deze storm zijn invloed op het weer verloor kwam ons land onder invloed van een tweede storm, welke vooral huishield in de Zuiderzee, de Hollandse kust en de Zeeuwse delta. Aan de kust van Overijssel en Gelderland moet een hoge opzet van water geweest zijn, daar ook de dijken van Mastenbroek in de IJssel/Vecht delta bezwaken zijn. Echter over overstromingen is niet meer bekend dat dat rond Kampen, Zwolle en andere steden zeer veel landerijen onder water stonden. Met dijkbreuken moet dit gevolgen gehad hebben. Er was vrijwel zeker niet alleen sprake van hoog opperwater en ondergelopen uiterwaarden. Dit moet wel verband houden met de opzet in de Zuiderzee. Het is dit verhoogde water wat op Eerste Kerstdag overdag met een diepe randstoring midden over het trekkend met water met een noordooster naar Het Y gestuwde. Daar braken daar dieper landinwaarts de dijken rond het Wijkermeer in de late middag en avond van 25 december. Zonder het gestuwde water van de vooraf gaande storm in de nacht van 24 op 25 december had de Zuiderzee onvoldoende watervolume om in Noord-Holland vrijwel geheel Waterland en grote delen van het Kennemerland onder water te zetten.

De vraag die gesteld kan worden hoever of het water bij dijken op deltagoogte in Groningen opgelopen zou zijn. Daar is geen antwoord op te geven. De meeste dijken waren rond de 3 tot 4 m hoog en de hoogst bekend waterstand bedroeg 4,45 m. Toen de dijken het begaven kon het water wegvloeien en steeg het ook niet verder. Het is daarom niet altijd even zinvol om het vloedniveau van 1717 te vergelijken met latere stormen en hogere dijken waarbij in de afgelopen jaren hogere vloedstanden bereikt werden. Wat we meten is in feite de mate van welvaart en waterstaatkundige kennis om hogere en betere dijken te kunnen bouwen.

BRONNEN EN LITERATUUR

1 STORMVLOEDEN

- Aken, H.M. van (1990):** Natuurkunde, in; P. de Wolf (red): De Noordzee. Zutphen.
- Beekman, A.A. (1948):** De wateren van Nederland. 's Gravenhage.
- Berendsen, H.J.A. (1997):** Fysische geografie van Nederland; Landschap in delen, overzicht van geofactoren. Assen.
- Buisman, J. (1995-2015):** Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen, dl 1-6. Franeker.
- Deltacommissie (1961):** Rapport Deltacommissie, dl 1 t/m 6. 's Gravenhage.
- Gelderen, J. van (2001):** Van Heuvelrug tot Duin. Nieuwegein.
- Heide, G. van der (1974):** De Zuiderzee; van land tot water en van water tot land. Haren.
- Heslinga, M.W. et-al (1985):** Nederland in kaarten. Ede/Antwerpen.
- IPCC (2013):** Climate change 2013 - The physical science basis. Cambridge/New York.
- Lorentz, H.A. et al (1926):** Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee. Den Haag.
- Meer, J. van der (2002):** Technisch rapport golfoploop en golfoverslag bij dijken. Delft.
- Mulder, E. de - et al (2003):** De ondergrond van Nederland. Groningen.
- Newig J. & H. Theede (2000):** Sturmflut. Hamburg 2000.
- Outhof, G. (1720):** Verhaal van alle hooge watervloeden. Amsterdam.
- Petersen, M & H. Rohde (1991):** Sturmflut - Die grossen Flutten an der Küsten Schleswig-Holsteins und in der Elbe. Neumunster.
- Poelman, J.N.B. (1966):** De bodem van Utrecht. Wageningen.
- RWS & KNMI (1961):** Verslag over de stormvloed van 1953. 's Gravenhage.
- RWS & KNMI (2006):** Stormvloedrapport 84 van 31 oktober en 1 november 2006. 's Gravenhage.
- Seeratt, T. van (1730):** Journaal van zeedijken, niet in druk uitgegeven
- Tollefson, J. (2006):** Trigger seen for Antarctic collapse, in Nature vol. 531, 562
- Volmuller, H.W.J. (1981):** Nijhoffs geschiedenislexicon Nederland en België. 's Gravenhage/Antwerpen.
- Vos, P. & S. de Vries (2013):** 2^e generatie palaeogeografische kaarten van Nederland (versie 2.0). Utrecht. Op 2017-01-29 gedownload van www.archeologieinnederland.nl
- Wemelsfelder, P.J. (1938):** Beknopte nota over de frequenties van stormvloeden. Den Haag,
- Wieringa, H. (red) (1983):** Waterstaat in Overijssel. Heino
- Zomer, J. (2016):** Middeleeuwse veenontginningen in het getijdenbekken van de Hunze, Een interdisciplinair landschapshistorisch onderzoek naar de paleogeografie, ontginning en waterhuishouding (ca 800-ca 1500). Groningen.

