

Veiligheid Nederland in Kaart

Tussenstand onderzoek overstromingsrisico's



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Selectie dijkringen binnen VNK

VNK-Selectie (16 dijkringen)

ID Naam dijkkring

- 3 Terschelling
- 7 Noordooipolder
- 10 Mastenbroek
- 13 Noord-Holland
- 14 Centraal-Holland
- 15 Lopiker- en Krimpenerwaard
- 25 Gooise-Overflakkee
- 32 Zeeuwisch-Vlaanderen
- 36 Land van Heusden/De Maas-ant en Keent
- 52 Oost-Veluwe

ID Naam koploperdijkkring

- 16 Alblasenwaard en de Vijfheerenlanden
- 38 Boommirewaard
- 41 Land van Maas en Waal
- 42 Oog en Malingen
- 43 Tiel- en Culemborgervwaarden
- 48 Rijn en IJssel

Dijkringen niet in selectie
= Alle overige rinnen



Tussenstand onderzoek overstromingsrisico's

Inhoud

	SAMENVATTING	2
1.	HOOGWATERBESCHERMING: EEN MAATSCHAPPELIJKE VRAAG	6
1.1	Aanleiding voor een studie naar overstromingsrisico's	7
1.2	Doel van Veiligheid Nederland in Kaart	7
1.3	Tussenstand	8
1.4	Gezamenlijk product	9
1.5	Leeswijzer	9
2.	OVERSTROMINGSRISICO: EEN KWESTIE VAN KANSEN EN GEVOLGEN	10
2.1	Overstromingsrisico	11
2.2	Gevolgen van een overstroming	11
2.2.1	Huidige methode	11
2.2.2	Nieuwe methode Veiligheid Nederland in Kaart	12
2.3	Kans op een overstroming	13
2.3.1	Huidige methode	14
2.3.2	Nieuwe methode Veiligheid Nederland in Kaart	15
3.	BEVINDINGEN VAN VEILIGHEID NEDERLAND IN KAART	16
3.1	Keuze van de dijkringen	17
3.2	Gevolgen, kansen en risico's	17
3.2.1	Gevolgen van overstromingen	17
3.2.2	Overstromingskansen	18
3.2.3	Overstromingsrisico's	21
3.3	Waarde van de getallen	23
4.	TOEPASSING VAN DE METHODE VAN VEILIGHEID NEDERLAND IN KAART	24
4.1	Is Nederland voldoende beschermd tegen overstromingen?	25
4.2	Investeren op de goede plaatsen	25
4.3	Wat is een goede norm voor de bescherming tegen overstromingen?	25
4.4	Rampenbestrijding	26
4.5	Kennis verbeteren en samenwerking	27
5.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	28
5.1	Conclusies	29
5.2	Aanbevelingen	31
	Verklarende woordenlijst	33
	BIJLAGE 1 STUDIES NAAR KANSEN EN GEVOLGEN VAN OVERSTROMINGEN	35
	BIJLAGE 2 GEVOLGEN, KANSEN EN RISICO'S PER DIJKRING	36



SAMENVATTING

Doel van Veiligheid Nederland in Kaart

In 2001 is in opdracht van de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat het project Veiligheid Nederland in Kaart van start gegaan. Het doel van Veiligheid Nederland in Kaart is inzicht te krijgen in de gevolgen van overstromingen en kansen op overstromingen in Nederland. Uitgangspunt is dat naast de overschrijdingskansen waar onze dijken nu op worden getoetst ook andere faalmechanismen in kaart worden gebracht. Tevens wordt bezien wat de potentiële gevolgen zijn van een overstroming. Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde heeft het project in nauwe samenwerking met de waterschappen en provincies uitgevoerd. De resultaten zijn in de zomer van 2005 beschikbaar gekomen.

Essentie van de methode

Veiligheid Nederland in Kaart heeft een nieuwe methode ontwikkeld en toegepast om de gevolgen van overstromingen te berekenen. Voor drie dijkringen zijn de slachtoffers en de economische schade op gedetailleerde wijze berekend door rekening te houden met verschillende overstromingsscenario's. Voor de overige dijkringen zijn de gevolgen op meer globale wijze bepaald.

Ook voor het bepalen van de overstromingskansen is een nieuwe methode toegepast. Essentie van de methode is dat verschillende zogenaamde faalmechanismen een overstroming in gang kunnen zetten: niet alleen extreem hoge waterstanden, maar ook instabiliteit van een dijk of het niet tijdig sluiten van een kunstwerk. Ieder faalmechanisme levert een kans op een overstroming op. De kansen op alle faalmechanismen samen bepalen de overstromingskansen van een dijkkring. Met deze methode zijn de overstromingskansen van 16 van de 53 dijkringen in kaart gebracht. De 16 dijkringen zijn zo gekozen dat zij samen een representatief beeld geven van de veiligheid in Nederland op het gebied van overstromingen. Uit de berekeningen blijkt ook waar de relatief zwakke plekken in de waterkeringen zitten.

Voor het toepassen van de nieuwe methoden zijn veel gegevens nodig, onder meer over de ondergrond van dijken en kunstwerken. Deze gegevens zijn in een aantal gevallen met veel onzekerheden omgeven. Essentieel onderdeel van kansberekeningen is dat de grootte van de onzekerheid expliciet verwerkt wordt in de berekening. Hoe groter de onzekerheid, des te groter de kans. Nader onderzoek kan in een aantal gevallen de onzekerheid verkleinen. In dat geval zullen ook de overstromingskansen lager uitvallen. In de volgende fase van Veiligheid Nederland in Kaart zal dit onderzoek plaatsvinden. Dan pas kunnen de overstromingskansen op robuuste wijze vastgesteld worden.

Gevolgen van overstromingen

Het doel van VNK is ook om de gevolgen van een overstroming mee te laten wegen in de keuze voor versterking van de waterkeringen. Uit de studie blijkt dat de meeste slachtoffers zijn te verwachten als een overstroming onverwacht optreedt. Het is belangrijk om verschillende overstromingsscenario's te berekenen en zo rampen plannen onderling beter af te stemmen.

De maximale economische schade bij overstroming van een dijkkring varieert van € 160 miljoen in Terschelling tot bijna € 300 miljard in Zuid-Holland. Deze bedragen zijn globaal berekend en geven de

schade weer die ontstaat als de gehele dijkkring vol water komt te staan. De kans dat dit gebeurt, is vaak extreem klein. Voor drie dijkkringen is de gemiddelde schade ook op gedetailleerde wijze berekend. Daarbij is voor verschillende overstromingsscenario's geanalyseerd welke deel van de dijkkring onder water komt te staan en hoeveel schade daarbij ontstaat. Uit deze berekeningen blijkt dat in de meest waarschijnlijke overstromingsscenario's 'slechts' een deel van de dijkkring overstroomt. Alleen in het rivierengebied stroomt de dijkkring vrijwel altijd geheel vol bij een overstroming. De gemiddelde schade in Zuid-Holland bedraagt circa € 6 miljard in plaats van de maximale schade van bijna € 300 miljard. De globale methode kan dus tot grote overschatting van de schade leiden, vooral voor grote dijkkringen die door obstakels in compartimenten zijn verdeeld.

Overstromingskansen

Uit de studie blijkt dat de kans op een overstroming in de 16 dijkkringen varieert van 1/2500 per jaar in Zuid-Holland tot groter dan 1/100 per jaar in een aantal dijkkringen in het rivierengebied. Deze getallen geven slechts een indicatie van de overstromingskans en zijn nog niet als absolute waarden te beschouwen. Daarvoor is de methode nog niet robuust genoeg. De berekeningen bieden wel de mogelijkheid om te analyseren welke faalmechanismen het sterkst doorwerken in de overstromingskansen en wat de relatief zwakste locaties van een dijkkring zijn.

De Deltacommissie heeft in de vijftiger jaren vastgesteld dat extreem hoge waterstanden de grootste kans op een overstroming opleveren. Dat inzicht vormt de basis voor de huidige veiligheidsnormen voor waterkeringen. Uit de resultaten van Veiligheid Nederland in Kaart blijkt dat deze aanname nu niet overal meer van toepassing is. De kans op een overstroming door hoge waterstanden is soms klein in vergelijking met de overstromingskansen door andere faalmechanismen.

In de meeste dijkkringen levert het faalmechanisme “opbarsten en piping” de grootste kans op een overstroming op. Hierbij vormt het water gangen onder de dijk door, waardoor de dijk in elkaar zakt. De grote kansen zijn waarschijnlijk deels het gevolg van onzekerheden over de ondergrond van de waterkeringen. Nader onderzoek op de betreffende locaties kan aantonen of daadwerkelijk sprake is van een relatief zwakke plek. Maar duidelijk is wel dat opbarsten en piping een reëel gevaar vormt in de zandige en kleiige ondergrond in Nederland. Bij ieder hoogwater controleren de waterschappen de waterkeringen intensief op aanwijzingen voor dit fenomeen. Ook zijn zij erop voorbereid om bij aanwijzingen voor piping noodmaatregelen te treffen, zoals het afdekken met textiel en zandzakken. De effecten van dit menselijk handelen zijn overigens niet meegenomen in de berekening van de overstromingskansen.

Ook het faalmechanisme 'niet-sluiten van kunstwerken' leidt in een aantal dijkkringen tot een grote overstromingskans. Dit komt in vrijwel alle gevallen doordat sluitingsprocedures niet goed zijn vastgelegd. Deze kans is snel en eenvoudig te verkleinen door procedures alsnog te documenteren en door regelmatig oefeningen te houden. Naar aanleiding van Veiligheid Nederland in Kaart heeft een aantal waterschappen deze maatregelen inmiddels al getroffen.

Overstromingsrisico's

Het overstromingsrisico van een dijkkring is de overstromingsschade vermenigvuldigd met de overstromingskans. Uitgaande van de globale berekening van de maximale overstromingsschade, varieert het risico in de 16 dijkkringen van € 0,1 tot 180 miljoen per jaar. In de drie dijkkringen waarvoor de schade op gedetailleerde wijze is berekend, variëren de overstromingsrisico's van € 2 tot 37 miljoen per jaar. Het overstromingsrisico is te zien als het bedrag dat jaarlijks gereserveerd zou moeten worden om, op lange termijn bezien, de schade van een overstroming te kunnen compenseren. In dijkkringen langs de rivieren zijn de overstromingsrisico's relatief groot. Dat komt ten dele omdat de overstromingskansen langs de rivieren groter zijn. Daarnaast zijn

de gevolgen groot, omdat bij overstromingen vrijwel altijd de gehele dijkkring onder water komt te staan. Andere dijkkringen overstroomden in de meeste gevallen 'slechts' gedeeltelijk.

Waarde van de getallen en toepassingsmogelijkheden

Veiligheid Nederland in Kaart is een tussenstap in een langer ontwikkeltraject. Voor alle 16 dijkkringen zijn de overstromingsrisico's nu op ontwikkelniveau 1 in kaart gebracht. De berekende waarde van de overstromingskansen geeft op dit niveau een indicatie van de werkelijke overstromingskansen, maar is nog niet als absolute waarde te beschouwen. Wel is het mogelijk om per dijkkring de relatief zwakke plekken en de oorzaken daarvan te traceren. Voor een aantal van deze plekken is het nodig om eerst te onderzoeken of de faalkans daadwerkelijk groot is of het gevolg is van onzekerheden in de gegevens. Nader onderzoek in Rotterdam bijvoorbeeld liet zien dat de overstromingskansen bij de Boerengatsluis in belangrijke mate werd verkleind.

Voor drie dijkkringen heeft Veiligheid Nederland in Kaart ontwikkelniveau 2 bereikt. Dit zijn de dijkkringen waarvoor de gevolgen op gedetailleerde wijze berekend zijn. De resultaten zijn op dit ontwikkelniveau robuust genoeg om overstromingskansen en overstromingsrisico's van gelijksoortige dijkkringen onderling te vergelijken. Zodra de overstromingsrisico's van alle dijkkringen in het rivierengebied op dit niveau beschikbaar zijn, ontstaat inzicht in de gevolgen van een overstroming en de zwakste schakels binnen het gehele rivierengebied. Ook tussen gelijksoortige dijkkringen langs de kust of in het benedenrivierengebied zijn op die manier prioriteiten te stellen.

Ontwikkelniveau 3 is bereikt als in de toekomst de overstromingskansen en -gevolgen voor alle dijkkringen op robuuste wijze in beeld zijn gebracht, met een aanvaardbaar kleine foutmarge. De overstromingsrisico's van dijkkringen in heel Nederland zijn dan onderling vergelijkbaar. Dit niveau is noodzakelijk om een kosten-batenafweging te kunnen maken van investeringen in de bescherming tegen overstromingen en om te evalueren of de huidige norm voldoende bescherming biedt. Ook is het totale overstromingsrisico van Nederland dan in absolute zin te vergelijken met andere groepsrisico's in Nederland.

Conclusies en aanbevelingen

Alle betrokken partijen zijn van mening dat de toegepaste methode meerwaarde heeft. De berekeningen vormen de meest reële weergave van de overstromingskansen met de nu beschikbare kennis. De berekende overstromingskansen zijn echter nog niet robuust genoeg om als absolute waarden te beschouwen. Nader onderzoek en verdere ontwikkeling van de methode kunnen de berekeningen in de toekomst robuuster maken.

Voor de meeste toepassingen is het noodzakelijk om het landelijke beeld van de overstromingsrisico's te completeren. Daarom wordt aanbevolen om de methode ook op de overige 37 dijkkringen toe te passen. Voor een goede inschatting van de gevolgen is het noodzakelijk om voor alle dijkkringen de gedetailleerde methode te gebruiken. Meer aandacht is daarbij gewenst voor het uitvoeren van kosten-batenanalyses voor de aanpak van relatief zwakke plekken. Voortzetting van de studie vindt met het oog op de vergelijkbaarheid van de uitkomsten bij voorkeur plaats op een gecoördineerde wijze vanuit één centraal punt.

Het mechanisme opbarsten en piping speelt een dominante rol in de huidige overstromingskansen en verdient nader onderzoek. Het onderzoek moet gericht zijn op de methode om de kans op opbarsten en piping te berekenen, het verkleinen van de onzekerheid in de gegevens en de mogelijkheden om de kans op opbarsten en piping te verkleinen. Het is daarbij van belang om de overige faalmechanismen niet uit het oog te verliezen.

