

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Zeeland

Risicobepaling in Nederland en Vlaanderen

Een vergelijking

Auteurs: drs. I.B.M. Lammers
ir. N. Vrisou van Eck

Inhoud

1	Inleiding.....	3
1.1	Kader	3
1.2	Schelde-estuarium.....	3
1.2.1	Gebiedsbeschrijving.....	3
1.2.2	Belastingen	4
1.3	Huidige situatie	5
1.3.1	Westerschelde	5
1.3.2	Zeeschelde	5
1.4	Definities	7
2	Risicobepaling in Nederland.....	9
2.1	Huidig veiligheidsbeleid	9
2.2	Toekomstig veiligheidsbeleid.....	10
2.2.1	Overstromingskansbenadering.....	10
2.2.2	Overstromingsrisicobenadering	12
3	Risicobepaling in Vlaanderen	14
3.1	Huidig veiligheidsbeleid	14
3.2	Toekomstig veiligheidsbeleid.....	15
4	Vergelijking	18
4.1	Vergelijking huidig veiligheidsbeleid	18
4.1.1	Veiligheid	18
4.1.2	Overschrijdingskansen	18
4.1.3	Ontwerp	19
4.1.4	Toetsen van waterkeringen	19
4.2	Vergelijking toekomstig veiligheidsbeleid	20
4.2.1	Veiligheid	20
4.2.2	Overstromingskansen.....	21
4.2.3	Overstromingsschade en slachtoffers	21
5	Conclusies en aanbevelingen.....	23
5.1	Conclusies	23
5.2	Aanbevelingen	23
6	Referenties	26

1 Inleiding

1.1 Kader

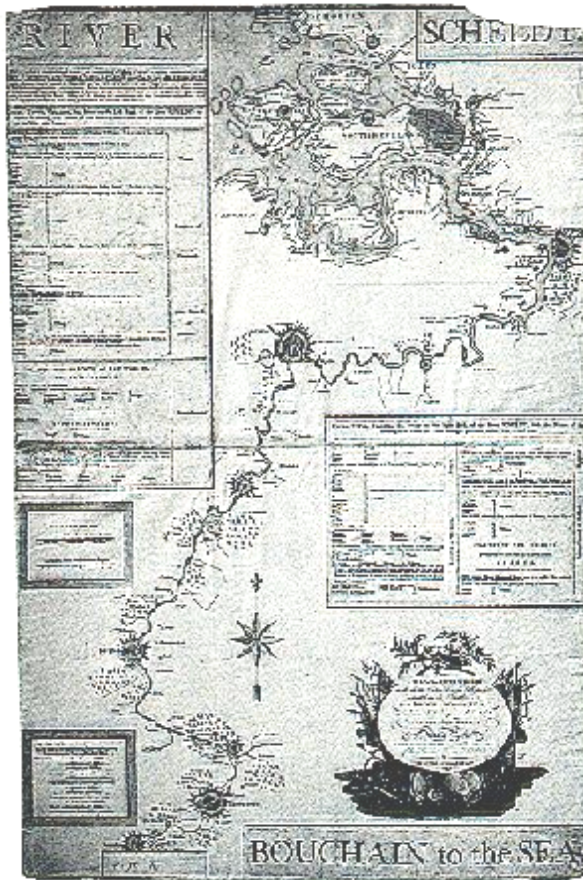
Om te komen tot een integrale beleidsvisie voor het gebruik en de inrichting van het Schelde-estuarium heeft de Technische Schelde Commissie in haar vergadering van 7 januari 1999 de Agenda Langetermijnvisie Schelde-estuarium vastgesteld [Technische Schelde Commissie, 1999]. In het kader hiervan heeft de werkgroep Veiligheid de taak gekregen om een deelvisie op te stellen voor het jaar 2030 vanuit het oogpunt “veiligheid tegen overstroming”.

De Agenda Langetermijnvisie Schelde-estuarium draagt vier onderwerpen aan met betrekking tot

de “veiligheid tegen overstroming”. Eén van de onderwerpen is de gezamenlijke bepaling van het veiligheidsniveau van Nederland en Vlaanderen. In de huidige situatie verschillen het Nederlandse en Vlaamse beleid met betrekking tot de veiligheid tegen overstromingen.

Om over veiligheid en veiligheidsniveaus te kunnen communiceren is het noodzakelijk om te weten wat de overeenkomsten en verschillen tussen de verschillende filosofieën en werkwijzen bij de bepaling van veiligheidsniveaus zijn.

Voor het opstellen van de langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium is het noodzakelijk, dat tussen Nederland en Vlaanderen geen misverstanden ontstaan over de berekeningswijze en interpretatie van veiligheidsniveaus. Daarom wordt in dit onderzoek de huidige en toekomstige werkwijze en filosofie in Vlaanderen vergeleken met de Nederlandse.



Figuur 1-1 Kaart uit 1797 van het stroomgebied van de Schelde

Uit: [Scheldeinformatiecentrum nieuwsbrief 1-11]

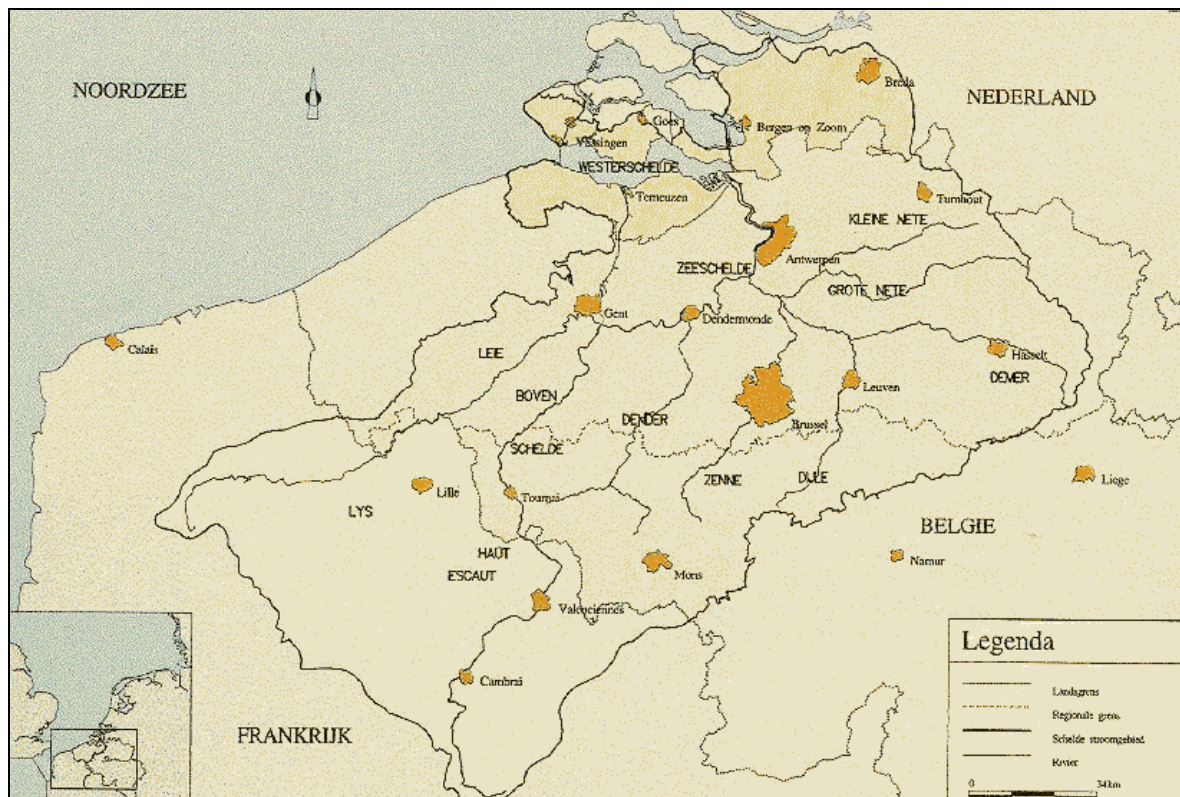
1.2 Schelde-estuarium

1.2.1 Gebiedsbeschrijving

Het Schelde-estuarium bestaat uit de Westerschelde en de rivier de Zeeschelde.

De Schelde ontspringt in Noord-Frankrijk ten noorden van St. Quentin, 100 m boven de zeespiegel. Op 350 km van haar bron mondt ze uit in de Noordzee. Onderweg door haar stroomgebied, een areaal van ca. 21.000 km², wordt ze vergezeld door de belangrijkste zijrivieren de Leie, de Dender

en de Rupel. De Schelde is verdeeld in vier delen: de Bovenschelde (stroomopwaarts van Gent op Vlaams grondgebied), de Bovenzeeschelde (van Gent tot Antwerpen), de Benedenzeeschelde (van Antwerpen tot de Belgisch-Nederlandse grens) en de Westerschelde.



Figuur 1-2 Stroomgebied van de Schelde

De Zeeschelde (Bovenzeeschelde plus Benedenzeeschelde) en de Westerschelde worden samen het Schelde-estuarium genoemd. Het estuarium strekt zich uit tot Gent, omdat tot daar de getijden doorwerken. Ook op de zijrivieren de Rupel en de Durme zijn er metershoge verschillen tussen hoog- en laagtij. In Figuur 1-4 is de Durme te zien (ten noorden van Dendermonde) en de Rupel ligt vlakbij Schelle. Het getij sterft stroomopwaarts uit door energieverlies tengevolge van wrijving of door de aanwezigheid van kunstwerken (bijvoorbeeld bij Gent).

1.2.2 Belastingen

De belasting op een waterkering is een combinatie van waterstand en (wind)golven. De waterstand wordt bepaald door onder andere zeewaterstand, windopzet en rivierafvoer.