2 HYDROLOGIE

- Buisman, J. (2006-2015):** Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen, dl 5, 6, (7 in voorbereiding). Franeker.
- Gelders archief:** inv. 1940 Gecommitteerde Geërfden van Eemnes Binnendijks.
- Jaillot, A.H. (1693):** Carte des Entrees du Suyder Zee et de L'Emb. Paris.
- Jensen_1991_Stormfloder
- Lamb, H. (2005):** Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe. Cambridge.
- Loo, L.F. van (2008):** Stormvloeden, watersnood en kustafslag; in ZHB vol. 26, no 4, 15-19.
- Lorentz, H.A. et al (1926):** Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee. Den Haag.
- LSBG (2011):** Sturmflutschutz in Hamburg. Hamburg.
- Malde, J. van (2003):** Historische stormvloedstanden. Poeldijk.
- Mijnssen-Dutilh, M. (2007):** Amersfoort lag aan zee, Waterschapskroniek Vallei & Eem, dl 1. Utrecht.
- Mijnssen-Dutilh, M. (2011):** Een vallei vol water, Waterschapskroniek Vallei & Eem, dl 2. Utrecht.
- Outhof, G. (1720):** Verhaal van alle hooge watervloeden. Amsterdam.
- RWS (1916):** Verslag over den Stormvloed van 13-14 januari 1916. 's Gravenhage.
- RWS (1935):** Veranderingen in het zeegat van het Vlie en der aangrenzende Waddeneilanden Vlieland en Terschelling. Hoorn.
- RWS (2017):** Stormvloedflits 2017-07 van 28 en 29 oktober 2017. Lelystad.
- RWS & KNMI (2006):** Stormvloedrapport 84 van 31 oktober en 1 november 2006. 's Gravenhage.
- RWS & KNMI (2007):** Stormvloedrapport 88 van 9 november 2007. 's Gravenhage.
- Seeratt, T. van (1730):** Journaal van zeedijken, niet in druk uitgegeven.
- Veen, J. van (1940):** Is de heersende windrichting te Amsterdam sedert 1700 gekrompen, in: KNAG vol. 57; 686-706.
- Weijs, W. et al (2011):** Natuur & landschap van de Vechstreek, Zeist.
- Wolf, P. de - (red) (1990):** De Noordzee. Zutphen.

Vos, P. (2015): Compilation of the Holocene palaeogeographical maps of the Netherlands, in: Origin of the Dutch coastal landscape. Eelde.

3 ANALYSE VAN HET WEER IN DECEMBER 1717

Buisman, J. (2006): Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen, dl 5. Franeker.

Crous, A.E. (1719): Opregt en Nauwkeurig Historis-Verhaal Van de Verwonderenswaardige, Droevige, Schrikkelike en seer Schaadelijke Waaters-Vloed, Voorgevallen in de Provincie van Groningen en Ommelanden, Op Kersdag den 25. December Ao. 1717. Groningen.

Engelen, A.F.V. van en J.W. Nellestijn: The "Labrijn series" 1706-2000. Utrecht. Zie: <https://climexp.knmi.nl/data/ilabrijn.dat>, geraadpleegd op 31-07-2017.

Egmond, J. van (1718): Relas van de meeste ongelukken die er zijn geschied door de hooge watervloed december 1717. Amsterdam.

Geurts, H. (2006): Het oudste weerboekje van Nederland - De waarnemingen van Nicolaas Cruquius, Franeker.

Heimrich, H en A. Heimrich. (1819): Nordfresischen Chroniek. Hamburg.

Hekelius, J.C. (1719): Ausführliche und ordentliche Beschreibung Derer beyden erschrecklichen und fast nie erhörten Wasserfluthen In Ost-Friessland Und denen meisten an der Nord-See gelegenen Schönen Ländern, Davon die erste den 25. December 1717, und die andere den 25. Febr. 1718. obernannte Länder überschwemmet hat. Halle.