1. HOOGWATERBESCHERMING: een maatschappelijke vraag



Is Nederland optimaal beschermd tegen overstromingen? En wat is optimaal? Dat zijn maatschappelijke vragen: het hangt er maar vanaf wat we ervoor over hebben. Om deze discussie te kunnen voeren, moet duidelijk zijn hoe de kosten van de hoogwaterbescherming zich verhouden tot de waarden die we willen beschermen. Het project 'Veiligheid Nederland in Kaart' geeft hier meer inzicht in.

1.1 Aanleiding voor een studie naar overstromingsrisico's

Een leven zonder risico's bestaat niet. Eén van de risico's van het leven in Nederland is dat het land kwetsbaar is voor overstromingen. Dankzij de grote technologische vooruitgang is het mogelijk geworden om de kans op een overstroming heel klein te maken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat Nederlanders overstromingen niet meer als een natuurramp beschouwen, maar als een door mensenhand veroorzaakte ramp. Een overstroming is weliswaar nooit voor honderd procent te voorkomen, maar de mens kan voor een belangrijk deel zelf bepalen in hoeverre hij het risico wil bedwingen. Dat maakt het mogelijk en ook noodzakelijk om een bewuste afweging te maken tussen de kosten en de baten van hoogwaterbescherming. De baten bestaan uit minder slachtoffers en minder schade bij overstromingen.

De gevolgen van een overstroming bepalen in belangrijke mate de beoordeling van het overstromingsrisico. Hoe groter de gevolgen zijn, hoe kleiner we de kans op een overstroming zouden willen maken en hoe meer we bereid zijn te investeren in hoogwaterbescherming. De huidige veiligheidsnormen voor waterkeringen zijn afgeleid uit de bevolkingsomvang en economische waarde van Zuid-Holland in de jaren vijftig. Voor regio's met minder inwoners en met lagere economische waarden, zijn destijds lagere normen gekozen. Sinds de vijftiger jaren zijn de bevolkingsomvang en de economische waarde in heel Nederland fors toegenomen, met name in de kwetsbare, laaggelegen polders. De gevolgen van een eventuele overstroming zijn daardoor groter geworden. Dat geeft aanleiding om opnieuw te overwegen of Nederland nog steeds voldoende beschermd is tegen de gevolgen van een overstroming, al zijn de dijken nog nooit zo hoog en sterk geweest als nu.

Een overstroming kan door heel verschillende oorzaken ontstaan. Iedere oorzaak levert een bijdrage aan de overstromingskans. Dat maakt het berekenen van de overstromingskans zeer ingewikkeld. Toen de huidige normen werden vastgesteld, was dit zelfs nog onmogelijk. De huidige norm geeft daarom niet de overstromingskans weer, maar één aspect daarvan. De norm gaat ervan uit dat extreem hoge waterstanden de belangrijkste oorzaak van een overstroming zijn.

1.2 Doel van Veiligheid Nederland in Kaart

In het jaar 2000 heeft het kabinet besloten om de overstromingskansen en -gevolgen voor heel Nederland in kaart te brengen. Het kabinet wil meer zicht krijgen op de relatief zwakke plekken in de hoogwaterbescherming en de kosten en baten van investeringen om deze plekken te verbeteren. Ook vindt het kabinet het belangrijk dat burgers meer inzicht krijgen in de kans dat hun omgeving getroffen wordt door een overstroming. In 2000 heeft de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) een methode ontwikkeld voor het berekenen van de overstromingskansen en als test toegepast op vier gebieden. Eén van de resultaten was dat vooral kunstwerken, zoals sluizen en coupures, relatief zwakke plekken in de waterkering vormen. Het kabinet heeft besloten dit onderzoek een vervolg te geven. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft daar invulling aan gegeven door in samenwerking met provincies en waterschappen het project Veiligheid Nederland in Kaart uit te voeren.

Het project Veiligheid Nederland in Kaart is in 2001 van start gegaan met het volgende doel: “inzicht krijgen in de overstromingskansen in Nederland, in de gevolgen van overstromingen en in de onzekerheden die bij het bepalen van de kansen en gevolgen een rol spelen. Op basis van dit inzicht ontstaat zicht op de zwakke plekken in de dijkringen en worden de overstromingsrisico's in kaart gebracht.” Om dit doel te bereiken zijn vier sporen ingezet:

1. de overstromingskansen bepalen voor alle dijkkringgebieden;
2. inzicht geven in de problematiek van kunstwerken;
3. inzicht geven in de mogelijke gevolgen van overstromingen;
4. een beeld geven van de onzekerheden en aangeven hoe hiermee om te gaan.

De opdracht voor Veiligheid Nederland in Kaart bleek ambitieus te zijn. Ondanks het feit dat Nederland voorop loopt in kennis over overstromingen, blijft het moeilijk om complexe overstromingsprocessen in hanteerbare rekenmodellen te vertalen. Het toepassen van nieuwe methoden voor het bepalen van de overstromingskansen en gevolgen op de grote lengte aan waterkeringen heeft meer tijd en inspanning gekost dan voorzien, onder meer omdat de benodigde gegevens over de dijken niet altijd op tijd in het juiste format voorhanden zijn. Ook is de methode nog niet helemaal uitontwikkeld.

Tijdens de uitvoering is daarom besloten om de opdracht van Veiligheid Nederland in Kaart te faseren. In deze eerste fase van het project zijn de overstromingskansen, gevolgen en risico's voor 16 van de in totaal 53 dijkringen bepaald. De 16 dijkringen zijn zo gekozen dat ze tezamen een redelijk representatief beeld van de Nederlandse situatie geven. Voor drie dijkringen zijn de gevolgen van overstromingen op gedetailleerde wijze berekend. Voor de overige 13 dijkringen zijn de gevolgen globaal geschat.

Dijkring

Een dijkkring is een aaneengesloten ring van waterkeringen en hoge gronden. Het gebied dat door de dijkkring beschermd wordt, is het dijkkringgebied. Bij de start van het onderzoek bestonden in Nederland 53 dijkkringgebieden. In 2005 is de Wet op de waterkering gewijzigd, waarbij langs de Maas ten zuiden van Nijmegen nieuwe dijkkringgebieden zijn aangewezen. In totaal zijn nu 95 dijkkringgebieden in de wet vastgelegd.

1.3 Tussenstand

De eerste fase, die nu is afgerond, moet gezien worden als een tussenstand in een langetermijnproces (bijlage 1). Dat proces is gestart met het advies van de Deltacommissie in 1960 en zal in de komende jaren via verschillende ontwikkelniveaus uiteindelijk resulteren in robuuste inzichten in de overstromingsrisico's in heel Nederland:

Ontwikkelniveau 1:

De berekende waarde van de overstromingskans geeft in deze fase een indicatie van de werkelijke overstromingskans, maar is nog niet als absolute waarde te beschouwen. Wel is het mogelijk om aan te geven wat de zwakste plekken binnen de dijkkring zijn en welke faalmechanismen daar verantwoordelijk voor zijn. De beheerder kan met die informatie op een onderbouwde manier prioriteiten stellen in het onderhoud van een dijkkring.

Ontwikkelniveau 2:

Op dit niveau zijn de overstromingskansen en de gevolgen van overstromingen met gelijksoortige dijkringen te vergelijken. Zodra de overstromingskansen van meerdere dijkringen in bijvoorbeeld het rivierengebied op dit niveau beschikbaar zijn, ontstaat inzicht in de zwakste schakels binnen het gehele

rivierengebied. Ook tussen gelijksoortige dijkringen langs de kust of in het benedenrivierengebied zijn op die manier vergelijkingen te maken en prioriteiten te stellen in de uitvoering van maatregelen.

Ontwikkelniveau 3:

Het laatste niveau levert robuuste waarden van overstromingskansen en gevolgen, met een aanvaardbaar kleine foutmarge. Dit niveau is noodzakelijk om een kosten-batenafweging te kunnen maken van investeringen in de bescherming tegen overstromingen en om te evalueren of de huidige norm voldoende bescherming biedt.

Veiligheid Nederland in Kaart heeft voor 13 dijkringen de overstromingsrisico's op het eerste niveau in beeld gebracht. Voor drie dijkringen zijn de overstromingsrisico's op het tweede niveau in beeld gebracht. De uitkomsten van Veiligheid Nederland in Kaart zijn dus nog niet als robuuste getallen te beschouwen, maar geven wel een eerste indruk van de overstromingsrisico's in Nederland.

1.4 Gezamenlijk product

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Directoraat-Generaal Water) heeft Rijkswaterstaat (Dienst Wegen en Waterbouwkunde) de opdracht gegeven om het project Veiligheid Nederland in Kaart te coördineren. Provincies en waterschappen hebben intensief meegewerkt aan het project. Zij hebben de gegevens aan-geleverd om de kansen en gevolgen per dijkkring te kunnen berekenen. Waterschappen hebben de resultaten van de kansberekeningen grondig doorgenomen. Zij hebben aangegeven of zij de uitkomsten herkenbaar vinden op grond van hun kennis over en ervaring in het beheersgebied. Provincies hebben vanuit hun verantwoordelijkheid voor ruimtelijke ordening en veiligheid met name bijgedragen aan de berekeningen van de gevolgen van overstromingen en de discussie over de resultaten.

Verschillende partijen hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van methoden: Rijkswaterstaat, kennis-instituten en specialistische adviesbureaus. Om de nieuw ontwikkelde kennis ook te kunnen delen met de markt heeft een aantal geselecteerde ingenieursbureaus de berekeningen uitgevoerd.

De voormalige Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (thans Expertise Netwerk Waterkeren) heeft kwaliteitstoetsen uitgevoerd en op verschillende momenten adviezen gegeven over de opzet van de studie, de toepassing van methoden en de analyse van de resultaten.

1.5 Leeswijzer

In de zomer van 2005 is de eerste fase van het project Veiligheid Nederland in Kaart afgerond. In deze Tussenstand zijn de belangrijkste bevindingen samengevat. De tussenstand gaat ook in op de toepassingen die de methode van Veiligheid Nederland in Kaart biedt.

Achtereenvolgens komen de volgende onderwerpen aan bod:

- achtergrondinformatie over gevolgen, kansen en risico's;
- bevindingen van Veiligheid Nederland in Kaart;
- toepassing van de methode van Veiligheid Nederland in Kaart;
- conclusies en aanbevelingen.

Het hoofdrapport van Veiligheid Nederland in Kaart geeft in aanvulling op deze tussenstand een meer compleet overzicht van de gevolgde methoden, de resultaten en de conclusies.

2. OVERSTROMINGSRISICO: een kwestie van kansen en gevolgen



Het overstromingsrisico hangt af van de kans op een overstroming en de gevolgen van deze overstroming. Veiligheid Nederland in Kaart heeft een nieuwe methode ontwikkeld om de kansen en gevolgen van overstromingen te berekenen.

2.1 Overstromingsrisico

Het overstromingsrisico is over heel lange termijn gezien de gemiddelde schade door overstromingen per jaar. Het overstromingsrisico is te berekenen door het gevolg van een overstroming te vermenigvuldigen met de jaarlijkse kans op het optreden van een overstroming. Het risico wordt over het algemeen uitgedrukt in het aantal slachtoffers en een geldbedrag per jaar. Het overstromingsrisico is binnen Veiligheid Nederland in Kaart vastgesteld per dijkkring.

2.2 Gevolgen van een overstroming

Een overstroming kan verschillende soorten gevolgen hebben:

- er kan economische schade optreden;
- er kunnen slachtoffers vallen;
- er kunnen gevoelens van ontreddering ontstaan en maatschappelijke ontwrichting;
- er kan schade aan landschap, natuur, en cultuur ontstaan;
- er kan schade aan het milieu ontstaan door verspreiding van verontreinigingen.

Een overstroming vanuit zee, de grote rivieren of het IJsselmeer heeft al snel het karakter van een groot-schalige ramp. Het aantal slachtoffers hangt af van het aantal mensen dat in het getroffen gebied woont, de locatie van doorbraak, de snelheid waarmee het water stijgt en de mogelijkheden voor evacuatie. Ook andere factoren kunnen een rol spelen, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van compartimenteringsdammen.

De economische schade en de schade aan natuur, milieu en landschap hangen vooral af van het landgebruik, de uiteindelijke waterdiepte in het overstroomde gebied en de duur van de overstroming. De economische schade en de schade aan natuur en cultuur zijn bij een overstroming met zout water groter dan bij een overstroming met zoet water. Ontreddering en maatschappelijke ontwrichting zullen toenemen naarmate de gevolgen van de overstroming groter zijn.

2.2.1 Huidige methode

De Deltacommissie heeft na de overstromingsramp van 1953 normen voor waterkeringen opgesteld. De commissie heeft ingeschat hoe groot de economische schade bij een overstroming vanuit zee in de Randstad kon zijn. Ook heeft zij ingeschat in hoeverre de kans op een overstroming afneemt bij investeringen in de waterkeringen en wat het effect daarvan is op de overstromingsschade. Vervolgens heeft de commissie een optimum gezocht tussen de overstromingsschade en de investeringen in waterkeringen. De commissie kwam tot de conclusie dat dit optimum te bereiken was door de waterkeringen langs de Hollandse kust te berekenen op een waterstand die een overschrijdingskans heeft van 1/10.000 per jaar. Voor de kustgebieden in Zeeland, Friesland, Groningen en Texel achtte de commissie een grotere kans optimaal, omdat in die gebieden de bevolkingsomvang en de economische waarden kleiner waren dan in de Randstad. De regering heeft de voorgestelde normen overgenomen in het Deltaplan. In een later stadium heeft de minister van Verkeer en Waterstaat voor het rivierengebied een lagere norm vastgesteld. Belangrijke overweging voor deze lagere norm was dat hoge waterstanden op de rivieren over het algemeen meerdere dagen van tevoren te



voorspellen zijn, zodat evacuatie goed mogelijk is. Bovendien veroorzaakt een overstroming met zoet rivierwater minder schade dan een overstroming met zout zeewater.

Bij het vaststellen van de huidige normen is oorspronkelijk dus wel rekening gehouden met de gevolgen, maar voor de meeste gebieden op kwalitatieve wijze. Sinds de vaststelling van de normen zijn de bevolkingsomvang en de economische waarde in heel Nederland sterk toegenomen. Het is daarom de vraag of de normen nu nog steeds in goede verhouding staan tot de gevolgen. De huidige normeringswijze blijkt in de praktijk wel goed werkbaar en eenvoudig toepasbaar.

