



Centraal Planbureau

CPB Notitie | 31 augustus 2011

Second Opinion Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw

*Op verzoek van het Ministerie
van Infrastructuur en Milieu,
DG Water*



CPB Notitie

Aan: Ministerie van Infrastructuur en Milieu
DG Water

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510
2508 GM Den Haag

T (070) 3383 380
I www.cpb.nl

Contactpersoon
C.J.J. Eijgenraam
P.J. Zwaneveld

Datum: 31 augustus 2011

Betreft: Second Opinion KBA WV21

1 Conclusies op hoofdlijnen

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Water, heeft het CPB verzocht een second opinion te geven op de Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (kortweg KBA WV21). Doel van het project Waterveiligheid 21e eeuw is te komen tot een nieuw stelsel toetsnormen voor waterveiligheid in de Waterwet. Naast een evaluatie van de KBA WV21 zelf gaat deze second opinion daarom ook in op kwesties rond het gebruik van de resultaten voor het nieuwe stelsel van toetsnormen. Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste bevindingen met een verwijzing naar de paragraaf waarin die worden besproken.

De KBA WV21 is een sterke verbetering ten opzichte van eerdere berekeningen over veiligheidsniveaus van dijkringen. Het vormt ook een goed uitgangspunt voor beleid, mits goed rekening wordt gehouden met onderstaande kritiekpunten en met de verbeterpunten die nader onderzoek vereisen.

Allereerst zijn het gebruikte begrippenkader en model goed theoretisch en praktisch onderbouwd en wetenschappelijk verantwoord:

1. De KBA WV21 rekent de middenkans uit voor het jaar 2050. De middenkans is, economisch gezien, de beste maatstaf voor een toetsnorm die is uitgedrukt in een overstromingskans, maar is afgeleid van een risiconorm. In de berekening van de middenkans worden de maatschappelijke baten van de vermindering van schade door overstromen afgewogen tegen de kosten van verbetering. De maatschappelijke baten omvatten alles, dus ook de vermindering van het aantal slachtoffers. Verder gaan dan de uit de KBA volgende economisch optimale veiligheidsniveaus betekent dat dan de maatschappelijke baten niet langer opwegen tegen de extra maatschappelijke kosten. (Zie paragraaf 3.)
2. Slachtoffers en risico-aversie blijven echter moeilijk te waarderen posten. Het groepsrisico per dijkkring (of groepje aaneengesloten dijkringen) levert een andere soort informatie dan de KBA. Een pragmatische manier om met beide soorten informatie, KBA en groepsrisico, om te gaan is dan de informatie over het groepsrisico te gebruiken om beleidsmatig af te wegen of voor sommige dijkringen de norm op basis van de KBA nog aangescherpt moet worden. (Zie paragraaf 3.2.)
3. De KBA WV21 berekent terecht een overstromingskansnorm. De overstap maken van een overschrijdingskansnorm naar een overstromingskansnorm is de belangrijkste verbetering van het huidige stelsel die nu vanuit economisch gezichtspunt mogelijk is. Een overstromingskansnorm zorgt er voor dat alle faalmechanismen van waterkeringen moeten worden bekeken. Is een actie ter verbetering

nodig, dan zorgt een overstromingskansnorm er voor dat in iedere situatie specifiek het meest efficiënte verbeterpakket kan worden gekozen.

4. Handhaven van de overschrijdingskansnorm maar aanscherpen van de getallen voorbij de uit de KBA volgende getallen voor de middenkansen zal leiden tot zeer inefficiënte investeringsprogramma's. Dan zal namelijk veel geld en aandacht nodig zijn voor verhogen, terwijl het grootste probleem nu niet is dat dijken te laag zijn, maar dat zij te smal zijn. (Zie paragraaf 4.)
5. Overschrijding van de in de KBA berekende middenkans levert het economisch optimale moment van afkeuren. Toetsing van waterkeringen moet erop gericht zijn om een waterkering zo tijdig 'af te keuren' dat de verbeteractie klaar is op het moment dat echt een kritisch veiligheidsniveau wordt bereikt. Het toetsoordeel 'onvoldoende' moet dus *NIET* betekenen dat de dijkkring al in een gevaarlijke, 'onveilige' situatie verkeert, maar dat er *NU* actie moet starten om te voorkomen dat de dijkkring in de toekomst in een onveilige situatie terecht komt.
6. De middenkans is zo gekozen dat er voor uitvoering van de verbeteractie net voldoende tijd is voordat een veiligheidsniveau wordt bereikt dat economisch gezien beter echt niet kan worden overschreden. Bij gebruik van de middenkans is het dus niet nodig om prospectief te toetsen. In de berekening van de middenkans in 2050 is namelijk al optimaal rekening gehouden met toekomstige klimaatverandering en economische groei. (Zie paragraaf 3.)
7. De middenkansen zijn berekend voor dijkkringdelen die aan dezelfde bedreiging bloot staan. Dit is correct en wat verfijnder dan dijkkringen. (Zie paragraaf 5.)
8. De in de KBA WV21 berekende middenkans is zeer geschikt als toetsnorm, maar beslist niet bedoeld als ontwerpnorm. Efficiënt investeren, zoals ten grondslag ligt aan de KBA-berekeningen, houdt bijna altijd in dat bij een verbetering veel verder wordt gegaan dan de toetsnorm. Als de omvang vrij kan worden gekozen, gaan efficiënte ontwerpen minimaal een factor 3 tot 5 lager dan de toetsnorm en bij kunstwerken is dat nog veel meer. Het is echter niet efficiënt om naast de toetsnorm ook een ontwerpnorm in de wet vast te leggen. Wel moet de wet een juridische voorziening bevatten die voorkomt dat een efficiënt investeringsproject kan worden tegengehouden met als argument dat het verder gaat dan de toetsnorm. Ook moet de financiering van maatregelen worden gekoppeld aan efficiënte ontwerpen en niet aan het net bereiken van de toetsnorm. (Zie paragraaf 12.)

Goede punten van de KBA WV21 zijn verder:

1. Er is een indrukwekkende hoeveelheid gedetailleerde data verzameld. (Zie paragraaf 6, 7 en 8.)
2. De omvang van de schade is goed geraamd en ook goed gewaardeerd. (Zie paragraaf 7.)
3. De voorgeschreven disconteringsvoet is gebruikt en er is op een goede, projectspecifieke manier rekening gehouden met risico-aversie. (Zie paragraaf 9.)
4. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een Monte Carlo-analyse. Dit is, voorzover ons bekend, de eerste keer dat dit zo uitgebreid in een KBA is gebeurd. (Zie paragraaf 10.)

Naast deze goede punten zijn er ook zaken die beter hadden gekund:

1. In plaats van de startsituatie te baseren op de actuele situatie bij de start van (de uitvoering van) het project WV21, is er gewerkt met twee referentiesituaties. De eerste ligt zover af van de 'actuele situatie' dat deze onbruikbaar is. Ook de daarbij gebruikte kostencijfers zijn te laag.
2. Het is een duidelijke verbetering dat later een tweede referentiesituatie is toegevoegd. Bij veel, maar niet alle dijkkringen zal deze in de buurt komen van de 'actuele situatie'. (Zie paragraaf 6.)
3. Ook de kostencijfers zijn gemaakt op basis van veronderstelde uitgangspunten, niet op basis van de 'actuele situatie'.
4. Bovendien is bij de kostencijfers uitsluitend gekeken naar uitvoering in één stap, terwijl de middenkans wordt uitgerekend met behulp van de tweede investering. Er is geen echt betrouwbare schatting van het hoogte-effect, dat wel belangrijk is voor de hoogte van de middenkans. (Zie paragraaf 8.)
5. Bij de presentatie van de resultaten is geen rekening gehouden met de resultaten van de Monte Carlo-analyse. De beste getalsmatige inschatting van de optimale toetsnorm die met behulp van de KBA WV21 is te maken, is daarom een getal dat 15% à 20% lager is dan de middenkansen in de tweede

referentiesituatie vermeld in de KBA tabellen 5.1 - 5.4 . Bij de zogenaamde bakjesdijkingen is de neerwaartse correctie uit de Monte Carlo-analyse overigens nog belangrijk groter.

6. De KBA WV21 geeft niet aan wat deze bijstelling betekent voor de uitgaven. (Zie paragraaf 10.)
7. De KBA WV21 toont niet de extra kosten als niet alleen de stap wordt gemaakt van de tweede referentiesituatie naar de uit de KBA volgende economisch optimale norm, maar bovendien de eerste referentiesituatie als minimum wordt gebruikt, d.w.z. dat de nieuwe overstromingskansen minimaal gelijk worden gemaakt aan de getallen die nu in de wet staan voor overschrijdingskansen.
8. De KBA vermeldt niet de benodigde uitgaven om de uit de KBA volgende norm in te voeren en te handhaven bij een ander klimaatscenario. (Zie paragraaf 11.)
9. De KBA beperkt zich tot de dijkkringdelen met A-keringen. Duinen, B-keringen en C-keringen zijn niet of nauwelijks in het onderzoek betrokken. (Zie paragraaf 5 en 11.)
10. De KBA geeft geen informatie over de dijkkingen 11a Kampen en 11b Elburg, zoals die binnenkort ontstaan door de aanleg van de dijken van de bypass Kampen die dijkkring 11 IJsseldelta in twee delen zal splitsen. (Zie paragraaf 5.)

Al deze punten zijn binnen het huidige onderzoekskader reparabel, maar sommige, zoals echt goede kostencijfers op basis van de 'actuele situatie' en een goede schatting van het hoogte-effect, zullen de nodige inspanning vergen. Al met al zullen de uitgaven om de beste schatting van de middenkans te bereiken en te handhaven wel wat meer zijn dan de in de KBA WV21 vermelde 6,6 mld euro. Maar de tevens vermelde 12 mld euro ter compensatie van klimaatveranderingen in het W+-scenario kan meevallen als het klimaat in werkelijkheid langzamer verandert. (Zie paragraaf 11.)

Er zijn situaties waar nu uit de resultaten blijkt dat het model er niet geschikt voor is, en andere punten die in de toekomst meer aandacht verdienen en aanvullend onderzoek vragen:

1. De modelberekening gaat niet goed als cascadowerking een rol speelt, zoals aan de zuidzijde van de Waal. Dit wordt ook in het KBA-rapport geconstateerd. (Zie paragraaf 7.)
2. De resultaten voor de Maaskades geven zeker aanleiding tot nader onderzoek, maar zijn onvoldoende onderbouwd om er direct beleidsconclusies aan te verbinden. Ook dit staat duidelijk in het KBA rapport. (Zie paragraaf 10.)
3. Schades in dezelfde dijkkring blijken sterk uiteen te lopen naar de locatie van de bres. Het huidige model kan echter trajectafhankelijke schade niet verwerken, onder andere omdat er op meer dan 1 plaats een bres kan ontstaan en schades elkaar dan gedeeltelijk overlappen.
4. Het huidige model werkt per dijkkringdeel. Het kan niet een systeem van dijkkringdelen aan of een combinatie met een voorliggende B-kering. (Zie paragraaf 7.)
5. De keuze van het jaar 2050 zorgt enerzijds lange tijd voor rust, anderzijds ligt het wel wat ver weg. Het is dus aan te bevelen om de in de wet voor 2041 voorziene evaluatie van de toetsnormen grondig uit te voeren om tijdig tot bijstelling te kunnen besluiten. Dit zal ook nodig zijn met het oog op een efficiënte uitvoering van investeringsprojecten in de jaren daarna. (Zie paragraaf 3.5.)

Zoals gezegd is de KBA WV21 beter dan alle andere tot nu toe gemaakte veiligheidsberekeningen. Het vormt ook een goed uitgangspunt voor beleid, mits goed rekening wordt gehouden met de bovengenoemde kritiepunten en met de genoemde verbeterpunten die nader onderzoek vereisen.