De maatgevende belastingen in het Schelde-estuarium worden in het benedenstrooms gelegen deel gedomineerd door de waterstand, die hoofdzakelijk door het getij bepaald wordt. In de stroomopwaarts gelegen gebieden (ook op Bovenzeeschelde) is de combinatie van de bovenafvoer en het getij dominant. Overstromingen in het benedenstrooms gelegen deel worden in hoofdzaak veroorzaakt door extreem hoogtij; in het bovenstrooms gelegen deel worden overstromingen hoofdzakelijk veroorzaakt door combinaties van hoge rivierafvoeren en springtij of storm (een voorbeeld hiervan is het hoogwater van kerst 1999).

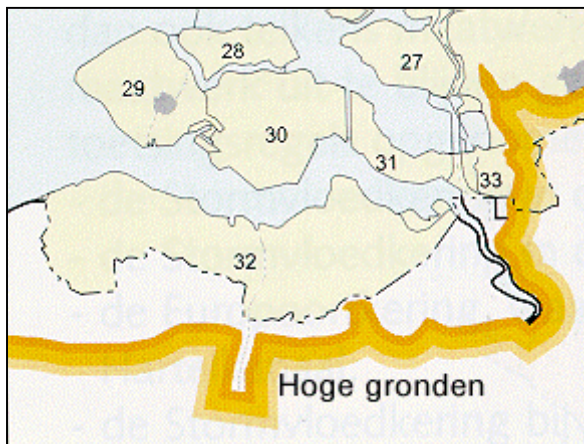
Golven veroorzaakt door wind maken geen deel uit van de maatgevende belastingen in het bovenstrooms gelegen gebied. In de benedenstrooms gelegen gebieden zijn windgolven wel van belang; in het ontwerp van de waterkeringen wordt dan ook rekening gehouden met een overhoogte. Ook moet er langs sommige waterkeringen rekening worden gehouden met golven veroorzaakt door de scheepvaart.

1.3 Huidige situatie

1.3.1 Westerschelde

Na de stormramp, die in 1953 grote delen van zuidwest Nederland onder water zette, besloot de Nederlandse regering het Deltaplan uit te voeren. Dit hield onder andere in dat alle zeegaten in de delta werden afgesloten met uitzondering van de Westerschelde. In plaats hiervan werden langs de Westerschelde de dijken versterkt tot hoogten variërend van 8 tot 11m +NAP (10,32 tot 13,32 m +TAW). Bij de grens hebben de Nederlandse dijken een hoogte van bijna 9m +NAP (11,32 m +TAW) gekregen. Naar het westen toe zijn de dijken hoger, omdat daar rekening moet worden gehouden met hogere golven.

Nederland is ingedeeld in dijkkringgebieden; dit zijn gebieden die beveiligd zijn tegen overstromingen door waterkeringen en/of hoge gronden. De dijkkringgebieden 29, 30, 31 en 32 grenzen aan de Westerschelde (zie Figuur 1-3). De in Figuur 1-3 getekende lijn van hoge gronden is de NAP +2m lijn.



Figuur 1-3 Dijkkringgebieden rondom de Westerschelde

Uit: [Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen; augustus 1999]

1.3.2 Zeeschelde

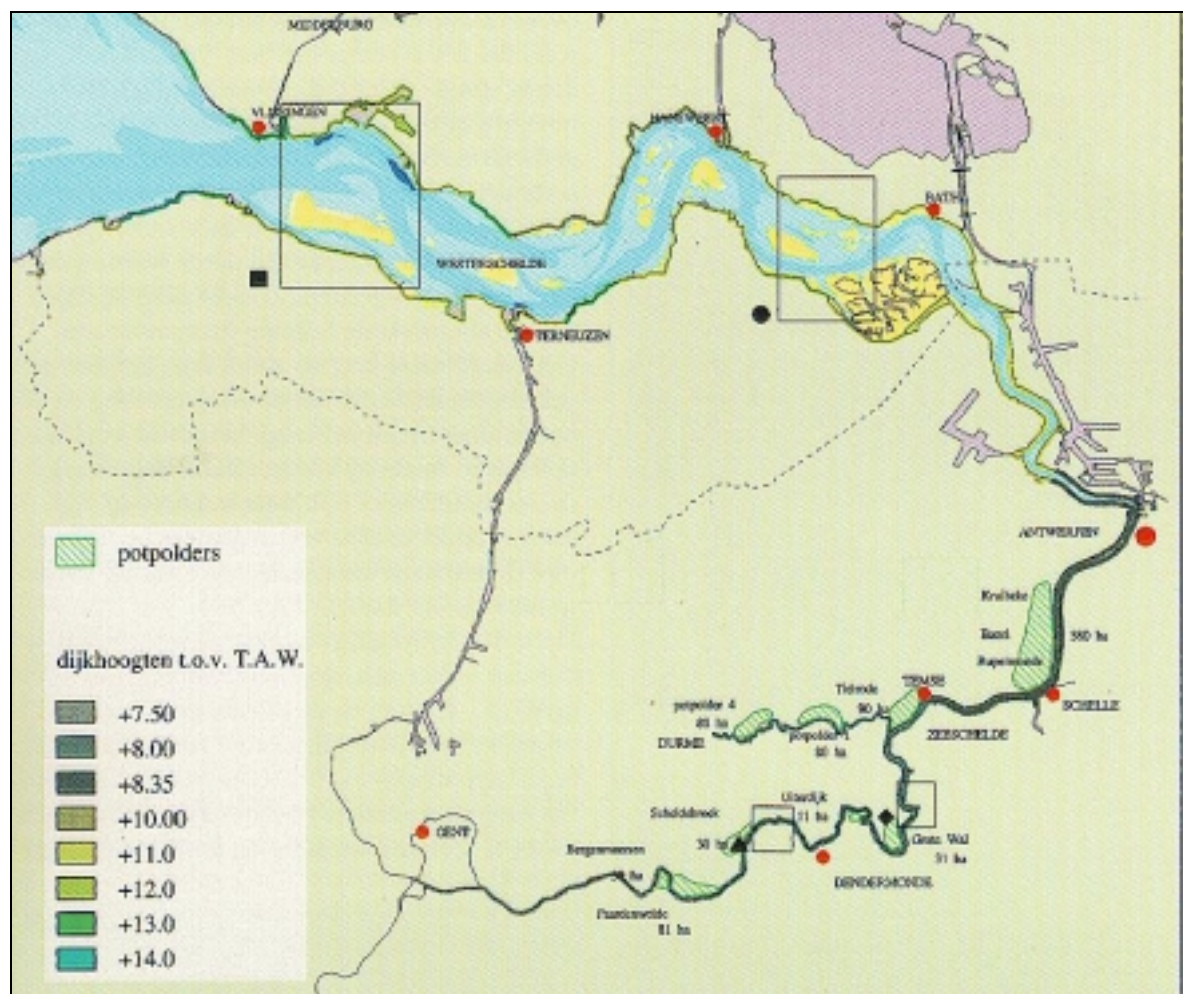
In Vlaanderen werd na de ramp in 1953 de schade hersteld, maar er werd geen plan opgesteld, zoals het Deltaplan, aangezien de schade in Vlaanderen een veel beperktere omvang had. Anders was het toen op 3 januari 1976 het water zeer hoog werd opgestuwd door (weer) een zware noordwesterstorm en er grote overstromingen optraden in het Zeescheldebekken. Een jaar later, in januari 1977, besliste de ministerraad tot de uitvoering van het Sigmaplan. Het doel van dit plan was het verbeteren van de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloed op de Noordzee.

Dit plan bestond uit 3 onderdelen:

1. het verstevigen en verhogen van de dijken in het gehele Zeescheldebekken over een lengte van 480 km;
2. het aanleggen van gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) en het bouwen van compartimenteringsdijken;
3. het bouwen van een stormvloedkering nabij Oosterweel.

Momenteel zijn de eerste twee onderdelen van het Sigmaplan grotendeels uitgevoerd. Er is ongeveer 400 km dijk op sigmahoogte gebracht en zijn 12 GOG's gerealiseerd. (In Figuur 1-4 zijn de huidige dijkhoogtes langs het estuarium weergegeven; de dijken met een hoogte van 7,50m+TAW worden alle opgehoogd tot 8,00m+TAW.)

Voor het inrichten van de GOG's zijn laaggelegen onbewoonde gebieden uitgekozen, waar een dijk op Sigmahoogte omheen is gelegd. Het deel van de compartimenteringsdijk, dat langs de rivier ligt, is wat lager en vormt zo de overlooptdijk. In de overlooptdijk zijn afvoersluizen aangelegd, die het water weer afvoeren bij afgaand water op de rivier. Ook de oorspronkelijke potpolders¹ voornamelijk gelegen langs de Durme zijn ingericht als overstromingsgebieden.



Figuur 1-4 Gecontroleerde OverstromingsGebieden en dijkhoogtes

¹ Door de lage afvoeren op de zijrivieren van de Schelde vindt veel sedimentatie plaats op de rivier bij eb. Om dit tegen te gaan zijn potpolders aangelegd langs de Durme, die tijdens hoogwater tijdens vloed vollopen en tijdens eb leeglopen. Hierdoor wordt sediment weggespoeld met de ebstroom mee. Omdat deze maatregel niet effectief bleek te zijn, hebben deze gebieden later de functie gecontroleerd overstromingsgebied gekregen.

De GOG's stromen in het algemeen niet over in de zomer, aangezien er dan geen zware noordwesterstormen optreden. (De overstromingsgebieden zijn weergegeven in Figuur 1-4; hierbij wordt opgemerkt dat de GOG's in de figuur ten onrechte potpolders zijn genoemd.) Onderdeel drie, de bouw van een stormvloedkering nabij Oosterweel, is echter niet uitgevoerd. Er wordt momenteel namelijk gewerkt aan een actualisatie van het Sigmaplan om op korte termijn de veiligheid in het Zeescheldebekken op een andere manier te vergroten. In plaats van de kering bij Oosterweel worden extra GOG's (vooral in het opwaarts gelegen deel van het estuarium) aangelegd en eventueel twee keringen gebouwd bij Lier en Mechelen. Met deze maatregelen wordt een vergelijkbaar veiligheidsniveau bereikt als met de bouw van een kering bij Oosterweel.