2.2.2 Nieuwe methode Veiligheid Nederland in Kaart

In Veiligheid Nederland in Kaart zijn twee methoden toegepast voor het berekenen van de gevolgen van een overstroming.

Een gedetailleerde methode is toegepast op de dijkringen Noordoostpolder, Zuid-Holland en Land van Heusden/De Maaskant. Voor deze dijkringen zijn verschillende overstromingsscenario's berekend. Een overstromingsscenario geeft aan op welke manier de dijkkring overstroomt als een waterkering op een bepaalde plaats faalt. Uit het scenario blijkt hoe snel het water naar binnen stroomt, welk deel van de dijkkring onder water komt te staan, hoe snel het water stijgt en hoe hoog het water uiteindelijk komt te staan. Met deze informatie is het mogelijk om de schade en het aantal slachtoffers per scenario te voorspellen. Veiligheid Nederland in Kaart heeft ook een globale methode toegepast om de gevolgen van overstromingen in deze drie dijkringen te berekenen. De globale methode is bovendien toegepast op de 13 andere dijkringen. Deze methode gaat ervan uit dat bij een overstroming altijd de hele dijkkring volstroomt tot het niveau van de laagste dijk. De resultaten geven inzicht in de maximale schade die bij een overstroming kan ontstaan. Omdat in werkelijkheid bij lang niet alle situaties de gehele dijkkring volstroomt, geeft de globale methode over het algemeen een overschatting van de schade. Het is met de globale methode niet mogelijk om het aantal slachtoffers te bepalen, omdat de stijgsnelheid van het water niet berekend wordt.

Economische schade

Voor beide methoden is de schade berekend voor drie categorieën:

directe materiële schade	schade die optreedt aan objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen als gevolg van direct contact met water
directe schade door bedrijfsuitval	zakelijke verliezen door productiestilstand bij bedrijven in het overstroomde gebied
indirecte schade	schade bij toeleverende en afnemende bedrijven buiten het overstroomde gebied en reistijdverlies door uitval van wegen en spoorwegen in het overstroomde gebied



Slachtoffers

Voor de drie dijkringen waarop de gedetailleerde methode is toegepast, is ook het aantal slachtoffers ingeschat. Het aantal slachtoffers van een overstroming hangt vooral af van de mogelijkheden van evacuatie. Als een overstroming onverwacht optreedt, is minder tijd beschikbaar voor evacuatie dan als een overstroming enkele dagen van tevoren voorspelbaar is. De evacuatie verloopt bovendien effectiever naarmate deze beter georganiseerd is. Veiligheid Nederland in Kaart heeft voor vier situaties het aantal slachtoffers in beeld gebracht:



Of een overstroming te voorzien is of niet, hangt af van de oorzaak van de overstroming. Een extreem hoge waterstand op de rivieren dient zich vaak een aantal dagen van tevoren aan. Een hoge waterstand op zee is vaak veel korter van te voren voorspelbaar. In Veiligheid Nederland in Kaart is met deze overwegingen rekening gehouden bij het bepalen van het aantal slachtoffers. Bij de berekening van het aantal slachtoffers bij georganiseerde evacuatie is ervan uitgegaan dat adequate rampenbestrijdingsplannen beschikbaar zijn.

Overige gevolgen

In Veiligheid Nederland in Kaart zijn methoden ontwikkeld voor het bepalen van de schade die een overstroming kan veroorzaken aan landschap, natuur en cultuur (LNC-waarden) en aan het milieu door de verspreiding van stoffen. Om een indruk te krijgen van de omvang van deze gevolgen, is de methode voor LNC-waarden op twee dijkringen toegepast en de methode voor schade aan het milieu op één dijkkring. Gevoelens van ontredde en maatschappelijke ontwrichting bij een overstroming zijn niet onderzocht.

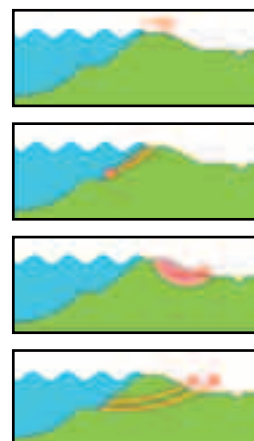
2.3 Kans op een overstroming

Mogelijke oorzaken van een overstroming

De waterkeringen kunnen een overstroming nooit voor honderd procent voorkomen. Verschillende oorzaken, ook wel faalmechanismen genoemd, kunnen een overstroming in gang zetten. Ieder faalmechanisme levert een bepaalde kans op een overstroming op. De kansen op alle faalmechanismen samen bepalen de overstromingskans van een dijkkring.

Voor dijken zijn vier faalmechanismen van belang:

- | | |
|---------------------------------|--|
| overloop en golfoverslag | de waterstand of de golven zijn hoger dan de hoogte van de dijk, het water stroomt over de dijk heen; daarmee begint de erosie van het binnentalud |
| beschadiging bekleding | de dijkbekleding raakt door golven beschadigd waarna een deel van de dijk wegspoelt |
| afschuiving binnentalud | de landzijde van de dijk wordt instabiel en zakt weg |
| opbarsten en piping | het water vormt pijpvormige ruimten onder de dijk door en ondergraaft op die manier de dijk |



Duinen kunnen bezwijken door:

duinafslag tijdens storm slaat een groot deel van het duin weg, de zee breekt erdoorheen



Ook kunstwerken in de dijken, zoals sluizen, kunnen bezwijken en een overstroming in de dijkkring veroorzaken. Voor kunstwerken zijn drie faalmechanismen van belang:

overloop en golfoverslag de waterstand is hoger dan de hoogte van het kunstwerk, het water stroomt over het kunstwerk heen

niet-sluiten het kunstwerk sluit niet tijdig of niet volledig, het water stroomt erdoorheen

constructief falen de constructie bezwijkt



2.3.1 Huidige methode

Voor primaire waterkeringen zijn normen vastgelegd in de Wet op de waterkering. De normen geven de kans weer dat het water hoger komt te staan dan de maatgevende waterstand die voor de waterkering geldt ("overschrijdingskans"). De minister van Verkeer en Waterstaat geeft leidraden uit waarin is beschreven aan welke eisen het ontwerp moet voldoen. Volgens de leidraden moet de kruin van de dijk minimaal een halve meter hoger zijn dan de maatgevende waterstand. De leidraad geeft niet alleen regels voor hoogte maar ook voor de sterkte van waterkeringen. Ieder faalmechanisme wordt daarbij afzonderlijk bekeken. De leidraad is van toepassing bij ontwerp en versterking van dijken.

De Wet op de waterkering vereist dat het Ministerie van Verkeer en Waterstaat iedere vijf jaar toetst of de maatgevende waterstanden, door bijvoorbeeld klimaatveranderingen, zijn veranderd. Op basis daarvan stelt Rijkswaterstaat vast aan welke hydraulische randvoorwaarden de waterkeringen in de volgende vijf jaar moeten voldoen. De waterbeheerders toetsen vervolgens per dijkvak of de waterkeringen voldoen aan de hydraulische randvoorwaarden en rapporteren over de resultaten aan de minister van Verkeer en Waterstaat. In de recente wijziging van de Wet op de waterkering is opgenomen dat de minister van Verkeer en Waterstaat iedere tien jaar rapporteert over de doeltreffendheid van de veiligheidsnormen.

In de huidige wettelijke normen is alleen het overschrijden van de maatgevende waterstand in een kans uitgedrukt (faalmechanisme overloop en golfoverslag). Het optreden van andere faalmechanismen wordt niet in kansen uitgedrukt. De wettelijk norm is niet de totale overschrijdingskans voor de hele dijkkring, maar voor een dijkvak van enkele honderden tot duizenden meters. Om deze redenen komt de huidige overschrijdingsnorm niet overeen met de overstromingskansen van een dijkkring. De andere faalmechanismen worden overigens wel in beschouwing genomen bij het ontwerpen en het toetsen van de waterkering.

Overstromingsrisico's in het buitenland

Nederland hanteert aanzienlijk strengere normen voor overstromingen dan de meeste andere landen in de wereld. Ook de wettelijke status van de Nederlandse normen is uitzonderlijk. Nederland stemt het ontwerp van de dijken wel veel preciezer af op de norm, terwijl andere landen er vaak voor de zekerheid 'een schepje bovenop' doen. In de praktijk lopen de beschermingsniveaus daarom minder ver uiteen dan de normen doen vermoeden.

Nederland richt beschermingsmaatregelen vooral op het verkleinen van de kans op een overstroming, net als Vlaanderen en Duitsland. Andere landen, zoals Groot-Brittannië, de Verenigde Staten en Japan, richten zich meer op het beperken van de gevolgen van een overstroming. Zij doen dit onder meer door bouwen in risicovolle gebieden te ontmoedigen. Deze landen leggen de verantwoordelijkheid voor overstromingsschade voor een groot deel bij de burgers, die vaak wel de mogelijkheid hebben zich voor overstromingsschade te verzekeren.

2.3.2 Nieuwe methode Veiligheid Nederland in Kaart

In Veiligheid Nederland in Kaart zijn alle genoemde faalmechanismen verwerkt in de berekening van de overstromingskans. Eerst zijn de kansen per faalmechanisme voor ieder dijkvak en kunstwerk afzonderlijk bepaald. Het overzicht van de kansen per faalmechanisme per dijkvak en per kunstwerk geeft aan wat de relatief zwakke plekken binnen de dijkkring zijn. Vervolgens zijn deze kansen voor de gehele dijkkring met elkaar gecombineerd tot de totale overstromingskans van de dijkkring.

Uit eerder onderzoek van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen bleek dat kunstwerken mogelijk relatief zwakke plekken in de waterkeringen zouden vormen. De berekeningen bevatten echter grote onzekerheden. Veiligheid Nederland in Kaart heeft daarom speciale aandacht besteed aan de beoordeling van de faalkansen van kunstwerken. Voor zes typen kunstwerken zijn nieuwe methoden ontwikkeld en toegepast. Voor leidingen en langsconstructies (zoals kademuren) zijn verkenningen uitgevoerd.

Veiligheid Nederland in Kaart heeft de berekeningen van overstromingskansen gebaseerd op de hydraulische randvoorwaarden die het Ministerie van Verkeer en Waterstaat in 2001 heeft vastgesteld. In het rivieren-gebied zijn deze randvoorwaarden zwaarder dan voorheen het geval was en de dijken zijn daar nog niet overal op aangepast. Voor de kust is na 2001 geconstateerd dat de belasting door golven in de toekomst hoger zal zijn dan verwacht. Deze nieuwe inzichten zijn in Veiligheid Nederland in Kaart niet verwerkt.

Bij het berekenen van de overstromingskansen zijn de volgende effecten buiten beschouwing gelaten:

- **menselijk handelen**

Als een overstroming voorzien wordt, zullen mensen noodmaatregelen treffen zoals het ophogen van de dijk met zandzakken of het 'opkisten' van wellen achter de waterkering om piping tegen te gaan. Hierdoor kan de overstromingskans afnemen. De mate waarin dit gebeurt, is niet te voorspellen. Bij het sluiten van kunstwerken is de factor van menselijk handelen wel meegenomen.

- **systeemwerking**

Verschillende gebeurtenissen in het watersysteem kunnen elkaar versterken of juist afremmen. Een overstroming in het rivierengebied kan bijvoorbeeld als gevolg hebben dat stroomafwaarts de waterstand daalt. De overstromingskans van de stroomafwaarts gelegen dijkkring zal daardoor afnemen. Maar een overstroming kan ook tot kortsluiting tussen twee rivieren leiden, waardoor een van de rivieren onverwacht veel meer water te verwerken krijgt. Daardoor neemt de overstromingskans toe. Het effect van systeemwerking is moeilijk te voorspellen.

- **overstromingen van waterkeringen uit de categorieën b, c en d (zie de verklarende woordenlijst).**

Het project Veiligheid Nederland in Kaart heeft alleen de overstromingskansen bepaald van categorie a-waterkeringen: dijken, duinen en kunstwerken die rechtstreeks bescherming bieden tegen de zee, de grote rivieren of andere grote open wateren. De waterkeringen uit de andere categorieën zijn niet meegenomen. Categorie-b-waterkeringen zijn niet meegenomen omdat deze geen onderdeel vormen van de waterkeringen die dijkkringgebieden omringen. Deze waterkeringen dragen daarom nauwelijks bij aan de overstromingskansen en de gevolgen van overstromingen in het dijkkringgebied. De waterkeringen van categorie c zijn niet meegenomen omdat vaak onvoldoende gegevens over de hydraulische belasting, de hoogte en de sterkte van deze waterkeringen voorhanden zijn. Categorie d betreft waterkeringen in het buitenland. Het was binnen de tijd en de ruimte van Veiligheid Nederland in Kaart niet mogelijk om voldoende informatie over deze waterkeringen te verkrijgen.

3. Bevindingen van Veiligheid Nederland in Kaart



Het project Veiligheid Nederland in Kaart heeft voor 16 dijkringen de overstromingsrisico's in kaart gebracht. De resultaten geven nieuwe inzichten in de bescherming tegen overstromingen.

3.1 Keuze van de dijkringen

In Veiligheid Nederland in Kaart zijn gevolgen van overstromingen en de kans daarop berekend voor 16 dijkringen. De berekeningen betreffen de toestand in 2004. Het project is begonnen met 6 dijkringen in het rivierengebied, de zogenaamde koplopers. De overige 10 dijkringen zijn zo gekozen dat zij samen met de koplopers een representatief beeld van de Nederlandse dijkringen geven en zo veel mogelijk verschillende kenmerken weerspiegelen. De gekozen dijkringen liggen langs de Hollandse en Zeeuwse kust, in het beneden-rivierengebied, het bovenrivierengebied, langs het IJsselmeer en Markermeer en op de Waddeneilanden. Tot de gekozen dijkringen behoren grote en dichtbevolkte dijkringen en kleinere dijkringen met minder inwoners.

Voor 3 dijkringen zijn de gevolgen met een gedetailleerde methode berekend. Ook hierbij zijn drie heel verschillende situaties in beeld gebracht: Noordoostpolder, Zuid-Holland en Land van Heusden/De Maaskant.