2 Inleiding

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, DG Water, heeft het CPB verzocht een second opinion te geven op de Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (kortweg KBA WV21)¹ en de achterliggende rapporten over overstromingskansen, gevolgen van overstromingen, waaronder ook de slachtofferrisico's, en investeringskosten. Doel van het project Waterveiligheid 21e eeuw is te komen tot een nieuw stelsel toetsnormen voor waterveiligheid in de Waterwet. Dit project is inmiddels een onderdeel van het deelprogramma Veiligheid van het Deltaprogramma. Binnen het deelprogramma Veiligheid staat de vraag centraal hoe we Nederland in de toekomst kunnen beschermen tegen overstromingen op een maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau. Welk risiconiveau feitelijk aanvaardbaar wordt geacht, volgt uit de veiligheidsnormen die zijn vastgelegd in de Waterwet (2009). De huidige normen gaan nog terug op die genoemd in de Deltawet uit 1958 of op normen die daar later, op een wat losse manier, in een redelijk lijkende verhouding aan zijn toegevoegd.

Doel van de KBA WV21 is het op een wetenschappelijk verantwoorde manier berekenen van efficiënte veiligheidsniveaus voor alle dijkringen in Nederland. Deze efficiënte veiligheidsniveaus moeten dienen als een bouwsteen voor het vaststellen van nieuwe toetsnormen voor dijkringen om de schade door overstromen te beperken tot dat eerder genoemde, "maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau". Daarnaast vormen ook de slachtofferrisico's belangrijke informatie om te komen tot nieuwe normen.

Naast technisch commentaar op het KBA rapport en de daaraan ten grondslag liggende rapporten besteedt deze second opinion daarom ook aandacht aan de vragen of de resultaten bruikbare informatie leveren voor nieuwe toetsnormen, over de daarbij gehanteerde systematiek en hoe de resultaten logischerwijze naast andere informatie ingepast kunnen worden in de discussie over nieuwe toetsnormen.

Leeswijzer

De KBA WV21 is de eerste, echt serieuze studie met als oogmerk feitelijke verandering van de wettelijke toetsnormen. Niet iedereen zal daarom al goed op de hoogte zijn met wat er in deze KBA eigenlijk wordt uitgerekend. Om dit duidelijk te maken start deze second opinion met twee paragrafen waarin de diverse begrippen en handelwijzen worden uitgelegd. Paragraaf 3 behandelt wat het begrip middenkans inhoudt en waarom deze middenkans de beste maatstaf lijkt voor een toetsnorm. De formule van de middenkans is de eenvoudige samenvatting van een optimaal KBA resultaat, namelijk evenwicht tussen baten en kosten. Sommige eigenschappen van deze middenkans, die blijken uit varianten en gevoeligheidsanalyses, volgen rechtstreeks uit de formule. Paragraaf 4 geeft een toelichting op het belang van het hanteren van een overstromingskans.

De eigenlijke bespreking van de KBA WV 21 begint in paragraaf 5 met een weergave van en commentaar op de berekeningswijze.

Uit de in paragraaf 3 besproken formule wordt ook direct duidelijk wat de vier belangrijkste factoren zijn die de uitkomst bepalen. Achtereenvolgens gaan we daarom in op de technische informatie en de uitgangssituatie (paragraaf 6), de schade bij overstromen, de slachtofferrisico's en de waardering daarvan (paragraaf 7), de investeringskosten (paragraaf 8) en ten slotte de disconteringsvoet en de manier waarop is rekening gehouden met risico-aversie (paragraaf 9). Samen bepalen deze vier factoren de hoogte van de middenkans. Dit resultaat wordt in paragraaf 10 besproken samen met de varianten en gevoeligheidsanalyses.

¹ Kind, 2011. De KBA WV21 bouwt voort op twee eerdere soortgelijke berekeningen, als eerste de KBA Veiligheid gemaakt voor Ruimte voor de Rivier (Eijgenraam (2005) en CPB (2005)) en vooral ook de KKBA WV21 (Kind, 2008), en ontleent daaraan gedeeltelijk ook de theoretische begrippen en onderbouwing (Eijgenraam (2006) en Eijgenraam (2009)).

Aan het slot staan twee paragrafen over de gevolgen van de invoering van nieuwe toetsnormen. Paragraaf 11 bespreekt de uitgaven die nodig zijn om de overstap te maken van de huidige toetsnormen naar de meest efficiënte toetsnormen. Daarmee eindigt de bespreking van de KBA WV21.

Invoering van nieuwe toetsnormen leidt ertoe dat er moet worden geïnvesteerd. Om dat efficiënt te doen zullen ontwerpen over het algemeen veel verder moeten gaan dan overeenkomt met de toetsnorm.

Paragraaf 12 gaat kort in op wat daarvoor nodig is in aanvulling op de toetsnorm.

Opmerkingen en conclusies staan verspreid in de tekst. De belangrijkste conclusies staan bijeen aan het begin van de notitie in paragraaf 1 Conclusies op hoofdlijnen.

3 De relatie tussen KBA en toetsnorm

3.1 Wat houdt een KBA globaal in?

Zoals gezegd, staat de vraag centraal “hoe we Nederland in de toekomst kunnen beschermen tegen overstromingen op een maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau”. De kosten-batenanalyse (KBA) en de analyse van slachtofferrisico's verschillen echter in de manier waarop zij tot een “maatschappelijk aanvaardbaar risiconiveau” komen.

Normen voor waterveiligheid baseren op het optimale resultaat van een KBA betekent, dat we met investeren zover willen gaan dat de maatschappelijke baten van de laatste investeringsactie nog net de maatschappelijke kosten daarvan goed maken. Zouden we met investeren nog verder gaan, dan wegen de maatschappelijke baten van die volgende investering (op dit moment) niet langer op tegen de maatschappelijke kosten. Dan kunnen we ons geld beter gaan uitgeven aan andere maatschappelijk nuttige zaken. Met nadruk zij dus hier al vermeld dat het in deze afweging van kosten en baten niet alleen gaat om gemakkelijk in geld uit te drukken materiële zaken, maar dat daarin alle baten moeten worden meegewogen. Dit laatste is niet bijzonder aan waterveiligheid. Ook gezondheidszorg of onderwijs hebben vele baten die niet of nauwelijks in geld zijn uit te drukken. Dat maakt een waardering van sommige posten moeilijk, vooral die van slachtoffers. Mede daarom is de beslissing over veiligheidsnormen bij uitstek een beleidsmatige afweging.

Rekenen in geld is dus niet het belangrijkste wat een KBA onderscheidt van andere benaderingen. Het meest essentiële aan de KBA is het consequent vergelijken van kosten en baten: leveren uitgaven echt maatschappelijke winst? Of anders gezegd: als we een bepaald resultaat willen bereiken (dat dus helemaal niet in geld uitgedrukt hoeft te zijn), doen we dat dan op een goedkope manier? Kortom, in een KBA staat efficiëntie voorop. Als de gebruikte gegevens kloppen, is het niet mogelijk om een andere strategie te vinden waardoor de totale kosten van investeren en de restschade samen minder groot zijn. Efficiënter kan het niet. Maar daarbij maakt het in een KBA niet uit, wie de baten geniet dan wel de kosten draagt.

3.2 KBA en slachtofferrisico's

Door uitsluitend naar efficiëntie te kijken kan de gelijkheid van mensen of de rechtvaardigheid in de knel komen. Als juist op die laatste, verdelingsaspecten de nadruk wordt gelegd, wordt vooral gekeken naar het resultaat zonder te letten op de kosten. De analyse van slachtofferrisico's geeft alleen inzicht in de overlijdenskansen voor individuen en voor groepen als gevolg van overstromingen. De twee maten voor slachtofferrisico kijken dus alleen of een bepaald resultaat wordt bereikt, niet hoeveel het kost om dat resultaat te bereiken. Maar zelfs dan: betere gezondheidszorg kan ook voortijdige sterfte voorkomen, ook meer verkeersveiligheid draagt daaraan bij. Zelfs als we ons bij de schade beperken tot uitsluitend het meten van slachtoffers, aan de afweging van de besteding van overheidsgeld kan nooit worden ontkomen.

Beide aanpakken, KBA en slachtofferrisico's, hebben dus hun sterke en zwakke kanten. Daarom heeft het kabinet besloten om beide aanpakken te volgen en de uiteindelijke afweging mede te maken op basis van beide soorten uitkomsten. Hoe het kabinet dit wil doen, is nog niet bekend. Denkbaar is dat het resultaat van de KBA als uitgangspunt wordt genomen, waarbij een algemene ondergrens voor de veiligheidsnorm wordt gebaseerd op een maximaal lokaal individueel risico om recht te doen aan het gelijkheidsprincipe. Dit is een heldere aanpak omdat beide analyses vooral op één aspect letten en elkaar dus aanvullen.

Lastiger ligt het bij het groepsrisico, omdat het niet duidelijk is of dit begrip wel slaat op verdelingsaspecten, dan wel dat het meer een speciale manier van waarderen is. Slachtoffers tellen bij bestaande normen voor groepsrisico op een andere manier mee dan in de KBA WV21 is gebeurd. In de KBA WV21 gaat dit evenredig:

100 slachtoffers tellen 10 keer zo zwaar als 10 slachtoffers. Bij in Nederland gehanteerde normen voor groepsrisico bij externe veiligheid telt een groter aantal onevenredig zwaarder: een gebeurtenis met 100 doden telt bij de berekening van het groepsrisico bij externe veiligheid 100 keer zo zwaar mee als een gebeurtenis met 10 doden. Op deze manier wordt bij de norm voor het groepsrisico rekening gehouden met de maatschappelijke ontwrichting, die ook meer dan evenredig toeneemt met de omvang van de ramp. Het is echter lang niet altijd zo dat op deze manier de mate van ontwrichting goed wordt benaderd. Dat met ontwrichting ook in een KBA rekening moet worden gehouden is zeker. Maar of daarvoor de weging in de huidige norm voor groepsrisico bij externe veiligheid de goede aanpak is, is verre van duidelijk. De bestaande norm voor groepsrisico bij externe veiligheid is niet voor niets slechts indicatief. Daarnaast is waterveiligheid niet goed vergelijkbaar met externe veiligheid, bijvoorbeeld omdat de personen die risico lopen ook degenen zijn die van die locatie direct voordeel hebben.

In economische studies is het gebruikelijk om met de zeer grote omvang van de gevolgen van een overstroming rekening te houden door bij sommige soorten schade een euro schade zwaarder te wegen dan een euro investeringskosten. Dit anders wegen van zeer grote schades wordt wel aangeduid als risico-aversie. In paragraaf 9 wordt nagegaan hoe dit verschijnsel in de KBA WV21 is verwerkt.

Er zijn dus verschillende opinies over het wegen van zeer grote schades en er kan niet met zekerheid worden gezegd of de aanpak in de KBA WV21 de beste is. Een pragmatische manier om met beide soorten informatie om te gaan is dan de volgende. Informatie over het groepsrisico kan dienen om te bezien of voor sommige dijkkringen de norm op basis van de KBA nog aangescherpt moet worden. Dit zal het geval zijn als de mogelijke maatschappelijke ontwrichting beleidsmatig te groot wordt geacht, ook al is de kans daarop ook in de op de KBA gebaseerde norm natuurlijk al zeer klein. Dit laatste is zeker het geval want, zoals eerder al benadrukt, in de KBA spelen alle kosten en baten een rol, en dus telt ook een vermindering van het aantal slachtoffers, zowel dodelijke als niet-dodelijke, zwaar mee.

3.3 KBA levert theoretisch een optimale investeringsstrategie

De maatschappelijke afweging die moet worden gemaakt bij het vaststellen van nieuwe toetsnormen, is een ingewikkelde: kosten en vaak niet direct in geld luidende baten moeten tegen elkaar worden afgewogen. Willen we deze beleidsmatige afweging met een berekening kunnen ondersteunen, dan zijn we gedwongen om alle baten en kosten die in de afweging moeten worden betrokken, in een gemeenschappelijke maat uit te drukken, namelijk euro's. Uit de KBA hoofdstuk 4 en de bespreking daarvan in paragraaf 7 van deze notitie blijkt dat dit bij de schade soms moeilijk is, maar op hoofdlijnen toch redelijk mogelijk is. Zoals gezegd, is wegens risico-aversie daarbij niet automatisch een euro schade gelijk aan een euro investeringskosten.

Als alle baten en kosten eenmaal zijn omgerekend in wel vergelijkbare eenheden, dan is het mogelijk om wiskundig de meest efficiënte investeringsstrategie uit te rekenen. Die optimale strategie heeft twee kenmerken, die iedereen al uit de dagelijkse praktijk kent.

