

Hoe vaak zo'n stormvloed?

door Prof. Dr. J. Hemelrijk.

Stichting Mathematisch Centrum.

Amsterdam.

1954

Hoe vaak zo'n stormvloed? <sup>1)</sup>

door Prof. Dr J. Hemelrijk

Het is duidelijk, dat de vraag naar de veelvuldigheid van het voorkomen van extreme stormvloeden één der centrale punten is bij het beschermen van laaggelegen land. Zonder antwoord op deze vraag is een afdoende bescherming niet mogelijk.

Nu is het echter in de regel zeer moeilijk na te gaan, hoe zeldzaam een zeldzaam verschijnsel is. Dit kan aan een voorbeeld worden toegelicht. Stel U de volgende situatie voor:

U wordt verzocht een rijnaak te bezichtigen, die geheel met erwten volgestort is. Zo op het oog mooie gladde ronde erwten. Uit deze schuit wordt U één schepje van ongeveer 100 erwten overhandigd en U bekijkt deze 100 erwten en vindt er enkele onder, die min of meer verschrompeld zijn en één ervan is zelfs helemaal uitgedroogd. Nu wordt U de vraag gesteld, hoe groot de fractie aan verschrompelde erwten in de hele rijnaak is.

In deze situatie bevindt men zich ongeveer — maar gelukkig niet helemaal, zoals wij verderop zullen zien — met het probleem van de hoge waterstanden aan de Nederlands kust. De gezonde ronde erwten stellen dan normale hoogste waterstanden in een jaar voor en de uitgedroogde hoge en zeer hoge, hoger naarmate zij meer uitgedroogd zijn. Alle erwten in de schuit tezamen stellen de hoogste jaarstanden gedurende verleden en toekomst voor, terwijl het schepje erwten, dat U ter hand wordt gesteld, de ongeveer 100 bekende hoogste jaarstanden van de laatste eeuw representeren

Het lijkt op het eerste gezicht ondoenlijk om uit een

1) Rapport S 129 (V 5) van de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum, Amsterdam.

*Illustratie afk. uit  
als is bij voor is  
in "erwten in st."*

*maakt de di. de  
erwten in de  
rijnaak te bezichtigen  
die geheel met erwten  
volgestort is. Zo op het  
oog mooie gladde ronde  
erwten. Uit deze schuit  
wordt U één schepje van  
ongeveer 100 erwten  
overhandigd en U bekijkt  
deze 100 erwten en vindt  
er enkele onder, die min  
of meer verschrompeld  
zijn en één ervan is zelfs  
helemaal uitgedroogd. Nu  
wordt U de vraag gesteld,  
hoe groot de fractie aan  
verschrompelde erwten  
in de hele rijnaak is.*

een dergelijk klein monster een waardevolle conclusie te trekken en enig pessimisme hierover is dan ook wel gerechtvaardigd. Om nl. nog even door te gaan in de bovenstaande vergelijking: U weet niet uit welke hoek van de schuit het schepje genomen is, U weet niet of de verdroogde erwten overal over de schuit verdeeld zijn of dat zij b.v. bovenin of onderin in grotere getale voorkomen dan elders, etc. Deze onzekerheden worden in het onderzoek der hoge waterstanden geïntroduceerd door de onbekendheid (zij het niet volledige onbekendheid) met factoren als bodemdaling, langzame klimatologische veranderingen e.d.; al weet men dan wel iets hierover voor het verleden, aan toekomstvoorspellingen in dit opzicht kan men zich moeilijker wagen. Men moet voor deze factoren wel volstaan met het aanbrengen van een veiligheidsmarge.

Een zelfs als wij van deze complicaties even afzien, is de toestand nog niet zeer rooskleurig. Zouden wij onderstellen, dat de opgeschepte erwten een zuiver representatief monster van de inhoud der hele schuit vormen (in andere terminologie een "aselecte steekproef" zou zijn), dan zouden wij, als wij alleen op het al of niet verschrompeld zijn van de erwten letten en de graad van verschrompeling buiten beschouwing lieben, nog slechts tot zeer grove conclusies in staat zijn. Dit is misschien het beste aan een numeriek voorbeeld duidelijk te maken.

