

Stormvloed en stormvloedbeheersing in het Zeescheldebekken*

127861

ir. P. ROOVERS,

Direkteur bij het Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout



In de geschiedenis hebben de Lage Landen aan de Noordzee vaak te lijden gehad van overstromingen als gevolg van stormvloed; eeuwen lang hebben zij gestreden tegen de opdringende zee om het op haar veroverde gebied te behouden en zo mogelijk uit te breiden. Vaak bezweken dijken door de kracht der natuurelementen en werden polders overstroomd, maar even vaak werd met man en macht gewerkt om de overstroomde gebieden weer watervrij te maken. Maar volharding vermocht niet altijd overwinningen te boeken: als voorbeeld van mislukking kan hier het Verdronken Land van Saafteinge aangehaald worden. De jongste overstromingen, die ons land na de recente stormvloed van 3 januari 1976 teisterden, hebben het probleem van de stormvloedbeheersing in het Scheldebekken opnieuw scherp gesteld.

1. HYDROGRAFISCHE BESCHRIJVING VAN HET SCHELDEBEKKEN (fig. 1)

De Schelde en haar aan getij onderhevige bijrivieren zijn op hun ganse lengte ingedijkt. De bodem van de rivier bestaat in hoofdzaak uit fijn zand en is dus zeer beweegbaar.

Het Scheldebekken staat in vrije verbinding met de Noordzee, drie diepe geulen in het estuarium van de Schelde leiden tot de monding van de Westerschelde te Vlissingen. Op Nederlands grondgebied vertoont deze zee-arm een meandervormig onregelmatig tracé. Niettegenstaande deze onregelmatigheid vertoont de Westerschelde in het algemeen het verschijnsel van een doorlopende geul van holle vorm die van de ene oever naar de andere oever overgaat



Fig. 1

* Dit artikel is gebaseerd op een lezing gehouden te Antwerpen op 3 maart 1977 voor het Genootschap Kultuurtechniek van het Technologisch Instituut-K.V.I.V.

P. Roovers is burgerlijk bouwkundig ingenieur. Hij was eerst gedurende twee jaar werkzaam bij een aannemersbedrijf; trad op 1 september 1951 in dienst bij het Ministerie van Openbare Werken en was tot in 1960 als ingenieur van Bruggen en Wegen verbonden aan de Antwerpse Zeediensten. Sedert 1 september 1960 is hij aangesteld als Hoofdingenieur-Direkteur van Bruggen en Wegen bij het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout en thans belast met de leiding van deze instelling.

en bij deze overgang een ondiepte vertoont, drempel genaamd. Naast deze hoofdgeul komen in de Westerschelde nog sekundaire geulen of scharen voor, tussen geulen en scharen bevinden zich zeer ondiepe gebieden waarvan vele bij laag tij droogkomen en die men banken of platen noemt. De breedte van de Westerschelde schommelt tussen 3 en 5 km, de geulen zijn betrekkelijk diep vooral daar waar de kromming van het tracé uitgesproken is (bijv. Honte 40 à 50 m onder laagwater, bij Terneuzen 60 m).

Vanaf de Belgische grens spreekt men van de Zeeschelde en stroomt de rivier tussen min of meer evenwijdige dijken, de scharen zijn minder uitgesproken en verdwijnen praktisch geheel naarmate men opwaarts gaat. De breedte tussen de dijken, nog 2500 m ter hoogte van de grens, bedraagt nog 500 m bij Antwerpen, dit is amper 80 km boven de monding te Vlissingen. De diepte in de doorlopende geul is ook reeds aanzienlijk afgenomen en is opwaarts van Antwerpen tot bij de Rupelmonding niet veel meer dan 8 m onder laagwater.

De eerste bijrivier van de Zeeschelde, nl. de Rupel, mondt ca. 15 km boven Antwerpen in de Zeeschelde uit, waar deze laatste nog 68 km verwijderd is van de stuw van Gentbrugge, waar de getijbeweging tegengehouden wordt. Opwaarts van Gent spreekt men van de Schelde. Tussen Rupelmonde en Gent monden nog twee bijrivieren in de Zeeschelde uit, nl. de Durme te Tielrode en de Dender te Dendermonde. De diepten, alsmede de breedten van de Zeeschelde, nemen opwaarts regelmatig af. Zo bedraagt de breedte bij Wetteren-Gentbrugge nog ca. 50 m.

De Rupel zelf, eerste bijrivier van de Zeeschelde heeft een breedte van 200 m, de diepte in de bochten bedraagt ca. 8 m en op de drempels ca. 5 m onder laagwater, tot bij de sluis te Wintam. Opwaarts van deze sluis neemt de diepte gevoelig af. Ca. 12 km opwaarts van de monding splitst de Rupel zich in Beneden Nete en Dijle. De Beneden Nete heeft tot Lier, waar ze gevormd wordt door de samenloop van Kleine en Grote Nete, een lengte van ongeveer 16 km, de breedte tussen de dijken gaat over van 100 m naar ca. 40 m te

Lier en de diepte op de drempels bedraagt slechts een paar meter onder laagwater.

De getijbeweging op de Dijle wordt te Mechelen, d.i. ca. 6,5 km opwaarts van de monding, tegengehouden door een stuw. Een kilometer opwaarts van de monding van de Dijle vloeit de Zenne in deze rivier.

De Durme, een bijrivier die te Tielrode in de Zeeschelde uitmondt, is de laatste decennia voortdurend onderhevig aan aanzanding geweest en heeft als tijrivier nog slechts betekenis tot even opwaarts Hamme.

2. GETIJBEWEGING

Vele factoren beïnvloeden de waterstanden in de Westerschelde en het Zeescheldbekken dat, zoals gezegd, in open verbinding staat met de Noordzee. Deze factoren kunnen onderverdeeld worden in primaire factoren en sekundaire factoren.

2.1. Primaire factoren

De eigenlijke getijverwekkende krachten zijn de aantrekkingskrachten van zon en maan op de aarde uitgeoefend, waardoor op de oceanen een periodieke beweging van de waterspiegel ontstaat. De periode van het astronomische getij bedraagt gemiddeld 12.25 h. Daar de Noordzee zowel in het Noorden als in het Zuiden in open verbinding staat met de Atlantische Oceaan, plaatst deze periodieke beweging zich voort in de Noordzee en zo verder in de vorm van een tijgolf in de Westerschelde en het Zeescheldbekken. Verder is het zo dat de onderlinge invloed van deze drie systemen (Oceaan-Noordzee-Westerschelde) slechts in één richting verloopt, d.w.z. wat in het Scheldbekken en in de Westerschelde gebeurt is van geen invloed op de Noordzee, en wat op de Noordzee gebeurt nauwelijks op de Oceaan, maar omgekeerd is er een onmiddellijke en sterke invloed.

De hoogte van het getij of hoog water is in sterke mate afhankelijk van de maanfase d.w.z. van de relatieve plaats van de maan in haar baan om de aarde. Bij nieuwe en volle maan spreekt men van springtij, bij de kwartierstanden van de zoveel lagere dode tij.