De eerste is dat verbeteringen sprongsgewijs gaan. Dit hangt samen met het feit dat er bij iedere verbeteractie vaste kosten zijn, dat wil zeggen kosten die niet afhangen van de omvang van de actie. De verhouding tussen de vaste en de variabele kosten verschilt sterk per soort actie. De kosten van kunstwerken bestaan voor een veel groter deel uit vaste kosten dan de kosten van de verhoging van een 'groene' dijk. Het gevolg is dat kunstwerken voor een langere periode moeten voldoen dan grasdijken.

Daarmee is tevens een tweede belangrijk kenmerk van de optimale strategie genoemd: er wordt steeds opnieuw verbeterd in reactie op de ontwikkelingen van het watersysteem (verder vaak kortweg aangeduid als 'klimaatverandering'), maar ook – en dat is het nieuwe in het project Waterveiligheid 21e eeuw – in reactie op de ontwikkeling van de schade bij overstromen (verder kortweg aangeduid als 'economische groei').

De optimale investeringsstrategie levert dus niet direct één getal voor een optimaal veiligheidsniveau, maar geeft voor de overblijvende verwachte schade, het restrisico, een optimaal interval waar we met behulp van de sprongsgewijze investeringen binnen moeten blijven. Zijn kleine verbeteracties al rendabel, dan is het optimale schade-interval smal en wordt er vaak een verbeteractie uitgevoerd; zijn vooral grote acties met veel vaste kosten rendabel, dan is het optimale interval wijd. Als we kijken naar een niet al te klein, normaal dijktraject, dan blijkt in de praktijk een factor 10 tussen boven- en ondergrens voor de overstromingskans een gebruikelijke waarde te zijn. Vlak na een efficiënte verbeteractie is het traject 10 keer veiliger dan vlak voor het gereedkomen van die verbetering. Voor grote kunstwerken is dit verschil nog veel groter, tot wel een factor 100. Hierin verschillen de met het model berekende uitkomsten dus niet van de bestaande uitvoeringspraktijk.

3.4 Middenkans meest geschikte maat voor toetsnorm

Op het eerste gezicht lijkt het alsof de KBA daarmee direct het gewenste resultaat geeft: de bovengrens van het optimale schade-interval levert de veiligheidsgrens die we nooit willen overschrijden, en de ondergrens van het interval levert de ontwerpnorm. In werkelijkheid ligt het ingewikkelder en wel om twee redenen.

De eerste reden is dat er in de KBA berekening zelf geen rekening wordt gehouden met de tijd die nodig is voor de voorbereiding, besluitvorming en uitvoering van verbeteracties. In de praktijk blijkt dat die tijd minimaal een jaar of tien bedraagt. Maar bij grote projecten kan die tijd makkelijk oplopen tot twintig jaar of meer; denk aan de Zuiderzeewerken: overstroming in 1916, Afsluitdijk gereed in het midden van de jaren dertig; de Deltawerken: het laatste, de Oosterscheldekering voltooid 35 jaar na de overstroming in 1953; Ruimte voor de Rivier: verbeteringen moeten voor eind 2015 gereed zijn, (meer dan) twintig jaar na de hoogwaters van 1993 en 1995, maar dat zal niet overal worden gehaald.

Ongeacht wat als ijkpunt wordt genomen: het is duidelijk dat de toetsing van waterkeringen erop gericht moet zijn om een waterkering 'af te keuren' lang voordat de bovenkant van het optimale veiligheidsinterval is bereikt, zodat de verbeteractie klaar is op het moment dat echt een kritisch veiligheidsniveau wordt bereikt. Het toetsoordeel 'onvoldoende' moet dus niet betekenen dat de dijkkring in een gevaarlijke, 'onveilige' situatie verkeert, maar dat er *NU* actie moet starten om te voorkomen dat de dijkkring in de toekomst in een echt onveilige situatie terecht komt.

Op zich zou het dan nog steeds mogelijk zijn om de bovengrens van het berekende interval als uitgangspunt te nemen en van daaruit terug te rekenen naar een toetsnorm. Maar er is een tweede reden waarom de bovengrens niet direct bruikbaar is: hij is niet echt betrouwbaar te berekenen. Dit komt omdat de breedte van het optimale schade-interval sterk afhangt van de verhouding tussen de vaste en de variabele kosten. Nu is de raming van de totale kosten van een versterking altijd al omgeven met een onzekerheidsmarge, de splitsing daarvan over vaste en variabele kosten berust op een schatting. Daarom is zeker de uitkomst van het delen van de vaste kosten door de variabele kosten nogal onbetrouwbaar. Wat meer toerekenen aan de vaste kosten, betekent automatisch minder toerekenen aan de variabele kosten en dus verandert het quotiënt daarvan dubbelop.

Er is echter een vast punt binnen het optimale interval voor het restrisico, en wel het (logaritmisch) midden ervan. Dit punt hangt alleen af van de totale kosten van de optimale actie, het onderscheid tussen vaste en variabele kosten hoeft daarvoor dus niet te worden gemaakt.

Het blijkt nu dat dit punt een aantal eigenschappen heeft die dit restrisico – na omrekening tot een overstromingskans, verder middenkans genoemd – zeer geschikt maken om te dienen als toetsnorm:²

² Het begrip 'middenkans op overstromen' is voor het eerst genoemd en gedefinieerd in een CPB-notitie aan de Vaste Commissie van Verkeer en Waterstaat van de Tweede Kamer (CPB, 2005). De exacte, huidige definitie, die ook werkt als een dijkkring uit meer trajecten bestaat, staat in Eijgenraam (2009).

1. De middenkans laat na afkeuring van de waterkering voldoende tijd over voor zowel grote als kleine acties;
2. Toetsing kan daarom plaatsvinden op basis van actuele informatie, er zijn geen extra toekomstverwachtingen vereist;
3. De besteltijd is echter niet overdreven lang omdat de middenkans veel dichterbij de bovenkant dan bij de onderkant van het optimale schade-interval ligt;
4. De formule voor de middenkans is eenvoudig, zodat de resultaten van berekeningen goed te begrijpen en te controleren zijn;
5. De middenkans is afgeleid van een optimale investeringsstrategie en heeft dus een directe relatie met een risiconorm: de middenkans weerspiegelt de optimale omvang van het restrisico;
6. Er is een relatie tussen de middenkans en de gemiddelde kosten van een actie, het onderscheid tussen vaste en variabele kosten hoeft dus niet te worden gemaakt.

In de KBA WV21 is er inderdaad voor gekozen om de middenkans te gebruiken als de meest geschikte waarde voor de toetsnorm, zie KBA par. 2.4.³ Afkeuren op basis van deze toetsnorm betekent dus niet dat er al een onveilige situatie is ontstaan, maar dat direct na afkeuring concrete voorbereidingsacties moeten starten om te voorkomen dat het dijkkringgebied in een onveilige situatie terecht komt.

3.5 De formule van de middenkans op overstromen

In het KBA rapport par. 2.7 staat alleen een benaderingsformule voor de middenkans vermeld. Hieronder volgt de exacte formulering van de middenkans als de combinatie van twee eenvoudige relaties. De eerste vat het resultaat van de KBA samen en geeft dus het optimale evenwichtsniveau van baten en kosten en daarmee het optimale niveau van de resterende verwachte schade (ook wel restrisico genoemd). Het optimale niveau van het restrisico blijkt gelijk te zijn aan de totale kosten van een efficiënt uitgevoerde standaard verbeteractie. De uitkomst kan worden beschouwd als een risiconorm. De tweede relatie rekent dit optimale restrisico om naar een overstromingskans met behulp van de bekende relatie: risico = kans x gevolg. Het resultaat is dat de middenkans op overstromen per jaar bij benadering gelijk is aan de jaarkosten van een efficiënt uitgevoerde standaardinvestering gedeeld door de schade bij overstromen.

Of in formules, eerst de samenvatting van het KBA-resultaat in vergelijking (3.1):⁴

$$S^{\text{midden}} = rkn \quad (3.1)$$

waarin: S^{midden} optimale omvang van het jaarlijkse restrisico (mln euro /jaar),
 r rentevoet (1/jaar),
 k gemiddelde kosten per cm dijkverhoging van de meest efficiënte investeringsactie (mln euro/cm),
 n omvang van de actie (bijv. aantal cm dijkverhoging) om de verwachte schade (= risico) de vaste factor ($e = 2,72\dots$) omlaag te brengen, ook wel 'nepereringshoogte' genoemd⁵.

Dit optimale restrisico kan worden ingevuld in de definitievergelijking van het risico. Daaruit volgt de formule voor de middenkans:

³ Dit is conform het advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) over een eerder concept van de KBA WV21.

⁴ De wiskundige achtergrond staat in Eijgenraam (2009).

⁵ De definitie van deze standaardactie is al terug te vinden in Van Dantzig's beroemde bijdrage aan het rapport van de Deltacommissie (1960). Hij noemde deze standaardverhoging de 'nepereringshoogte', daarmee refererend aan het meer bekende begrip 'decimeringshoogte' dat het aantal centimeters dijkverhoging is waarmee een overstromingskans een factor 10 kleiner kan worden gemaakt. De nepereringshoogte is afgerond gelijk aan de decimeringshoogte gedeeld door 2,3; zie KBA box 2.3, formule (2.3).

$$P_t^{\text{midden}} \equiv \frac{S^{\text{midden}}}{V_t} \Rightarrow \quad (3.2)$$

$$P_t^{\text{midden}} = \frac{rkn}{V_t} = \frac{\text{kosten standaardinvestering op jaarbasis}}{\text{schade bij overstromen in jaar } t}$$

waarin: P^{midden} middenkans op overstromen per jaar (1/jaar),
 V schade bij overstromen (= gevolg) (mln. euro),
 t jaar waarvoor de middenkans wordt berekend.

Het voordeel van het hanteren van deze formule is dat we precies zien wat de vier belangrijkste bepalende factoren van de toetsnorm zijn. In de volgende paragrafen 6 tot en met 9 zullen we deze vier factoren afzonderlijk nalopen.

Gebruikte investeringskosten

De investeringskosten k worden per definitie ontleend aan de eerste investeringsactie **na** het jaar t waarvoor we de middenkans willen berekenen. In de KBA WV21 is dat de eerste investering na 2050. Bijna altijd is dat niet de eerste investering vanaf de start van de berekeningen. De eerste investering heeft vaak een bijzonder karakter omdat daarbij ook achterstanden en onevenwichtigheden worden weggewerkt. Bij de tweede investering zal praktisch altijd de gehele dijkkring moeten worden versterkt. De voor de berekening van de middenkans in 2050 relevante investeringen worden daardoor bijna altijd automatisch ontleend aan een lange-termijn investeringsstrategie, zie de toelichting in de KBA par. 2.2.⁶ Dit is terecht omdat ook de toetsnorm een structureel karakter heeft. In paragraaf 5.3 wordt dit nader toegelicht.

Noodzaak voor regelmatige actualisering toetsnorm

Formule (3.2) laat zien dat de middenkans niet constant is maar voortdurend daalt, omdat de schade bij overstromen stijgt terwijl het restrisico volgens formule (3.1) een min of meer constant bedrag is. Het restrisico zal op langere termijn wel toenemen, naarmate goedkope mogelijkheden voor verbetering van het watersysteem uitgeput raken en naar duurdere verbeteringen moet worden overgestapt. Dit laatste betekent in de formules dat de kosten per eenheid verbetering (k) toenemen, zie KBA par. 2.5 over sprongen in de middenkans. Maar de middenkans is ook afhankelijk van de schade bij overstromen (V_t) en die schade neemt ieder jaar toe met een percentage dat ongeveer gelijk is aan dat van de economische groei. De economische groei is normaliter gelukkig (veel) groter dan de groeivoet van de kosten. Daardoor neemt de middenkans op overstromen jaarlijks af met een groeivoet die in de buurt ligt van de economische groei.