Kanold, J. (1717): Classis I - Von Witterungberichten; in: Anallium physico medirocum, vol 1; 363-375.

Lamb, H. (2005): Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe. Cambridge.

Malde, J. van (2003): Historische stormvloedstanden. Poeldijk.

Outhof, G. (1720): Verhaal van alle hooge watervloeden. Amsterdam.

RWS en KNMI (1961): Verslag over de stormvloed van 1953. 's Gravenhage.

Scheen J. (1977): Fregatten Lossens historie 1684-1717, in: Norsk Sjøfartsmuseum Årsberetning 1976, 41-110.

Seeratt, T. van (1730): Journaal van zeedijken. Groningen.

4 OMVANG VAN DE RAMP

Boomkamp, G. (1741): Tegenwoordige toestand van Egmond aan Zee. Haarlem.

Buisman, J. (2006): Duizend jaar weer, wind en water in de Lage Landen, dl 5. Franeker.

Europische Mercurius (1718): Negenentwintigste stuk - eerste deel: 39-47; 170-186.

Crous, A.E. (1719): Opregt en Nauwkeurig Historis-Verhaal Van de Verwonderenswaardige, Droevige, Schrikkelike en seer Schaadeliike Waaters-Vloed, Voorgevallen in de Provincie van Groningen en Ommelanden, Op Kersdag den 25. December Ao. 1717. Groningen.

Egmond, J. van (1718): Relas van de meeste ongelukken die er zijn geschied door de hooge watervloed december 1717. Amsterdam.

Gelders Archief, inv. 1939 en 1940 Gecommitteerde Geërfden van Eemnes Buitendijks/Binnendijks

Hagen, D. (2005): Die jämmerliche Flut von 1717: Untersuchungen zu einer Karte des frühen 18. Jahrhunderts. Oldenburg

Hekelius, J.C. (1719): Ausführliche und ordentliche Beschreibung Derer beyden erschrecklichen und fast nie erhärten Wasserfluthen In Ost-Friessland Und denen meisten an der Nord-See gelegenen Schönen Ländern, Davon die erste den 25. December 1717, und die andere den 25. Febr. 1718. obernannte Länder Überschwemmet hat. Halle.

Hezel, G. van (2016): Stormvloeden, terpen, dijken en landverlies in de kom van de Zuiderzee, op: <http://schoklanddoordeeeuwen.nl>.

Kanold, J. (1717): December MDCCCVII (classis I, II, IV), in: Anallium physico medirocum, 363-426.

Lamb, H. (2005): Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe. Cambridge.

Lang, A.W. (1963): Die Weihnachtsflut vom 25. Dezember 1717. Nordseeküste 7, Juist/Jever.

Loo, L.F. van (2008): Zype en het water, Stormvloeden, watersnoden en kustafslag; in ZHB 21; 15-19.

Meier, D. (2011): Die Schäden der Weihnachtsflut von 1717 an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins; in Die Küste 21; 259-292.

Mijnssen-Dutilh, M. (1992): Eemnes Binnen- en Buitendijks; in HKE, vol 14; 148-165.

Mijnssen-Dutilh, M. (2007): Amersfoort lag aan zee, Waterschapskroniek Vallei & Eem, dl 1. Utrecht.

Mijnssen-Dutilh, M. (2011): Een vallei vol water, Waterschapskroniek Vallei & Eem, dl 2. Utrecht.

Outhof, G. (1720): Verhaal van alle hooge watervloeden. Amsterdam.

RWS (1916): Verslag over den stormvloed van 13/14 januari 1916. 's Gravenhage.

Staring, W.C.H. (1847): De Nederlandsche wateren: eene voorlezing, gehouden voor de

Overijsselsche Vereeniging ter Bevordering van Provinciale Welvaart. Arnhem.

Volmuller, H.W.J. (1981): Nijhoffs geschiedenislexicon Nederland en België. 's Gravenhage/Antwerpen

Weijs, W. et al (2011): Natuur & landschap van de Vechstreek, Zeist.

Wieringa, H. (red) (1983): Waterstaat in Overijssel. Heino.

KAARTEN EN ATLASSEN

Anoniem (1704): 't Hylò-er ryskaartje.

Blaeu, J. (1648-1665): Grooten atlas dl 3 - Nederlanden. Amsterdam.