3.2 Gevolgen, kansen en risico's

3.2.1 Gevolgen van overstromingen

De gevolgen zijn voor de 16 dijkringen eerst met de globale methode berekend. Het is daarmee niet mogelijk om het aantal slachtoffers te bepalen. De berekende economische schade betreft de maximale schade, dat is het scenario waarbij de gehele dijkkring tot aan het niveau van de laagste waterkering vol water staat. Niet voor elke dijkkring is dit een denkbaar scenario. De gevolgen van overstromingen zijn voor drie van de 16 dijkringen ook met een gedetailleerde methode berekend. Daarbij is voor verschillende overstromings-scenario's geanalyseerd welke deel van de dijkkring onder water komt te staan en hoeveel schade daarbij ontstaat. De gevolgen van overstromingen kunnen bij toepassing van de gedetailleerde methode worden uitgedrukt in aantallen slachtoffers en de gemiddelde economische schade.

De maximale economische schade in de dijkringen varieert van enkele honderden miljoenen euro's tot bijna driehonderd miljard euro in Zuid-Holland (tabel 1 en 2). Deze schade treedt op als de hele dijkkring vol water staat. Uit de gedetailleerde berekeningen van de schade in Zuid-Holland blijkt dat in de meest waarschijnlijke overstromingsscenario's 'slechts' een deel van de dijkkring overstroomt. Door allerlei obstakels, zoals boezemkades en compartimenteringsdijken, blijft de overstroming vaak tot een klein deel van de dijkkring beperkt. De gemiddelde economische schade (circa € 6 miljard) is in deze dijkkring daarom aanzienlijk lager dan de maximale schade. Dat geldt ook voor de Noordoostpolder. Alleen in het rivierengebied stroomt de dijkkring vrijwel altijd geheel vol bij een overstroming.

De conclusie is dat het toepassen van de globale methode tot grote overschatting van de schade kan leiden, vooral voor grote dijkringen die door obstakels in compartimenten zijn verdeeld. De gedetailleerde methode geeft een beeld dat beter met de werkelijkheid overeenkomt. De gedetailleerde berekeningen hebben bovendien als voordeel dat zij inzicht geven in de meest waarschijnlijke overstromingsscenario's en de manier waarop de dijkkring in die gevallen overstroomt. Die informatie is zeer waardevol voor het opstellen van rampenbestrijdingsplannen.



De gedetailleerde berekeningen geven ook inzicht in het aantal slachtoffers bij een overstroming. Uit de berekeningen blijkt dat afhankelijk van het overstromingsscenario tientallen tot duizenden slachtoffers kunnen vallen. De meeste slachtoffers zijn te verwachten als de overstroming onverwacht plaatsvindt en geen evacuatie mogelijk is. Bij de overstromingsscenario's die het meest waarschijnlijk zijn in deze drie dijkkringen, is een tijdige evacuatie inderdaad niet altijd mogelijk.

In Veiligheid Nederland in Kaart is een indicatieve berekening gemaakt van de schade die een overstroming kan veroorzaken aan landschap, natuur en cultuur (de zogenaamde LNC-waarden). De omvang van de schade aan LNC-waarden hangt samen met de duur van de overstroming en de hoogte van het water. Het is de verwachting dat bij een overstroming bepaalde typen zeldzame natuur voorgoed zullen verdwijnen. Cultuurmonumenten kunnen onherstelbaar beschadigd raken. Over het algemeen lijkt de schade bij een overstroming met zout water aanzienlijk groter te zijn dan bij een overstroming met zoet water. Ook is verkend hoe groot de milieurisico's door verspreiding van toxische stoffen kunnen zijn. De ontwikkelde methode is hiervoor toegepast op dijkkring Land van Heusden/De Maaskant. Op basis van deze verkenning wordt in dit gebied geen grootschalige milieuschade verwacht door het vrijkomen van stoffen bij de geïnventariseerde bedrijven.

3.2.2 Overstromingskansen

De berekende overstromingskansen variëren van 1:2500 per jaar voor delen van de Randstad tot groter dan 1:100 per jaar in het rivierengebied (tabel 1). De berekeningen van Veiligheid Nederland in Kaart hebben op dit moment ontwikkelingsniveau 1 à 2 bereikt (paragraaf 1.3). De uitkomsten geven een indicatie van de overstromingskansen en zijn niet als absolute waarden te beschouwen. De berekeningen bieden wel de mogelijkheid om te analyseren welke faalmechanismen het sterkst doorwerken in de overstromingskansen en wat de zwakste locaties van de dijkkring zijn.

De berekende kans op een overstroming door hoge waterstanden (faalmechanisme overloop en golfoverslag) is in de meeste dijkkringen klein in vergelijking met de kansen op de andere faalmechanismen. In de dijkkringen langs de kust en langs het IJsselmeer is de kans hierop zelfs (aanzienlijk) kleiner dan de huidige norm. Dat is in lijn met de verwachtingen omdat dit faalmechanisme sterk leidend is voor het ontwerp van de waterkeringen. De zwakke schakels langs de kust komen wel tot uiting in de berekende faalkansen van kustvakken maar zijn niet bepalend voor de berekende overstromingskansen van de dijkkring. Dat is te verklaren doordat Veiligheid Nederland in Kaart hydraulische randvoorwaarden van 2001 heeft gebruikt. Na 2001 is vastgesteld dat de golfbelasting langs de kust in de toekomst zal toenemen en op grond van die informatie zijn de zwakke schakels langs de kust aangewezen.

Onzekerheden in de gegevens

De kansen op het optreden van faalmechanismen zijn niet altijd met even grote zekerheid vast te stellen. In sommige gevallen is de kennis over het verloop van processen niet toereikend of zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Dergelijke onzekerheden zijn in Veiligheid Nederland in Kaart waar mogelijk expliciet uitgedrukt in onzekerheidsmarges. Als dat niet mogelijk was, hebben de gegevens een conservatieve (en dus voorzichtige) invulling gekregen. Deze werkwijze is in risicoberekeningen gebruikelijk en wordt wel 'Maximum Credible Accident' genoemd. Het verwerken van onzekerheden resulteert over het algemeen in grotere overstromingskansen en mogelijk in een overschatting van de kansen. Vooral faalmechanismen die gedetailleerde kennis over de opbouw van de ondergrond vereisen, zoals opbarsten en piping en de stabiliteit van kunstwerken, zijn met onzekerheden omgeven. Veel dijken zijn in de loop van eeuwen steeds een stukje hoger gemaakt en het vergt grondig onderzoek om de opbouw te achterhalen. Voor een bepaald kunstwerk is uitgerekend dat de faalkans kan afnemen van 1/500 tot 1/50.000 als de opbouw van de ondergrond bekend zou zijn en gunstig zou uitpakken. Nader onderzoek hoeft overigens niet altijd tot een kleinere kans te leiden.



In de meeste dijkringen levert het faalmechanisme opbarsten en piping de grootste kans op een overstroming op. Vooral voor het rivierengebied worden voor dit faalmechanisme grote kansen berekend. Deze grote kansen zijn ten dele het gevolg van grote onzekerheden in de gegevens over de ondergrond van de waterkeringen. Wel is duidelijk dat opbarsten en piping een reëel risico vormt. Bekend is dat in het verleden dijkdoorbraken door dit fenomeen zijn ontstaan. Tijdens de hoogwaters op de rivieren in 1993 en 1995 is op tientallen plaatsen begin van piping geconstateerd, in de vorm van kwelwater en zandvoerende wellen achter de dijk. Dit heeft toen niet tot een doorbraak geleid omdat adequaat is ingegrepen. De waterbeheerders gingen massaal over op het 'opkisten' van wellen, door geotextiel en zandzakken op de gevonden locaties aan te brengen. Het effect van dit soort menselijk handelen is niet verwerkt in de berekende overstromingskansen omdat het niet zeker is dat piping altijd tijdig gesignaleerd wordt. De grote onzekerheden in de gegevens en het niet meenemen van menselijk handelen leidt dus over het algemeen tot overschatting van de overstromingskansen. Nader onderzoek op de betreffende locaties is noodzakelijk om erachter te komen of de berekende grote kans op een overstroming door opbarsten en piping betekent dat de waterkering daadwerkelijk relatief zwakke plekken vertoont.

Ook het faalmechanisme "niet sluiten" van kunstwerken levert in een aantal dijkringen een forse bijdrage aan de overstromingskansen. In vrijwel alle gevallen is dit het gevolg van het feit dat sluitingsprocedures niet goed op schrift zijn gesteld en onvoldoende worden geoefend. Deze kans is snel en goedkoop te verkleinen door de procedures alsnog te documenteren en daar regelmatig mee te laten oefenen. Enkele waterschappen zijn daar inmiddels mee begonnen. Bij de aanvang van Veiligheid Nederland in Kaart vormden de faalkansen van kunstwerken nog een witte vlek in de kennis. Met de methoden die Veiligheid Nederland in Kaart heeft ontwikkeld, zijn deze kansen goed in beeld te brengen.

Onzekerheden in de methode

Bij het toetsen van waterkeringen kunnen de waterbeheerders twee soorten methoden toepassen om de kans op piping te berekenen. Als uit de eerste, globale methode blijkt dat een dijkvak voor piping niet aan de eisen voldoet, vindt een nieuwe berekening plaats met een meer gedetailleerde methode. Voor deze methode zijn gedetailleerde gegevens van de ondergrond nodig, die door een gebiedsdeskundige in kaart worden gebracht.

Veiligheid Nederland in Kaart is aangewezen op de gedetailleerde methode omdat alleen die methode tot de benodigde kansberekening leidt. De grote lengte aan waterkeringen die Veiligheid Nederland in Kaart heeft doorgerekend, maakte het onmogelijk om de gegevens van de ondergrond door gebiedsdeskundigen gedetailleerd in kaart te laten brengen. De gebruikte gegevens bevatten daarom een vrij grote onzekerheidsmarge. In de kansberekening kunnen onzekerheden sterk doorwerken. Dat kan een verklaring zijn voor de grote faalkansen die Veiligheid Nederland in Kaart heeft berekend voor piping. In 2004 hebben externe deskundigen, onder leiding van professor Vrijling, de eerste resultaten van Veiligheid Nederland in Kaart aan een review onderworpen. Zij concludeerden dat de laatste stand der techniek is toegepast, behalve voor opbarsten en piping. De deskundigen adviseerden om voor het faalmechanisme opbarsten en piping te verkennen of berekeningen tot andere resultaten leiden als een nieuwe, nog gedetailleerdere methode en gedetailleerdere bodemgegevens gebruikt worden. Op die manier is te onderzoeken of onzekerheden tot overschatting van de kans leiden. Dit is getest voor twee locaties waar oorspronkelijk grote faalkansen voor opbarsten en piping berekend werden. Door het toepassen van de gedetailleerdere informatie namen de onzekerheden af en kwamen de berekeningen voor deze twee locaties op aanzienlijk lagere faalkansen uit. Voor het toepassen van de nieuwe methode is veel informatie nodig over bijvoorbeeld de gelaagdheid van de bodem. Deze informatie is voor de meeste locaties niet beschikbaar.



Belang van gedetailleerde gebiedskennis

Om de berekende overstromingskansen goed te kunnen interpreteren is gedetailleerde gebiedskennis vereist. Zo bleek de Boerengatsluis in Rotterdam een faalkans van 1/300 per jaar te hebben, wat sterk doorwerkte in de totale overstromingskansen van de dijkkring. Achter de sluis ligt echter nog een dijk, zodat het falen van de sluis niet onmiddellijk een overstroming van de dijkkring tot gevolg heeft. De faalkans van sluis en dijk samen bleek slechts 1/48.000 per jaar te zijn, als de dijk ook op die manier beheerd wordt. Ook voor Terschelling konden faalkansen bijgesteld worden door inbreng van gebiedskennis. De berekeningen kwamen uit op een faalkans door opbarsten en piping van 1/600. Het uitgestrekte wad- en gebied voor de dijk biedt echter veel weerstand aan piping. Wanneer dit effect wordt meegenomen, komen de berekeningen uit op een faalkans van slechts 1/64.000. Deze grondige check van relatief zwakke plekken heeft voor alle 16 dijkkringen plaatsgevonden.

3.2.3 Overstromingsrisico's

Het economisch risico is berekend door de overstromingskansen te vermenigvuldigen met de economische schade bij een overstroming (tabel 1 en 2). Dit economisch risico is uitgedrukt in een bedrag per jaar. Een economisch risico van bijvoorbeeld € 10 miljoen per jaar betekent dat de samenleving jaarlijks € 10 miljoen zou moeten reserveren om de schade van een overstroming op lange termijn te kunnen compenseren. Het risico neemt toe naarmate de overstromingskansen toeneemt en naarmate de gevolgen toenemen. De risico's zijn te verkleinen door ofwel de gevolgen van overstromingen te verkleinen ofwel de waterkeringen te versterken zodat de kans op een overstroming afneemt. Bijlage 2 geeft een toelichting op de overstromingsrisico's per dijkkring.

Uit de resultaten van de gedetailleerde risicoberekening blijkt dat het economische risico in de Noordoostpolder vergelijkbaar is met het risico in Zuid-Holland. De economische schade bij een overstroming is in Zuid-Holland weliswaar veel groter dan in de Noordoostpolder, maar de kans op een overstroming is in Zuid-Holland juist kleiner. De ruimtelijke inrichting van Zuid-Holland bepaalt sterk de omvang van de gevolgen. De aanwezigheid van compartimenten leidt ertoe dat bij de meest waarschijnlijke overstromingsscenario's de schade beperkt blijft en dat werkt ook door in het risico. In het rivierengebied zijn de overstromingsrisico's relatief groot. Dit komt omdat zowel de berekende kansen als de gemiddelde schade groot zijn.

Voor drie dijkkringen is het overstromingsrisico bepaald met gedetailleerde berekeningen van de gevolgen (tabel 1). Voor de overige dijkkringen is het risico gebaseerd op globale berekeningen van de gevolgen (tabel 2). De gedetailleerde berekeningen geven een realistischer beeld van het overstromingsrisico dan de globale berekeningen. De globale berekeningen leiden tot overschatting van het risico. Dit is te zien door de gevolgen en de risico's voor de Noordoostpolder, Zuid-Holland en Land van Heusden / De Maaskant die in tabel 1 staan (gedetailleerde berekeningen) te vergelijken met de gevolgen en de risico's die in tabel 2 staan (globale berekeningen).