Formule (3.2) laat dus de noodzaak zien om de toetsnorm met enige regelmaat, bijvoorbeeld om de 12 jaar, opnieuw te berekenen met de dan bekende informatie om de toetsnorm actueel te houden. Bij formele vastlegging van de toetsnormen in 2017 zou dit een herberekening betekenen in 2029, 2041, 2053, enz.. Als de normen worden ingedeeld in klassen die een factor 2 à 2,5 van elkaar verschillen, bijvoorbeeld herhalingstijden van 2000, 4000, 10000, 20000 jaar, enz., zal een dijkkring met tussenpozen van ongeveer 36 jaar naar een nieuwe klasse opschuiven. Bij iedere 12-jaarlijkse herberekening zal ongeveer een derde van alle dijkringen een klasse opschuiven. Dit leidt tot een investeringsprogramma dat gelijkmatig in de tijd is gespreid.

Uitkomsten varianten

De formule laat ook zien wat er, bij benadering, gebeurt als een van de factoren wijzigt. Zo volgen sommige uitkomsten van varianten in tabel 6.1 van de KBA WV21 bijna rechtstreeks uit formule (3.2) (bijna, omdat er bijvoorbeeld soms ook invloeden zijn via k of V_t):

⁶ Een uitgebreidere toelichting staat in de second opinion op de KKBA WV21 (2008).

Variant 2: kosten (k) maal 1,5 betekent middenkans (P^{midden}) maal 1,44 ofwel + 44%.

Variant 8a: disconteringsvoet (r) maal 0,73 (van 5,5% naar 4%) betekent middenkans (P^{midden}) maal 0,75 ofwel -25%;

Variant 8b: disconteringsvoet (r) maal 1,27 (van 5,5% naar 7%) betekent middenkans (P^{midden}) maal 1,24 ofwel +24%.

Daar klimaatverandering alleen een zeer beperkte invloed heeft op de gemiddelde kosten (k) en de schade bij overstromen (V_i), is de invloed van een ander klimaatscenario op de middenkans bijna nihil, zie variant 4a. De invloed hiervan op de investeringsuitgaven is overigens wel groot.

Verklaring verschillen in uitkomsten tussen dijkringen

De formules verklaren ook direct de verschillen in uitkomsten tussen de dijkringen aan de hand van de informatie per dijkkring, zie de KBA par. 5.2. Verschillen in beschermingsniveau komen zowel voort uit verschillen in baten (d.w.z. schade bij overstromen), maar ook uit verschillen in kosten.

Twee waarschuwingen!

Tot slot twee waarschuwingen: de middenkans werkt goed als toetsnorm om aan te geven wanneer een waterkering afgekeurd en dus verbeterd moet worden, maar geeft geen enkele aanwijzing over de wijze van verbetering of de omvang daarvan. De middenkans mag dus nooit worden gebruikt als ontwerpnorm! Zie daarover paragraaf 12.

Dit hangt samen met het feit dat de formules (3.1) en (3.2) niet gebruikt mogen worden als rentabiliteitsmaatstaf voor de beoordeling van een afzonderlijk project. Dit is de tweede waarschuwing. Formule (3.2) geeft dus niet de optimale investeringsstrategie zelf weer, maar alleen een resultaat daarvan. Om de strategie te berekenen of een vast project te beoordelen zijn het gehele model of andere formules nodig.

4 Overstromingskans, geen overschrijdingskans

Onder ‘overstromingskans’ wordt in de KBA WV21 verstaan: “de kans dat een gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkkring) op één of meer plaatsen faalt.” In de vorige paragraaf is een kansnorm afgeleid uit een risiconorm en het is duidelijk dat die kansnorm daarom een norm is voor het begrip overstromingskans. In de praktijk kan zo’n norm alleen echt goed werken als er vastgesteld kan worden wat de feitelijke overstromingskans van een dijkkring is en ook hoe die verandert, bijvoorbeeld als gevolg van een verbeteractie. Dit is niet eenvoudig omdat er vele oorzaken kunnen zijn van falen, zogenaamde faalmechanismen. In het verleden konden de invloeden van die faalmechanismen nog niet worden gekwantificeerd. Daarom is indertijd in de wet gekozen voor een sterk versimpeld normstelsel gebaseerd op overschrijdingskansen van waterstanden. Formeel gezien wordt bij een overschrijdingskans alleen gelet op de kans op het faalmechanisme dat vaak het belangrijkste is, namelijk overloop/overslag. Simpel gezegd ontstaat de overstroming dan doordat het water over de dijk heen de polder inloopt, waardoor een bres ontstaat en de dijk bezwijkt. Het was dan een expertoordeel, steunend op allerlei rekenregels, of de waterkering sterk genoeg is dat hij niet al eerder door een van de vele andere faalmechanismen bezwijkt.

Het in de maatschappij veronderstelde/gepercipieerde beschermingsniveau sluit echter niet aan op deze wettelijke systematiek.⁷ Dat wil zeggen: iedereen buiten de kleine kring van deskundigen interpreteert de normen in de Waterwet als de huidige normen voor de overstromingskans van dijkkringen.

De werkelijkheid wijkt daar - soms sterk - van af. Onderzoek in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) maakt duidelijk dat er geen één op één verband bestaat tussen overschrijdingskansen en overstromingskansen. Nieuwe inzichten in lengte-effecten, de grotere bijdrage van piping aan de overstromingskans, e.d. laten zien dat de overstromingskans veelal een factor groter is dan de overschrijdingskans. Deze inzichten zijn door een groep experts eind 2009 betrokken bij de opstelling van een zogeheten ‘omrekentabel’ (zie voor hun verslag bijlage E in Epema e.a. (2011)).⁸ Het is echter nog ernstiger, want deze ‘omrekentabel’ (zie KBA tabel 3.1) laat zien dat de factor tussen overschrijdingskans en overstromingskans afhankelijk is van zowel het type watersysteem als de grootte van de dijkkring. Deze nieuwe inzichten impliceren dat de overstromingskansen – ook na uitvoering van de lopende verbeterprojecten en -programma’s – niet alleen groter zullen zijn dan de overschrijdingskansen van de waterstanden, maar bovendien dat dit minimaal per type dijkkring in zeer verschillende mate het geval is. Per type loopt de factor uiteen van 1 tot 5, maar per afzonderlijke dijkkring naar schatting van kleiner dan 1 tot 10.

Deze kennis heeft een aantal belangrijke gevolgen. De eerste, en minst belangrijke, is dat er voor de berekening van de KBA WV21 en de slachtofferisico’s twee referentiesituaties zijn gebruikt. Deze twee situaties worden behandeld in paragraaf 6 en daar worden ook de gevolgen daarvan voor de KBA resultaten besproken.

Veel belangrijker is welke conclusie uit deze kennis wordt getrokken bij het formuleren van nieuwe toetsnormen. In het Nationaal Waterplan staat dat eerst wordt overgestapt op een nieuw type norm, dus eerst ‘overschrijdingskans’ vervangen door ‘overstromingskans’, en dat daarna wordt bekeken of er nog een getalsmatige aanpassing nodig is. Over dat vervangen staat in de Beleidsnota Waterveiligheid 2009-2015, geciteerd in KBA WV21 voetnoot 40: “... dat de nieuwe overstromingskansnormen ten minste een gelijkwaardige veiligheid bieden als de huidige overschrijdingskansnorm en dat niemand er in veiligheid op achteruit zal gaan.”

⁷ In deze paragraaf is veelvuldig gebruik gemaakt van teksten in het rapport Overstromingskansen, paragraaf 2.3, en het ENW-rapport Epema e.a. (2011).

⁸ Dit is uitgebreider overgedaan in het ENW-rapport Epema e.a. (2011), dat een wat grovere versie van de omrekentabel bevat.

Er zijn nu twee interpretaties in discussie voor het begrip “gelijkwaardige veiligheid”. De eerste is de feitelijke veiligheid die volgt uit de huidige systematiek, dus bij het omzetten rekening houden met de ‘omrekentabel’. Dat komt overeen met de in paragraaf 6.2 te bespreken tweede referentiesituatie. Op deze manier worden de omgerekende overstromingskansen getalsmatig eerst hoger dan de getallen in de wet, voordat ze wellicht op basis van de KBA of andere overwegingen worden aangescherpt.

Er is een tweede manier om de uitspraak in de Beleidsnota te interpreteren. Dat is om voor de nieuwe toetsnormen uitgedrukt in overstromingskansen minimaal de huidige getallen in de wet te gebruiken. Dit is de definitie van de eerste referentiesituatie, zie paragraaf 6.2. Het voordeel is dat dit wellicht beter aansluit bij de maatschappelijke perceptie en daarom makkelijker te communiceren is dat niemand er op achteruit gaat. Gelet op de ‘omrekentabel’ betekent alleen al deze omzetting voor bijna alle dijkkringen een forse, feitelijke verbetering van de huidige veiligheid. Er moet dus geïnvesteerd worden om de eerste referentiesituatie te bereiken. Immers, omdat in de berekening van de overstromingskans veel meer faalmechanismen worden betrokken dan bij de berekening van de overschrijdingskans, impliceert het gebruiken van dezelfde getallen voor de overstromingskans als vroeger zijn gehanteerd voor de overschrijdingskans, een forse echte aanscherping van de veiligheidsnormen. Dit is de duidelijke boodschap van de ‘omrekentabel’.⁹

Na de publicatie van het Nationaal Waterplan is er echter discussie ontstaan of de overstap naar de overstromingskansnorm nu wel zal plaatsvinden en dat er mogelijk alleen zal worden gekeken naar een aanscherping van de getallen in de huidige definitie. Nog afgezien van de mogelijk dan benodigde omrekeningslagen, die zelfs voor technische deskundigen moeilijk te volgen zullen zijn, zal dit in de praktijk tot een aantal problemen kunnen leiden. Die problemen ontstaan zodra de getalsmatige aanscherping verder gaat dan de getallen van de middenkansen die nu uit de KBA kunnen worden afgeleid.

Als de middenoverstromingskansen uit de KBA of overstromingskansen uit de slachtofferstudie bijvoorbeeld worden teruggerekend naar overschrijdingskansnormen, dan betekent dit een forse aanscherping van de getallen van de overschrijdingskansen. Dit betekent op zijn beurt dat opnieuw alle aandacht gericht gaat worden op kruinhoogte: een groot deel van de dijken in Nederland zal volgens de nieuwe overschrijdingskansnorm dan te laag zijn. Voor een niet onbelangrijk deel zal dit ‘tekort schieten’ echter komen door een te grove omrekening van overstromingskans naar overschrijdingskans. De veiligheidsproblemen lijken daardoor veel groter dan ze in werkelijkheid zijn. Dat geldt niet alleen voor de buitenwereld, maar het geldt evenzeer voor degenen die met die nieuwe normen aan de slag moeten.

Uit een memo voor DG Water van Jongejan en Jonkman (opgenomen als bijlage D in Epema e.a. (2011)) blijkt dat er dan veel te veel dreigt te gebeuren. Dit is het gevolg van de grove, algemene omrekening van overstromingskans naar overschrijdingskans. Willen alle bekende echte problemen opgelost worden op basis van de nieuwe, teruggerekende overschrijdingskansnorm, dan moeten 2 tot 3 keer zoveel dijkkringen worden verbeterd dan wanneer alleen de dijkkringen met die echte problemen worden aangepakt. De extra werkzaamheden zullen echter nauwelijks leiden tot een veiligheidsverbetering, omdat niet de ‘zwakste schakels’ in het systeem worden verbeterd, maar vooral de ‘schakel’ hoogte die nu al relatief ‘sterk’ is. Zoals de eerste conclusie in de VNK-nieuwsbrief over de nieuwe veiligheidsberekeningen luidt: “Een dijk kan bezwijken voordat hij overloopt: de dijken zijn eerder te smal dan te laag.” De omrekening naar overschrijdingskansnorm zal echter voor veel dijkkringen aangeven dat zij te laag zijn, terwijl deze getallen niets zeggen over het belangrijkste praktijkprobleem ‘te smal’.