Afgezien van de variatie van het waterpeil in de Oceaan (waar deze variatie in volle oceaan de orde van grootte van 1,40 m bedraagt) wordt de getijbeweging in een zee zoals de Noordzee beheerst door de drie hiernavolgende krachten :

- wrijvingskrachten, evenredig met het kwadraat van de watersnelheid ;
- traagheidskrachten die verband houden met de versnelling of de vertraging der watermassa's ;
- corioliskracht - kracht veroorzaakt door de aardrotatie, die evenredig is met de snelheid van het water en loodrecht hierop staat en in het Noordelijk halfrond van links naar rechts gericht is gezien in de richting van de snelheid.

De periodieke variatie van de waterstanden in het zuidelijke deel der Noordzee, is gemiddeld van de orde van grootte van 5 m in het Nauw van Kales, van 4 m in de Scheldemonding en van amper 2 m ter hoogte van Hoek van Holland en Den Helder. Ook komen drie singuliere punten in de Noordzee voor

waar geen variatie in de waterpeilen wordt vastgesteld. De tijgolf die aan de monding der Westerschelde binnendringt en zich daarin verder opwaarts voortplant, wordt eveneens beïnvloed door de trechtervormige configuratie van deze zee-arm, alsmede van de verdere loop en configuratie van de Zeeschelde en haar bijrivieren.

Op verschillende plaatsen langs de kust en het Scheldbekken wordt met behulp van getijregistre-rende toestellen kontinu de variatie van de waterstand als functie van de tijd gemeten, waaruit de hoog- en laagwaterstanden van de tijgolf worden bepaald, alsmede de voortplantingssnelheid van de tijgolf op de rivier.

Fig. 2 geeft de tijkrommen voor enkele waarnemingsposten in het Scheldbekken. Men bemerkt enerzijds de invloed van de trechtervormige configuratie van de Westerschelde, waardoor de tijgolf opwaarts verzwaart om een maximum te bereiken boven Antwerpen en dan terug af te zwakken in de richting van Gentbrugge.

Fig. 3 geeft de meetkundige plaats der hoog- en laagwaterstanden volgens de langsas van de Zeeschelde. Ook hier valt de verzwaaring op van de tijgolf landinwaarts met een maximum bij de monding van de Rupel.

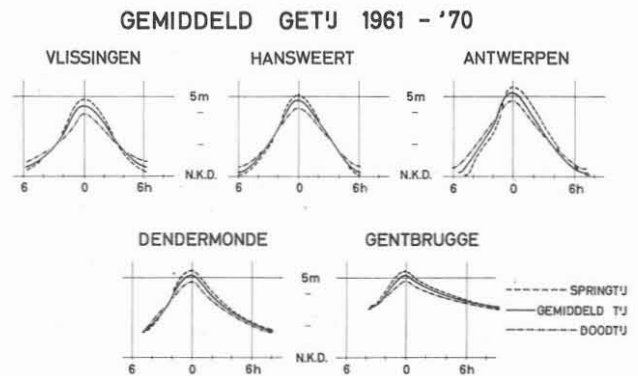


Fig. 2

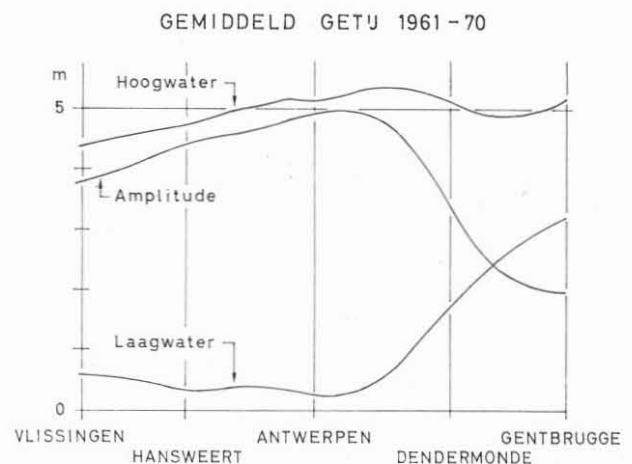


Fig. 3

2.2. Sekundaire factoren

Waar de primaire factoren van periodieke aard zijn, zijn daarentegen de sekundaire niet periodiek. Hun invloed bestaat er in de gemiddelde zee- of rivierstand te verhogen of te verlagen of nog de hoog- of laagwaterstanden te verhogen of te verlagen. Zij kunnen worden onderverdeeld in toevallige invloeden en blijvende invloeden.

2.2.1. Toevallige invloeden

De voornaamste toevallige invloed is de meteorologische toestand over het Noordzeegebied.

Depressies ontstaan boven de Atlantische Oceaan ten westen van Ierland en trekken dwars over de Noordzee van West naar Oost; ze hebben tot gevolg dat de winden haast volgens een vast patroon verlopen: ze komen eerst uit zuidwestelijke richting, draaien over het westen naar het noordwesten en tenslotte naar het noorden. Deze draaiing gaat veelal gepaard met een stijging van de windkracht.

Sterke en aanhoudende wind uit noordwestelijke richting heeft tot gevolg dat het water in het zuidelijke deel van de Noordzee opgestuwd wordt in een mate afhankelijk van de intensiteit, de duur en de uitgestrektheid van het windveld. Deze verhoging van het gemiddelde zeeniveau wordt opwaaiing genoemd.

Daarentegen, bij sterke en aanhoudende noordoosten- en oostenwind, doet zich een verlaging van de waterstanden op de Noordzee voor.

Het zijn dus vooral de kusten en de tijrivieren van het zuidelijke deel van de Noordzee die lijden onder het effect van opwaaiing. Ingevolge de verheffing van de gemiddelde zee- en rivierstand vullen zich de Westerschelde en de Zeeschelde. Indien de toestand van opwaaiing lange tijd aanhoudt heeft dit tot gevolg dat het gemiddelde peil van gans het tijbekken van de Schelde verhoogd wordt. De astronomische of primaire golf superponeert zich op de opwaaiing.

Buiten deze opstuwing in het Zeescheldebekken als gevolg van een opwaaiing op de Noordzee kan zich nog een zekere opwaaiing in de Westerschelde zelf voordoen, aangezien de Westerschelde van west naar oost georiënteerd is. Ter illustratie geeft fig. 4 een

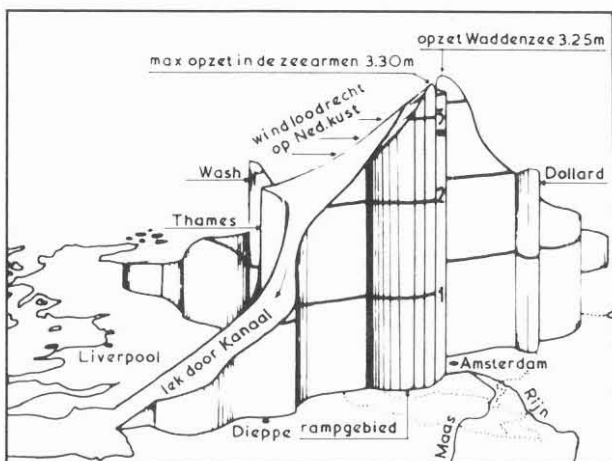


Fig. 4

beeld van de opwaaiing die is opgetreden in het zuidelijke deel van de Noordzee op 1.2.53.