1.4 Definities

In deze paragraaf zijn de definities opgenomen, die in dit rapport worden gehanteerd.

Dijkringgebied:	een gebied dat door een stelsel van waterkeringen beveiligd moet zijn tegen overstromingen, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoge waterstanden op een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of bij een combinatie daarvan. Dit keringstelsel bestaat uit primaire keringen en hoge gronden.
Dijkvak:	een deel van een waterkering, waarbinnen de waterkeringseigenschappen (profiel, grondeigenschappen e.d.) en de belastingen (waterstanden, golven e.d.) ruimtelijk als constant worden beschouwd.
Faalmechanismen:	mechanismen, die er toe leiden dat de waterkering niet meer voldoet aan de veiligheidseisen, zoals afschuiving, golfoverslag, opbarsten en piping.
KBR:	gebied bij Kruikeke-Bazel-Rupelmonde, dat in het kader van het Sigmaplan ingericht wordt als GOG.
m +NAP:	de hoogte ten opzichte van het Nieuw Amsterdams Peil.
GGG	Gereduceerd Getij Gebieden zijn gebieden die gedurende een deel van elk getij worden gebruikt als overstromingsgebied. Als er storm wordt verwacht, worden deze gebieden afgesloten, zodat de volledige berging van het gebied beschikbaar is bij hoogwater. GGG's zijn door het veelvuldig overstroomd slechts in te richten als natuurgebied.
GOG:	Gecontroleerd OverstromingsGebied. Een GOG wordt omgeven door een ringdijk op Sigmahoogte maar de dijk aan de rivierzijde wordt een stuk lager aangelegd. Hierdoor kan in geval van hoge waterstand het water over de rivierdijk in de polder lopen.
Overstromingsdiepte:	de waterstand minus de maaiveldhoogte.
Overstromingskans per (dijkring)gebied:	de kans, dat in een bepaalde periode als gevolg van water over de kering, door de kering, via een bres in de kering een overstroming optreedt in het (dijkring)gebied.
Overbelastingskans:	de kans op overschrijden van een maatgevende waterstand.
Overstromingsrisico:	het product van de overstromingskans van een (dijkring)gebied en de gevolgen van een overstroming, uitgedrukt in monetaire schade en/of het aantal (dodelijke) slachtoffers.
Overstromingsschade:	alle (financiële en/of economische) gevolgen van een overstroming.

Overstromen:	het bedekt worden door buiten zijn bedding stromend water.
Potpolder:	een spuiikom; oftewel een gebied, waarin bij hoogwater water wordt geborgen, dat gebruikt wordt om tijdens de ebstroom sediment weg te spoelen uit de rivier.
Primaire waterkering:	een waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkkringgebied -al dan niet met hoge gronden- omsluit, ofwel vóór een dijkkringgebied gelegen.
Sigmahoogte:	de dijkhoogte gerealiseerd/ te realiseren door uitvoering van het Sigma-plan: - 11,00m +TAW vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Oosterweel; - 8,35m +TAW vanaf Oosterweel tot Temse; - 8,00m +TAW stroomopwaarts van Temse, langs de Rupel en andere bijrivieren.
Sigma-plan:	plan met als doel het beveiligen van de laaggelegen delen van het Zeescheldebekken tegen stormvloed veroorzaakt door een opwaaiing op de Noordzee tengevolge van zware westen- of noordwestenwinden.
Slachtoffers:	alle dodelijke slachtoffers tengevolge van verdrinking, ingestorte huizen, e.d. tijdens een overstroming.
m +TAW:	de hoogte ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing (Belgisch referentieniveau voor hoogtebepaling); 0,00m +TAW komt overeen met NAP -2,32 m.
TAW:	Technische Adviescommissie Waterkeringen
Was:	een (hoog)watergolf op een rivier (Vlaams); het deel van een (hoog)watergolf waarin de watertand stijgt (Nederlands).

2 Risicobepaling in Nederland

2.1 Huidig veiligheidsbeleid

In de Wet op de Waterkering [Wet op de waterkering, 1995] wordt het kader voor het huidige veiligheidsbeleid beschreven. Het huidige veiligheidsbeleid is gebaseerd op de aanbevelingen van de Deltacommissie na de watersnoodramp van 1953. Uitgangspunt hierbij zijn veilige dijken onder maatgevende omstandigheden. Zo zijn de waterkeringen in de grootste delen van Noord- en Zuid-Holland ontworpen op het keren van het water tijdens een waterstand die per jaar een gemiddelde kans van voorkomen heeft van 1:10.000 [zie Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998]. Dezelfde wet biedt de mogelijkheid om te zijner tijd een overstap te maken naar een meer geavanceerde veiligheidsbenadering, die is gebaseerd op overstromingskansen. De veiligheid wordt uitgedrukt als de kans op een overstroming, waarbij de hoogte van de norm (kans) rekening houdt met de gevolgen van een overstroming uitgedrukt in termen van schade en slachtoffers. Binnen het onderzoeksprogramma Overstromingsrisico's, voorheen genoemd Marsroute [Marsroute, 1999], ontwikkelt de TAW een methode die het te zijner tijd mogelijk maakt om het overstromingsrisico per dijkkringgebied in kaart te brengen. Het is dan mogelijk om het overstromingsrisico in een bredere context te plaatsen en te vergelijken met andere maatschappelijke risico's zoals die van kerncentrales, het vervoer van gevaarlijke stoffen en de luchtvaart.

Uitgangspunt van de veiligheidsbenadering van de Deltacommissie was om per gebied een gewenst veiligheidsniveau vast te stellen. Dit veiligheidsniveau is gebaseerd op enerzijds de kosten van aanleg van de waterkeringen en anderzijds de mogelijke schade bij een overstroming. Het belangrijkste probleem voor de commissie was dat de kennis destijds niet toereikend was om de overstromingskansen van een waterkering te berekenen. De Deltacommissie koos daarom voor een vereenvoudigde benadering gebaseerd op ontwerpbelastingen. Uitgangspunt daarin zijn ontwerpwaterstanden als meest dominante belasting. Bij het ontwerp van de waterkering wordt ten opzichte van deze waterstand vervolgens een zekere marge gehanteerd, die afhankelijk is van wind- en golfklimaat. Het doel daarbij is om te zorgen dat elk individueel dijkvak voldoende hoog is om een bepaalde extreme waterstand met bijbehorende golfbelasting ('overlopen' en 'golfoverslag') te keren. Aanvullende eisen zoals de helling van het binnentalud en de zwaarte van de bekleding, zorgen voor voldoende stabiliteit.

Op deze wijze is voor ieder dijkkringgebied een veiligheidsniveau in de vorm van ontwerpwaterstanden vastgelegd. Uitgegaan is van een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar, waarbij voor sommige gebieden een reductie is toegepast. Zo gelden voor het dichtbevolkte centraal Nederland, het economische hart van Nederland, ontwerpwaterstanden van 1/10.000 per jaar. Voor de minder dichtbevolkte en economisch minder belangrijke gebieden wordt uitgegaan van hogere overschrijdingsfrequenties. Voor de gebieden langs de Westerschelde is dit 1/4.000 per jaar. De overschrijdingsfrequenties zijn vastgelegd in de Wet op de Waterkering.

De overschrijdingsfrequenties zeggen onvoldoende over de daadwerkelijke kans op overstroming van een dijkkring. Dat heeft een drietal oorzaken:

- de waterkering wordt geacht de ontwerpwaterstand veilig te kunnen keren. Een iets hogere waterstand betekent echter niet onmiddellijk instabiliteit en leidt niet direct tot het falen of bezwijken van de waterkering.

- de waterkering kan ook bij lagere waterstanden dan de ontwerpwaterstand falen. Ter voorkoming hiervan worden volgens de huidige veiligheidsbenadering aanvullende constructieve eisen aan de waterkering gesteld. Het is echter nog niet mogelijk om deze constructie-eisen te vertalen in faalkansen en de extra kans op overstromingen.
- een dijkkringgebied overstroomt bij het falen van een enkel dijkvak. De huidige veiligheidsbenadering richt zich op afzonderlijke vakken, waardoor onvoldoende bekend is over de samenhang tussen het falen van de verschillende dijkvakken.

Er is dus een duidelijk verschil tussen overbelasten en falen van een dijkkring. In de huidige veiligheidsbenadering wordt geen gebruik gemaakt van de overstromingskansen; dit is iets voor de toekomst.

In Nederland is de bescherming tegen hoogwater geregeld in de Wet op de Waterkering. Deze wet geeft een samenhangend beleid betreffende de veiligheid, het beheer en het bestuur van de primaire waterkeringen. De wet verplicht de beheerders (in de meeste gevallen een waterschap) om hun primaire keringen elke vijf jaar te toetsen op veiligheid. Hiertoe is de Leidraad Toetsen op Veiligheid opgesteld door de TAW. Tevens worden iedere vijf jaar de te hanteren hydraulische randvoorwaarden vastgelegd in het Randvoorwaardenboek. Als de waterkering niet voldoet aan de in de Leidraad gestelde eisen, moet de waterkering worden aangepast.

Verwacht wordt dat vanaf 2001 (na voltooiing van werken in het kader van de Deltawet) de waterkeringen in Nederland voldoen aan de huidige veiligheidseisen. Dit betekent dat de waterkeringen langs de Westerschelde een ontwerpwaterstand met een frequentie van voorkomen van 1/4.000 jaar kunnen weerstaan. Wat de daarbij behorende overstromingskansen van de door de waterkeringen beschermde gebieden is, is echter nog niet bekend.