In de praktijk zal een terugrekening van overstromingskans naar overschrijdingskans zijn gebaseerd op vaste verhoudingen voor het optreden van de diverse faalmechanismen, vaak aangeduid als een ‘vastgeprikte

⁹ Een tweede forse, maar eveneens impliciete aanscherping, die al wel heeft plaatsgevonden, is dat de oorspronkelijke getallen (d.w.z. die in 1958) betrekking hadden op ontwerpnormen, terwijl de getallen in de Waterwet nu gaan over toetsnormen (zie KBA par. 5.3.2). Alleen dit al scheelt grofweg een factor 3 à 5, zie paragraaf 12 voor nadere uitleg. Omdat anderzijds de normgetallen soms al lang geleden zijn vastgesteld, is er nu over het algemeen nogmaals reden voor aanscherping in termen van de oude definities. Maar dat hoeft niet te leiden tot aanscherping van cijfers in de nieuwe definitie, d.w.z. overstromingskansnormen.

faalkansbegroting'. Een algemeen van toepassing verklaarde faalkansbegroting leidt echter onvermijdelijk tot inefficiënt investeren. Dit komt omdat de juiste verdeling van de totale normfaalkans (dus de overstromingskansnorm) over de diverse mechanismen volgt uit een optimalisatie van de dijkversterking bij de lokale omstandigheden. De inefficiëntie blijkt niet alleen uit het genoemde memo Jongejan&Jonkman, het blijkt bijvoorbeeld ook uit het proefschrift van Voortman (2002), hoofdstuk 7, die deze vergelijking expliciet heeft gemaakt. Hij vergelijkt voor twee zeedijken het goedkoopste ontwerp om aan een overstromingskansnorm te voldoen met het beste ontwerp dat daarnaast is gebaseerd op een indertijd door de TAW gesuggereerde faalkansbegroting met veel aandacht voor overloop/overslag (90%) en weinig voor andere mechanismen (10%). Hoewel ook in het optimale ontwerp de faalkans voor overloop/overslag de grootste is, blijkt toch dat het goedkoopste "TAW-ontwerp" in het ene geval 20% en in het andere geval 2 tot 15% duurder is dan het echte optimale ontwerp. Geëxtrapoleerd naar een verbeterbudget van bijvoorbeeld 1 mld euro per jaar kan het dus gaan over het grote gevaar dat honderden miljoenen euro's per jaar verkeerd zullen worden besteed, dat wil zeggen bijna zonder echt effect op de veiligheid.

De overstap van overschrijdingskansnorm naar overstromingskansnorm definieert dus voor ieder dijkkringdeel waarvoor de KBA wijst op een aanscherping van de toetsnorm, het meest efficiënte pakket maatregelen, omdat er dan bij ieder afzonderlijk dijkkringdeel precies die faalmechanismen kunnen worden aangepakt die nu een (te) grote faalkans met zich meebrengen.

Voortman's onderzoek toont aan dat het bij verbeteracties efficiënt is om de faalkansen voor de mechanismen waarvan verbetering weinig kost, zeer klein te maken zodat zoveel mogelijk faalkansruimte overblijft voor de mechanismen die duur zijn om te verbeteren. Dit leidt tot de laagste kosten om aan een gegeven overstromingskansnorm te voldoen. Het zal duidelijk zijn dat het sterk van lokale en soms toevallige omstandigheden kan afhangen wat bij een concreet dijkkringdeel goedkoop is en wat duur is.

Een volgend probleem van nu niet eerst overstappen op overstromingskans ligt in de communicatieve sfeer. Zoals de 'omrekentabel' laat zien, zijn er op dit moment forse verschillen tussen een overstromingskans en een overschrijdingskans van een dijkkring. Daar de huidige normen uitgedrukt in overschrijdingskansen over het algemeen achterlopen omdat ze al lang geleden zijn vastgesteld, kan de nu benodigde inhaalslag worden gebruikt voor de overstap op een overstromingskans die daar getalsmatig aan gelijk is. De extra kosten om dit zo gedefinieerde nieuwe veiligheidsniveau te bereiken ten opzichte van de kosten die nodig zijn om het volgens de KBA wenselijke niveau te bereiken, zijn relatief beperkt, zie paragraaf 11. Als er nu echter eerst een getalsmatige verbetering van de oude normen gaat plaatsvinden die verder gaat dan de getallen in de KBA, en pas jaren daarna een overstap op de betere definitie, dan zal het naar alle waarschijnlijk buitengewoon moeilijk zijn om uit te leggen dat bij die latere overstap een verhoging van getallen voor de kansen hoort, simpelweg, omdat handhaving van de nu aangescherpte, verlaagde getallen als overstromingskans niet betaalbaar wordt geacht en ver zal uitkomen boven een economisch optimaal niveau.¹⁰ Let wel, dat die nieuwe, hogere getallen voor de kansen in combinatie met de definitiewijziging dus in werkelijkheid geen verslechtering zullen betekenen, maar wellicht zelfs hier en daar een verbetering. Dat zal echter zeer moeilijk zijn uit te leggen.

Tenslotte, en dat past geheel in de context van een kosten-batenanalyse: de overstap van overschrijdingskansnorm naar overstromingskansnorm (bij het gelijk houden van het getal) betekent altijd het grootste deel van de kansverbetering, omdat het de stap is van een (te) grote overstromingskans naar een veel kleiner niveau, zie de 'omrekentabel'. De volgende stap van dat kleinere kansniveau naar een nog kleiner niveau heeft absoluut gezien veel minder betekenis en levert dus veel minder baten in euro's op (zie voor een getalsmatige illustratie hiervan KBA box 3.1), terwijl de kosten relatief hoger zijn. De eerste stap is dus altijd ook de meest efficiënte. Of, in economenjargon, er is altijd sprake van afnemende meeropbrengsten.

¹⁰ Ook in het ENW-rapport Epema e.a. (2011) wordt op dit moeilijk te communiceren punt gewezen.

5 Wat is hoe berekend in de KBA WV21?

5.1 Normen per dijkkringdeel, alleen voor A-keringen

De dijkringen uit de Waterwet vormen de basis voor de eenheden waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd. Een aantal dijkringen is met het oog op verschillen in de gevolgen van een dijkdoorbraak of verschillende onafhankelijke bedreigingen onderscheiden in dijkkringdelen. De laatst genoemde reden is inderdaad een theoretisch correcte reden om de optimale veiligheidsniveaus te berekenen per dijkkringdeel. Hiervan is gebruik gemaakt bij het formuleren van het gebruikte model, waarin dijkkringdelen weer zijn verdeeld in trajecten. In het model is de overstromingskans per dijkkringdeel gelijk aan de maximale kans per traject, zie paragraaf 5.2. Dit mag alleen als alle trajecten dezelfde bedreiging ondergaan. De eerst genoemde reden is meer van praktische aard: het gebruikte optimaliseringsprogramma rekent maar met één schadebedrag per overstroming, ongeacht de locatie van de doorbraak.¹¹

Het resultaat is dus niet een norm per dijkkring, zoals nu het geval is, maar een norm per dijkkringdeel. Er is inderdaad geen enkele inhoudelijke reden waarom de toetsnorm voor bijvoorbeeld de randmeerdijken van dijkkring 45 Gelderse Vallei (45-2) dezelfde zou moeten zijn als die voor de dijk langs de Neder-Rijn (45-1).

Waar dat niet tot verwarring leidt, wordt in het navolgende soms korthedshalve het woord dijkkring gebruikt in de betekenis van de eenheid van berekening, die dus zowel een dijkkring als een dijkkringdeel kan zijn.

Het KBA rapport verklaart niet waarom dijkkring 24 Land van Altena als een geheel is behandeld en niet is gesplitst in een Waalkant en een Maaskant, zoals terecht is gedaan bij de aansluitende dijkringen.

De KBA geeft geen informatie over de dijkringen 11a Kampen en 11b Elburg, zoals die binnenkort ontstaan door de aanleg van de dijken van de bypass Kampen die dijkkring 11 IJsseldelta in twee delen zal splitsen.

Gevolgen niet meenemen C-keringen en duinen

C-keringen en duinen zijn in de KBA niet behandeld. Er is volstaan met de veronderstelling dat zij op orde zijn. Omdat normen in principe per dijkkringdeel worden bepaald, is het in principe geen bezwaar dat de primaire C-keringen langs de binnenwateren, zoals het Amsterdam-Rijnkanaal, niet in de KBA WV21 zijn betrokken. Immers, voor deze dijkkringdelen gelden – ook volgens de theorie – aparte normen. Die berekeningen kunnen dus alsnog apart worden gemaakt. Het niet berekenen van efficiënte veiligheidsniveaus voor C-keringen verstoort in het algemeen niet de berekeningen voor de A-keringen, waartoe de KBA WV21 zich beperkt, tenzij er sprake kan zijn van cascadowerking. Hetzelfde geldt voor het niet berekenen van efficiënte veiligheidsniveaus voor de duinen.

Wel kunnen door het buiten beschouwing laten van de C-keringen en de duinen de kosten worden onderschat om te komen tot een verbeterd veiligheidsniveau voor een dijkkring als geheel. De kosten in het KBA-rapport betreffen immers alleen de dijkkringdelen met een A-kering. Wel staat in KBA tabel 7.2 enige aanvullende informatie dat het bij de C-keringen niet om heel grote bedragen gaat.

In het KBA rapport wordt terecht afzonderlijk aandacht besteed aan de zuidelijke ‘achterdeur’ van dijkkring 14 Centraal Holland via de dijkringen 44-1 Kromme Rijn Nederrijn-Lek en 15 Lopiker- en Krimpenerwaard. Er is echter geen aandacht besteed aan de noordelijke ‘achterdeur’ vanuit het IJmeer via dijkkring 44-2 Kromme Rijn, die daar uiterst smal is, rechtstreeks naar Amsterdam.

¹¹ Een uitzondering zou zijn als een overstroming nooit verder komt dan een bepaalde lijn, bijvoorbeeld door een hoge, standvastige regionale kering. Als dat vanaf beide kanten het geval is, is er eigenlijk sprake van meer dan één dijkkringgebied. Zulke situaties doen zich in de praktijk nauwelijks voor. De aanleg van de bypass in dijkkring 11 IJsseldelta creëert zo'n situatie.

Eenzelfde situatie is er aan de Waddenzeekant van dijkkring 12 (huidige norm 1/4000) als relatief zwakke plek tussen enerzijds het Noorden van Noord Holland (dijkkring 13-2) en anderzijds de Afsluitdijk, beide met een huidige norm van 1/10000.

Behandeling B-keringen

B-keringen zijn verbindende waterkeringen die tussen dijkringen liggen. De zgn. open B-keringen, zoals de Maeslantkering, zijn in de berekening van de overstromingskansen van de achterliggende A-keringen betrokken via de hydraulische randvoorwaarden. Dit betekent dat versterking van die open B-keringen niet is beschouwd. Zolang de huidige, soms relatief grote, onzekerheid rond de sluiting van deze keringen blijft bestaan, lijkt dat terecht.

Gesloten B-keringen voor A-keringen, zoals de Afsluitdijk, kunnen niet op zichzelf worden bekeken en hetzelfde geldt voor de achterliggende A-keringen. Nader onderzoek op dit punt is nodig.

Mogelijk kan een deel van deze B-keringen op dezelfde manier worden behandeld als die in de volgende categorie, gesloten B-keringen die voor C-keringen liggen. Op dit moment geldt voor alle gesloten B-keringen de regel dat de overschrijdingskans niet hoger mag zijn dan de laagste overschrijdingskansnorm in het achterland. Voor veel B-keringen lijkt dat geen slechte vuistregel, zolang er geen onderzoek is gedaan. Maar juist voor dit KBA-onderzoek naar nieuwe normen was het beter geweest om in ieder geval de laatste groep B-keringen (voor C-keringen) gewoon in het onderzoek mee te nemen alsof die B-keringen A-keringen zijn. Dit was te doen geweest met een eenvoudige toedelingregel van de kosten. Volgens KBA box 1.1 ontbreekt echter veel meer informatie, zoals overstromingsscenario's. KBA tabel 7.1 bevat wel informatie over B-keringen voor die A-keringen die volgens de KBA een strengere norm zouden krijgen.