Een tweede toevallige faktor die de hoogwaterstanden in een tijbekken bij stormvloed beïnvloedt is het al of niet voorkomen van dijkoverloop rond het tijdstip van hoogwater, alsmede het ontstaan van bressen in de dijken.

Dijkoverloop en bressen in een rivierdijk van een tijrivier hebben tot gevolg dat de hoogwaterstanden niet alleen ter plaatse zelf gunstig, dit is in verlagende zin, zullen worden beïnvloed, maar dat ook deze verlagende invloed zich ver opwaarts zal uitstrekken. Verplaatst men zich daarentegen van de plaats van overloop of bresvorming afwaarts, dan deint dit verlagende effect vrij vlug uit.

Uit het voorgaande zou men kunnen afleiden dat dijkoverloop en bressen naast betreurenswaardige ook nuttige effecten kunnen hebben en wanneer de overloop en het ontstaan van bressen onmogelijk worden, ook deze relatieve voordelen wegvallen. Een beleid van dijkverhoging en dijkversterking afwaarts kan dus een nadelige invloed hebben op de gebieden die verder opwaarts gelegen zijn.

Een derde faktor die de waterstanden in het tijgebied van het Zeescheldebekken kan beïnvloeden is het bovendebiet van de Schelde en haar bijrivieren.

MAANDGEMIDDELDEN - SCHELDE TE SCHELLE

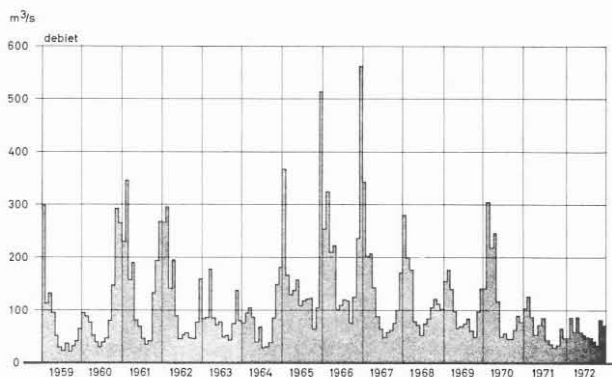


Fig. 5

Fig. 5 geeft een beeld van het gemiddelde maandelijks dagdebiet van de Schelde te Schelle d.i. afwaarts van de samenloop van Rupel en Zeeschelde.

Het bovendebiet vertoont grote seizoenschommelingen met vrij belangrijke afvoeren gedurende een korte periode in de winter, daarentegen kleine afvoeren gedurende een zeer lange periode in lente, zomer en herfst. Een grote bovenafvoer zal tot gevolg hebben dat de gemiddelde waterstand in het Scheldebekken zal stijgen. Deze verhoging zal het grootst zijn in het opwaartse gedeelte, waar de rivier smal en ondiep is en zal vrij vlug afnemen naarmate men afwaarts in het bredere en diepere gedeelte van de Zeeschelde komt.

Fig. 6 geeft voor de Zeeschelde de verhoging van de hoogwaterstanden voor verschillende bovendebieten. Men bemerkt dat in vergelijking met het effect van opwaaiing het effect van het bovendebiet veel kleiner is.

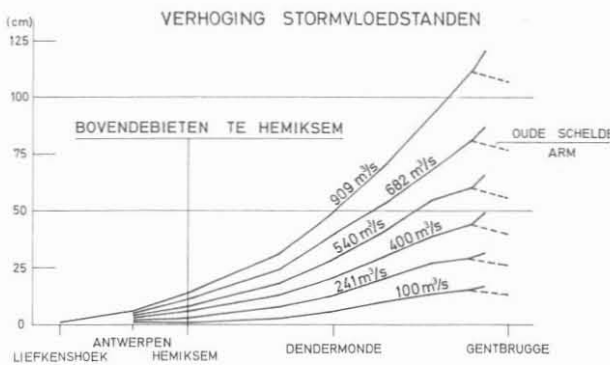


Fig. 6

2.2.2. Blijvende invloeden

Sedert het begin van de tijdwaarneming wordt aan verschillende tijposten langs de kusten van de Noordzee een relatieve stijging vastgesteld van het gemiddelde waterpeil t.o.v. de zeebodem.

Deze relatieve stijging is niet konstant en bedraagt :
aan de Scheldemonding te Vlissingen ca. 25 cm per eeuw ;
aan de Theemsmonding ca. 30 cm gedurende de laatste eeuw ;
aan de Elbemonding 20 à 30 cm.

Ook te Brest, aan de Atlantische Oceaan gelegen, bedraagt de stijging ongeveer 20 cm tijdens de laatste eeuw.

Men mag dus aannemen dat het peil van de Noordzee met ca. 25 cm per eeuw stijgt. Deze verhoging zet zich ongestoord door in gans het tijbekken van de Zeeschelde.

Als reden voor deze stijging wordt door sommigen opgegeven dat ze het gevolg is van een zinking van de zee- of kustbodem ; anderen beweren dat ze een gevolg is van de afsmelting der ijskappen. Waarschijnlijk treden beide factoren gekombineerd op.

Een tweede blijvende faktor die de hoogwaterstanden aan de monding van de Westerschelde kan beïnvloeden is het Deltaplan. Uitvoerige getijberekeningen van de getijbeweging in de Noordzee, vóór en na de sluitingen werden uitgevoerd. Er werd bevonden dat de invloed bij het normale tij zeer klein is ; voor stormvloeden werd evenwel geconstateerd dat in bepaalde omstandigheden de afsluiting een verhoging van ca. 5 cm van de hoogwaterstand aan de monding te Vlissingen kan tot gevolg hebben. De invloed van de Deltawerken op de hoogwaterstanden is dus heel klein.

Ten slotte vernoemen wij de invloed van kunstmatige en natuurlijke wijzigingen in de rivierbedding. Onder natuurlijke wijzigingen verstaat men de voortdurende natuurlijke normalisatie van de rivierbedding bestaande uit een uitdieping van de laagwaterbedding en een langzame aanzanding of aanslibbing van zandbanken, slikke- en schorregebieden.

Als gevolg hiervan zal de tijgolf zich makkelijker landinwaarts kunnen voortplanten en neemt het zijdelingse kobergingsvermogen af met als gevolg een verhoging der hoogwaterstanden.