2.2 Toekomstig veiligheidsbeleid

Momenteel wordt onderzocht of in de toekomst de veiligheid van (dijkring)gebieden kan worden uitgedrukt in overstromingskansen of in overstromingsrisico's in plaats van in overschrijdingskansen van belastingen. Hiertoe is door de TAW het project Marsroute opgestart, sinds kort het project Overstromingsrisico's genoemd. Binnen dit project zijn 8 cases uitgevoerd waarin de overstromingskansen van een dijkkringgebied is berekend. Met de methode toegepast in de cases kunnen voor alle dijkkringgebieden in Nederland de overstromingskansen bepaald worden. Momenteel wordt een studie uitgevoerd waarin voor vier werkelijke dijkkringgebieden de overstromingskansen worden bepaald. Tevens wordt inzicht verkregen in de gevolgen van een overstroming.

In paragraaf 2.2.1 wordt ingegaan op de overstromingskansenbenadering en in paragraaf 2.2.2 wordt de overstromingsrisicobenadering toegelicht.

2.2.1 Overstromingskansenbenadering

Om de veiligheid te kunnen bepalen met de overstromingskansenbenadering moet de faalkans van een dijkkring, die bestaat uit een aantal dijkvakken, duinvakken en/of kunstwerken, worden berekend. Door het uitvoeren van deze berekening wordt ook inzicht verkregen in de dijkvakken, die de grootste bijdrage leveren aan de overstromingskansen van het betreffende gebied.

Bij de berekening van de faalkans van de dijkkring kunnen naast het overlopen van de waterkering ook andere mechanismen als golfoverslag, grondmechanisch bezwijken, welvorming, het

bezwijken van de dijkbekleding en zelfs menselijk falen bij de bediening van vloedkeringen worden meegenomen.

Een onderdeel van een dijkkring kan falen door het optreden van verschillende faalmechanismen voor dijken, duinen en kunstwerken, zoals:

- overloop en golfoverslag door onvoldoende kruinhoogte van dijken en kunstwerken;
- afschuiving van het binnentalud door onvoldoende kruinhoogte en/of onvoldoende stabiliteit van de dijken;
- opbarsten en piping door te grote druk van het water;
- falen van de bekleding en onderliggende lagen door golfaanval gevolgd door erosie;
- piping bij kunstwerken door kwel onder of langs kunstwerken;
- het niet sluiten van kunstwerken door technisch/ menselijk falen;
- teveel duinafslag.

Andere faalmechanismen worden in zijn algemeenheid van minder belang geacht. [uit: TNO-Bouw; 1999]

Hieronder is per mechanisme een korte beschrijving gegeven van de berekeningswijze.

- In de huidige veiligheidsbenadering wordt de hoogte van de waterkering meestal bepaald als de som van de maatgevende hoogwaterstand en een waakhoogte. Bij afluiddige wind of bij anderszins zeer kleine golfhoogten wordt de waakhoogte bepaald door overloop; in alle andere gevallen door golfoverslag. In beide gevallen geldt een minimum waakhoogte van 0,5m.
- De veiligheid tegen afschuiven (macro-instabiliteit) wordt bepaald met een probabilistische stabiliteitsanalyse, die gebruik maakt van de methode Bishop.
- De huidige berekeningen met betrekking tot piping zijn gebaseerd op een rekenmodel voor zandtransport (model van Sellmeijer); traditioneel wordt uitgegaan van empirische rekenregels.
- De sterkte van de bekleding wordt berekend met behulp van een probabilistische methode en uitgedrukt in een betrouwbaarheidsindex. Er zijn verschillende methodes om de sterkte van de bekleding te bepalen voor grasbekledingen, steenzettingen en asfaltbekledingen.
- Bij het bepalen van de veiligheid tegen piping bij kunstwerken wordt net als bij de huidige methoden gebruik gemaakt van de empirische formule van Lane.
- De betrouwbaarheid van het sluiten van kunstwerken wordt uitgedrukt in een overstromingskans, waarbij overstroming wordt gedefinieerd als een waterschijf van 0,15m van de direct achter het kunstwerk gelegen polder. Gekeken wordt naar de hiervoor benodigde drempelhoogten. Daarnaast is de betrouwbaarheid van de sluitingsoperatie van belang.
- De mate van duinafslag wordt bepaald met het balansmodel uit de Leidraad Zandige Kust, waarbij het volume afgeslagen zand aan de voet van de duin wordt gedeponneerd.

Karakteristiek voor de overstromingskansbenadering is dat de sterkte en de belasting voor alle faalmechanismen probabilistisch worden benaderd.

In de acht reeds uitgevoerde cases zijn enkel de inherente onzekerheden (natuurlijke variabiliteit) in de tijd en in de ruimte meegenomen. De inherente onzekerheden in de tijd zijn de onzekerheden in de waterstanden, de windsnelheid, de windrichting en de afvoer. De inherente onzekerheden in de ruimte zijn de onzekerheden in de dijkhoogte, de sterkte, de stabiliteit en sterkte van de dijkbekleding

In het project "Onzekerheidsanalyse Overstromingskans" zijn ook de statistische onzekerheden en onzekerheden in het model meegenomen; deze onzekerheden zijn met behulp van expertmeningen ingeschat.

2.2.2 Overstromingsrisicobenadering

Een overstroming van een (dijkring)gebied kan op allerlei manieren optreden; de faalmechanismen kunnen verschillen, de doorbraak kan op verschillende plaatsen optreden, de buitenwaterstand tijdens de overstroming varieert, enz. Al deze eigenschappen vormen samen een overstromingsscenario. (In de overstromingskans van een dijkvak zijn de verschillende faalmechanismen meegenomen.)

De hierboven beschreven overstromingsscenario's kennen verschillende gevolgen, omdat de tijdens een overstroming optredende waterstanden, de stijgsnelheid, de stroomsnelheid en het golfklimaat verschillend zijn. Dientengevolge verschillen ook de omvang van de schade en het aantal slachtoffers per overstroming. Door al deze verschillen tussen overstromingsscenario's kan niet worden volstaan met het berekenen van de schade tengevolge van één overstromingsscenario. Daarentegen is het ook niet haalbaar om voor elk (dijkring)gebied de gevolgen van alle mogelijke overstromingen te berekenen. Daarom moet een keuze worden gemaakt uit alle mogelijke overstromingsscenario's; deze gekozen scenario's worden vervolgens representatief gesteld voor alle andere overstromingsscenario's.

Elk overstromingsscenario heeft een eigen kans op voorkomen. De som van deze kansen is gelijk aan de overstromingskans van het (dijkring)gebied.

Het overstromingsrisico is het somproduct van de kans op de overstromingsscenario's en de gevolgen hiervan, uitgedrukt in monetaire schade en/of het aantal slachtoffers. Op deze manier wordt de verwachtingswaarde van de schade en/of van het aantal slachtoffers berekend.

De verwachtingswaarde van de schade of het aantal slachtoffers wordt als volgt uitgedrukt:

$$E(S) = \dots S(x)f(x)dx$$

met:

S = schade of aantal slachtoffers

x = vector met stochasten, zoals waterstand, stijgsnelheid, stroomsnelheid en golfklimaat

f = kansdichtheidsfunctie van x

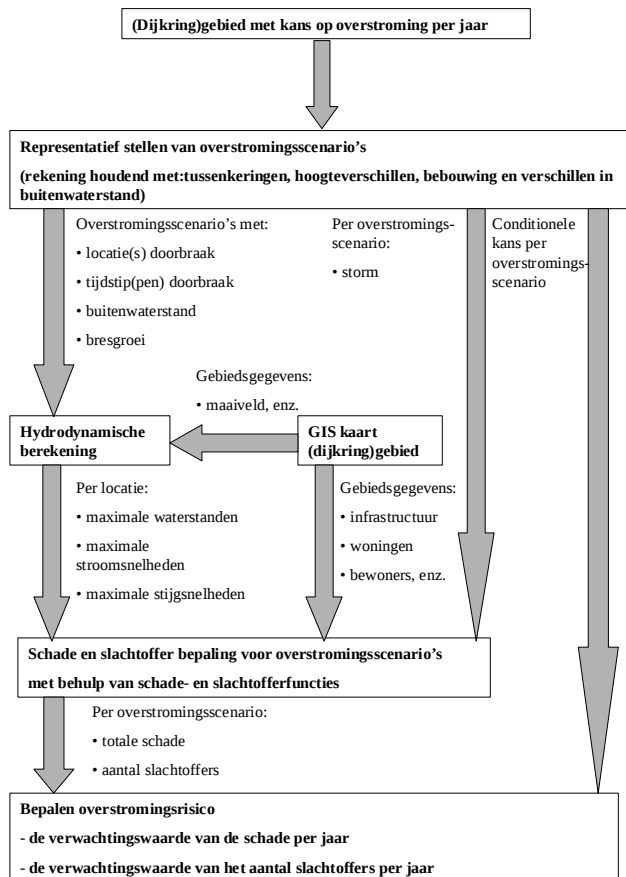
Het berekende overstromingsrisico in een (dijkring)gebied kan vervolgens worden getoetst aan drie soorten risico's: het individuele, economische en groepsrisico.

Met behulp van de Standaardmethode Schade en Slachtoffers [HKV,1999] kan de verwachtingswaarde van de schade en het aantal slachtoffers tengevolge van een overstroming worden bepaald voor een (dijkring)gebied (zie Figuur 2-1). Uitgangspunt van deze methode is, dat de overstromingskans van het betreffende gebied of de conditionele kans van één overstromingsscenario bekend is.

Om de Standaardmethode toe te passen is informatie nodig over de overstroming, zoals de maximale optredende overstromingsdieptes, stroomsnelheden en stijgsnelheden en het wel of niet aanwezig zijn van (storm)golven. Deze hydraulische gegevens worden afgelezen uit de uitkomsten van een simulatie met het 2DH stromingsprogramma DELFT.FLS of uit een kombergingsmodel. Voor het uitvoeren van een overstromingsberekening met dit programma is nodig: geografisch georiënteerde informatie omtrent het bodemgebruik in het gebied en de maaiveldhoogte; hydraulische en meteorologische randvoorwaarden en informatie met betrekking tot de bres.