5.2 Modelprogramma met onderscheid in trajecten

Voor de KBA berekeningen is een nieuw optimalisatiemodel (OptimaliseRing 2) ontwikkeld waarin afzonderlijk per dijkkring een middenkans wordt berekend.¹² Iedere dijkkring (of dijkkringdeel) is daarbij verdeeld in trajecten. Trajecten bestaan uit gelijksoortige dijkvakken, die niet een aaneengesloten rij hoeven te vormen. De trajecten kunnen van elkaar verschillen in kostenstructuur, decimeringshoogte of waterstandstijging (KBA par. 2.5). Deze verschillen komen tot uitdrukking in de variabelen k en n in formule (3.1) en hebben dus invloed op de hoogte van de middenkans van de dijkkring.

In het programma wordt uitgegaan van perfecte correlatie aan de belastingkant van de verschillende trajecten van een dijkkring en van een met zekerheid bekende, overal gelijke sterkte van de waterkering per traject. Omdat structuur en ontwikkeling per traject verschilt, zijn de optimale overstromingskansen van de trajecten, praktisch gesproken, nooit aan elkaar gelijk. Hun verschillend verloop is natuurlijk wel optimaal op elkaar afgesteld. Door de veronderstelde perfecte correlatie bij de belastingen is de overstromingskans van een dijkkring het maximum van de overstromingskansen per traject. Daarom moet de bedreiging voor alle trajecten dezelfde zijn, want anders zijn de overstromingskansen van de trajecten niet sterk gecorreleerd.

De sterkte van een waterkering is in werkelijkheid slechts beperkt bekend en dus niet overal gelijk. Daarom neemt de overstromingskans van een dijkkring toe met de lengte van de waterkering, ook al zouden de overstromingskansen van alle trajecten dezelfde zijn. Dit heet het lengte-effect. Op deze kwestie wordt in paragraaf 6.2 nader ingegaan, evenals op de keuze in de KBA WV21 om de overstromingskansen per traject in de uitgangssituatie aan elkaar gelijk te stellen.

¹² Het wiskundig-economische model voor de berekening van de optimale veiligheidsstrategie is ook beschreven in een artikel dat inmiddels is geaccepteerd voor publicatie in het tijdschrift *Operations Research*: Brekelmans e.a. (2011).

Controle met benaderingsformule

Het is goed dat de uitkomsten in de KBA zijn gecontroleerd aan de hand van een directe benadering van de middenkans, zie KBA par. 2.7. Deze 'directe formule' maakt geen gebruik van modelresultaten, maar is een rechtstreekse benadering van formule (3.2). Omdat uit eerdere berekeningen is gebleken dat een decimeringshoogte in de buurt ligt van de meest efficiënte verbetering, zijn in de KBA de kosten van een verhoging met een decimeringshoogte (factor 10 verlaging van de kans) gebruikt bij de berekening van de gemiddelde kosten per cm verhoging k in de controleberekening.¹³ Deze formule is ook gebruikt voor de Monte Carlo-analyse, zie paragraaf 10.

5.3 Relevante situatie

In KBA WV21 keuze voor 2050

Het kabinet heeft in de Nota Waterveiligheid aangegeven de periode tot 2050 te gebruiken om, naast de nu al noodzakelijke verbeteringen op grond van de lopende toetsrondes, ook alle acties uit te voeren om aan de eisen te voldoen die volgen uit nieuwe toetsnormen. Daarom is in de KBA WV21 de middenkans uitgerekend voor het jaar 2050 (par. 2.4). Dit is een goed verdedigbare keuze. De keuze voor een wat verder gelegen jaar zorgt er ook voor dat het resultaat nauwelijks wordt beïnvloed door de keuze van het jaar in de berekening waarin voor het eerst een investering kan plaatsvinden als gevolg van nieuwe normen (vermoedelijk het jaar 2020).

Wel lijkt het verstandig de wettelijke reguliere heroverweging van normen in 2041 grondig uit te voeren voor het tijdig opzetten van het nieuwe investeringsprogramma voor de periode na 2050, bijvoorbeeld voor de periode tot 2070.

Relevante periode voor de bepaling van data

Omdat de toetsnorm gaat gelden voor de periode 2017 - 2050, zijn de parameters en groeivoeten zoveel mogelijk ontleend aan berekeningen of scenario's die op deze periode betrekking hebben. Voor de rekenperiode daarna zijn zij constant gehouden. Dit is voor deze berekeningen de juiste aanpak. De groeivoeten e.d. mogen niet worden beschouwd als relevant voor die latere perioden. De rekenperiode is alleen verlengd om geen ongewenste horizoneffecten te krijgen in de periode tot 2050 die wel relevant is.

Gebruikte investeringskosten

De investeringskosten k en het optimale restrisico worden dus ontleend aan de eerste investeringsactie *na* 2050. Bijna altijd is dat niet de eerste investering vanaf de start van de berekeningen. De eerste investering heeft een bijzonder karakter omdat in de startsituatie de overstromingskansen van de diverse trajecten nog niet in een optimale verhouding tot elkaar staan. Daarom zorgt het model er bij de eerste investeringsactie tevens voor dat de optimale verhoudingen worden bereikt. Dit heeft tot gevolg dat de eerste investering vaak sterk afwijkt van alle volgende investeringen. Bij de tweede investering zal praktisch altijd de gehele dijkkring worden versterkt. De voor de berekening van de middenkans relevante investeringskosten worden daardoor bijna altijd automatisch ontleend aan een lange-termijn investeringsstrategie. Er zijn dus normaliter geen kunstgrepen nodig in de startsituatie om dit te bereiken.

¹³ In de KKBA was er een groot, systematisch verschil tussen het modelresultaat en de controleberekening. Achteraf is gebleken dat er voor de controle berekening een onjuiste formule is gebruikt en dat de modelberekeningen dus de beste resultaten gaven.

6 Referentiesituatie en kansinformatie, n

6.1 Inhoud rapport ‘Overstromingskansen’

Het rapport ‘Overstromingskansen’ levert voor de KBA en de analyse van slachtoffer risico’s drie parameters aan, die per traject kunnen verschillen:

1. de overstromingskans in de referentiesituatie;
2. de decimeringshoogte van de kruinhoogte (hydraulisch belastingniveau);
3. de relatieve waterstandstijging als gevolg van klimaatverandering en bodemdaling.

De decimeringshoogte levert de parameter n in formule 3.1. Daarnaast levert het rapport informatie die is gebruikt bij het berekenen van de kosten van verbeteracties uitgaande van de referentiesituaties. In de hele studie zijn namelijk twee referentiesituaties gedefinieerd, vandaar dat eerst dit punt wordt besproken.

6.2 Twee referentiesituaties, vooral de tweede is van belang

6.2.1 Wat is “referentie” in een KBA en wat betekent dit voor de KBA WV21?

In een normale KBA wordt de wereld met het project, vaak het projectalternatief genoemd, vergeleken met de wereld zonder project, vaak het nulalternatief genoemd. Het begrip ‘project’ moet daarbij ruim worden geïnterpreteerd. Een project kan ook de invoering van een maatregel zijn zonder dat daar direct geld mee is gemoeid, bijvoorbeeld het instellen van een snelheidslimiet op een weg.

Het beste eenduidige startpunt voor een KBA is daarom het tijdstip waarop de twee werelden uit elkaar gaan lopen. Praktisch wordt daarvoor vaak het moment gekozen waarop de definitieve beslissing tot uitvoering van het project zal worden genomen. In de KBA WV21 lijkt dat nu het jaar 2017 te zijn. Als met “referentiesituatie” het startpunt wordt bedoeld, dan is in dit geval de beste definitie van referentiesituatie: *de beste inschatting op basis van alle bekende informatie van de actuele situatie op waterstaatsgebied eind 2017*. Die inschatting kan dus ook betrekking hebben op plannen waarover nu nog geen beslissing is genomen, maar waarvan uitvoering waarschijnlijk wordt geacht, bijvoorbeeld verbetermaatregelen als gevolg van de toetsrapportage 2011. Natuurlijk ligt die inschatting daarmee niet compleet vast, maar wat hier ter zake doet, is dat het in een KBA dus moet gaan om de ‘echte’ situatie in het startjaar, niet om een norm daarvoor.

Er is een tweede interpretatie mogelijk van het begrip “referentiesituatie”. Dan is deze niet het startpunt maar de vergelijkingssituatie, d.w.z. de ontwikkeling in de wereld zonder project. Met andere woorden, de referentiesituatie is dan hetzelfde als het nulalternatief in de KBA.

In dit opzicht is de KBA WV21 een bijzondere. Er wordt namelijk niet bekeken of een tevoren bedachte nieuwe norm beter is dan de bestaande, maar er wordt in de KBA een optimale nieuwe norm berekend. Die geeft dus per definitie de goedkoopste oplossing van het probleem. Alle andere oplossingen, dus ook handhaven van een bestaande, afwijkende norm, zijn dus maatschappelijk gezien duurder. De uitkomst van de KBA WV21 is dus niet de baten-kostenverhouding van een gegeven project, maar de beschrijving van het project met de beste baten-kostenverhouding van alle mogelijke projecten.

In de KBA WV21 is geen nulalternatief omschreven. Vooral omdat dit in dit geval niet nodig is om de hoofduitkomst te bepalen. Het gevolg is wel dat de kosten van normverandering niet zonder meer volgens standaard KBA regels kunnen worden bepaald. Dit punt komt verder aan de orde in paragraaf 11.

Conclusie is dat in de KBA WV21 het begrip ‘referentiesituatie’ (vooral) slaat op het startpunt van de KBA en dat dit startpunt een zo goed mogelijke inschatting moet zijn van de verwachte actuele situatie rond 2017.

6.2.2 Hoe is in de KBA WV21 het begrip ‘referentiesituatie’ ingevuld?

Voor het onderzoek zijn twee referentiesituaties onderscheiden, zie KBA par. 3.2 en 3.3:

1. De **eerste referentiesituatie** sluit aan bij de (*in de maatschappij*) *veronderstelde/gepercipieerde* beschermingsniveaus en de daarbij behorende interpretatie van de uitspraak dat bij de invoering van nieuwe normen niemand er in veiligheid op achteruit zal gaan. In deze referentiesituatie zijn de overstromingskansen van de onderscheiden dijkkringdelen getalsmatig gelijk gesteld aan de huidige wettelijke normfrequenties in termen van overschrijdingskansen.
2. De **tweede referentiesituatie** – rekeninghoudend met nieuwe inzichten – vormt een *inschatting van de verwachte* overstromingskansen na uitvoering van de lopende verbeterprojecten en –programma’s (in 2015/2020). Deze inschatting is gebaseerd op de inzichten van experts.

Uit vergelijking van deze twee referentiesituaties met de boven gegeven omschrijving van een goed startpunt in een KBA blijkt duidelijk dat alleen de tweede referentiesituatie aan die omschrijving lijkt te voldoen. Ook de kosten voor verbetering zijn in de tweede referentiesituatie beter geraamd, omdat daarin rekening is gehouden met nieuwe eisen aan het voorkomen van piping. Dit heeft invloed op de kostenvariabele (k) in de bovenstaande formule en heeft dus effect op de hoogte van de economisch optimale beschermingsniveaus.

Helaas kan de eerste referentiesituatie niet helemaal worden geschrapt omdat alle data en berekeningen eerst zijn gemaakt voor die situatie. De data en berekeningen voor de tweede referentiesituatie zijn later gemaakt en hebben deels het karakter van een variant op de berekeningen van de eerste referentiesituatie. Dit leidt op diverse plaatsen in de rapporten tot bijna niet te volgen berekeningen en, zelfs als dat wel het geval is, is het niet altijd overtuigend dat de aanpassing op een goede manier heeft plaatsgevonden. Niettemin is het een duidelijke verbetering van de KBA dat de tweede referentiesituatie is toegevoegd. Een wel te volgen voorbeeld dat de eerste referentiesituatie is genomen als uitgangspunt voor het berekenen van de tweede, is de redenering bij de overstromingskansen in de uitgangssituatie.