Aan deze natuurlijke evolutie heeft de mens in het verleden en nog steeds een helpende hand toegestoken :

- door het verwezenlijken van indijkingen of door het kunstmatig bevorderen van aanslibbingen op slikke- en schorregebieden alsmede van aanzandingen op de zandbanken ;
- door het uitvoeren van baggerwerken en zandwinnings in de Zeeschelde om nautische redenen of voor het bouwrijp maken van laaggelegen poldergebieden.

Aangezien beide wijzigingen, natuurlijke en kunstmatige, zich in werkelijkheid simultaan voordoen, is het onmogelijk hun afzonderlijke invloed op de waterstanden door metingen vast te stellen.

Aan de hand van getijberekeningen werd bevonden dat de invloed van wijzigingen gedurende de laatste 20 jaar opgetreden een verhoging van ca. 1 dm van de hoogwaterstanden opwaarts van Antwerpen heeft tot gevolg gehad.

3. OPGETREDEN STORMVLOEDEN

De onderrichtingen bij optreden van stormtij, opgesteld door het Bestuur der Waterwegen van het Ministerie van Openbare Werken, vermelden het volgende :

Indien een hoogwaterpeil te Oostende van (Z + 5,50) verwacht wordt zonder Z + 5,75 te gaan bereiken, wordt door de Dienst der Kust een bericht verstuurd met de vermelding 'Hoogtij'. Dit bericht is bedoeld als waarschuwing voor mogelijk gevaar en heeft het instellen van een beperkte bewaking tot gevolg. Een dergelijk hoogwaterpeil wordt gemiddeld éénmaal per jaar verwacht.

Indien een hoogwaterstand van Z + 5,75 of meer te Oostende verwacht wordt, wordt een bericht verstuurd met vermelding 'Gevaarlijk stormtij', hetgeen voor alle betrokken diensten het inzetten van een uitgebreide bewaking tot gevolg heeft. Een dergelijk hoogwaterpeil komt gemiddeld tweemaal in de tien jaar voor.

Men kan nu stellen dat men voor het Zeescheldbekken van stormvloeden spreekt zodra een hoogwaterpeil bereikt wordt dat een overschrijdingskans bezit van tweemaal in de tien jaar.

De maatstaven die in de vorige eeuwen gehanteerd werden om een hoogwaterpeil als stormvloed te bestempelen waren geheel anders, en men beschouwde wellicht uitsluitend als stormvloeden de vloed die zware schade teweegbrachten. Ook het begrip zware schade is weer relatief.

In de literatuur wordt melding gemaakt van 124 stormvloeden tussen 900 en 1900 in het zuidelijke deel der Noordzee. Deze stormvloeden zijn op fig. 7 grafisch uitgezet. Deze figuur toont een toename van het aantal stormvloeden naar de 17e eeuw alsmede naar de 19e eeuw toe.

Een korrelatie met het aantal opgetreden stormvloeden in de 20e eeuw is moeilijk wegens het verschil in definitie, omdat de berichten uit de Middeleeuwen, zonet schaars dan toch dikwijls onbetrouwbaar zijn en omdat vroeger vele onbedijkte gronden voorkwamen die geen stormvloedschade ondervonden.

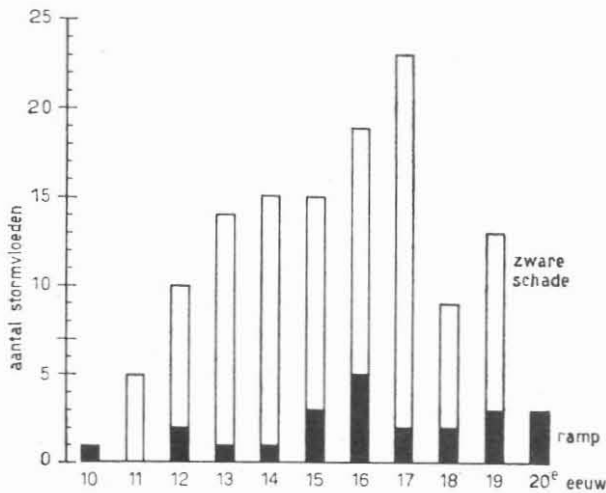


Fig. 7

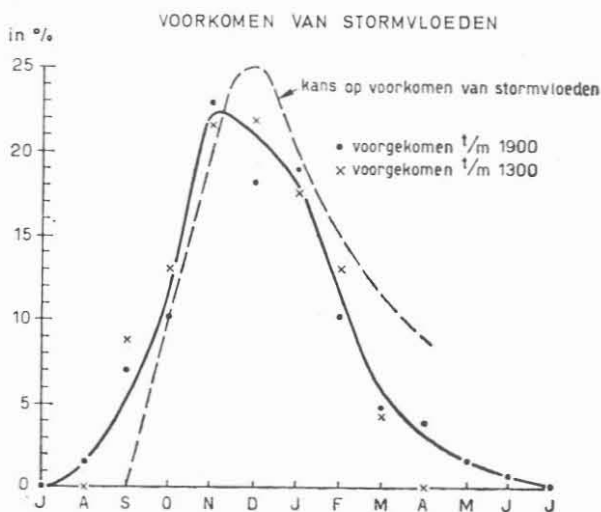


Fig. 8

De verdeling van de stormvloedden over de maanden van het jaar wordt gegeven op fig. 8. De grootste kans van voorkomen valt in de periode van november tot januari.

Van de stormvloedden vóór 900 zijn er slechts twee beschreven, namelijk deze van 26 december 838 en 4 november 839. Er zijn er zeker vroeger nog geweest.

Een echte ramp moet de stormvloed van 14 december 1287 zijn geweest, de zg. Sint-Nicasiusvloed, waarbij naar schatting 50 000 mensen verdronken en een groot gedeelte van de Lage Landen overstromde.

Op 19 november 1404, op St.-Elisabethsdag, vond de overstroming plaats die volgens de geschiedschrijving de vreselijkste gevolgen in Vlaanderen heeft gehad. Deze vloed was mede oorzaak voor het tot stand komen van de Grote Braakman.

De wonden van deze storm waren nog niet geheeld of een nieuwe zware stormvloed sloeg toe op 18 november 1421 – St.-Elisabethsvloed genaamd. Uit deze tijd dateert het ontstaan van de Biesbos in Nederland.

De 16e eeuw was de eeuw van de watersnood en overall werden zware dijkbreuken genoteerd. De

stormvloed van 1 november 1570, Allerheiligenvloed genaamd, trof vooral Zeeuws-Vlaanderen en verscheidene dorpen verdwenen voorgoed van de kaart, waaronder Saaftinge.

Op 26 januari 1682 werd speciaal Zeeland het kind van de rekening en stond te Middelburg het water hoger dan tijdens de Allerheiligenvloed van 1570. Dijkbreuken werden genoteerd aan de Rupelmonding en Ruisbroek stond gedurende vijf maanden onder water.

De reeks loopt door in de 18e en de 19e eeuw; wat de 20ste eeuw betreft herinneren wij aan het volgende.