Daarnaast is voor het berekenen van de schade en het aantal slachtoffers geografisch georiënteerde informatie omtrent het gebied nodig over het grondgebruik, de aanwezigheid van infrastructuur, het aantal inwoners, de bebouwing, de bedrijven en bijzondere objecten. Deze

gegevens worden afgeleid uit bestaande en onderhouden gegevensbestanden, die geheel Nederland beslaan.



Figuur 2-1 Stroomschema voor het berekenen van het overstromingsrisico

De schade en het aantal slachtoffers worden vervolgens berekend met behulp van schade- en slachtofferfuncties.

In de huidige situatie kan alleen de monetair waardeerbare schade worden bepaald. Dit is de directe schade aan roerende en onroerende goederen (de materiële schade aan bijvoorbeeld huizen, inboedels, infrastructuur en bedrijven) en de indirecte schade aan bedrijven (zoals inkomstendering). Schade aan bijvoorbeeld natuur en cultuurwaarden is (nog) niet in geld uit te drukken.

Het aantal slachtoffers is de som van het aantal slachtoffers door verdrinking en door instortende bebouwing. Voor de bepaling van het aantal slachtoffers door verdrinking wordt rekening gehouden met de waarschuwingstijd, de maximale inundatiediepte, de maximale stijgsnelheid, het aantal mensen dat in de directe omgeving van potentiële doorbraakpunten woont en de windsnelheid. Het aantal slachtoffers door instortende bebouwing is afhankelijk van maximale stroomsnelheid en het golfklimaat.

3 Risicobepaling in Vlaanderen

3.1 Huidig veiligheidsbeleid

De waterbeheersingsplannen in Vlaanderen waren in het verleden gebaseerd op beveiliging tegen herhalingen van reeds voorgekomen hoogwaters of op buitenlandse waterbeheersingsplannen. Voor het Zeescheldebekken moet het Sigmaplan uiteindelijk een vergelijkbare veiligheid als het Nederlandse Deltaplan opleveren.

In Vlaanderen wordt momenteel de overbelastingskansbenadering toegepast (zie bijvoorbeeld het Sigmaplan). De huidige overschrijdingskans van het Zeescheldebekken is 1/70 per jaar; met het inrichten van het Gecontroleerde OverstromingsGebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde wordt deze verkleind tot 1/350 per jaar. Met de uitvoering van het Sigmaplan wordt gestreefd naar een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar; momenteel wordt het bereiken van een overschrijdingskans van 1/2.000 per jaar voor het Zeescheldebekken haalbaar geacht. Een overschrijdingskans van 1/2.000 per jaar wordt ook voldoende geacht, omdat langs de Schelde vooral landelijke gebieden liggen en dus weinig schade wordt verwacht bij overstroming.

In Vlaanderen zijn de ontwerpwaterstanden gehanteerd als meest dominante belasting. Bij het ontwerp van de waterkering wordt ten opzichte van deze waterstand vervolgens een zekere marge gehanteerd, die afhankelijk is van golfklimaat. Het doel daarbij is om te zorgen dat de waterkering voldoende hoog is om een bepaalde extreme waterstand met bijbehorende golfbelasting ('overlopen' en 'overslag') te keren. Aanvullende eisen zoals de helling van het binnentalud en de zwaarte van de bekleding, zorgen voor voldoende stabiliteit.

De maatgevende belasting is locatieafhankelijk. De locaties worden gekozen aan de hand van trajecten waar onderhoud aan wordt gepleegd, waar inspecties worden uitgevoerd of waar de dijken op TAW hoogte worden gebracht.

Om de overschrijdingskansen van de hoogwaterstanden te Antwerpen te bepalen zijn in de loop der jaren diverse studies uitgevoerd. In bijlage A staat een samenvatting van deze studies. Bij het opmaken van de actualisatie van het Sigmaplan werd gebruik gemaakt van de overschrijdingslijn van 1990, opgesteld door ir. J. Claessens. Deze wordt gehanteerd totdat in 2001 een nieuwe overschrijdingslijn zal worden opgesteld door de Afdeling Maritieme Zeeschelde. Deze overschrijdingslijn zal gebaseerd zijn op alle hoogwaterstanden tot en met 2000. De overschrijdingslijn van de heer Claessens is afgeleid van metingen gedaan tussen 1971 en maart 1990, waarbij de overschrijdingslijn werd doorgetrokken tot 9,05 m TAW bij een terugkeertijd van 10.000 jaar. Er is uitgegaan van deze relatief korte meetreeks omdat na analyse van de volledige meetreeks sinds 1901 en de daarbij vastgestelde trend besloten werd om een zo homogeen mogelijke meetreeks te selecteren.

Gezien de benedenstroomse ligging van de meetpost moet de afgeleide curve voornamelijk worden gelezen als een overschrijdingscurve van mariene waterstanden. Een statistische analyse voor de waterstanden in opwaartse gebieden, waarin de rivierafvoer gecombineerd is met de mariene waterstanden, is nog niet uitgevoerd.

In het verleden werden de waterkeringen in het Zeescheldebekken niet systematisch getoetst; waardoor onduidelijk was hoe hoog de dijken zijn in het gebied. Om inzicht te krijgen in de

kruinhoogtes is inmiddels een uitgebreide meetcampagne gestart. De hoogte wordt om de zes meter gemeten.

3.2 Toekomstig veiligheidsbeleid

Door de Commissie Waterbeheersing is voorgesteld om een veiligheidsniveau te hanteren voor de bescherming van personen tegen overstroming. Voor de bescherming van infrastructuur en materiële goederen dient een gedifferentieerd veiligheidsniveau te worden vastgelegd, dat afgeleid wordt van de aard, het belang en de locatie van de infrastructuur en de materiële goederen. Uit dit veiligheidsniveau volgt een overschrijdingsfrequentie, waaruit concrete waterhoogtes en debieten volgen. Deze gegevens worden vervolgens gebruikt bij het ontwerp van de waterkeringen. Het algemene veiligheidsniveau wordt vastgelegd door het uitvoeren van een kosten-batenanalyse. Om de toekomstige kosten en baten van maatregelen te kunnen vergelijken, worden deze verdisconteerd.

De gekapitaliseerde totale kosten in een bekken over een periode T tengevolge van het falen van een waterkering worden op de volgende manier berekend.

$$E_c(S) = \sum_{i=1}^T \frac{E_i(S)}{(1+r)^i}$$

waarin

$$E_i(S) = \sum_{j=1}^n E_{ij}(S)$$

en

$$E_{ij}(S) = P(F_i)S_j$$

met:

$E_i(S)$ = totale verwachte schadekosten per bekken

$E_{ij}(S)$ = totale lokale verwachte schadekosten

$P(F_i)$ = totale lokale faalkans per jaar

S_j = opgetreden schade

T = verwachte ontwerpperiode

r = verwachte gemiddelde rentevoet

Bij het berekenen van de verwachtingswaarde van de schade wordt gebruik gemaakt van de lokale faalkansen. Falen wordt gesimuleerd op de locatie met de grootste lokale faalkans bij een hoogwatersituatie. Vervolgens wordt voor alle overige locaties langs het bekken de nieuwe totale faalkans bepaald; dit is dus de kans op een overstroming door het optreden van een faalmechanisme per locatie onder voorwaarde dat de overstroming op de locatie met de grootste overstromingskans al plaats heeft gevonden. Hetgeen betekent dat de overstromingskansen van de verschillende locaties volledig afhankelijk zijn. Door het falen van één locatie zullen in de meeste gevallen de in het bekken optredende waterstanden afnemen en wordt de kans op een doorbraak elders kleiner.

Deze methode wordt toegepast voor verschillende hoogwatersituaties (met elk een eigen kans op voorkomen) net zolang totdat alle gebieden in het bekken tenminste éénmaal overstroomd zijn.

De lokale overstromingskans wordt gelijk gesteld aan het maximum van de kans op falen op deze locatie volgens één van de faalmechanismen overloop of overslag.

Om de overstromingskans tengevolge van één van de faalmechanismen te kunnen berekenen, zijn overschrijdingskansen van de maatgevende belastingen nodig. Hiertoe moet een gecombineerde overschrijdingsfrequentie van (getij)waterstanden en golven worden opgesteld. Daarom wordt een extreme-waardenanalyse uitgevoerd op basis van langdurige meetreeksen. Uit deze analyse worden hoogwatergolven, ook wel wassen genoemd in Vlaanderen, en de bijbehorende waterstanden afgeleid en vervolgens de bijbehorende overschrijdingsfrequenties. Voordat deze benadering kan worden toegepast, moeten de faalmechanismen worden onderzocht. In de eerste fase worden enkel de faalmechanismen overloop en golfoverslag meegenomen. Er wordt dus enkel gerekend met de hydraulische belastingen (optredende waterstanden en eventueel de bijbehorende golven). Onduidelijk is nog welke faalmechanismen ten aanzien van de stabiliteit mee worden genomen in een latere fase, en op welke wijze dit zal gebeuren. Mogelijke keuzes zijn bresvorming en –groei, macro-instabiliteit tengevolge van afschuiven van het binnen- en of buitentalud, piping (onderloopsheid en terugschrijdende erosie), falen van kunstwerken in de waterkering en combinaties van verschillende factoren. [Bron: Doelstelling AWZ 98/10, Veiligheidsniveau Vlaanderen, Deelstap 4: Onderzoeksplan]

Om het overstromingsrisico te kunnen bepalen worden de verschillende overstromingen doorgerekend met behulp van de in Nederland gehanteerde schadefuncties en –factoren. Echter om de schade- en slachtofferfuncties toe te kunnen passen, moet onder meer inzicht worden verkregen in de tijdens een overstroming optredende waterstanden. Daartoe zijn actuele hoogtegegevens nodig; de huidige geografisch georiënteerde gegevens zijn betrekkelijk schaars en niet voldoende nauwkeurig. Daarom wordt momenteel een intensieve meetcampagne opgezet (bathymetrie, DTM en hydrologische meetnetten).