Volgens de experts zijn - in dezelfde fysieke situatie - de werkelijke overstromingskansen, ook na uitvoering van de huidige verbeteringsprogramma’s, bijna altijd (veel) groter dan de overschrijdingskansen. Het verschil is uitgedrukt in gemiddelde omrekeningsfactoren per gebied en omvang dijkkring (groot of klein), samengevat in de zogeheten ‘omreken tabel’, zie KBA tabel 3.1. De factor is het grootst (factor 5) voor de grote dijkkringen in het rivierengebied als gevolg van de betere inschatting van de pipingkans en het lengte-effect. De overstromingskansen in de tweede referentiesituatie zijn uitgerekend door de getallen voor de overschrijdingskansnorm per dijkkring te vermenigvuldigen met deze omrekeningsfactoren. Resultaten staan in KBA tabel 3.2. Ook de tweede referentiesituatie is dus berekend startend met een norm. Maar als wordt aangenomen dat de huidige norm met de lopende en binnenkort te starten verbeterprogramma’s wordt gehaald, dan komt de tweede referentiesituatie mogelijk in de buurt van de actuele situatie rond 2020 zonder besluit over nieuwe normen, zij het alleen op dijkkringniveau.

Het gevolg van deze handelwijze is dat er in beide referentiesituaties voor alle trajecten in een dijkkring dezelfde overstromingskans wordt gebruikt. Ook op trajectniveau wordt dus geen rekening gehouden met bestaande verschillen in de fysieke situatie, relevante hoogte en sterkte.

Dit is een duidelijke afwijking van de algemene regel dat de uitgangssituatie zo goed mogelijk de actuele situatie dient weer te geven. In de rapporten worden drie redenen gegeven waarom is gekozen voor een veronderstelling in plaats van de actuele situatie:

1. Uitkomst middenkans baseren op lange termijn investeringskosten en niet op toevalligheden bij de start;

2. Beter uitgangspunt voor de bepaling van de kosten van normverandering, en tenslotte
3. Te lastig om een goede schatting te maken van overstromingskansen gegeven een fysieke situatie.

Geen van deze drie redenen is overtuigend:

In paragraaf 5.3 is uitgelegd dat de middenkans in 2050 normaliter automatisch wordt uitgerekend bij een lange termijn strategie, waarbij de beginsituatie nauwelijks meer een rol speelt. Alleen voor de dijkringen waarvoor het model in 2050 tot een duidelijk minder strenge norm komt dan de huidige, is het mogelijk dat er tot 2050 modelmatig nog geen investering heeft plaatsgevonden. Maar die dijkringen houden om beleidsmatige redenen toch hun huidige veiligheid.

Startsituatie en nulalternatief mogen niet door elkaar worden gehaald. Omdat in de KBA WV21 niet een nulalternatief nodig is voor de hoofduitkomst, de middenkans in 2050, is er een aparte voorziening nodig bij de kostentoedeling. Een veronderstelling maken over de startsituatie voorkomt dat niet.

Zolang VNK niet af is, is het inderdaad lastig om de overstromingskansen echt betrouwbaar te bepalen. Maar omdat de overstromingskansen in de uitgangssituatie niet erg veel invloed heeft op de middenkans in 2050, is een onnauwkeurigheid in de overstromingskansen niet al te erg. Wat dit betreft, kan het maken van een pure veronderstelling niet worden gezien als een verbetering.

Verder is het aan elkaar gelijkstellen van de overstromingskansen op de verschillende trajecten van een dijkkring een afwijking van de algemene KBA regels, niet in overeenstemming met de optimale oplossing en bovendien onnodig. Het compliceert daarom alleen maar de gegevensverzameling en het leidt tot onduidelijkheden, met name bij het maken van goede kostencijfers voor verbeteringen.

Conclusie is dat de cijfers die betrekking hebben op de tweede referentiesituatie, nog het beste inzicht geven in zowel de hoogte van de optimale norm (wegens de betere raming van de kostenvariabele k) als in alle uitgaven die nodig zijn om vanuit een op de actuele situatie rond 2017 lijkende situatie de optimale normen te bereiken.

Gelukkig is het zo dat de overstromingskansen in de uitgangssituatie niet al te veel invloed heeft op de berekening van de economisch optimale norm. De overstromingskansen in de referentiesituatie heeft wel een duidelijke invloed op de benodigde uitgaven om vanuit die referentiesituatie te komen tot de berekende optimale overstromingskansen. Dit punt wordt verder besproken in paragraaf 11.

6.2.3 Berekening hoogte van kruin en waterstand uit de overstromingskansen?!

De invloed van de veronderstelde overstromingskansen in de twee referentiesituaties gaat echter veel verder. Ook fysieke toestanden, zoals kruinhoogte en maatgevende waterstand, zijn afgeleid van de veronderstelde overstromingskansen. Op hun beurt zijn deze berekende kruinhoogten en waterstanden weer als uitgangspunt gebruikt voor het maken van de kostencijfers.¹⁴ Daar de kostenberekening start met schattingen per dijkvak, is het bij deze werkwijze dus nodig om de overstromingskansen per dijkkring eerst om te rekenen naar die per dijkvak.

In beide referentiesituaties is de sterkte van de kering in de uitgangssituatie afgeleid uit de huidige normen, niet uit een inschatting van de actuele fysieke situatie. Wat dan te onderzoeken overblijft, is de belastingkant. Daarbij is uitsluitend gekeken naar het (belangrijkste) faalmechanisme overloop/overslag, in de praktijk de combinatie van waterstand, wind en kritiek golfoverslagdebiet. In de kostenraming is er bij

¹⁴ Dit is nog eens bevestigd in een toelichting van Deltares op vragen van het CPB: "Om een goede inschatting te kunnen maken van de kosten die samenhangen met dijkverhoging is het (relatief) belangrijk om uit te gaan van de goede kruinhoogte in de referentiesituatie. Die kruinhoogte van een dijktraject wordt bepaald door het Hydraulisch Belastingniveau (HBN) van het traject te berekenen bij een faalkans (golfoverslag) die gelijk aan de huidige wettelijke normfrequentie (voor een dijkkring) gedeeld door de dijkkringfactor (lengte-effecten van de belastingen)."

een verbetering wel rekening mee gehouden dat de faalkansen voor andere faalmechanismen in gelijke mate afnemen.

Hoe is omgegaan met lengte-effect/dijkringdeelfactor?

In het programma OptimaliseRing 2 wordt uitgegaan van perfecte correlatie aan de belastingkant van alle trajecten van een dijkkring. In werkelijkheid is de belasting niet overal gelijk. Ook daarom neemt de overstromingskans van een dijkkring toe met de lengte van de waterkering, ook al zouden de overstromingskansen van alle trajecten dan wel dijkvakken dezelfde zijn. Het lengte-effect speelt dus niet alleen aan de sterkte kant maar ook aan de belasting kant. Het is uit de rapporten Overstromingskansen en KBA niet op te maken of, en zo ja hoe, iets aan deze inconsistentie tussen rekenmodel en werkelijkheid is gedaan. Mogelijk is dit effect al meegenomen in de 'omrekening' om te komen tot de tweede referentiesituatie.

Wel wordt in Overstromingskansen par. 2.5 een omrekening besproken van overstromingskansen per dijkkring naar die per dijkvak met behulp van een vaste dijkkringdeelfactor per dijkkring. De dijkkringdeelfactoren corrigeren alleen voor de niet perfecte correlatie in belasting tussen de verschillende dijkvakken, vooral door de wind, en lopen uiteen van 2 tot 15. Daarmee worden in de referentiesituaties (of is het allen in de eerste?) de overstromingskansen per dijkvak eenzelfde factor kleiner gemaakt dan die van de dijkkring waartoe zij behoren. De argumentatie in par. 2.5 suggereert dat het hierbij alleen gaat om een omrekening ten behoeve van de berekening van een correcte kruinhoogte ten behoeve van de kostenberekening van een verhoging.¹⁵ Het is nergens te vinden hoever deze berekende kruinhoogten afwijken van de echte kruinhoogten. Conclusie is dat het niet goed te volgen is wat er in alle rapporten, Overstromingskansen, Kosten en KBA, met deze factoren is gebeurd en of dat goed is gegaan. Er valt op dit moment zelfs niet aan te geven of dit een belangrijk punt is of niet.

Golfoverslagdebiet

De relatie tussen overstromingskansen en kruinhoogte in de referentiesituatie is gevoelig voor de keuze van het kritieke overslagdebiet. Daarvoor is het huidige toelaatbare overslagdebiet gekozen van 1 l/m/s. Dit lijkt weinig, want het echte kritieke overslagdebiet ligt eerder rond 50 l/m/s. Nu mag dit getal zeker niet worden gebruikt, want bij dit getal moet rekening worden gehouden met het lengte-effect. Niettemin leidt de gemaakte keuze vermoedelijk tot een overschatting van de huidige overstromingskansen, tenminste als de berekening start vanuit de actuele fysieke situatie. Dat blijkt ook uit de keuzes bij de gevoeligheidsanalyse: die debieten liggen beide hoger. Langs de zee kan dit veel schelen, bij 10 l/m/s oplopend tot ruim 0,5 m (KBA par. 5.2). Er kan dus in de praktijk meer overhoogte aanwezig zijn dan nu volgt uit de berekeningen.

Bij het volgen van de omgekeerde werkwijze, die start met een veronderstelde overstromingskans en daarbij een veronderstelde kruinhoogte uitrekent, leidt de keuze voor een laag kritiek overslagdebiet tot een te hoge veronderstelling over de kruinhoogte. Een hogere dijk in de uitgangssituatie leidt tot hogere kosten van verbetering. De, vermoedelijk voorzichtigheidshalve, gemaakte keuze voor het lage debiet leidt echter tot een overschatting van de kosten van een verhoging en daardoor tot een hogere middenkans, wat juist onveiliger is.

6.2.4 Conclusie referentiesituatie

De normale startsituatie in een KBA is de verwachte actuele situatie bij de start van het project, vaak het moment waarop de definitieve beslissing tot uitvoering zal worden genomen. De referentiesituaties in de KBA WV21 voldoen geen van beide aan deze omschrijving, omdat het veronderstelde situaties zijn. Daarbij lijkt de tweede referentiesituatie nog het meest op de actuele en ook de daarbij behorende kostencijfers zijn veel beter. Vandaar dat de daarbij behorende uitkomsten veruit de beste van de twee zijn.

¹⁵ Uit Overstromingskansen tabel 5.1 blijkt dat ook de P_0 per traject, d.w.z. de overstromingskansen in de uitgangssituatie, ervoor worden verkleind. Uit een toelichting van Deltares naar aanleiding van vragen van het CPB is echter gebleken dat deze verkleining direct voorafgaand aan de modelberekening weer ongedaan is gemaakt.

Ernstiger is, is dat de onnauwkeurigheid bij de overstromingskans is doorvertaald naar een onnauwkeurig uitgangspunt bij de kostenraming. Die heeft volgens formule (3.1) wel een belangrijke invloed op de uitkomsten. Het beste wat er van is te zeggen, is dat de rapporten op dit punt nauwelijks tot niet zijn te volgen. Maar helaas is niet uit te sluiten dat er echt voor de uitkomsten belangrijke inconsistenties in de cijfers zitten. Een aanwijzing daarvoor zijn de niet te verklaren - en in het KBA rapport niet toegelichte - tegenstrijdige uitkomsten in de variant over overhoogte in KBA tabel 6.2.

6.3 Decimeringshoogte, n

In alle gevallen is er voor gekozen dat de overstromingskans een exponentiële functie is van de kruinhoogte. De parameter n in formule 3.1, de nepereringshoogte, is rechtevenredig met de decimeringshoogte; dat is de kruinverhoging die de overstromingskans een factor 10 verlaagt. De parameter die de gevoeligheid van de overstromingskans voor kruinverhoging aangeeft α , is het omgekeerde van de nepereringshoogte.

De keuze voor een laag kritiek overslagdebiet beïnvloedt ook de omvang van de decimeringshoogte. Die wordt daardoor groter dan bij een groter kritiek overslagdebiet. In het meest extreme geval kan dat oplopen tot orde 20%, maar rekening houdend met het lengte-effect is dat verschil veel beperkter; in de KBA par. 6.1.2 wordt gesproken over maximaal 10%. Varianten 1a en 1b laten zien dat het effect van een hoger overslagdebiet over alle dijkringen "gering" wordt genoemd, d.w.z. vermoedelijk gering negatief, zodat de norm strenger wordt. Dat komt omdat met minder actie dezelfde kansverbetering kan worden bereikt. (Er blijkt uit de toelichting niet dat in deze varianten ook het verlagend effect op de kosten is meegenomen.)