Blaeu, J. (1652): Tooneel der steden van de Vereenighde Nederlanden, met hare beschrijvingen. Amsterdam.

Cruquius, N. en J. (1712): Hoogheemraadschap van Delfland.

Dou, J. (1729): 'T Hoogh-Heemraetschap van de uytwaterende sluysen in Kennemerlant ende West-Friesland, Amsterdam.

Homann, J.B. (1718): Geographische Vorstellung der jämmerlichen Wasser-Flutt in Nieder-Teutschland [...]. Nürnberg.

Lat, J. de (1743): Transisalania provincia vulga Over-ijssel. Deventer.

RWS (1880): Waterstaatkaart blad 32-1 Amersfoort.

Stampioen, J. et al (1684): Het hooge heemreadtschap van Schieland. Rotterdam.

Staringcentrum (1990): Bodemkaart van Nederland - blad 12W. Wageningen.

Starckenburg, L.T. van en N.I. Visser (1^e helft 18^e eeuw): Groningiaë et Omlandæ dominium: vulgo de provincie van Stadt en Lande. Amsterdam.

Visser, N.I (ca 1720): Zelandia Comitatus novissima tabula delineata, Amsterdam.

Visser, N.I (2^e kwart 18^e eeuw): Delflandia, Schielandia et circumjacentus insluæ Voorna,

Visser, N.I (2^e kwart 18^e eeuw): Overflakea, Yselmonda. Amsterdam

Tabula nova provinciae Ultrajectinae, Amsterdam.

Vegelin van Clearbergen, J. (2^e/3^e kwart 18^e eeuw): Nieuwe kaart van Friesland. Amsterdam en Leeuwarden.

Vries, M. de (ca 1720): De stat Dordrecht.