De eerste stormvloed deed zich voor op 12 maart 1906, waarbij het waterpeil ca. 2 dm boven de deksteen van de kaaimuur te Antwerpen kwam te staan. Deze storm, alhoewel van korte duur, maar door het feit dat hij samenviel met een springtij, veroorzaakte zodanige verhogingen van de hoogwaterstanden dat uitgestrekte gebieden langs de Westerschelde, de Zeeschelde en de Rupel overstromden en enorme schade werd aangericht.

Op 13 januari 1916, 26 november 1928 alsmede op 23 november 1930 kwamen de volgende stormvloedden voor, waarbij ook tal van gebieden langs de Schelde overstromden en waarbij in 1930 vooral de streek van Buggenhout werd getroffen.

Op 7 april 1943 en 1 maart 1949 traden stormvloedden op met beperkte overstromingen.

Wij weiden even uit over de buitengewone stormvloed van 1 februari 1953 (fig. 9).

Op 29 januari bleek zich een storing te ontwikkelen ten westen van Ierland, die in betekenis toenam, zich in noordelijke richting bewoog en zich verenigde met een ten zuiden van IJsland gelegen oud gebied van lage luchtdruk. Deze vereniging kwam tot stand op 30 januari.

Op 31 januari bevond de zich steeds uitdiepende depressie zich ten noorden van Schotland. De nabijheid van een westwaarts gelegen krachtig hogedrukgebied deed de luchtdrukgradiënt nog toenemen, waardoor het stormveld aan de westzijde van de depressie in