Tabel 1 Overstromingsrisico's berekend met de gedetailleerde methode

Dijkring	Economisch risico: overstromingskans maal de economische schade [miljoen €/jaar]	Gevolg: gemiddelde economische Schade*[miljoen €]	Gevolg: slachtoffers** [aantal]	Jaarlijkse overstromings- kans
Noordoostpolder	2,1	1.900	5 - 1400	1/900
Zuid-Holland	2,3	5.800	30 - 6100	1/2500
Land van Heusden/ De Maaskant	37	3.700	5 - 800	>1/100

* De gemiddelde schade bij de verschillende overstromingsscenario's.

** De marge geeft de aantallen slachtoffers weer bij verschillende overstromingsscenario's en verschillende scenario's voor evacuatie.

Tabel 2 Overstromingsrisico's berekend met de globale methode

Dijkring	Economisch risico: overstromingskans maal de economische schade [miljoen €/jaar]	Gevolg: maximale economische schade* [miljoen €]	Jaarlijkse overstromings- kans
Noordoostpolder	10 **	9.000	1/900
Zuid-Holland	116**	290.000	1/2500
Land van Heusden / De Maaskant	180**	18.000	>1/100
Terschelling	0,1	160	1/1500
Mastenbroek	12	1.200	> 1/100
Noord-Holland	116	58.000	<1/500
Lopiker- en Krimpenerwaard	100	10.000	>1/100
Alblasserwaard	48	19.000	1/400
Goeree-Overflakkee	3	3.700	1/1200
Zeeuws Vlaanderen	140	14.000	>1/100
Bommelerwaard	10	2.600	1/250
Land van Maas en Waal	64	6.400	>1/100
Ooij en Millingen	0,7	1.000	1/1.400
Betuwe, Tieler- en Culemborger-waarden	180	18.000	>1/100
Rijn en IJssel	34	6.800	1/200
Veluwe	31	3.100	>1/100

* De schade is de maximale schade die optreedt als de gehele dijkkring onder water staat. Dat is een overschatting voor grote dijkkringen en dijkkringen met compartimenten. Het aantal slachtoffers is met de globale methode niet te berekenen.

** De schade berekend volgens de gedetailleerde methode blijkt veel lager te zijn dan de schade berekend met de globale methode.



3.3 Waarde van de getallen

16 dijkringen op ontwikkelniveau 1

Alle 16 dijkringen zijn op ontwikkelniveau 1 in kaart gebracht (paragraaf 1.3). De resultaten zijn geschikt voor gebruik in de beheersfase. De berekende waarde van de overstromingskans geeft in deze fase een indicatie van de werkelijke overstromingskans, maar is nog niet als absolute waarde te beschouwen. Wel is het mogelijk om aan te geven wat de zwakste plekken binnen de dijkkring zijn en welke faalmechanismen daar verantwoordelijk voor zijn. De beheerder kan met die informatie op een onderbouwde manier prioriteiten stellen in het onderhoud van een dijkkring. Voor een aantal relatief zwakke plekken is het nodig om eerst te onderzoeken of de faalkans daadwerkelijk groot is of het gevolg is van onzekerheden in de gegevens of van de gehanteerde methode. Bijlage 2 geeft een eerste overzicht van de relatief zwakke plekken per dijkkring.

Iedere vijf jaar moeten de waterbeheerders toetsen of de waterkeringen nog voldoen aan de normen uit de Wet op de waterkering. Maatregelen worden alleen genomen naar aanleiding van de wettelijke toetsing van waterkeringen. In 2001 hebben de waterbeheerders voor het eerst deze toetsing uitgevoerd. De relatief zwakke plekken die uit Veiligheid Nederland in Kaart zijn gekomen, zijn vergeleken met de resultaten van deze toetsing en sluiten daar over het algemeen goed bij aan. In 2006 komen de resultaten van de tweede toetsing beschikbaar.

Drie dijkringen op ontwikkelniveau 2

Voor drie dijkringen heeft Veiligheid Nederland in Kaart ontwikkelniveau 2 bereikt. Dit zijn de dijkringen waarvoor de gevolgen op gedetailleerde wijze berekend zijn. De resultaten zijn te gebruiken in de managementfase. Daarbij is het mogelijk om overstromingskansen en overstromingsrisico's van gelijksoortige dijkringen onderling te vergelijken. Zodra de overstromingsrisico's van alle dijkringen in het rivierengebied op dit niveau beschikbaar zijn, ontstaat inzicht in de gevolgen van een overstroming en de zwakste schakels binnen het gehele rivierengebied. Ook tussen gelijksoortige dijkringen langs de kust of in het beneden-rivierengebied zijn op die manier prioriteiten te stellen.

Perspectief bij verdere ontwikkeling

Ontwikkelniveau 3 is bereikt als in de toekomst de overstromingsrisico's voor alle dijkringen op robuuste wijze in beeld zijn gebracht, met een aanvaardbaar kleine foutmarge. De overstromingsrisico's van dijkringen in heel Nederland zijn dan onderling vergelijkbaar. Dit niveau is noodzakelijk om een landelijke kosten-batenafweging te kunnen maken van investeringen in de bescherming tegen overstromingen en om te evalueren of de huidige norm voldoende bescherming biedt. Als dit niveau is bereikt, is het totale overstromingsrisico van Nederland ook in absolute zin te vergelijken met andere groepsrisico's in Nederland.

A photograph of a rowing team in a wooden boat on a canal. The boat is long and narrow, with several rowers visible. The water is calm, and the background shows a bridge and some greenery. The text '4. Toepassing van de methode van Veiligheid Nederland in Kaart' is overlaid on the image.

4. Toepassing van de methode van Veiligheid Nederland in Kaart



Inzicht in overstromingskansen en gevolgen van overstromingen biedt nieuwe mogelijkheden voor het omgaan met overstromingsrisico's. Met de methode van Veiligheid Nederland in Kaart kunnen de kosten en baten van investeringen in hoogwaterbescherming beter afgewogen worden. Ook biedt de methode in de toekomst nieuwe mogelijkheden voor normering van de bescherming tegen overstromingen. Als de methode op alle dijkringen is toegepast, is het overstromingsrisico in Nederland bovendien beter te vergelijken met andere groepsrisico's in ons land.

4.1 Is Nederland voldoende beschermd tegen overstromingen?

De waterkeringen in Nederland zijn nog nooit zo hoog en sterk geweest als nu. Maar het te beschermen goed is ook nog nooit zo kostbaar en de bevolking is nog nooit zo omvangrijk geweest als nu. Als de overstromingsrisico's voor alle dijkringen gedetailleerd in beeld zijn gebracht, kan beoordeeld worden of het risico van overstromingen acceptabel is. Het wordt dan duidelijk hoe het risico verandert als de investeringen in hoogwaterbescherming afnemen of juist toenemen. Op die manier is het mogelijk om af te wegen hoe zinvol het is om te investeren in hoogwaterbescherming, op basis van een maatschappelijke kosten-batenanalyse.

In Veiligheid Nederland in Kaart is een aanzet gemaakt met de ontwikkeling van een methode voor een kosten-batenanalyse. De methode maakt het mogelijk om de kosten voor het verbeteren van relatief zwakke plekken te vergelijken met de vermindering van het economisch risico. Uit deze gegevens is af te leiden bij welke investeringen en welke overstromingskansen het economisch optimum bereikt wordt. De methode is nog niet geheel uitontwikkeld. Zo is het nog nodig om de gevolgen van klimaatverandering in de methode te verwerken en moet de kostenbepaling nauwkeuriger worden.

4.2 Investeren op de goede plaatsen

Met de methode van Veiligheid Nederland in Kaart is het mogelijk om in beeld te brengen op welke plaatsen investeringen in waterkeringen het meeste bijdragen aan het verkleinen van het overstromingsrisico. Zo wordt het mogelijk om goed onderbouwde prioriteiten te stellen in de uitvoering van maatregelen. Dat kan op verschillende schaalniveaus en zal uiteindelijk een politieke afweging betreffen. De schaalniveaus hangen samen met de ontwikkelniveaus van de methode zoals aangegeven in paragraaf 1.3 en 3.3.

4.3 Wat is een goede norm voor de bescherming tegen overstromingen?

De huidige normen voor de bescherming tegen overstromingen zijn al bijna een halve eeuw oud. De methode van Veiligheid Nederland in Kaart biedt de mogelijkheid om te evalueren of de normen nog in overeenstemming zijn met de huidige economische waarde en de bevolkingsomvang. Ook is het mogelijk om te verkennen of andere normen wellicht een betere maat voor de bescherming tegen overstromingen kunnen bieden.

De huidige normen voor waterkeringen hebben als voordeel dat ze op vrij eenvoudige wijze te toetsen zijn. Nadeel is dat de normen geen inzicht geven in de overstromingskans of het overstromingsrisico. Uit de resultaten van Veiligheid Nederland in Kaart blijkt dat de overstromingskans groter dan de huidige norm kan zijn. Omdat de huidige normen per dijkvak gehandhaafd moeten worden, worden onderhoud en investeringen mogelijk niet altijd op de meest urgente en kosteneffectieve plaatsen ingezet. Om deze redenen gaan regelmatig stemmen op om een andere invulling aan de normen te geven.

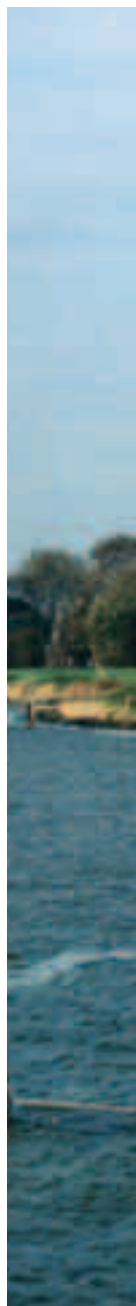
De Deltacommissie had in de vijftiger jaren al de wens om normen uit te drukken in een maximaal toelaatbare overstromingskans. Op dat moment waren de rekentechnieken daar echter niet toereikend voor. Met de methode van Veiligheid Nederland in Kaart ontstaat die mogelijkheid wel. Een overstromingskans als norm geeft burgers meer inzicht in hun situatie dan de huidige overschrijdingskansen en biedt bovendien de mogelijkheid om onderhoud en investeringen in te zetten op die plaatsen die het meeste bijdragen aan het verkleinen van de overstromingskans. Bij het kiezen van de maximaal toelaatbare overstromingskans die als norm moet dienen, is het wenselijk om een kosten-batenafweging te maken. Daarvoor is het noodzakelijk om de overstromingskansen van alle dijkringen te berekenen. Aandachtspunt is dat de overstromingskansen van dijkringen in bijvoorbeeld het rivierengebied met elkaar samenhangen. Het verlagen van de overstromingskans in een dijkkring kan er automatisch toe leiden dat de overstromingskans van een andere dijkkring toeneemt. Om een norm in de vorm van een overstromingskans te kunnen toetsen moet een hanteerbare methode ontwikkeld worden om rekening te houden met deze afhankelijkheid.

Een stap verder gaat een norm in de vorm van het overstromingsrisico, waarin de kansen en de gevolgen zijn gecombineerd. Veranderingen in de ruimtelijke ordening werken direct door in het overstromingsrisico. Door de ontwikkeling van een nieuw industrieterrein, nemen de gevolgen van een overstroming bijvoorbeeld toe. Als het overstromingsrisico van de dijkkring daardoor de norm overschrijdt, ligt de keuze voor om ofwel de overstromingskans te verkleinen ofwel de gevolgen van een overstroming te verminderen ofwel een combinatie van beide maatregelen toe te passen. De gevolgen zijn te verminderen door bijvoorbeeld verbetering van de rampenbestrijding of door het treffen van gebiedsgerichte inrichtingsmaatregelen. Bij het vaststellen van de hoogte van de norm kan overigens ruimte geboden worden voor nieuwe ontwikkelingen, zonder dat nieuwe ontwikkelingen niet onmiddellijk tot overschrijding van de norm leiden. De handhaving van een norm voor het overstromingsrisico zal echter complex zijn, omdat verschillende partijen verantwoordelijk zijn voor de gevolgen en de kansen.

4.4 *Rampenbestrijding*

Het inzicht in de relatief zwakke plekken is met name van belang voor de rampenbestrijdingsplannen. Gemeenten kunnen in hun rampenplannen beter rekening houden met de meest voor de hand liggende overstromingsscenario's en de daarbij behorende mogelijkheden voor bijvoorbeeld evacuatie. Waterschappen kunnen zich gericht voorbereiden op het treffen van noodmaatregelen.

Het kabinet neemt in 2006 een besluit over een rampenbeheersingsstrategie voor de grote rivieren. De inzichten uit Veiligheid Nederland in Kaart kunnen bijdragen aan de discussie over de te kiezen strategie en de uitwerking daarvan.



4.5 *Kennis verbeteren en samenwerking*

De toepassing van de methode van Veiligheid Nederland in Kaart vereist specifieke kennis. Waterschappen en provincies zijn betrokken bij de uitvoering van de analyses door het verzamelen van benodigde informatie en het toetsen van analyseresultaten. Er is bewust voor gekozen om meerdere ingenieursbureaus te betrekken bij de uitvoering van berekeningen. Experts van de voormalige Technische Adviescommissie Waterkeringen (TAW) hebben geadviseerd over specifieke vraagstukken en de kwaliteit gewaarborgd. Het projectbureau Veiligheid Nederland in Kaart heeft bewaakt dat informatieverzameling door provincies en waterschappen en analyses die door verschillende bureaus zijn uitgevoerd op vergelijkbare wijze zijn uitgevoerd. Veiligheid Nederland in Kaart heeft een grote hoeveelheid nieuwe gegevens opgeleverd die systematisch met elkaar in verband zijn gebracht. Dit heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd in de bescherming tegen overstromingen.



5. Conclusies en Aanbevelingen



5.1 Conclusies

1. Representatief beeld

Veiligheid Nederland in Kaart heeft 16 dijkringen bestudeerd die samen een redelijk representatief beeld van het overstromingsrisico geven. De dijkringen bieden bescherming tegen verschillende typen wateren: Noordzee, Waddenzee, IJsselmeer, Markermeer, Westerschelde en de grote rivieren. Hierdoor zijn ook verschillende typen waterkeringen in beschouwing genomen. In de dijkringen komen zowel stedelijke als landelijke gebieden voor en zowel diepgelegen polders als oud land. De berekeningen zijn door veel verschillende mensen zijn uitgevoerd, maar wel vanuit één centraal punt gecoördineerd. Daardoor zijn de resultaten van de dijkringen voor wat betreft toepassing van de methode onderling goed vergelijkbaar.