NOTEN

- ¹ Wemelsfelder (1938).
- ² Dit onderdeel is voornamelijk ontleend aan Berendsen (1997), Van Gelderen (2001), Mulder (2003), Weijs (2011) en Vos & de Vries (2013).
- ³ Mededeling Staatsbosbeheer Diemerbos.
- ⁴ De relatieve zeespiegel beweging (R) is de som van de absolute (of eustatische) zeespiegel beweging (E) en de verticale bodembeweging (daling of stijging) (B): $R=E+B$. De eustatische zeespiegel beweging wordt vooral door klimaatsfactoren bepaald. Tectonische activiteit en isostasie zijn factoren welke op de verticale bodembeweging van invloed zijn.
- ⁵ Tollefson, (2006).
- ⁶ Beekman (1948); pag: 30 en 35.
- ⁷ Vos (2013).
- ⁸ Er bestaat een formeel verschil tussen plassen en meren. Plassen zijn het restant van verveningen en veenmeren en zijn kleinere broer de veenpoelen, zijn van oorsprong altijd al aanwezig geweest in het landschap. Vergelijk bijvoorbeeld de Loosdrechtse plassen en het Haarlemmermeer. Het is wat de naam zegt.
- ⁹ Van der Heide (1974).
- ¹⁰ Zomer, (2016); pag: 280.
- ¹¹ Wieringa (1981); pag: 57
- ¹² Van Seeratt (1730); Toelichting bij fig. 11 en 12.
- ¹³ Op de kaart van Overijssel van J. de Lat uit 1743 staat nog duidelijk de stadswade van Zwolle in de dijken van Mastenbroek ingetekend.
- ¹⁴ Ontleend aan Wieringa (1983); pag: 15-18 en Mijnsen-Dutilh (2011); pag: 160.
- ¹⁵ Buisman (2006); dl 5. passim.
- ¹⁶ Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee (1926); pag: 67-68.
- ¹⁷ Petersen, M. & H. Rohde (1991); pag: 23-24.
- ¹⁸ Lorentz (1926); pag: 124 en Deltacommissie dl 2 (1961); pag: 188-193.
- ¹⁹ RWS & KNMI (1961); pag: 96-108.
- ²⁰ MET = Midden Europese Tijd - Tijdzones werden pas vanaf aan het eind van 19^e en begin van de 20^e eeuw ingevoerd. Gangbare tijd tot dan was de ZonneTijd (ZT), de plaatselijke lokale tijd voor wanneer de zon om 12 h in de middag in het zuiden staat en eventueel gecorrigeerd voor tijdsvereffening; de Middelbare ZonneTijd. De Middelbare ZonneTijd was al gangbaar voor astronomische tabellen (ook getijdentafels) en deze houden we daarom in dit hoofdstuk aan. Voor correctie van MET naar MZT moet er voor 7° OL (omgeving Nederlands-Duitse grens) 32 minuten afgetrokken worden. Omgerekend naar MZT was het op 25 december 1717 om 00:11 h (00:43 h MET) in de Dollard regio Laatste Kwartier.
- ²¹ Golfhoogten zijn met de "dike simulator" berekend: www.kennisbank-waterbouw.nl/Software/simulator.swf.
- ²² Deltacommissie (1961); dl 4, pag: 115-129.
- ²³ Zie onder meer: <https://wmo.asu.edu/content/World-Highest-Wave-Buoy> en <https://public.wmo.int/en/media/press-release/19-meter-wave-sets-new-record-highest-significant-wave-height-measured-buoy>
- ²⁴ RWS (1961);, pag: 72. De bijdrage voor het Coriolis effect bedroeg 1/3 tot 1/4 deel. De hier opgegeven Coriolis invloeden op de waterhoogten betreffen het gemiddelde hiervan.
- ²⁵ Voor het Coriolis effect op de Zuiderzee zie: Lorentz et al (1926); pag: 86-88, en voor de Vliestroom bijlage 6.
- ²⁶ Voor de stabiliteit van dijken en typen doorbraken kan men ten rade bij de dijkkringrapporten van "Veiligheid Nederland in Kaart" (VNK) versie 2. Rapport 6 beschrijft de overstromingsrisico's bij dijkdoorbraken aan de Waddenzee voor Friesland en Groningen: www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/programma'-projecten/veiligheid-nederland/ (stand 28 februari 2017).
- ²⁷ Van Seeratt (1730); Deze gegevens zijn herleid uit de samenvattende dijkprofielen, fig.:1 t/m 19.
- ²⁸ Van der Meer (2002); pag: 5.
- ²⁹ Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee (1926); pag: 252; van Aken (1990) en Newig & Theede (2000); pag: 18-29.
- ³⁰ Mijnsen-Dutilh (2011); pag: 96.
- ³¹ Het Amsterdams Peil (AP) is gelijkwaardig aan het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Bij het overbrengen van het AP naar andere peilstations in 1860 waren fouten gemaakt. Deze fouten bij die andere peilstations werden tussen 1885 en 1894 hersteld. Sindsdien spreekt men over Normaal Amsterdams Peil (NAP).
- ³² Lorentz et-al (1926); pag: 114-115.
- ³³ Ibidem, pag: 112. De periode van de tweedaagse tijbeweging bedraagt 12h25m, waarbij de golflengte tussen twee hoogwater toppen (of laagwater dalen) 280 tot 370 km bedraagt.
- ³⁴ IPCC (2013); pag: 217. Het IPCC heeft aanwijzingen dat bij een warmer wordend klimaat de depressies een noordelijker koers volgen en dat de depressies op gematigde breedten minder zwaar worden. Bij een afkoelend klimaat zou dan het tegenover gestelde moeten spelen dat juist in een kouder klimaat de depressies een zuidelijker koers volgen. Dit verklaart dan ook de waargenomen toegenomen zwaarte van stormvloeden in de 17^e en begin 18^e eeuw in de Zuiderzee. Dit effect kan te maken hebben met de grotere temperatuurgradiënten tussen de poolstreken en de evenaar gedurende de Kleine IJstijd. Juist bij een warmer klimaat neemt deze temperatuurgradiënt af en verzwakken de depressies op gematigde breedten.
- ³⁵ Buisman (2006); pag: 877-879.