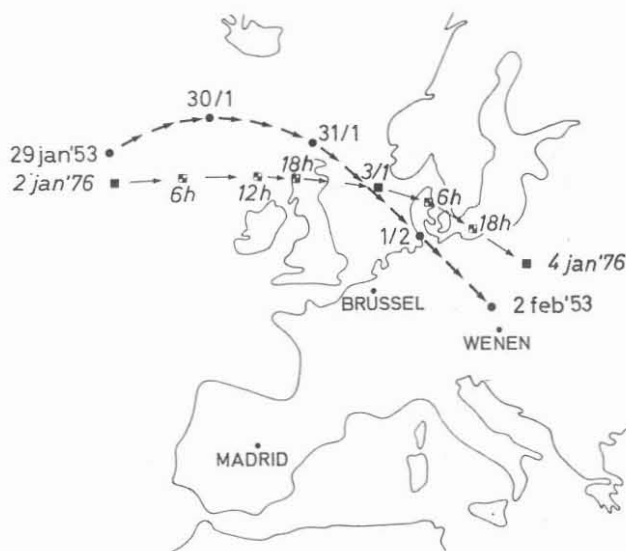


Fig. 9

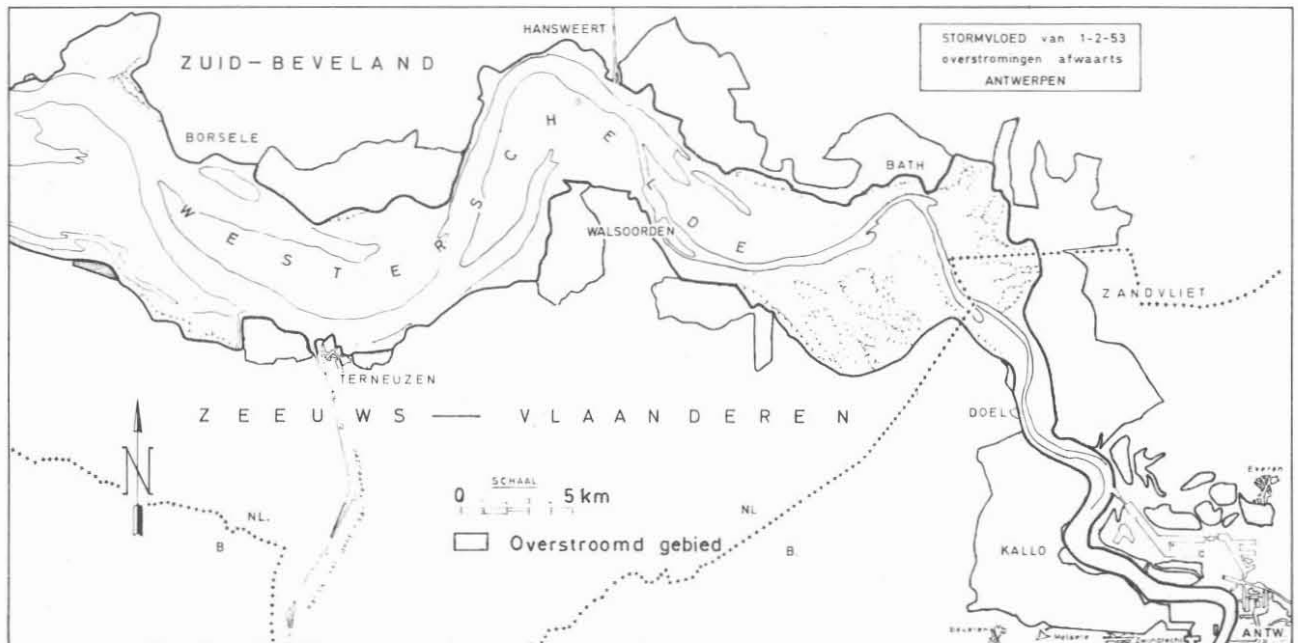


Fig.10

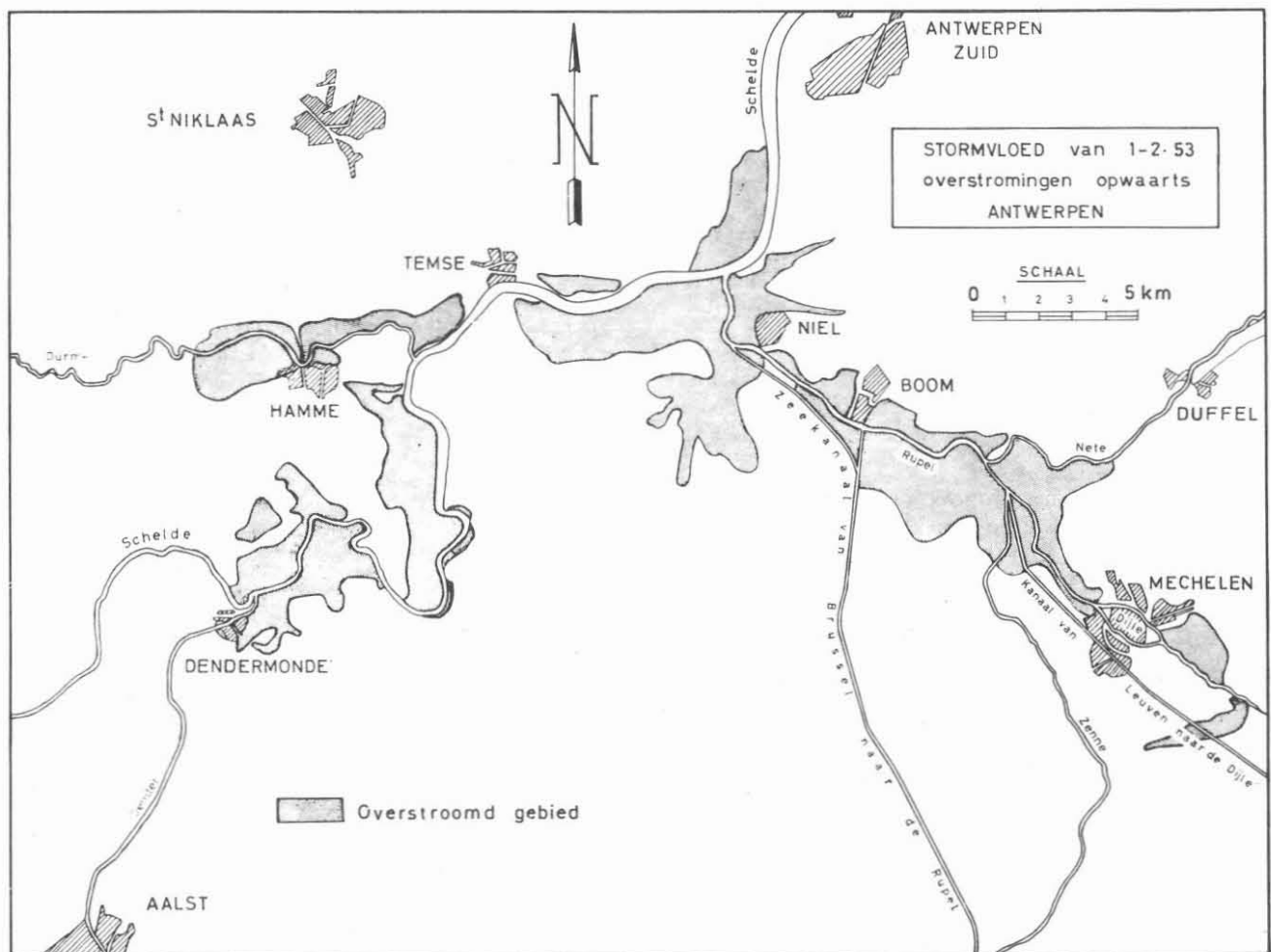


Fig.11

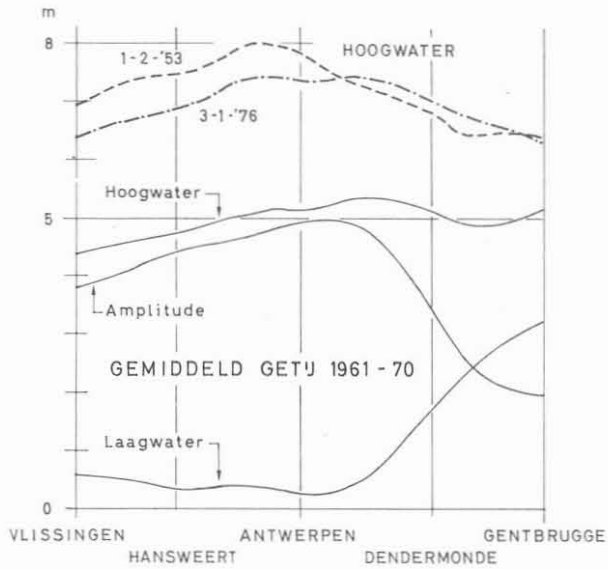


Fig. 12

betekenis en omvang toenam en zich tot een orkaan ontwikkelde. Tegen de gewoonte in ging de depressie in zuid-oostelijke richting afbuigen waardoor het stormveld zich over de gehele Noordzee ging uitbreiden. Op 1 februari 's morgens was de storm voor ons land het hevigst, het centrum van de depressie lag boven de Duitse Bocht en het hogedrukgebied had de westkust van Ierland bereikt. De gehele Noordzee bevond zich in het stormveld en de gemiddelde windsnelheid bedroeg ongeveer 110 km/h in het zuidelijke deel der Noordzee.

In de namiddag van 1 februari bevond het centrum van de depressie zich reeds boven zuid-oost Duitsland en was de storm aan het luwen.

Op 1 februari werd te Antwerpen een hoogwater genoteerd dat nog nooit eerder was voorgekomen, nl. 7,85 m, dit is bijna 3 m meer dan de voorspelling van het astronomische getij. Als gelukkige omstandigheid voor de stormvloed van 1 februari 1953 kan aangevoerd worden dat hij samenviel met een gemiddeld tij en niet met een springtij, en ook dat het bovendebiet uiterst gering was. De figuren 10 en 11 illustreren de overstromingsgebieden. Fig. 12 illustreert de hoogwaterstanden tijdens deze vloed en de volgende, die plaatsvond op 1 januari 1976.

De depressie die verantwoordelijk was voor de storm van 3 januari 1976 ziet men voor het eerst op de weerkaart van 2 januari, ten westen van Ierland (zie fig. 9). Wat hier opvalt is het feit dat de snelheid waarmee deze depressie zich naar het Oosten verplaatste vrij groot was in vergelijking met deze van 1953. Dit had tot gevolg dat de duur van de storm in 1976 veel korter was dan in 1953, hoewel de windsnelheden groter uitvielen.

Een ongelukkige omstandigheid op 3 januari 1976 was echter het feit dat, juist zoals op 12 maart 1906, de stormvloed samenviel met een springtij, een gelukkige omstandigheid was dat het bovendebiet uiterst gering was.

De waterstand bereikte op 3 januari 1976 te Antwerpen het peil 7,39 m, dit is ca. 4 dm boven de deksteen van de kaaimuur.



Fig. 13

Fig. 13 toont de overstromingsgebieden op 3 januari 1976.

4. MAATREGELEN TEGEN OVERSTROMINGEN BIJ STORMVLOED

Alvorens plannen tot verbetering of aanleg van hoofdwaterkeringen te ontwerpen, is het nodig de stormvloedstanden vast te leggen, die als grondslag voor de bepaling van de hoofdafmetingen van de waterkeringen moeten dienen. In de eerste plaats is hiervoor een grondige studie van de voorgekomen hoogwaterstanden vereist. In de tweede plaats moet het risico worden bepaald voor de stormvloedstanden die in de toekomst kunnen verwacht worden.

Het waarnemingsmateriaal waarover men sinds het begin van de systematische tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken beschikt, wijst op een zekere wetmatigheid in het voorkomen van stormvloeden.

Deze wetmatigheid blijkt duidelijk uit het op fig. 14 afgebeelde diagram. Wanneer men, na rangschikking van de gedurende een zeker tijdvak opgetreden hoogwaterstanden naar het peil dat ze hebben bereikt, als abscis uitzet het aantal malen dat op een beschouwde plaats de hoogwaterstand is bereikt of overschreden, en als ordinat de stormvloedstanden, dan liggen de representatieve punten in de regel niet ver van een rechte lijn op een half-logaritmische schaal.