Als de geografisch georiënteerde gegevens beschikbaar komen, kunnen de waterdieptes met een 1-dimensionaal hydrologisch/ hydraulisch model (MIKE 11, ISIS of Sobek) worden berekend. (De keuze van het pakket volgt uit een aanbesteding midden dit jaar.)

Met een dergelijk 1-dimensionaal model worden ook de overstromingen gesimuleerd. Met behulp van de uitkomsten van deze simulatie en met geografisch georiënteerde hoogtegegevens wordt de overstromingsdiepte in de overstroomde gebieden benaderd. Deze overstromingsdieptes worden weer gebruikt bij het bepalen van de schade.

Tot de overstromingsschade wordt de materiële schade aan roerende en onroerende goederen gerekend; niet meegenomen wordt de daarmee samenhangende indirecte schade, zoals inkomstenderving. Voor het berekenen van de schade moet inzicht worden verkregen in de overstromingsgebieden aanwezige roerende en onroerende goederen. Hiertoe kan gebruik gemaakt worden van een reeds bestaande geografisch georiënteerde database. Ook moet inzicht worden verkregen in de waarden van deze goederen om de schadefuncties te kunnen toepassen.

Het aantal slachtoffers wordt geschat met behulp van:

- eenvoudige vuistregels op basis van Nederlandse gegevens, waarbij rekening wordt gehouden met de waarschuwingstijd, de maximale inundatiediepte, de maximale stijgsnelheid, het aantal mensen dat in de directe omgeving van potentiële doorbraakpunten woont en de windsnelheid; of
- een verband tussen de maximale inundatiediepte en de verdrinkingsfractie, dat gebaseerd is op een analyse van de ramp in Zeeland in 1953.

Na het bepalen van het aantal slachtoffers worden deze monetair waardeerbaar gemaakt. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een gemiddelde waarde van een slachtoffer. Om na te gaan wat de invloed is van de gekozen waarde voor een slachtoffer op de uitkomsten van de risicoanalyse, is een gevoeligheidsanalyse gepland.

Vervolgens wordt de “slachtofferschade” opgeteld bij de materiële schade. Dit levert de totale schade.

De verwachting is dat bij de onderlinge vergelijking van de effecten van maatregelen niet alleen naar de totale schade wordt gekeken, maar ook naar de verdeling van de schade over de verschillende posten (woningen, bedrijven, landbouw, slachtoffers etc.)

4 Vergelijking

In dit hoofdstuk wordt de Nederlandse veiligheidsbenadering met de Vlaamse vergeleken. De overeenkomsten en de verschillen van zowel het huidige als het toekomstige veiligheidsbeleid worden aangeduid.

4.1 Vergelijking huidig veiligheidsbeleid

4.1.1 Veiligheid

Zowel in Vlaanderen als in Nederland wordt momenteel de overbelastingskansbenadering toegepast. Dit wil zeggen dat de veiligheid wordt uitgedrukt in de kans op het overschrijden van de belasting of een combinatie van belastingen, die gebruikt is bij het ontwerpen van de waterkering. In Nederland is voor ieder dijkkringgebied een veiligheidsniveau in de vorm van ontwerpwaterstanden vastgelegd in de Wet op de Waterkering. Voor Noord- en Zuid-Holland is uitgegaan van ontwerpwaterstanden met een frequentie van voorkomen van eens per 10.000 jaar. Voor de minder dichtbevolkte en economisch minder belangrijke gebieden wordt uitgegaan van hogere overschrijdingskansen; voor de waterkeringen rond de Westerschelde is de overschrijdingskans 1/4.000 per jaar. Opgemerkt wordt, dat door het toepassen van verschillende overschrijdingskansen in gebieden met verschillend gebruik, impliciet al een overstromingsrisicobenadering wordt toegepast.

Met het uitvoeren van het Sigmaplan² krijgen de bewoners van Vlaanderen dezelfde mate van veiligheid als de Nederlanders. Aangenomen is dat de maatgevende belasting eens in de 10.000 jaar mag worden overschreden. Omdat langs de Schelde vooral landelijke gebieden liggen, wordt weinig schade verwacht bij een overstroming. Mede daarom en omdat een overbelastingskans kleiner dan 1/2.000 per jaar voorlopig niet haalbaar wordt geacht, wordt van dit standpunt afgeweken. Ook in Vlaanderen wordt dus impliciet al gebruik gemaakt van een veiligheidsfilosofie gebaseerd op het overstromingsrisico.

Geconcludeerd wordt dat de huidige veiligheidsbenaderingen toegepast in Vlaanderen en Nederland niet van elkaar verschillen.

Wel verschillen de huidige overschrijdingskansen van de ontwerpwaterstanden van elkaar. De huidige overschrijdingskans in Vlaanderen is 1/70 per jaar. Na inrichting van het Gecontroleerde OverstromingsGebied KBR in 2005 zal deze verkleind zijn tot 1/350 per jaar. Met de uitvoering van de maatregelen, die de kering bij Oosterweel vervangen, moet de overschrijdingskans gereduceerd zijn tot 1/2.000. In Nederland zijn de huidige waterkeringen langs de Westerschelde bestand tegen een storm met een kans van voorkomen van 1/4.000 jaar.

4.1.2 Overschrijdingskansen

In de huidige situatie wordt in Vlaanderen gebruik gemaakt van de overschrijdingskansen van de waterstanden bij Antwerpen. Momenteel wordt gebruik gemaakt van de overschrijdingslijn van 1990, opgesteld door ir. J. Claessens. Deze wordt gehanteerd totdat in 2001 een nieuwe overschrijdingslijn zal worden opgesteld door de Afdeling Maritieme Zeeschelde. Deze

² In de huidige situatie heeft de ontwerpbelasting een overschrijdingskans van 1/70 jaar. Door het inrichten van het gebied Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (KBR) als GOG wordt een veiligheidsniveau bereikt van eens in de 350 jaar. Verwacht wordt dat deze maatregel in 2005 uitgevoerd is.

overschrijdingslijn zal gebaseerd zijn op alle hoogwaterstanden tot en met 2000. De overschrijdingslijn van de heer Claessens is afgeleid van metingen gedaan tussen 1971 en maart 1990, waarbij de overschrijdingslijn werd doorgetrokken tot 9,05 m TAW bij een terugkeertijd van 10.000 jaar. Er is uitgegaan van deze relatief korte meetreeks omdat na analyse van de volledige meetreeks sinds 1901 en de daarbij vastgestelde trend besloten werd om een zo homogeen mogelijke meetreeks te selecteren.

Gezien de benedenstroomse ligging van de meetpost moet de afgeleide curve voornamelijk worden gelezen als een overschrijdingscurve van mariene waterstanden.

De overschrijdingskansen van ontwerpwaterstanden zijn voor de Westerschelde gebaseerd op waterstandsreeksen van ruim 100 jaar (1880-heden) voor diverse locaties. Op basis van deze gegevens is een waterstandsoverschrijdingslijn afgeleid. De meetreeksen van vóór de grote veranderingen in de Schelde en Westerschelde (baggerwerkzaamheden, enz.) zijn aangepast. Zo kunnen de meetwaarden, die betrekking hebben op een oude situatie, toegepast worden op een nieuwe situatie.

De verzameling metingen, waarop de overschrijdingskansen van de hoogwaterstanden zijn gebaseerd, lijkt in Nederland uitgebreider dan in Vlaanderen. Echter in Nederland is de lange meetreeks gecorrigeerd voor de trends, en in Vlaanderen heeft men besloten om een homogene meetreeks uit alle data te selecteren en zodoende de trends te elimineren. Het is uiteraard wenselijk dat Nederland en Vlaanderen eenzelfde methode hanteren om trends uit de data te verwijderen.

4.1.3 Ontwerp

In Nederland wordt bij het ontwerp van waterkeringen uitgegaan van waterstanden als meest dominante belasting. Vervolgens wordt een marge gehanteerd gebaseerd op het op de betreffende locatie heersende golf-/ windklimaat. Elk dijkvak moet voldoende hoog zijn om een bepaalde extreme waterstand met bijbehorende golfbelasting te kunnen keren. Aanvullende eisen aan bijvoorbeeld de helling van het binnentalud zorgen voor voldoende stabiliteit onder extreme omstandigheden. Al deze aan het ontwerp van een waterkering gestelde eisen zijn opgenomen in verschillende Leidraden (Leidraad Rivierdijken, Leidraad Zandige Kusten, Leidraad Zee- en Meerdijken en Leidraad Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies). In Vlaanderen geldt een vergelijkbare procedure bij het ontwerp van waterkeringen; deze is echter niet op een met Nederland vergelijkbare manier (door middel van de Leidraden) vastgelegd.

In beide landen is de ontwerpbelasting afhankelijk van de locatie. In Nederland is daartoe de waterkering in dijkvakken verdeeld; in Vlaanderen worden de locaties gekozen aan de hand van uit te voeren onderhouds- en/of inspectiewerkzaamheden of dijkverbeteringen.

4.1.4 Toetsen van waterkeringen

In Nederland worden de waterkeringen getoetst aan de hand van de Leidraad Toetsen op Veiligheid. Bij het toetsen wordt ervan uitgegaan, dat er tijdens de periode, waarop de toetsing betrekking heeft, van alles mis mag gaan met de kering, zolang dit maar niet binnen een periode van hoog water kan leiden tot (een gevaar voor) bresvorming en/of overstroming. Een dijkkring wordt getoetst aan de hand van de volgende onderwerpen: de hoogte, de stabiliteit, de afsluitmiddelen en het grensprofiel. Bij de toetsing wordt gebruik gemaakt van actuele informatie

omtrent de ontwerpbelasting. Hiertoe worden eens in de vijf jaar de randvoorwaarden (waterstanden en golven) vastgelegd in het zogenaamde Randvoorwaardenboek.

In Vlaanderen heeft nog geen toetsing plaatsgevonden, omdat de inventarisatie van de dijkkruihoogten nog niet gereed is. Ook zijn er nog geen afspraken over de bij een toetsing toe te passen methoden.