NOTEN

- ³⁶ Mijnsen-Dutilh (2011); pag: 103 en 110.
- ³⁷ Lorentz et al (1926); pag: 260.
- ³⁸ Vos (2015); pag: 59-67.
- ³⁹ GAA inv. 335: Archief van het Stadswaterkantoor - Pell-registers met aantekening der windkracht en windrichting. Tevens aantekening van geschikte of ongeschikte molenwind. Achtereen notitiën van het sluiten en openen der waterkeringen 1700 - 1749.
- ⁴⁰ Lorentz et al (1926); pag: 44-46 en 126.
- ⁴¹ Volzee is de gemiddelde hoogwater vloedlijn op het strand, wordt soms ook wel aangeduid als Middelbare Vloed.
- ⁴² Historische opgaven over windkracht in Bf zijn niet volledig betrouwbaar. Voor Lichtschip Noordhinder bestaan deze voornamelijk uit schattingen van de waarnemers. Voor metingen waar wel instrumentale waarden van bekend zijn geldt daarboven dat de windkracht (Beaufort) - windsnelheid relatie diverse malen is herzien. De Staatscommissie Zuiderzee maakte gebruik van de destijds geldende Beaufort/windsnelheid schaal in Nederland. Deze week af van andere landen. De Britse schaal uit 1909 vormde de basis voor de latere internationaal gebruikte Beaufort schaal, die ook tegenwoordig op een kleine aanpassing na, geldig is. In dit overzicht zijn de oude waarnemingen zo goed als mogelijk omgezet naar de tegenwoordige Beaufort schaal.
- ⁴³ Lorentz et al (1926); pag: 49-53.
- ⁴⁴ RWS & KNMI; Stormvloedrapport 84 en 88.
- ⁴⁵ Van Loo (2008).
- ⁴⁶ Het Stadswaterkantoor meldt opnieuw een noordwesten wind. H. Lamb heeft in zijn beschrijvingen al aangetoond dat de gegeven windrichtingen niet erg betrouwbaar zijn. Om de dijken door te laten breken in het Wijkermeer moet er toch echt een noordoosten wind gestaan hebben.
- ⁴⁷ Mijnsen-Dutilh (2007-2011); passim en RWS (2016).
- ⁴⁸ Mijnsen-Dutilh probeert de dijkhoogtes van de Eemnesser Dorpsdijk te herleiden (pag. 111) en geeft ook enkele details over de waterhoogten van de stormvloed in 1775 (pag. 154). Rijnlandse voet = 31,4 cm, Rijnlandse duim = 2,61 cm; Utrechtse voet = 26,8 cm, Utrechtse duim = 2,68 cm.
- ⁴⁹ Gelders Archief; inv. 1939-1940.
- ⁵⁰ RWS (2017); Stormvloedflits 2017-07 van 28 en 29 oktober 2017.
- ⁵¹ De Labrijnreeks is door het KNMI in 1945 gepubliceerd en in 1996 uitgebreid door Van Engelen en Nellenstein. De reeks op internet, zie bronnen en literatuur, wordt tegenwoordig constant geactualiseerd.
- ⁵² Het Pan-Europese weerbeeld wordt beschreven in Kanold (1717); pag: 363-375. Voor met name het weer in het Noordzeegebied zie ook de Europese Mercurius, negenentwintigste stuk - eerste deel: 39-47 en 171-186. Verder ook Buisman, (2006); pag: 441-454 en Lamb (2005); pag:72-79
- ⁵³ De waarnemingen van Cruquius zijn in een bewerking van Geurts (2006) opnieuw uitgegeven.
- ⁵⁴ GAA inv. 335; Archief van het Stadswaterkantoor - Pell-registers met aantekening der windkracht en windrichting. Tevens aantekening van geschikte of ongeschikte molenwind. Achtereen notitiën van het sluiten en openen der waterkeringen 1700 - 1749.
- ⁵⁵ Van Seeratt (1730); pag: 21.
- ⁵⁶ De beschrijvingen zijn voornamelijk herleid uit het getuige verslag van predikant G. Outhof te Emden en gubliceerd zijn "Verhaal van alle hoge waterfloeden". De waterstanden te Groningen zijn volgens opgave van Malde (2003).
- ⁵⁷ Het Noorse schip verving in het Oslofjord kort na het opsteken van de storm. Zie Scheen (1977). Waterhoogten te Ribe volgens het stadarchief Ribe (tegenwoordig gelegen in de gemeente Esbjerg) te Denemarken. Dat het water door de straten van Gotenburg te Zweden liep wordt door diverse auteurs gemeld, waaronder Lamb en Buisman.
- ⁵⁸ Heimrich (1819); pag: 263.
- ⁵⁹ Europese Mercurius, negenentwintigste stuk - eerste deel: pag: 39-47 en Van Egmond (1718).
- ⁶⁰ Zie onder meer de verslagen in Crous (1719); pag: 83, Hekelius (1719); pag: 60.
- ⁶¹ Ontleend aan Hekelius (1719); pag: 97-102 Outhof (1720); pag: 794-799 en Heimrich (1819); pag: 292-297. Zie ook Buisman (2006); pag: 455-456.
- ⁶² Atlas der Neederlanden: <http://mapserver.fa.knaw.nl/atlas/>
- ⁶³ Wieringa (1983); pag: 48.
- ⁶⁴ Plaatsbepalingen vallen buiten het bestek van dit verslag, maar komt in het kort hier op neer: De bepaling van de breedte op de aardkloot kon al in de Grieks-Roemeinse tijd redelijk bepaald worden door de poolhoogte van de poolster te bepalen. De bepaling van de geografische lengte kon pas rond 1762 goed worden bepaald toen de chronometers nauwkeuriger werden. Uit het tijdsverschil tussen bijvoorbeeld de nul-meridiaan en locatie van de waarnemer kon door de zonshoogte om 12 hr 's middags vast te stellen de geografische lengte worden berekend.
- ⁶⁵ Zie Outhof (1720); pag: 641-644, Lang (1963) en Hagen (2007); pag: 13-14.
- ⁶⁶ Meier (2011).
- ⁶⁷ RWS (1916); Deze conclusies volgen de aanwijzingen op de kaart bij het stormvloedverslag.
- ⁶⁸ Outhof (1720); pag: 784-785.
- ⁶⁹ Groninger voet is 29,2 cm.
- ⁷⁰ Outhof (1720); pag: 654.
- ⁷¹ Crous (1719). passim.