2. Waarde van de resultaten

Veiligheid Nederland in Kaart is een tussenstap in een langer ontwikkeltraject. Voor 13 dijkringen zijn de overstromingsrisico's op ontwikkelniveau 1 in kaart gebracht. Voor deze dijkringen is het mogelijk om de relatief zwakke plekken in de dijkkring te traceren en de oorzaken daarvan. Voor drie dijkringen heeft Veiligheid Nederland in Kaart ontwikkelniveau 2 bereikt. De berekende getallen van deze drie dijkringen zijn te vergelijken met de uitkomsten van gelijksoortige dijkringen. De berekende getallen zijn op deze twee niveaus nog niet als absolute waarden te beschouwen. Dat vereist aanscherping van de methode tot ontwikkelingsniveau 3.

3. Gevolgen van overstromingen

De maximale economische schade in de dijkringen varieert van honderden miljoenen euro's tot bijna driehonderd miljard euro in delen van de Randstad. Deze schade treedt op als de hele dijkkring vol water staat. Uit de gedetailleerde berekeningen van de schade in Zuid-Holland blijkt dat in de meest waarschijnlijke overstromingsszenario's 'slechts' een deel van deze dijkkring overstroomt. Door allerlei hogere lijnelementen in een dijkkring (bijvoorbeeld boezemkaden en spoorlijnen) blijft de overstroming vaak tot een klein deel van de dijkkring beperkt. De gemiddelde economische schade is daarom aanzienlijk lager dan de maximale schade. Alleen in het rivierengebied stroomt de dijkkring vrijwel altijd geheel vol bij een overstroming. Afhankelijk van het overstromingsszenario kunnen tientallen tot enkele duizenden slachtoffers vallen bij een overstroming. De meeste slachtoffers zijn te verwachten als de overstroming onverwacht plaatsvindt en geen evacuatie mogelijk is. Door het ontbreken van praktijkgegevens zal de onzekerheid in het bepalen van de slachtofferaantallen nauwelijks kunnen worden verkleind.

4. Overstromingskansen

Uit de studie Veiligheid Nederland in Kaart blijkt dat de waterkeringen over het algemeen zo hoog zijn, dat de kans op een overstroming door extreem hoge waterstanden zeer klein is. Volgens de berekeningen wordt op dit moment de overstromingskans vooral bepaald door grote kansen op het fenomeen "opbarsten en piping" (water stroomt onder de dijk door) en het niet sluiten van kunstwerken. Deze faalmechanismen zijn niet verwerkt in de huidige veiligheidsnorm maar zijn wel van het toetsen van het ontwerp.

In een aantal gevallen is de grote kans op opbarsten en piping een gevolg van onzekerheid over de opbouw van de ondergrond. In dergelijke gevallen kan nader onderzoek ertoe leiden dat de overstromingskans afneemt. Ook met toepassing van een gedetailleerder model kan soms het berekende resultaat aangescherpt worden. Maar duidelijk is wel dat opbarsten en piping in Nederland een reële bedreiging vormt. Conclusies 6 en 7 gaan hier dieper op in.

Waar grote kans bestaat op het niet sluiten van kunstwerken is dit vaak het gevolg van het feit dat procedures niet goed gedocumenteerd zijn of dat onvoldoende geoefend wordt. De overstromingskans is in die gevallen simpel, doeltreffend en goedkoop te verkleinen. Naar aanleiding van de studie Veiligheid Nederland in Kaart hebben veel waterschappen dat inmiddels gedaan.

5. Draagvlak voor het onderzoek

Tijdens de uitvoering van het project 'Veiligheid Nederland in Kaart' zijn de betrokken instanties en personen ervan overtuigd geraakt van de meerwaarde van de overstromingsrisicobenadering en van de mogelijkheid op korte termijn meer inzichten te verwerven in de veiligheid van Nederland op het gebied van overstromingen.

6. Methode

Het product van Veiligheid Nederland in Kaart is een methode waarmee de overstromingsrisico's op een consistente manier te berekenen zijn. Om dit te bereiken zijn bestaande methoden aangepast en nieuwe methoden ontwikkeld. Nieuwe methoden waren bijvoorbeeld nodig voor de beoordeling van kunstwerken en voor de beoordeling van de effecten op landschap, natuur en cultuur en op het milieu. Ook is een methode ontwikkeld om alle waterkeringen op vergelijkbare manier om te zetten naar geschematiseerde invoer voor modellen. De belastingen van waterstanden, stromingen en golven zijn voor alle dijkringen op dezelfde manier berekend. Voor een aantal onderdelen is het nodig om de methoden verder te ontwikkelen. Zo is het wenselijk om het effect van menselijk handelen bij hoogwater in het overstromingsrisico te verwerken, de onzekerheden in de kans op opbarsten en piping te verkleinen en de faalkans van enkele andere waterkeringen te berekenen (categorie-c-waterkeringen).

7. De kunst van dijken bouwen is om goede conclusies te trekken uit onzekere gegevens

De berekende overstromingskans is de meest reële weergave van de overstromingskans gegeven de beschikbare kennis. Bij de berekening van de overstromingskans spelen verschillende onzekerheden een rol, onder meer over de opbouw van de ondergrond van waterkeringen. Essentieel onderdeel van kansberekeningen is dat de grootte van de onzekerheid expliciet verwerkt wordt in de berekening. Hoe groter de onzekerheid, des te groter de kans in de berekening. Dit is de gebruikelijke werkwijze bij risicomethoden. Soms is het mogelijk de onzekerheid te verkleinen door nader onderzoek uit te voeren, bijvoorbeeld naar de opbouw van de ondergrond. In de volgende fase van het onderzoek zal hier in het bijzonder aandacht aan worden gegeven. Afhankelijk van de uitkomsten van dit nader onderzoek, kan dit leiden tot een kleinere overstromingskans. Andere onzekerheden zijn niet binnen afzienbare termijn te verkleinen, zoals bijvoorbeeld bij de onzekerheid over de omvang van zeespiegelstijging of de toename van de rivierafvoer. Deze noties zijn binnen het project Veiligheid Nederland in Kaart meegenomen bij de analyse van de relatief zwakke plekken. Zo is bezien of er sprake is van een plek waar onzekerheid zwaar doortelt en waar derhalve nader onderzoek te prefereren is, of van een fysieke relatief zwakke plek, waar een maatregel op zijn plaats is. In het algemeen geldt dat onderzoek loont.

8. Kunstwerken doorgelicht

Bij de aanvang van het project Veiligheid Nederland in Kaart vormde de overstromingskans van kunstwerken nog een witte vlek in de kennis. Tijdens de uitvoering van het project zijn methoden ontwikkeld en toegepast voor het beoordelen van zes typen kunstwerken. Voor kunstwerken zoals leidingen en langsconstructies zijn verkenningen uitgevoerd.

9. Samenwerken en kennis delen

Nevendoel van het project was het spreiden van kennis over het berekenen van overstromingsrisico's. Om dit doel te realiseren is gedurende het project systematisch kennis over gedragen aan waterschappen en provincies. Ook is ervoor gekozen om de berekeningen uit te laten voeren door externe ingenieursbureaus. Het projectbureau Veiligheid Nederland in Kaart heeft veel tijd besteed aan de begeleiding van deze bureaus.





5.2 Aanbevelingen

1. De uitkomsten van Veiligheid Nederland in Kaart geven een goede eerste indruk van de overstromingsrisico's in Nederland. De getallen zijn echter nog niet robuust genoeg om ze als absolute waarden te kunnen beschouwen. Aanbevolen wordt om de methoden verder te ontwikkelen en gedetailleerdere gegevens te verzamelen, zodat het overstromingsrisico uiteindelijk op ontwikkelniveau 3 bekend is. Overigens blijft het de vraag of ontwikkelniveau 3 volledig bereikt zal kunnen worden. De schattingen van de economische schade en het aantal slachtoffers als gevolg van overstromingen zullen omgeven blijven met relatief grote onzekerheden.
2. Aanbevolen wordt om een compleet landelijk beeld te maken van de overstromingskansen en overstromingsrisico's in alle 53 dijkringen. Dat biedt de basis voor een politiek-maatschappelijke discussie over het omgaan met overstromingsrisico's en over een eventuele andere veiligheidsnorm. Voortzetting van Veiligheid Nederland in Kaart voor de overige 37 dijkringen dient onder coördinatie vanuit één centraal punt te gebeuren, om vergelijkbaarheid van de resultaten te garanderen. Aanbevolen wordt om daarbij ook enkele dijkkringgebieden langs de onbedijkte Maas mee te nemen.
3. In Veiligheid Nederland in Kaart zijn de gevolgen van overstromingen voor drie dijkringen bepaald met gedetailleerde overstromingsscenario's. Voor de overige dijkringen is een globale methode toegepast, die vaak een grote overschatting van de gevolgen geeft. Om een goed beeld te krijgen van de gevolgen van overstromingen, is het van belang om in samenspraak met provincies en waterschappen voor alle dijkringen de gevolgen met gedetailleerde overstromingsscenario's te berekenen.
4. Uit het project Veiligheid Nederland in Kaart is gekomen dat het fenomeen “opbarsten en piping” voor een belangrijk deel de overstromingskansen bepaalt. Het is van groot belang om meer aandacht te besteden aan dit faalmechanisme. Aanbevolen wordt om nader onderzoek uit te voeren naar de methode om de kans

op opbarsten en piping te berekenen. Daarbij kan worden gekeken naar de invloed van het toepassen van constructies zoals damwandschermen en filterconstructies. Ook wordt aanbevolen om de benodigde gegevens te verzamelen en daar waar nodig fysieke maatregelen te treffen om de kans op opbarsten en piping te verkleinen.

5. In Veiligheid Nederland in Kaart is een methode verkend voor het afwegen van kosten en baten van investeringen in hoogwaterbescherming. Aanbevolen wordt om de methode verder te ontwikkelen, en daarbij ook de invloed van economische groei en zeespiegelstijging mee te nemen.
6. Uit de resultaten van Veiligheid Nederland in Kaart blijkt dat nader onderzoek in een aantal gevallen kan leiden tot een andere schatting van de overstromingskans, die vaak gunstiger uitvalt. Voor een vervolg van Veiligheid Nederland in Kaart zijn goede gegevens van essentieel belang. Het is aan te bevelen dat de betrokken waterschappen actief gegevens verzamelen over de bodem, met name door grondboringen. Dit is een voorwaarde voor een succesvol vervolg.



VERKLARENDE WOORDENLIJST

5-jaarlijkse toetsing	Periodieke beoordeling van de veiligheid en sterkte van een dijkkring. Dat wil zeggen het controleren of de momentane toestand van de constructie nog voldoet aan de vigerende functionele en wettelijke eisen. De Leidraad Toetsen op Veiligheid geeft aan hoe een toetsing kan worden uitgevoerd en is gericht op een uniforme maatstaf voor de beoordeling van de kwaliteit van de waterkeringen.
Beheerder	De overheid waarbij de (primaire) waterkering in beheer is.
Belasting	Op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten, ofwel de mate waarin een constructie door in- en uitwendige krachten wordt aangesproken, uitgedrukt in een fysische grootheid
Benedenrivierengebied	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten westen van de lijn Schoonhoven - Werkendam - Dongemond, inclusief Hollands Diep en Haringvliet, zonder de Hollandsche IJssel.
Bezwijken	Het optreden van verlies van inwendig evenwicht (b.v. afschuiven) en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal (b.v. verweken) en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen van dijk, duin of kunstwerk.
Bovenrivierengebied	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten oosten van de lijn Schoonhoven - Werkendam - Dongemond. De waterstanden worden daar niet beïnvloed door het getij van de Noordzee.
Coupure	Een onderbreking in de waterkering voor de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge waterstanden afsluitbaar is.
Dijk	Een waterkerend grondlichaam.
Dijkkring	Stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, dat een dijkkringgebied omsluit en beveiligt tegen overstromingen.
Dijkkringgebied	Een gebied dat door een stelsel van waterkeringen, of hoge gronden beveiligd moet zijn tegen overstroming, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoog opperwater van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of Markermeer of bij een combinatie daarvan.
Dijkvak	Een deel van een waterkering met min of meer gelijke sterkte-eigenschappen en belasting
Duin	Zandlichaam (al dan niet verdedigd) bestemd tot het keren van water op basis van inhoud.
Faalmechanisme	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
Falen	Het niet meer vervullen van de primaire functie (water keren) en/of het niet meer voldoen aan de vastgestelde criteria.
Hoge gronden	De natuurlijke hoge delen van Nederland. Deze zijn in bijlage 2 bij de Wet op de waterkering aangegeven als de NAP + 1m lijn bij bedreiging vanaf het IJsselmeer en het Markermeer, de NAP + 2m lijn bij bedreiging vanaf zee of, indien hoger langs de rivieren, als de uiterst verwachte overstromingslijn verlopend van de maatgevende hoogwaterstand (MHW) aan de bovenstroomse zijde van het dijkkringgebied tot de laagste kruinhoogte van de primaire waterkering aan de benedenstroomse zijde van het dijkkringgebied, vermeerderd met 1m.