4.2 Vergelijking toekomstig veiligheidsbeleid

4.2.1 Veiligheid

De Vlaamse visie op veiligheid is vergelijkbaar met de door Nederland voorgestelde overstromingsrisicobenadering. De manier, waarop het overstromingsrisico wordt uitgedrukt en berekend, is echter duidelijk verschillend. Ook is er een verschil tussen de faalmechanismen die in beide landen mee worden genomen bij het bepalen van de overstromingskans. In de onderstaande tabel is een kort overzicht gegeven van de verschillen tussen het toekomstige veiligheidsbeleid in Nederland en in Vlaanderen. Enkele verschillen worden in deze paragraaf verder uitgelegd.

	Nederlands veiligheidsbeleid	Vlaams veiligheidsbeleid
Modelgebied	(Dijkring)gebied	Bekken
Verwachtingswaarde	Schade en slachtoffers	Schade (met slachtoffers monetair gewaardeerd)
Faalmechanismen	- Overloop en golfoverslag; - afschuiving binnentalud; - opbarsten en piping; - falen van de bekleding en onderliggende lagen; - piping bij kunstwerken; - het niet sluiten van kunstwerken; - teveel duinafslag	Overloop en golfoverslag
Correlatie lokale faalkansen	Onderling afhankelijk	Volledig afhankelijk

Tabel 4-1 Verschillen tussen toekomstig veiligheidsbeleid Nederland en Vlaanderen

In Nederland wordt het overstromingsrisico uitgedrukt in zowel de verwachtingswaarde van de schade als van het aantal slachtoffers in een (dijkring)gebied. De verwachtingswaarden zijn het somproduct van de kans op een overstromingsscenario en de gevolgen van dit overstromingsscenario. Het aantal door te rekenen overstromingsscenario's is afhankelijk van de aanwezigheid van tussenkeringen in het gebied, het aantal regimes van de buitenwaterstand, de aanwezigheid van hoogteverschillen in het overstromingsgebied en de aanwezigheid van bebouwing langs de dijk. Bij een overstroming vanuit zee kan een overstromingsscenario ook inhouden dat een dijkkringgebied overstroomt door het falen van meerdere dijkvakken.

In Vlaanderen daarentegen wordt het overstromingsrisico uitgedrukt in de verwachtingswaarde van de schade in een bekken. Het aantal slachtoffers is hierin meegenomen door middel van een monetaire waardering. In 1981 is een kosten-baten analyse verricht voor de gemiddelde waarde van licht- en zwaargewonden en doden bij arbeidsongevallen. Hierbij wordt 6.000.000 BEF (prijsspeil 1982) vooropgesteld als gemiddelde waarde van een mensenleven. Bij het berekenen van het risico in een bekken is steeds één locatie leidend bij de simulatie van overstromingen,

namelijk de locatie met de grootste faalkans. De andere locaties falen alleen als de locaties met hogere faalkansen al gefaald hebben.

4.2.2 Overstromingskansen

De Nederlandse en de Vlaamse manier, waarop de overstromingskans van een gebied wordt bepaald, vertonen duidelijke verschillen.

In Vlaanderen wordt voor elke locatie de lokale faalkans bepaald door het maximum te nemen van de kansen op de faalmechanismen overloop en golfoverslag in een situatie met hoogwater. Vervolgens wordt een doorbraak gesimuleerd ter hoogte van de locatie met de hoogste faalkans. Hieruit worden de overstroomde gebieden bepaald en de daar optredende maximale waterstanden. Daarna wordt voor alle locaties de nieuwe totale lokale faalkans bepaald; dit is dus de kans op falen per locatie onder voorwaarde dat de locatie met de grootste faalkans al gefaald heeft. Deze stappen worden herhaald totdat alle zones overstroomd zijn.

In Nederland wordt de overstromingskans van een dijkvak afgeleid van de kans op het optreden van een van de faalmechanismen overloop, golfoverslag, piping, afschuiving, enz. De overstromingskans van een gehele dijkkring wordt bepaald door de faalkansen van de tot de dijkkring behorende dijkvakken te combineren; hierbij wordt rekening gehouden met de onderlinge afhankelijkheid van deze faalkansen.

4.2.3 Overstromingsschade en slachtoffers

In Vlaanderen wordt de materiële schade aan roerende en onroerende goederen tot de overstromingsschade gerekend; niet meegenomen wordt de daarmee samenhangende indirecte schade, zoals inkomstenderving.

Het aantal slachtoffers wordt geschat met behulp van:

- eenvoudige vuistregels op basis van Nederlandse gegevens, waarbij rekening wordt gehouden met de waarschuwingstijd, de maximale inundatiediepte, de maximale stijgsnelheid, het aantal mensen dat in de directe omgeving van potentiële doorbraakpunten woont en de windsnelheid; of
- een verband tussen de maximale inundatiediepte en de verdrinkingsfractie, dat gebaseerd is op een analyse van de ramp in Zeeland in 1953.

Na het bepalen van het aantal slachtoffers worden deze in geld uitgedrukt en opgeteld bij de schade.

In Nederland wordt in tegenstelling tot de Vlaamse methode naast de directe schade ook de indirecte schade meegenomen.

Het aantal slachtoffers is afhankelijk van de maximale waterstand, stroomsnelheid, stijgsnelheid en de aanwezigheid van stormgolven. De slachtoffers worden niet uitgedrukt in geldwaarden; in plaats daarvan wordt bij elk overstromingsgebied een verwachtingswaarde van de schade én het aantal slachtoffers gegeven.

Er is dus een duidelijk verschil tussen de meegenomen schade, de berekening van de schade en de wijze waarop de slachtoffers worden meegenomen in het overstromingsrisico.

Daarnaast wordt in Vlaanderen de indirecte schade niet meegenomen, terwijl dit in Nederland wel gebeurt.

De slachtoffers worden in Nederland naast de monetaire schade gepresenteerd, terwijl in Vlaanderen de slachtoffers omgerekend worden in geld. Ook de manier waarop het aantal slachtoffers wordt berekend verschilt.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In deze paragraaf staan de belangrijkste overeenkomsten en verschillen vermeld tussen de wijze, waarop in Vlaanderen en Nederland omgegaan wordt met de veiligheid tegen overstromingen. Voor een meer uitgebreide vergelijking wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

Veiligheidsbenadering

in beide landen wordt momenteel de overbelastingskansbenadering gehanteerd en verwacht men in de toekomst over te gaan op een overstromingsrisicobenadering.

De manier, waarop men in Vlaanderen en in Nederland in de toekomst verwacht het overstromingsrisico te bepalen, verschilt echter. In Nederland wordt het risico uitgedrukt in een verwachtingswaarde van de schade en het aantal slachtoffers in een (dijkring)gebied. In Vlaanderen wordt het risico uitgedrukt in een verwachtingswaarde van de schade in een bekken, waarin de waarde van de slachtoffers is opgenomen.

Daarnaast is zowel de manier, waarop de overstromings-/ faalkans als de bijbehorende schade wordt berekend, verschillend.

Veiligheidsniveaus

De Nederlandse en Vlaamse gebieden in het Zeescheldebekken kennen momenteel verschillende veiligheidsniveaus. In het Nederlandse deel is de overbelastingskans 1/4.000 per jaar, terwijl in Vlaanderen een overbelastingskans bestaat van 1/70 per jaar. Ook in 2005 is het veiligheidsniveau in Nederland nog hoger dan in Vlaanderen, alhoewel de Vlaamse overbelastingskans dan verkleind zal zijn tot 1/350 per jaar. Het veiligheidsniveau zal pas vergelijkbaar zijn als de maatregelen zijn uitgevoerd uit het (aangepaste) Sigmaplan.

Het is nog onduidelijk of de in de toekomst gehanteerde veiligheidsniveaus vergelijkbaar zijn. Deze onduidelijkheid heeft twee redenen:

- de methoden, waarmee het risico wordt bepaald, verschillen zodanig, dat deze niet zomaar met elkaar mogen worden vergeleken;
- nog geen van beide landen heeft al een uitspraak gedaan over het maximale overstromingsrisico (in de vorm van een maximale verwachtingswaarde van de monetaire schade en/ of het aantal slachtoffers) van een gebied.

Wel leeft in zowel Nederland als Vlaanderen het idee om ruimtelijk gedifferentieerde veiligheidsniveaus toe te staan. De veiligheidsfilosofie is dus vergelijkbaar; onduidelijk is echter nog hoe deze filosofie politiek en maatschappelijk wordt ingevuld. Een invulling van deze veiligheidsfilosofie is bijvoorbeeld het toestaan van lokale overstromingen, waarmee overstromingen in dichtbevolkte gebieden worden voorkomen.

5.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf staan enkele aanbevelingen waarmee de verschillen in het veiligheidsbeleid van Vlaanderen en Nederland in de toekomst kunnen worden verkleind.

Cases

Omdat het grootste verschil van de beide veiligheidsbenaderingen zit in het gebruikte model (bekken of dijkringgebied) en nog niet geprobeerd is of de methodes inderdaad uitvoerbaar zijn,

wordt aanbevolen om in enkele cases na te gaan of de beide methodes inderdaad uitvoerbaar zijn en hoe groot de verschillen zijn in de verwachtingswaarden als de schade op een vergelijkbare manier wordt bepaald.

Keuze overstromingsscenario's

De Vlaamse methode gaat uit van verschillende hoogwatersituaties in het bekken, waarbij de overstroming(en) plaatsvind(t)(en), met elk een kans op voorkomen. De door te rekenen hoogwatersituaties worden zodanig gekozen dat de alle gebieden in het bekken tenminste eenmaal overstromen.

In de Nederlandse methode wordt gerekend met de maatgevende combinaties van waterstanden en golven; deze combinaties en de bijbehorende kans op voorkomen worden afgeleid uit statistische analyses en modelberekeningen.