NOTEN

⁷² Dijkdoorbraken en overstromingen nabij Zwolle en Kampen wordt o.a. gemeld door Van Egmond (1718); Outhof (1720); pag: 791; en Crous (1719); pag: 83. Alles echter zonder nadere details. Wieringa (1983); pag: 66 geeft aan dat de dijkdoorbraken aan de zeedijk van Mastenbroek plaatsgevonden hebben op een onbekende plaats.

⁷³ GAK AAZ01-348: Register van aantekeningen omtrent hoge waterstanden over de jaren 1651-1744. Het Zwols gemeente archief is overgebracht naar het Overijssels Historisch Centrum.

⁷⁴ Toemaak is een mengsel van stalmest, huisvuil, zand/klei en uit de sloot gehaalde modder die op het veen gestort werd om de kwaliteit van de grond te verbeteren.

⁷⁵ Wieringa (1983); pag: 41-68.

⁷⁶ Ibidem; pag: 53.

⁷⁷ Ibidem; pag: 46.

⁷⁸ Minssen-Dutilh (2007); pag: 44.

⁷⁹ Mijnsen-Dutilh (1992) en ibidem (2011); pag. 110 en 371.

⁸⁰ Mijnsen-Dutilh (2007); pag: 44 en ibidem (2011); fig: 103.

⁸¹ Mededeling van de Historische Vereniging Bunscoete.

⁸² Mijnsen-Dutilh (2007); pag: 203.

⁸³ Gelders Archief; inv. 1939 en 1940.

⁸⁴ Mijnsen-Dutilh (1992).

⁸⁵ Ibidem: kaart, Mijnsen-Dutilh (2011); fig: 103 en mededeling van de Historische Kring Baerne.

⁸⁶ Van Egmond (1718) maakt melding van water dat te Amersfoort door de straten liep. De opgave van straten welke bij hoge stormvloed altijd onder liepen zijn volgens opgave van het archief te Amersfoort.

⁸⁷ RWS (1916); tabel pag: 24-25.

⁸⁸ Amsterdamse voet is 28,31 cm, duim 2,573 cm.

⁸⁹ Van Loo (2008).

⁹⁰ Van Egmond (1718).

⁹¹ Wie een vrij recente kerkruiene met stormvloedschade wil bekijken kan terecht bij het Deense Højerup Gamle Kirke op Zeeland. Hier stortte door kustafslag na storm bij Stevns Klint op 28 maart 1928 het koor van de kryptklippen in zee.

⁹² Hondsbossche of Rijpse roede = 3,42 m.

⁹³ Weijs (2011); pag: 78.

⁹⁴ Mededeling Streekarchief Goeree-Overflakkee.

⁹⁵ De Vries (1702).

⁹⁶ Volmuller (1981); pag: 208.

⁹⁷ Hekelius (1719); pag: 55.

⁹⁸ Europese Mercurius (1718).

⁹⁹ Buisman (2006); pag: 448.



meteo maarssen