Hydraulische randvoorwaarden	De waterstanden en golven die de waterkeringen nog veilig kunnen keren												
Kwel	Het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogte buiten het beschouwde gebied.												
Langsconstructie	In de lengterichting van de waterkering uitgestrekte constructies, zoals damwanden, diepwanden, kistdammen, erosieschermen, aanlegconstructies en kademuren.												
Maatgevend Hoogwater	Het ontwerpwaterpeil.												
Opbarsten	Het opbarsten van de grond onder invloed van wateroverdruk.												
Opdrijven	De opwaartse waterdruk is groter dan het gewicht van de grond, het bovenliggende grondpakket wordt daardoor omhoog gedrukt.												
Overloop	Het verschijnsel waarbij water over de kruin van de dijk het achterland in loopt, omdat de waterstand in de rivier hoger is dan de kruin.												
Overschrijdingsfrequentie	Het gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt of overschrijdt.												
Overschrijdingskans	De kans dat de ontwerpwaterstand bereikt of overschreden wordt.												
Overstromingskans	De kans dat een gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkring) op één of meer plaatsen faalt												
Overstromingsrisico	Gevolg x Overstromingskans												
Piping	Het verschijnsel waarbij onder een waterkering een holle pijpvormige ruimte ontstaat doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt.												
Polder	Een op de boezem uitslaand of lozend gebied.												
Primaire waterkering	Een waterkering, die beveiliging biedt tegen overstroming doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel vóór een dijkringgebied is gelegen. Primaire waterkeringen kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën: <table> <tr> <th>categorie</th><th>omschrijving</th></tr> <tr> <td>a</td><td>dijkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater</td></tr> <tr> <td>c</td><td>dijkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater</td></tr> <tr> <td>b</td><td>voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater</td></tr> <tr> <td>c</td><td>voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater</td></tr> <tr> <td>d</td><td>kering ligt in het buitenland</td></tr> </table>	categorie	omschrijving	a	dijkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater	c	dijkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater	b	voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater	c	voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater	d	kering ligt in het buitenland
categorie	omschrijving												
a	dijkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater												
c	dijkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater												
b	voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater												
c	voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater												
d	kering ligt in het buitenland												
Regionale (water)kering	Niet-primaire waterkeringen.												
Veiligheidsnorm	De eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren.												
Waterkering	Kunstmatige hoogten en die (gedeelten van) natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden, met inbegrip van daarin of daaraan aangebrachte werken, die een waterkerende of mede een waterkerende functie hebben, en die als zodanig in de legger zijn aangegeven.												
Wel	Geconcentreerde uitstroming van kwelwater.												
Zeespiegelstijging	De stijging van de gemiddelde zeestand ten opzichte van NAP.												

BIJLAGE 1 STUDIES NAAR KANSSEN EN GEVOLGEN VAN OVERSTROMINGEN

- 1960 Advies Deltacommissie**
De Deltacommissie geeft voorstellen voor de huidige normen voor waterkeringen en adviseert om in de toekomst de overstromingskans en de gevolgen in de normering te verwerken
- 1977 Advies van de Commissie Becht**
Naar aanleiding van discussies over dijkversterkingen langs de grote rivieren adviseert de Commissie Becht om de veiligheidsnorm voor de rivieren te verlagen.
- 1993 Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen (Commissie Boertien)**
De Commissie Boertien constateert dat in het rivierengebied de waardering van onder meer cultuur- en natuurwaarden en het overstromingsrisico zijn veranderd. Vanwege deze veranderingen en met het oog op nieuwe technisch-wetenschappelijke inzichten stelt de Commissie voor om de maatgevende hoogwaterstand voor het rivierengebied te verlagen. De Commissie heeft overigens ook geadviseerd om de huidige normen te handhaven en die als minimale normen te beschouwen.
- 1996 Start van de Marsroute**
De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen start met het onderzoeksprogramma Marsroute, met als doel het ontwikkelen van een veiligheidsbenadering gebaseerd op overstromingsrisico's.
- 1998 Vierde Nota waterhuishouding**
Het kabinet presenteert een nieuw beleid voor de rivieren: ruimte voor de rivier. Als de gevolgen van klimaatveranderingen met dijkverhogingen opgelost worden, nemen de gevolgen van overstromingen toe. Waar mogelijk moet de rivier daarom meer ruimte krijgen, zodat de waterstanden niet stijgen.
- 2000 Advies 'Van overschrijdingskans naar overstromingskans'**
De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen heeft een methode ontwikkeld om de overstromingskans van een dijkkring te bepalen en heeft deze getest op vier dijkkringen.
- 2000 Advies van de Commissie Waterbeheer in de 21e Eeuw**
De Commissie WB21 concludeert dat het waterbeheer in Nederland niet op orde is en adviseert om de veiligheidsnormen te evalueren.
- 2000 Kabinetsstandpunt Anders omgaan met water**
Het kabinet kondigt aan dat burgers meer inzicht moeten krijgen in de overstromingskansen. Ook wil het kabinet meer zicht hebben op de zwakke plekken in de hoogwaterbescherming en de kosten en baten van investeringen.
- 2001 Start van het project Veiligheid Nederland in Kaart**
- 2002 Advies Commissie Luteijn**
De Commissie Luteijn concludeert dat het aanwijzen van noodoverloopgebieden nuttig en noodzakelijk is om de gevolgen van een overstroming in het rivierengebied te beperken.
- 2003 Kabinetsstandpunt Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO)**
Het kabinet kondigt aan dat zij verschillende mogelijkheden gaat onderzoeken om de kansen en gevolgen van overstromingen in het bovenrivierengebied te beperken, onder meer het aanpassen van de veiligheidsnormen.
- 2004 Beleidsevaluatie veiligheidsbeleid**
De staatssecretaris van V&W heeft het RIVM opdracht gegeven het veiligheidsbeleid voor overstromingen te evalueren. Het RIVM bevestigde dat de huidige normen voor waterkeringen verouderd zijn, omdat de te beschermen economische waarden inmiddels zes keer zo hoog zijn geworden en ook de bevolking is toegenomen.
- 2005 Veiligheid van Nederland in Kaart - Tussenstand**
In het project Veiligheid Nederland in Kaart zijn voor 16 dijkkringen de overstromingskansen en de gevolgen van een overstroming berekend.

BIJLAGE 2 GEVOLGEN, KANS EN RISICO'S PER DIJKRING

Hieronder zijn per dijkkring de gevolgen van een overstroming, de kans op een overstroming en het overstromingsrisico weergegeven. Voor iedere dijkkring is geanalyseerd wat de zwakste plekken zijn en welke maatregelen denkbaar zijn om de overstromingskans te verkleinen. Het economisch risico neemt evenredig met de overstromingskans af. Deze informatie moet gezien worden als vingeroefening en voorbeeld. De noodzaak voor het daadwerkelijk uitvoeren van maatregelen moet blijken uit de wettelijke toetsing van waterkeringen.

De maximale overstromingsschade in de **dijkkring Terschelling (dijkkring 3)** bedraagt € 160 miljoen, berekend met de globale methode. In combinatie met de overstromingskans van 1/1500 per jaar leidt dit tot een economisch risico van € 0,1 miljoen per jaar. De berekende overstromingskans geldt onder de aanname dat het wad bijdraagt aan het voorkomen van opbarsten en piping. Het belangrijkste faalmechanisme is het niet-sluiten van de twee kunstwerken. De beheerder herkent dit beeld. Meer inzicht in de betrouwbaarheid van de sluitingsprocedures kan ertoe leiden dat de berekende overstromingskans afneemt, mogelijk tot 1/10.000 per jaar.

Voor de **dijkkring Noordoostpolder (dijkkring 7)** is de schade berekend met de globale en de gedetailleerde methode. De maximale schade volgens de globale methode bedraagt € 9.000 miljoen. Met de gedetailleerde methode zijn voor deze dijkkring verschillende overstromingsscenario's doorgerekend. Hieruit blijkt dat in veel gevallen de dijkkring niet helemaal vol water zal komen te staan, omdat het waterpeil niet hoger wordt dan het waterpeil in het IJsselmeer. De schade varieert afhankelijk van het overstromingsscenario van € 170 miljoen tot € 4.000 miljoen. De gemiddelde schade bedraagt € 1.900 miljoen. In combinatie met de overstromingskans van 1/900 per jaar leidt dat tot een economisch risico van € 2,1 miljoen per jaar. Het aantal slachtoffers bij een overstroming is afhankelijk van de locatie van de doorbraak en het succes van evacuatie en varieert van 5 tot 1400. De bovengrens is de situatie waarbij geen georganiseerde evacuatie mogelijk is. Dat is een aannemelijke situatie omdat de belangrijkste oorzaak van een overstroming in deze dijkkring (het constructief falen van kunstwerken) soms, maar niet altijd tijdig voorspelbaar is. De overstromingskans van de Noordoostpolder wordt bepaald door de kans op constructief falen van twee kunstwerken. Geavanceerde toetsing van deze kunstwerken heeft echter niet plaatsgevonden. Met die wetenschap in het achterhoofd herkent de beheerder hier het beeld. De berekende overstromingskans is klein in vergelijking met andere dijkringen. Het toepassen van de geavanceerde toetsing van beide kunstwerken zal eraan bijdragen dat de overstromingskans afneemt tot 1/3100 per jaar.

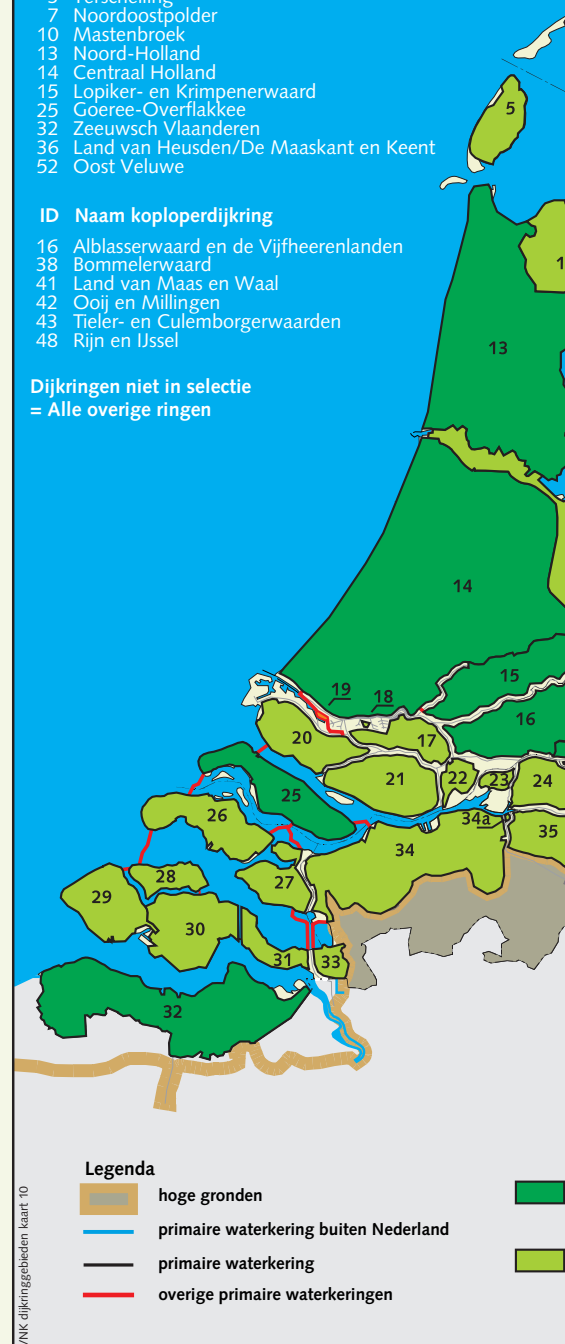
Selectie dijkringen binnen VNK

VNK-Selectie (16 dijkringen)

ID	Naam dijkkring
3	Terschelling
7	Noordoostpolder
10	Mastenbroek
13	Noord-Holland
14	Centraal Holland
15	Lopiker- en Krimpenerwaard
25	Goeree-Overflakkee
32	Zeeuwsch Vlaanderen
36	Land van Heusden/De Maaskant en Keent
52	Oost Veluwe

ID	Naam koploperdijkkring
16	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
38	Bommelerwaard
41	Land van Maas en Waal
42	Ooij en Millingen
43	Tieler- en Culemborgerwaard
48	Rijn en IJssel

Dijkringen niet in selectie
= Alle overige ringen



De maximale overstromingsschade in de **dijkkring Mastenbroek (dijkkring 10)** bedraagt € 1.200 miljoen, berekend met de globale methode. De berekende overstromingskans is groter dan 1/100 per jaar. Het economisch risico bedraagt in de huidige situatie meer dan € 12 miljoen per jaar. Voor negen dijkvakken is een grote kans op opbarsten en piping berekend en voor twee dijkvakken een relatief grote kans op overloop en golfoverslag. De beheerder herkent de plekken met grote kansen op opbarsten en piping. Deze zijn ook

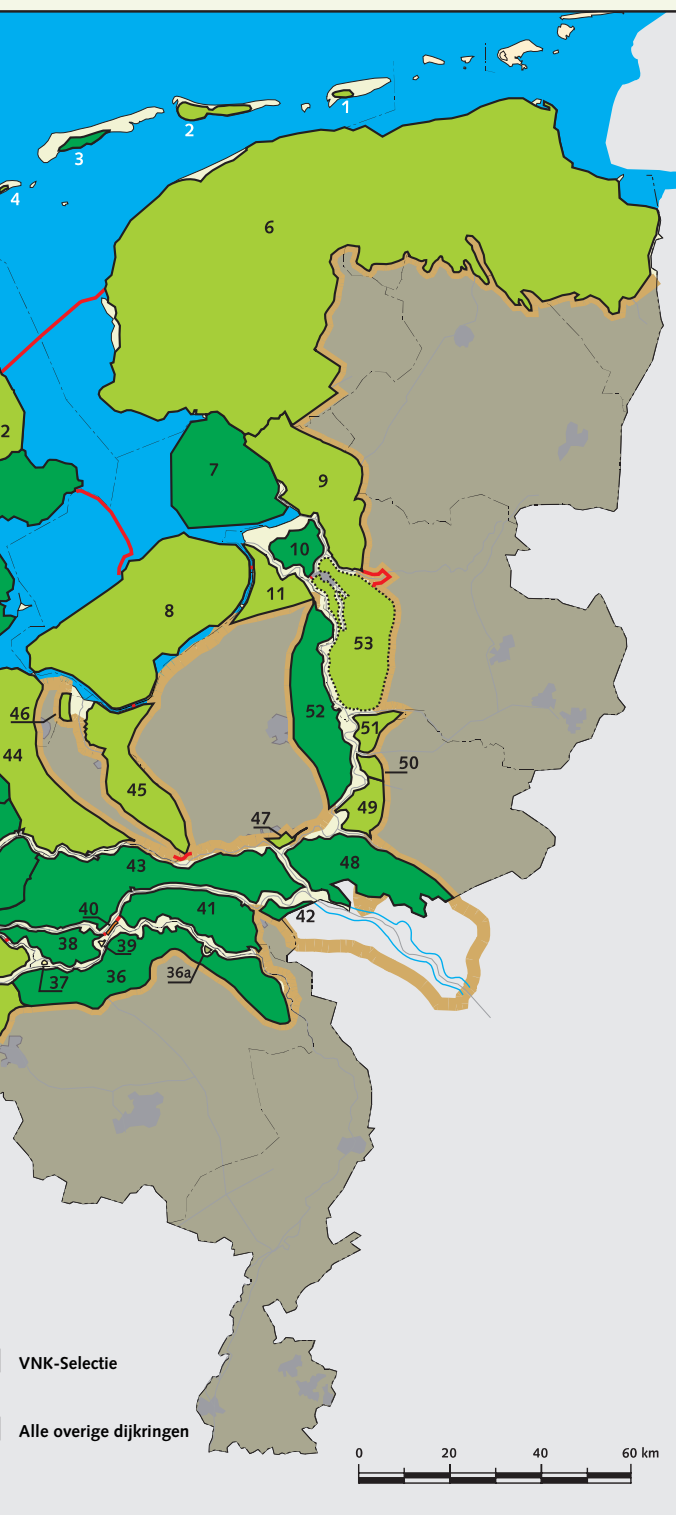
in de toetsing geconstateerd. De grote kans op overloop en golfoverslag herkent de beheerder echter niet. Eén van de twee dijkvakken is daarom buiten beschouwing gelaten in de berekening van de overstromingskans. Nader onderzoek naar de opbouw van de ondergrond kan de onzekerheid rond opbarsten en piping verkleinen, waardoor de berekening op een lagere overstromingskans kan uitkomen. Naar aanleiding van de toetsing zullen waarschijnlijk ook fysieke maatregelen getroffen worden om de kans op opbarsten en piping te verkleinen. De overstromingskans kan hiermee afnemen tot 1/400 per jaar.