Een dergelijk diagram is voor Antwerpen getekend op fig. 14; dit diagram wordt ook nog overschrijdingslijn genoemd.

Zoals men opmerkt kan men met tamelijk grote zekerheid zeggen dat op het huidige ogenblik de kans

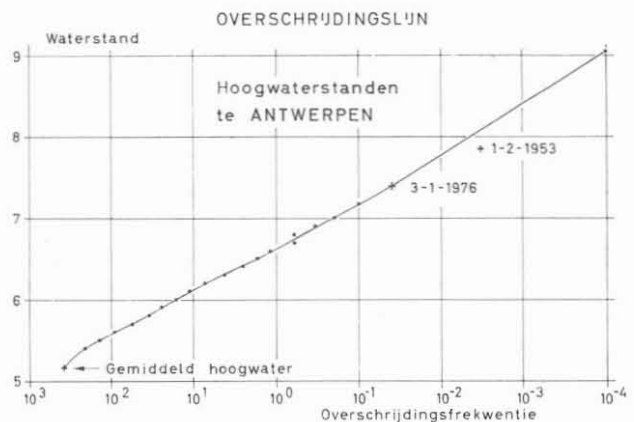


Fig. 14

van optreden van een stormvloedstand van NKD + 7,00 in een bepaalde winter gemiddeld tweemaal in de tien jaar bedraagt.

Groter wordt de onzekerheid wanneer men de kans op een hogere stormvloedstand wil vaststellen, aangezien hiervoor een ver doorgedreven extrapolatie van de beschikbare gegevens vereist is.

De mogelijke maatregelen ter voorkoming van overstroming in het Zeescheldebekken zijn de volgende :

a. Algemene dijkverhoging en dijkversterking, zodat alle dijken en oevers praktisch gesproken onoverstroombaar worden.

b. Op de Zeeschelde, afwaarts van Antwerpen, kan aan een beweegbare stormvloedkering gedacht worden, die zou kunnen gesloten worden telkens wanneer een stormvloed voorspeld wordt.

Er kan ook gedacht worden aan het bouwen van één of meer kleinere stormvloedkeringen in het Scheldebekken gekoppeld met algemene dijkverhoging afwaarts van deze keringen.

c. Algemene dijkverhoging voor de gebieden waar vitale belangen moeten beschermd worden samen met het inrichten van gekontroleerde inundatiebekkens, alsmede het kompartimenteren van risicolopende gebieden om overstroming en uitbreiding van overstromingsvelden zoveel mogelijk te beperken. Ook hier kunnen stormvloedkeringen bij in de beschouwing worden betrokken.

4.1. Algemene dijkverhoging en dijkversterking

Uit het verleden leert men dat dijkdoorbraak meestal ingeleid wordt door overstromend of overslaand water. Hierdoor verweekt het binnenbeloop van de dijk, hetgeen afschuiving, dijkbreuk en stroomgatvorming tot gevolg kan hebben. De kruinhoogte moet bijgevolg een *waakhoogte* hebben t.o.v. de *maatgevende stormvloedstand*.

De waakhoogte zorgt voor :

- een zekere veiligheid in de tijd tegenover de vastgestelde verhoging der hoogwaterstanden door middezeestandrijzing en wijzigingen in de riviermorfologie ;
- veiligheid tegen golfoverloop en golfovertopping, golfoscillaties en buisstooteffekten.

Deze waakhoogte kan voor het Belgische gedeelte van het Zeescheldebekken op ten hoogste 1 m worden geschat. Deze waakhoogte moet evenwel nog worden verhoogd na de bouw of de verhoging van de dijk om rekening te houden met de klink.

De maatgevende stormvloedstand is die stand waartegen men zich in de toekomst veilig wil stellen. Hierbij kan men het risico van overstroming beperken tot één in de 10 jaar, één in de 100 jaar of nog zeldzamer.

Bij het concept van de Deltawerken werd uitgegaan van een stormvloedstand met een overschrijdingskans van éénmaal in de 10 000 jaar of nog 1 % per eeuw. Voor sommige delen in Nederland werd, door toepassing van een economische reductiefactor, dat ontwerppeil teruggebracht tot éénmaal in de 4 000 jaar. Wat de tussentijdse verhoging van de dijken van het Oosterscheldebekken aangaat, in afwachting van

het klaarkomen van de afdamming of beter gezegd van de pijlerdam in de Oosterschelde tegen 1985, werd geopteerd voor de kans eenmaal in de 500 jaar.

Voor de dijken langs de Westerschelde wordt in het kader van het Deltaplan een algemene dijkverhoging toegepast overeenkomstig de aangehaalde regel. Daar de getijbeweging van het bestaan van staatsgrenzen niets afweet, lijkt het logisch dat voor de beveiliging van het Scheldebekken in België dezelfde normen zouden worden toegepast als voor het afwaartse gedeelte in Nederland. De daaruitvolgende algemene dijkverhoging zou tot gevolg hebben dat de dijken en oevers in het Scheldebekken, rekening houdend met de bestaande toestanden in het algemeen, met meer dan 2 m zouden moeten verhoogd worden.

Een dergelijke algemene dijkverhoging is, afgezien van de kostprijs en de tijdfactor, in de praktijk niet zo gemakkelijk te realiseren. Zo doen zich grote moeilijkheden voor in de Antwerpse agglomeratie in verband met de verhoging van de kaaimuren ; deze agglomeratie, de bestaande industriegebieden op linker- en rechteroever opwaarts van Antwerpen, Burcht, Kruibeke, de Boelwerf te Temse, Mechelen, Lier, enz., zouden onvoldoende beschermd blijven omdat dergelijke verhogingen gewoonweg niet te verwezenlijken zijn in deze zones. Deze gebieden, die men toch als zeer vitale gebieden moet beschouwen, zouden het bijgevolg met een kleinere graad van veiligheid moeten stellen.

Dit belet niet dat men, rekening houdend met de thans bestaande toestand der dijken en oevers, beslist heeft een beperkte algemene dijkverhoging en versterking toch uit te voeren, zodat de aanpalende gebieden op korte termijn een grotere graad van veiligheid bezitten als deze die thans geboden wordt.

4.2. Stormvloedkering

Een stormvloedkering is een stuw die in normale omstandigheden openstaat en het getij ongehinderd doorlaat maar die in uitzonderlijke omstandigheden - wanneer een stormvloed verwacht wordt - kan gesloten worden. Zodoende wordt het opwaarts gelegen bekken afgesneden van het tijgebied en ligt het volledig beschut tegen de aankomende vloed.

Om het Scheldebekken op Belgisch grondgebied zoveel mogelijk veilig te stellen tegen overstromingsgevaar zou zo een stormvloedkering ver genoeg afwaarts moeten gelegen zijn. De lokalizatie van een stormvloedkering is echter afhankelijk van verschillende factoren.