In een gebied als het Zeescheldebekken, waar een overstroming veroorzaakt kan worden door zowel het getij, de afvoer van de Schelde en de golven, is het beter om te werken met maatgevende belastingen en de bijbehorende kans op voorkomen. Zo voorkom je dat een maatgevende situatie wordt vergeten. Het gebruik maken van die situaties waarmee het gehele bekken overstromt, garandeert niet dat alle maatgevende hoogwatersituaties worden meegenomen. In een gebied waar bijvoorbeeld altijd de afvoer dominant is, kan eventueel wel gebruik worden gemaakt van de Vlaamse methode zonder dat de werkelijke situatie uit het oog wordt verloren.

Faalmechanismen

Nagegaan moet worden of de kennis opgedaan in de acht cases van het project "Overstromingsrisico's", waarin de overstromingskansen van een gebied is berekend, ook toegepast kan worden voor de gebieden in het Schelde-estuarium. Door in beide landen dezelfde faalmechanismen mee te nemen bij het bepalen van de faalkansen van een dijkvak/locatie kunnen deze met elkaar worden vergeleken.

Gebiedsgegevens

Aanbevolen wordt om bij het verzamelen en registreren van gebiedsgegevens, zoals het aantal woningen en het grondgebruik dezelfde categorieën aan te houden. De gebiedsgegevens hoeven in eerste instantie niet dezelfde nauwkeurigheid te hebben, maar ze moeten wel op een vergelijkbare wijze zijn opgebouwd, anders kunnen geen afspraken worden gemaakt over de te hanteren veiligheidsniveaus gebaseerd op overstromingsrisico's.

Naast de gegevens over het gebruik van het gebied is ook informatie nodig omtrent de hoogteligging van de gebieden langs de Zeeschelde en de ligging van de compartimenteringsdijken. Hiermee wordt inzicht verkregen in de ligging en begrenzing van de eventuele overstromingsgebieden.

Schade

Ook wordt aanbevolen om afspraken te maken over de manier, waarop de maximale schadebedragen c.q. de monetaire waardering van objecten en infrastructuur tot stand komen. Er moet goed beschreven worden hoe het bedrag tot stand is gekomen en wat onder de schade valt. Is de waarde van een woning bijvoorbeeld de verkoopwaarde of wordt rekening gehouden met de maximale herstellkosten? En wordt rekening gehouden met de waarde van de bijbehorende grond, die ook na een overstroming zijn waarde houdt?

Slachtoffers

Daarnaast wordt aanbevolen om afspraken te maken over de manier, waarop slachtoffers worden meegenomen bij het berekenen van de overstromingsrisico's. Worden deze monetair gewaardeerd

en meegenomen bij de schade of wordt de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers naast de verwachtingswaarde van de schade vermeld? De voorkeur gaat uit naar het uitdrukken van het risico in twee verwachtingswaarden, omdat dan inzicht wordt verkregen van het effect van maatregelen. Door bijvoorbeeld de aanleg van compartimenteringsdijken kan de verwachtingswaarde van de schade afnemen terwijl de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers toeneemt (door een hoge stijgsnelheid vermindert de waarschuwingstijd). De maatschappelijke acceptatie van een maatregel, waarbij de verwachtingswaarde van de schade toeneemt maar van het aantal slachtoffers afneemt, zal beter zijn dan andersom.

6 Referenties

Literatuur

HKV [LIJN IN WATER](#), *Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. Deel 1: Standaardmethode, Deel 2: Achtergronden*. Technisch rapport PR326.40, december 1999.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat; *Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing*; december 1998

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen; *Leidraad Toetsen op Veiligheid*; augustus 1999

Technische Schelde Commissie; *Agenda Langetermijnvisie Schelde-estuarium juni 1999-januari 2000*; juni 1999

TNO-Bouw; *Theoriehandleiding PC-Ring, Deel A: Mechanismebeschrivingen*; september 1999

Wet op de waterkering; 21 december 1995

Projectbureau Langetermijnvisie Schelde-estuarium; *Integrale Kortetermijnschets*; Delft; februari 2000

Overige bronnen

Doelstelling AWZ 98/10, Veiligheidsniveau Vlaanderen, Deelstap 3: Inventaris huidige veiligheidsniveau; 1998

Doelstelling AWZ 98/10, Veiligheidsniveau Vlaanderen, Deelstap 4: Onderzoeksplan; 1998

Marsroute, *Samenvattend rapport case-studies concept*; 28 april 1999

Schelde Informatie Centrum; *Nieuwsbrief 1 tot en met 11*

www.waterland.nl

Bijlage

Bijlage A

Overschrijdingslijn hoogwaterstanden langsheen de Schelde

Auteur: Marc Sas

Inleiding

In deze tekst wordt ingegaan op de wijze waarop in Vlaanderen de overschrijdingslijn van de hoogwaterstanden te Antwerpen is bepaald. Uit onderstaande tekst blijkt dat de overschrijdingskansen niet enkel zijn afgeleid uit de hoogwatergegevens van 1971-1990, maar dat na analyse van de volledige meetreeks sinds 1901 en de daarbij vastgestelde trend besloten werd om een zo homogeen mogelijke meetreeks te selecteren.

De overschrijdingslijn van J. Theuns

Bij de evaluatie van de overstromingen van 1976, werd door de Antwerpse Zeediensten (ir. J. Theuns) een analyse gemaakt van het voorkomen van hoogwaters langsheen de Schelde. De resultaten hiervan zijn weergegeven in het rapport "De overschrijdingskromme van de hoogwaterstanden te Antwerpen, verslag AZ78/1. Tijdens deze analyse van gegevens over de periode 1901-1975 werd vastgesteld dat de frequentie van voorkomen van hoogwaterstanden systematisch is toegenomen. Om rekening te houden met deze trend werd besloten niet de volledige tijdreeks te gebruiken, maar enkel gebruik te maken van de gegevens van 1961/1975. De frequenties werden uitgezet voor de hoogten van NKD+5,4m t.e.m. NKD+6,9m. Om het verdere verloop van de overschrijdingslijn te bepalen werd aan de waterstand van NKD+9,05 een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 toegekend, in overeenstemming met het basispeil voor de Westerschelde bepaald door de Rijkswaterstaat (zie rapporten Deltacommissie).

De overschrijdingslijn SVKS

Tijdens de studie van de stormvloedkering te Oosterweel werd door het consortium SVKS een analyse uitgevoerd van de hoogwaterstanden te Antwerpen ('Analyse der hoogste hoogwaterstanden te Antwerpen', deelrapport 5B, Hydraulica, Variantenstudie, SVKS, 1979). Twee reeksen gegevens werden geanalyseerd :

1. de jaarlijkse hoogste hoogwaterstanden (1901-1978) met gebruik van de Gumbelverdeling
2. de volledige reeks van alle geregistreerde hoogwaterstanden van 1901-1978. Om rekening te houden met de trends in de waarnemingen werden 3 deelperioden beschouwd (1901-1960, 1901-1978 en 1974-1978) en werden twee verschillende extrapolatietechnieken toegepast, met name probabiliteitswetten (Gumbel en Füller) en op basis van de "Standaard-Overschrijdingslijn" zoals beschreven in de rapporten van de Nederlandse Deltacommissie.

Overschrijdingslijn van J. Claessens

Naar aanleiding van de buitengewone stormvloeden tussen 26 februari en 2 maart 1990 werd de overschrijdingslijn van ir J. Theuns (zie 1.2) herzien. Dezelfde methode van ir. J. Theuns werd toegepast op alle hoogwaterstanden van de periode 1971-maart 1990, waarbij de overschrijdingslijn werd doorgetrokken tot 9,05 m + TAW bij een terugkeerperiode van 10.000 jaar (dit referentievlak ligt 0,08 m boven het referentievlak NKD. De resultaten zijn beschreven in "De buitengewone stormvloeden tussen 26 februari en 2 maart 1990", AZ90.2, 1990.

Overschrijdingslijn van E. Taverniers

Naar aanleiding van het 4^{de} Internationaal Scheldesymposium 4e te Vlissingen (februari 1998) werd door E. Taverniers de overschrijdingslijn van J. Claessens herzien met uitbreiding van de meetperiode van 1971 t.e.m. 1997. De resulterende overschrijdingslijn werd geëxtrapoleerd naar de waterstand welke overeenstemt met een terugkeerperiode van 10.000 jaar te Bath (dat sinds 1995 met name werd vastgesteld op 6,75 m + NAP = 9,08 m + TAW). Deze hoogwaterstand te Bath werd verhoogd met het correlatieve verschil in hoogwater tussen Bath en Antwerpen-Loodsgebouw al naargelang de hoogwaterstand, resulterend in een waterstand van 9,25 m + TAW. Deze hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw van 9,25 m + TAW met een terugkeerperiode van 10.000 jaar, komt overigens geheel overeen met een lineaire extrapolatie van de logaritmische overschrijdingslijn over de periode 1971/1997.

Overzicht overschrijdingslijnen

Door E. Taverniers werden de verschillende gegevens bondig samengevat, resulterend in volgend overzicht.

Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw :
overschrijdingslijn/frequentie hoogwaterstanden

terugkeer-	HW-peil	HW-peil	HW-peil	HW-peil
periode	ir. Theuns	S.V.K.S.	ir. Claessens	ir. Taverniers
	1961/1975		1971/1990	1971/97
0.1	6.03		6.23	6.21
1	6.54	6.46	6.79	6.83
10	7.09	7.08	7.36	7.42
100	7.70	7.70	7.92	8.03
1000	8.33	8.34	8.48	8.60
10000	8.97	8.97	9.05	9.25
(in jaar)	(alle peilen in meter t.o.v. T.A.W.)			

Gebruikte overschrijdingskromme voor Sigmaplan

Bij het opmaken van de actualisatie van het Sigmaplan werd gebruik gemaakt van de overschrijdingslijn van 1990, opgesteld door ir. J. Claessens. Deze zal verder gehanteerd worden tot na de publicatie van de nieuwe overschrijdingslijn, welke zal worden opgesteld door de Afd. Maritieme Schelde in 2001.