*word verbeiden*  
Indien wij onder 100 erwten 1 verschrompelde aantreffen, zouden wij — met een redelijke graad van zekerheid, nl. met een betrouwbaarheid van 0,95 — kunnen concluderen, dat de onbekende fractie verschrompelde erwten in de schuit ligt tussen de waarden 0,00025 en 0,056; wij zouden dus niet eens kunnen concluderen, dat het er zeker wel minder dan één op de 20 zouden zijn. Op deze wijze zouden wij dus bij de stormvloed niet verder komen dan de wel zeer armzalige (en

zeker veel te zwakke) conclusie, dat stormvloed en als de hier beschouwde niet vaker dan gemiddeld eens <sup>in</sup> op de 18 jaar zullen voorkomen. Zelfs als wij zeker wisten, dat een dergelijke waterstand in de laatste 1000 jaar niet voorgekomen was, zouden wij op deze wijze de bovengrens voor het voorkomen nog slechts tot gemiddeld ongeveer ééns op de 200 jaar naar beneden kunnen halen. Daarbij is de complicatie, dat deze hoogte juist in (tot nu toe) het laatste waarnemingsjaar opgetreden is, buiten beschouwing gelaten. Zou men dit in de berekeningen betrekken, dan zou de uitkomst gunstiger worden. Daarbij doen zich echter nieuwe moeilijkheden voor die wij hier buiten beschouwing laten, daar de bespreking daarvan ons te ver zou voeren.

*De waarneming*

Wij kunnen ook methoden van andere aard gebruiken, indien wij nieuwe onderstellingen invoeren. Dit geschiedt vrijwel altijd bij dergelijke onderzoeken en de nieuwe onderstellingen hebben betrekking op de frequentieverdeling der individuele H.W.'s in plaats van op de hoogste jaarstanden. Zonder extra onderstellingen komen wij niet verder, omdat wij wel gedwongen zijn van extrapolatie-methoden gebruik te maken, daar de directe beschouwingswijze, die boven besproken is, geen voldoende resultaat geeft. Gelukkig is het waarnemingsmateriaal in dit opzicht niet ongunstig. Geeft men nl. de waterhoogte boven N.A.P. aan met  $h$ , en het gemiddelde aantal overschrijdingen van  $h$  met  $X(h)$ , dan blijkt  $\log X(h)$  voor niet te kleine  $h$  (en voor zoverre het waarnemingsmateriaal zich uitstrekt) ongeveer lineair met  $h$  samen te hangen <sup>2)</sup>, althans voor een aantal

*In huide indolantie*

*De herleidende maal  
van de gegeven  
hierdoor*

2) P.J. Nemelsfelder, Wetmatigheden in het optreden van stormvloed en, De Ingenieur 1939, no. 9, Bouw en Waterkunde 3.

kustplaatsen. En dat is al bijzonder prettig, want niets laat zich gemakkelijker extrapoleren dan een rechte lijn. Dit gemak heeft natuurlijk ook zijn gevaren, want juist doordat het zo voor de hand ligt een rechte lijn nog maar wat te verlengen tot in een gebied, waarin men geen waarnemingen heeft (dus tot grotere hoogten in dit geval), verliest men gemakkelijk uit het oog, dat een dergelijke extrapolatie buiten het gebied der waarnemingen toch altijd een gok blijft, zolang men geen theoretische gronden voor de rechtlijnigheid van de grafiek heeft en deze ontbreken in het onderhavige geval vooralsnog volledig, terwijl het niet duidelijk is in welke richting men ze zou moeten zoeken. Deze kant van het probleem wordt ook langs hydrodynamische en meteorologische weg onderzocht, maar dit onderzoek is zo gecompliceerd, dat men er op korte termijn geen definitieve uitkomsten van kan verwachten. Bovendien zijn er nog andere complicaties, zoals het verschil tussen de zomer- en wintermaanden, de afhankelijkheid der op elkaar volgende H.W.'s, de mogelijkheid van een langzame verandering van de helling van de bovengenoemde lijn, het eventuele voorkomen van, om meteorologische omstandigheden, bijzonder gevaarlijke jaren, enz. Dit soort complicaties kan men echter gelukkig wel langs statistische weg onderzoeken, ook al is het waarnemingsmateriaal, dat niet verder dan ongeveer 100 jaar teruggaat, slechts beperkt 3).

-----

3) Men dient anderzijds te bedenken, dat waarnemingsmateriaal, dat zich over alle dagen van ongeveer een eeuw uitstrekt en dat een relatief grote precisie en betrouwbaarheid bezit, een grote uitzondering is en dat het aan de systematische verzameling van dit materiaal te danken is, dat het probleem op systematische wijze aangepakt kan worden.

De onderzoekingen op dit gebied, die door verschillende samenwerkende instanties, tezamen gebracht in de Delta-commissie, worden uitgevoerd, zijn nog verre van voltooid, en het is daarom nog geen geschikt moment om met numerieke uitkomsten voor de dag te komen. De tot nu toe bereikte resultaten zijn echter niet ongunstig en geven de indruk, dat langs deze weg resultaten kunnen worden bereikt, die ondanks de aan de methode inhaerente onzekerheden van grote waarde zullen zijn, terwijl de voorspelbaarheid voor de toekomst op dit gebied die van de economische factoren (die bij de te nemen beslissingen ook zeer zwaar meetellen) verre overtreft.