Voor **Noord-Holland (dijkkring 13)** is de overstromingsschade berekend met de globale methode. De maximale schade bedraagt € 58.000 miljoen. De globale methode kan voor grote dijkkringen een overschatting van de schade geven. Noord-Holland is bovendien ingedeeld in compartimenten, waardoor de kans dat de gehele dijkkring onder water komt te staan klein is. De maximale schade leidt in combinatie met de overstromingskans van iets minder dan 1/500 per jaar tot een economisch risico van € 116 miljoen per jaar. De beheerder herkent het beeld dat dijken en duinen op enkele plaatsen een grote faalkans hebben. Op enkele plaatsen vinden al herstelwerkzaamheden plaats aan de dijken. Ook de kans op het niet-sluiten van de Sas-sluis bij Enkhuizen draagt bij aan de hoge overstromingskans.

Voor de **dijkkring Zuid-Holland (dijkkring 14)** is de schade berekend met de globale en de gedetailleerde methode. De maximale schade volgens de globale methode bedraagt € 290.000 miljoen. Met de gedetailleerde methode zijn voor deze dijkkring verschillende overstromingsscenario's doorgerekend. Hieruit blijkt dat in veel gevallen de dijkkring niet helemaal vol water zal komen te staan, omdat obstakels in de dijkkring, zoals boezemkades en oude dijken, voorkomen bij deze scenario's dat grote delen van de dijkkring overstroomt.

De schade varieert afhankelijk van het overstromingsscenario van € 280 miljoen tot € 37.000 miljoen.

De gemiddelde schade bedraagt € 5.800 miljoen. In combinatie met de relatief kleine overstromingskans van 1/2500 per jaar leidt dat tot een economisch risico van € 2,3 miljoen per jaar. Het aantal slachtoffers bij een overstroming is afhankelijk van de locatie van de doorbraak en het succes van evacuatie en varieert hier van 30 tot 6100. De bovengrens hoort bij de situatie dat



geen georganiseerde evacuatie mogelijk is. Dat is een realistische situatie, omdat in het geval van Zuid-Holland de doorbraak waarschijnlijk plaatsvindt aan de kust. De situatie op zee is over het algemeen niet langer dan een dag van tevoren te voorspellen en dat biedt onvoldoende tijd voor volledige evacuatie van het bedreigde gebied, zeker omdat sprake is van zware weersomstandigheden. Overigens zijn in Zuid-Holland ook extremere overstromingen mogelijk waarbij wél grote delen van de dijkkring overstroomd. Het aantal slachtoffers en de schade zullen in die gevallen aanzienlijk groter zijn. De kans op dergelijke extreme overstromingsscenario's is echter veel kleiner. De belangrijkste oorzaken van een overstroming zijn in deze dijkkring het falen van de boulevard bij Scheveningen, opbarsten en piping in één van de dijkvakken en het niet tijdig sluiten van enkele kunstwerken. De beheerder herkent het beeld, met uitzondering van het dijkvak met grote kans op opbarsten en piping. Door de relatief zwakke plekken te verbeteren, kan de overstromingskans afnemen tot 1/7000 per jaar.

In de **Lopiker- en Krimpenerwaard (dijkkring 15)** bedraagt de maximale schade, berekend met de globale methode, € 10.000 miljoen. De berekende overstromingskans is groter dan 1/100 per jaar. Het economisch risico komt daarmee uit op meer dan € 100 miljoen per jaar. De overstromingskans wordt gedomineerd door grote kansen voor het niet sluiten van een sluis, stabiliteitsverlies door opdrijven en opbarsten en piping. De berekende kans op opbarsten en piping wordt vooral veroorzaakt door onzekerheid over de gegevens. Nader onderzoek kan mogelijk tot een lagere kans leiden. Door de relatief zwakke plekken te verbeteren kan de overstromingskans afnemen tot 1/900 per jaar.

De maximale schade in de **Alblasserwaard en Vijfheerenlanden (dijkkring 16)** is berekend met de globale methode en bedraagt € 19.000 miljoen. De overstromingskans is volgens de berekeningen 1/400 per jaar. Het economisch risico bedraagt € 48 miljoen per jaar. De belangrijkste oorzaak van de grote overstromingskans zijn de grote kansen die berekend zijn voor opbarsten en piping. Daarnaast spelen opdrijven en constructief falen van een van de sluizen een rol. De grote kans op opbarsten en piping herkent de beheerder niet. Bij hoogwater is echter kwel geconstateerd. Nader onderzoek kan uitwijzen of de kans op opbarsten en piping overschat is. De beheerder onderschrijft wel de uitkomst dat dijken onderhevig zijn aan stabiliteitsproblemen door opdrijven.

De maximale schade in **Goeree-Overflakkee (dijkkring 25)**, berekend met de globale methode, bedraagt € 3.700 miljoen. In combinatie met de berekende overstromingskans van 1/1200 per jaar leidt dat een economisch risico van € 3 miljoen per jaar. De belangrijkste oorzaken van een overstroming zijn volgens de berekeningen opbarsten en piping, beschadiging van de asfaltbekleding van dijken, de hoogte van het Flauwe Werk en in mindere mate het niet sluiten van enkele kunstwerken. Het is niet duidelijk of het daadwerkelijk om relatief zwakke plekken gaat, omdat onzekerheid over de gegevens groot is. Op plaatsen waar de beheerder de grote kans op opbarsten en piping niet herkende, zijn die kansen niet verwerkt in de berekening van de overstromingskans. Voor twee dijkvakken kwamen de berekeningen uit op grote kans op instabiliteit van dijken. Deze dijkvakken zijn bij de toetsing in 2001 om deze reden niet goedgekeurd en inmiddels zijn verbetermaatregelen in uitvoering. Bij de berekening van de overstromingskans is ervan uitgegaan dat deze maatregelen gereed zijn.

In **Zeeuwsch Vlaanderen (dijkkring 32)** is de maximale overstromingsschade € 14.000 miljoen, berekend met de globale methode. Het bleek voor deze dijkkring moeilijk te zijn om goede berekeningen te maken van de overstromingskans, door de variatie in de belastingen en de complexiteit van de dijkprofielen. De overstromingskans wordt vooral bepaald door stabiliteitsproblemen bij een gemaal en bij de dijken. Voor de tweede toetsing van de waterkeringen verzamelt het waterschap meer informatie. Daaruit is recentelijk gebleken dat het gemaal bij de tweede toetsing goedgekeurd kan worden. Voor de dijken zijn de gegevens voor de toetsing nog niet beschikbaar. De berekende kans kan dus een overschatting zijn. Het is wel duidelijk dat stabiliteits-

problemen hier een reëel risico vormen, omdat de dijken hoog en steil zijn en op slappe lagen in de ondergrond staan. De berekende overstromingskans is groter dan 1/100 per jaar. Hiermee is het economisch risico groter dan € 140 miljoen per jaar.

Voor het **Land van Heusden/de Maaskant (dijkring 36)** zijn de gevolgen van een overstroming met de gedetailleerde methode berekend. De globale methode komt uit op een maximale schade van € 18.000 miljoen. Met de gedetailleerde methode zijn voor deze dijkring verschillende overstromingsscenario's doorerekend. De schade varieert afhankelijk van het overstromingsscenario van € 60 miljoen tot € 7.500 miljoen. De gemiddelde schade bedraagt € 3.700 miljoen. De berekening komt uit op een overstromingskans groter dan 1/100 per jaar. Het economische risico bedraagt daarmee € 37 miljoen per jaar. Het aantal slachtoffers is afhankelijk van de plaats van de doorbraak en het succes van de evacuatie en varieert van 5 tot 800. De bovengrens weerspiegelt de situatie dat geen georganiseerde evacuatie plaatsvindt. Dat is een aannemelijke situatie omdat een van de maatgevende faalmechanismen in deze dijkring (opbarsten en piping) soms, maar niet altijd tijdig voorspelbaar is. De overstromingskans van Land van Heusden/de Maaskant wordt vooral veroorzaakt door grote kans op opbarsten en piping. De beheerder onderschrijft deze uitkomst. Wanneer nader onderzoek plaatsvindt naar dit faalmechanisme en zo nodig versterkingmaatregelen worden genomen, kan de overstromingskans afnemen tot 1/220 per jaar.

De maximale overstromingsschade in de **Bommelerwaard (dijkring 38)** is berekend met de globale methode. De maximale schade bedraagt in deze dijkring € 2.600 miljoen. De berekende overstromingskans is 1/260 per jaar, het economisch risico komt daarmee uit op € 10 miljoen per jaar. De oorzaken van de relatief grote overstromingskans zijn grote kans op opbarsten en piping (met name op twee locaties waar zandbanen onder de waterkering liggen) en het niet sluiten van kunstwerken. De beheerder herkent dit beeld en gaat nader onderzoeken of de toestand bij de kunstwerken verbetering vraagt en welke maatregelen daarvoor noodzakelijk zijn.

Voor het **Land van Maas en Waal (dijkring 41)** is de maximale overstromingsschade, berekend met de globale methode, € 6.400 miljoen. De overstromingskans is volgens de berekeningen groter dan 1/100 per jaar. Het economisch risico is daarmee groter dan € 64 miljoen per jaar. De oorzaken van de berekende grote overstromingskans zijn relatief grote kansen op opbarsten en piping en het niet-sluiten en constructief falen van kunstwerken. De beheerder herkent het beeld.

De maximale overstromingsschade in **Ooij en Millingen (dijkring 42)** is berekend met de globale methode en bedraagt € 1.000 miljoen. In combinatie met de berekende overstromingskans van 1/1.400 per jaar komt het economisch risico uit op € 0,7 miljoen per jaar. In deze dijkring is overloop en golfoverslag het maatgevende mechanisme voor een overstroming. De beheerder herkent het beeld.

Ook voor de **Betuwe en de Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkring 43)** is de overstromingsschade berekend met de globale methode. De maximale schade bedraagt € 18.000 miljoen. De berekende overstromingskans is groter dan 1/100 per jaar, het economisch risico is groter dan € 180 miljoen per jaar. Oorspronkelijk werden relatief grote overstromingskansen door het faalmechanisme opbarsten en piping berekend. De oorzaak was grote onzekerheid in gegevens. De beheerder bleek de problemen op de betreffende locaties niet te herkennen. Daarom is besloten om deze faalkans niet mee te nemen in de berekening van de overstromingskans. Onderzoek naar de bodemopbouw kan uitwijzen of hier toch sprake is van een risico door het faalmechanisme opbarsten en piping. Andere oorzaken voor de relatief grote overstromingskans zijn grote kans op het constructief falen en het niet-sluiten van enkele kunstwerken. Dit herkent de beheerder wel. De beheerder is onderzoek gestart naar het kunstwerk met stabiliteitsproblemen.

In **Rijn en IJssel (dijkkring 48)** bedraagt de maximale schade, berekend volgens de globale methode, € 6.800 miljoen. In combinatie met de berekende overstromingskansen van 1/200 per jaar komt het economisch risico uit op € 34 miljoen per jaar. De overstromingskans wordt vooral bepaald door grote kans op opbarsten en piping. In dit geval lijkt de grote kans niet te wijten aan onzekerheid over de bodemgegevens. Andere oorzaken voor de relatief hoge overstromingskansen zijn grote kans op constructief falen van drie kunstwerken en niet-sluiten van twee kunstwerken.

In de **Veluwe (dijkkring 52)** bedraagt de maximale schade, berekend met de globale methode, € 3.100 miljoen. De berekende overstromingskans is groter dan 1/100 jaar. Het economisch risico is daarmee groter dan € 31 miljoen per jaar. De belangrijkste bijdrage aan de overstromingskansen leveren opbarsten en piping in een aantal dijkvakken. Ook overloop en golfoverslag speelt een rol en in mindere mate het niet sluiten van uitwateringssluizen Nieuwe Wetering. De beheerder herkent dit gedeeltelijk. Bij hoogwater is weliswaar kwel geconstateerd maar bij de tweede toetsing zijn de dijkvakken wel goedgekeurd voor het faalmechanisme opbarsten en piping. Het is niet te verwachten dat de overstromingskansen zal afnemen door nader onderzoek naar grondparameters. Wel kan het toepassen van een gedetailleerd model voor de berekening van de kans op opbarsten en piping tot een gunstigere inschatting van de overstromingskansen leiden. Wanneer daarnaast in het dijkvak met de hoge faalkansen voor overloop en golfoverslag maatregelen getroffen zouden worden, zou de overstromingskans kunnen afnemen tot 1/250 per jaar.







COLOFON

UITGEGEVEN DOOR	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
INFORMATIE	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Water, Den Haag Tel. 070 351 80 92
UITGEVOERD DOOR	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft
IN OPDRACHT VAN	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Water, Den Haag
TEKSTREDACTIE	Renske Postma, tekstbureau Met Andere Woorden
ILLUSTRATIES	Beeldbank Verkeer en Waterstaat
REALISATIE EN ADVIES	Adequaat communicatie, Delft
VORMGEVING	vM-design, Delft
DRUK	Van Marken Delft
DOCUMENT	DWW-2005-074 ISBN 90-369-5602-1
DATUM	november 2005