Om aanzienlijke dijkverhogingen te vermijden, die zoals gezegd niet overal mogelijk zijn, en om dus vitale zones toch te beveiligen, dient deze kering afwaarts van de stad Antwerpen komen te liggen. Anderzijds moet rekening worden gehouden met de nautische eis wat wil zeggen dat de scheepvaart en in het bijzonder de zeescheepvaart zo weinig mogelijk hinder mag ondervinden van vaste konstrukties in de rivier. Het is derhalve aangewezen dat een dergelijk kunstwerk zich opwaarts van de Kallosluis zou bevinden. Voorts is het om nautische redenen aangewezen dat de vestigingsplaats in een rechtlijnig gedeelte van het vaarwater zou liggen. In verband met

deze overwegingen en eisen lijkt de meest aange-
wezen plaats de omgeving van Oosterweel te zijn.

Afwaarts van de kering moeten de dijken aan beide
oeveren diensgevolge verhoogd worden, waarbij
geen moeilijkheden rijzen. Verhogingswerken zijn
hier reeds geruime tijd aan de gang, overeenkomstig
de normen van het Deltaplan, enerzijds in het kader
van het Schelde-Rijntraktaat, anderzijds in het kader
van de havenuitbreiding langs de linker Schelde-
oever en het daarmee verband houdende ontwerp
van Baalhoekverdrag.

Als men nu aan een dergelijk kunstwerk te Ooster-
weel denkt zal dat, in verband met de afmetingen van
de dwarssektie van de rivier en de gestelde nautische
eisen, zeker uitzonderlijke afmetingen hebben. Daar-
om zal de tijd voor studie en uitvoering van deze
werken lang zijn en zullen de kosten zeer hoog oplo-
pen.

Op de vraag of een dergelijk kunstwerk een absolute
beveiliging biedt voor het opwaarts gelegen bekken,
moet worden toegegeven dat een absolute veiligheid
tegen overstromingen nooit kan gewaarborgd wor-
den en dat het noodzakelijk is de bestaande dijken
van het tijbekken der Schelde opwaarts van de kering
als sekundaire dijken in goede staat te houden.

Een stormvloedkering is in de jaren vijftig gebouwd
op de Hollandse IJssel. Er is er ook een in aanbouw
op de Theems afwaarts van Londen. En voor de Elbe
te Hamburg is een stormvloedkering ter studie.

Gezien de zware problemen die rijzen voor een
stormvloedkering te Oosterweel, zou men zich ook
verschillende kleinere kunnen indenken op de
Schelde en bijrivieren, die elk technisch minder pro-
blemen zullen stellen, minder zullen kosten en ook
vlugger zouden kunnen gerealiseerd worden. Als
aangewezen plaatsen lijken hiervoor bijv. Weert aan
de Schelde en Niel aan de Rupel in aanmerking te ko-
men. Het probleem is echter dat, door de meer op-
waartse ligging van de keringen de dijken afwaarts
over een veel grotere lengte moeten verhoogd wor-
den. Als men dan nog rekening houdt met de bijkom-
ende opstuwing afwaarts van de kering zullen de
daar gelegen vitale zones, waar men nu reeds zoveel
moeilijkheden ondervindt bij een algemene dijk-
verhoging, onvoldoende beschermd blijven.

4.3. Inundatiebekkens

Inundatiebekkens zijn laag gelegen bedijkte gebieden
waarin tijdelijk d.w.z. omstreeks het ogenblik van
hoogwater bij stormvloed water kan in geborgen
worden om also de hoogwaterstanden in de rivier te
verlagen. Het spreekt vanzelf dat als inundatiegebie-
den uitsluitend niet vitale zones in aanmerking kun-
nen komen, dus zones waar geen bebouwing en geen
industrie in voorkomen of in toegelaten worden.

De grootte van de verlaging van de hoogwater-
standen hangt af van verschillende factoren als daar
zijn :

- aard van het stormtij ;
- ligging, oppervlakte en gemiddeld bodempeil van
het inundatiebekken ;
- lengte en hoogte van de kruin van de overlaatsdijk.

Berekeningen hebben aangetoond dat met een oor-
deelkundige keuze van deze bekkens opwaarts hier-
van een gevoelige verlaging van de hoogwater-
standen kan verkregen worden ; in afwaartse richting
is het gunstig effect vrij vlug uitgedempt.

Natuurlijk zullen inundatiebekkens alleen niet vol-
staan om de vitale zones langs Schelde en bijrivieren
te beschermen en kunnen deze werken dan ook
slechts een onderdeel vormen van een algemene dijk-
politiek.

Of dergelijke inundatiebekkens, met gecontroleerde
overloop, nog langs de oeveren van Zeeschelde en bij-
rivieren kunnen ingericht worden, moet helaas nega-
tief worden beantwoord, tenminste voor de rechter-
oeveren van de Rupel en van de Zeeschelde afwaarts
van de Rupelmonding en voor de linkeroever af-
waarts van Kruibeke. Daar inundatiebekkens slechts
vrij ver opwaarts van Antwerpen kunnen aangelegd
worden, zal het verlagend effect op de stormvloed-
hoogwaterstanden te Antwerpen zelf gering zijn.

Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat, welke
maatregelen ook worden gekozen, de uitgaven zeer
groot zullen zijn en de voltooiing van de beveiliging
van het ganse Scheldebekken met bijrivieren niet op
korte termijn zal worden verwezenlijkt.

Daarom is het nodig dat bestaande grote laag gelegen
polders door het bouwen of versterken van bin-
nendijken in verschillende kleinere gebieden zouden
ingedeeld worden, opdat bij dijkoverloop op een be-
paalde plaats van de hoofdwaterkering de overstro-
ming zou worden beperkt en dat bij doorbraak van
een dijk ook de stroomgatvorming tot een minimum
zou beperkt blijven.

Een terreinonderzoek heeft uitgewezen dat op de
Zeeschelde, Rupel en bijrivieren door aanleg van
nieuwe zogenaamde kompartimenteringsdijken, als-
mede door verhoging en versterking van bestaande
binnendijken nog heel wat aan veiligheid kan worden
gewonnen.

LITERATUUR

1. *Stormvloeden op de Schelde*, rapport W.L. dec. 1966.
2. *De buitengewone stormtij van 3 januari 1976*, rapport
Antwerpse Zeediensten.
3. Rapport Deltacommissie, Staatsdrukkerij 's Graven-
hage.
4. Polytechnisch Tijdschrift 1954, nr. 31-34.
5. *Berekeningen stormvloedbeheersing in het Scheldebek-
ken*, rapport W.L. 1977.
6. *Debiets van het Scheldebekken*, rapport Antwerpse
Zeediensten.
7. *Beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden
op de Noordzee*, rapport Bestuur der Waterwegen, jan.
1977.
8. Civil Engineering and Public Works Review, april 1971.