Decimeringshoogten zijn bepaald met lineaire extrapolatie door het huidige normpunt en een punt dat twee normstappen hoger is gekozen. Dat is vaak een factor 4 of 5.

Of de zo gevonden waarde de relevante waarde voor de modelparameter n (een kansfactor 2,7) oplevert, hangt mede af van de uitkomst of de berekende optimale norm duidelijk afwijkt van de referentiesituatie of niet. Blijkt dat verschil groot te zijn, dan zouden twee verder van elkaar gelegen punten moeten worden gekozen. Dit blijkt vooral het geval bij de Bovenrivieren waar de berekende norm duidelijk strenger is dan de referentiesituatie. Verschuiving van het verder gelegen interpolatie punt brengt dit punt in een bereik waar voor de Bovenrivieren aftopping een belangrijke invloed heeft. De decimeringshoogte wordt dan snel kleiner en een kleine (en dus goedkope) verhoging van de dijk heeft dan een groot effect op de kans. Rekenen met een kleinere decimeringshoogte (kleinere n in de formule) heeft dan een aanscherping van de berekende norm tot gevolg.

6.4 Verandering in de tijd

Terecht is bij de verandering van de overstromingskans in de tijd niet alleen rekening gehouden met klimaatverandering maar ook met bodemdaling, die lokaal fors uiteen kan lopen.

Het structurele tempo van de verslechtering van het watersysteem η , is verder afgeleid van de verschillen in waterstand tussen de verwachte frequentielijnen in 2050 en 2015 gemeten bij de huidige normfrequenties. Deze is bovendien altijd minimaal gelijk gemaakt aan de waterstandstijging bij een lagere frequentie en is dus voorzichtig geraamd. Overigens heeft deze parameter η niet veel invloed op de hoogte van de norm, zoals ook blijkt uit de gevoeligheidsanalyse 4a, waarin is gerekend met het G+ scenario in plaats van het W+ scenario. Gelet op het doel van de KBA is het gebruik van het W+ scenario in de basisvariant terecht.¹⁶

¹⁶ Daarvoor is ook een wiskundig-statistisch argument (ongelijkheid van Jensen). Als men een 'midden'scenario zou willen gebruiken, mag daarvoor niet het gemiddelde verwachte stijgingstempo worden gebruikt, maar dan is dat het tempo dat hoort bij het gemiddelde effect, d.w.z. overstromingskans, afgeleid van de scenario's over het stijgingstempo. Het tempo dat hoort bij de gemiddelde overstromingskans, ligt hoger dan het gemiddelde tempo. Dat komt door het meer dan evenredige, namelijk exponentiële, effect van een hoger tempo op de overstromingskans.

7 Schade bij overstromen en de waardering daarvan, V_t

7.1 Inhoud rapporten ‘Gevolgen van overstromingen’ en ‘Bewerking van schadegegevens’ (KBA bijlage D)

Het rapport ‘Gevolgen van overstromingen’ levert voor de KBA per dijkkring drie (groepen) parameters aan:

1. De schade bij overstromen, het aantal getroffen en het aantal slachtoffers in het jaar 2000;
2. De toename van de gevolgen bij een hogere buitenwaterstand;
3. De toename van de gevolgen als gevolg van een hogere dijk;

en voor de analyse van slachtofferrisico's:

1. Het aantal slachtoffers in 2000 en 2040 (rekening houdend met evacuatiemogelijkheden);
2. De mortaliteit per buurt, gegeven een overstroming;
3. De evacuatiefractie.

Het rapport ‘Bewerking van schadegegevens’ (KBA bijlage D) vult de ontbrekende informatie aan en voorziet deze van een passende waardering.

De bespreking van risico-aversie staat niet in deze paragraaf 7, maar in paragraaf 9. De waardering van schade en risico-aversie levert samen de waarde op van de variabele V_t in formule 3.2.

7.2 Berekening van de omvang van de gevolgen

Schade wordt berekend als het gevolg van een overstroming door een breslocatie. Alleen breslocaties in A-keringen zijn meegenomen. Het bezwijken (of niet werken) van B- en C-keringen is niet bekeken, zoals het niet sluiten van de keringen in de Hollandse IJssel of Ramspol. De overstromingsscenario's zijn uitgerekend bij een buitenwaterstand gelijk aan het toetspeil, waarbij is aangenomen dat er dan 1 bres per dijkkring(deel) ontstaat, en bij een waterstand die 1 decimeringshoogte hoger is, waarbij in alle trajecten bressen optreden. Bij veel bressen zal de schade gedeeltelijk overlappen zodat de gevolgen per afzonderlijke bres niet zonder meer mogen worden opgeteld. Het IJsselmeerpeil is het standaard winterpeil van -0,4 m NAP. Impliciet is dus aangenomen dat er bij de verbetering van de Afsluitdijk zodanige maatregelen worden genomen dat overschrijding van dit peil niet meer kan plaatsvinden.

De gevolgen van overstromen zijn materiële schade, getroffen (inwoners) en slachtoffers (doden). Het gemiddelde gevolg per dijkkring(deel) is berekend door eerst het (met de dijk lengte per traject) gewogen gemiddelde gevolg van alle simulaties met 1 bres te bepalen en dat resultaat weer (gewogen met overstromingskansen) te middelen met het gevolg bij het maximum scenario met vele bressen. De gemiddelde overstromingsschade is (uitgangspunt voor) de invoer in het optimaliseringsmodel. Gegeven de mogelijkheden van het model lijkt deze aanpak de beste. Een uitzondering is gemaakt bij de Bovenrivierdijkkringen, omdat daar voor de schatting van de maximale schade niet alle bressen zijn meegenomen maar alleen de bres met de ergste schade. Als reden wordt ontlasting genoemd, d.w.z. positieve systeemwerking maar dan bij dezelfde dijkkring. Dit is inconsequent en niet goed verdedigbaar, zie hieronder. Een ander argument is dat het toch niet veel uitmaakt, maar dan is er ook geen reden (behalve werkbesparing) om niet alle breslocaties mee te nemen.

De ernst van de overstroming hangt af van de locatie van de bres, bijvoorbeeld bovenstrooms of benedenstrooms (zie o.a. de mortaliteit in Gevolgen fig. 3.6). In de berekening is de omvang behandeld als gelijk per traject. In de meest extreme gevallen schelen de schades per bres (traject) in dezelfde dijkkring meer dan een factor 100! Zelfs het verschil tussen het gemiddelde van alle 1-bresschades en de schade van alle bressen kan meer dan een factor 20 bedragen, zie tabellen 4.1 en 4.2. In het optimaliseringsmodel is er echter geen koppeling tussen de schade op een traject en de overstromingskans per traject. Die koppeling is er alleen op dijkkring niveau. Er is dus maar één schade variabele V_i in Optimalisering 2.

Het gevolg van de grote verschillen in schade is, dat het veel efficiënter zou zijn om niet optimale overstromingskansen uit te rekenen per dijkkring(deel), maar per traject. Met dezelfde uitgaven kan dan een veel grotere reductie van de schade worden bereikt. Het gevolg zou wel zijn een verdere verfijning van de normen. Ook als dit laatste uiteindelijk niet gewenst wordt geacht, dan nog kan het nuttig zijn om deze berekeningen eens uit te voeren om te bezien of er binnen een centraal normen systeem wellicht ruimte moet zijn voor locale differentiatie.

7.3 Systeemwerking

Langs de meren en de rivieren bestaat zowel positieve (d.w.z. beschermende) als negatieve systeemwerking (d.w.z. cascade-effect).

Positieve systeemwerking

Positieve systeemwerking betekent dat de overstroming van een dijkkring zoveel water uit het systeem wegneemt dat dit voorkomt dat een andere dijkkring overstroomt die zonder die eerste overstroming wel was overstroomd. Het is langs de rivieren echter heel onzeker of dit effect wel optreedt. De vermindering van de waterhoogte in de rivier is bij het begin van een overstroming nog zo gering dat andere dijkringen vermoedelijk toch al overstroomden voordat de eerste overstroming echt een aanzienlijk effect heeft op de waterhoogte. Bij een intacte Afsluitdijk kan dit effect waarschijnlijk wel optreden langs het IJsselmeer.

Vooralsnog lijkt het verantwoord om overal een mogelijk effect van positieve systeemwerking niet mee te nemen in de berekening van veiligheidsniveaus van de afzonderlijke dijkringen.

Negatieve systeemwerking

Negatieve systeemwerking betekent dat overstroming van een dijkkring een overstroming veroorzaakt in een andere dijkkring (cascadewerking). Terecht is dit schadeverhogende effect nu in de KBA WV21 meegenomen. Dit is een duidelijke verbetering t.o.v. de KKBA uit 2008. Het verklaart de hoge beschermingsniveaus aan de Waalzijde van de zuidelijk daarvan gelegen dijkringen om overslag naar de Maas te voorkomen. Ook de in KBA tabel 7.1 genoemde B-keringen langs de Waal horen in deze categorie thuis. Zoals gezegd is in de KBA niet duidelijk waarom dit niet ook zou moeten gelden voor dijkkring 24 Land van Altena.

Een ander voorbeeld van cascadewerking is overstroming ‘achterlangs’ van dijkkring 14 Centraal Holland. De C-keringen langs het Amsterdam-Rijnkanaal en de Hollandse IJssel zijn onvoldoende. Het verleggen van de buitenring naar de Nederrijn-Lek zijde van de dijkringen 15 Lopiker- en Krimpenerwaard en 44-1 Kromme Rijn lijkt duidelijk efficiënt, zie KBA par. 6.3. Dit is wat betreft dijkkring 44-1 ook goedkoop, want volgens Overstromingskansen tabel 5.1 is hier veel overhoogte aanwezig.

De noordelijke achterdeur van dijkkring 14 Centraal Holland is echter niet in de beschouwing betrokken: vanuit het IJmeer via dijkkring 44-2 Kromme Rijn, die daar uiterst smal is, rechtstreeks naar Amsterdam. Ook hier lijkt het gelijktrekken van de normen voor 44-2 en de achterliggende C-keringen voor dijkkring 14 voor de hand te liggen. Ook dit is goedkoop, want volgens Overstromingskansen tabel 5.1 is ook bij 44-2 veel overhoogte aanwezig. Hetzelfde geldt voor de B-keringen in 44-2: de Noordzeesluizen in IJmuiden en de Oranjesluizen in Amsterdam.

Systeemwerking wordt in het huidige model niet goed behandeld

Systeemwerking komt als zodanig niet voor in het rekenmodel. Alle dijkkringen worden apart behandeld. Het meenemen van negatieve systeemwerking is gebeurd door het verhogen van het schadebedrag met de (gemiddelde) schade in één benedenstroomse dijkkring. (Hier wordt dus rekening gehouden met positieve systeemwerking.) Dit verhogen van de schade is op zichzelf wel juist, maar het gaat in de huidige procedure in het algemeen niet goed bij de combinatie met een kans. Immers, om schade door cascaderwerking te voorkomen is meestal nodig dat verscheidende dijkkringen of B-keringen niet doorbreken. In het boven besproken voorbeeld van de zuidzijde van de Waal moet de hele, doorlopende waterkering van Nijmegen tot Werkendam op orde zijn om cascaderwerking naar de Maas te voorkomen. Dit staat ook duidelijk vermeld in de KBA, zie Kantekeningen in par. 5.1.3. Het heeft dus geen zin om dijkkring 40-1 Heerewaarden Waal een overstromingskans van 1/30000 (zie tabel 5.2) te geven terwijl de omliggende dijkkringen een veel hogere overstromingskans krijgen. Aan een investering in Heerewaarden wordt dus een te hoge opbrengst gekoppeld. Ook voor de andere dijkkringen met negatieve systeemwerking (41-1 Land van Maas en Waal en 38-1 Bommelerwaard) zijn de berekende overstromingskansen vermoedelijk te laag. Maar daar is de afwijking veel minder groot, omdat het grootste deel van het schadebedrag betrekking heeft op de dijkkring zelf.

De cascadeschade moet dus worden gekoppeld aan de overstromingskansen van al deze onderdelen langs de Waal bij elkaar, niet aan de kans van ieder onderdeel afzonderlijk. Dit betekent dat voor voorkoming van die cascaderwerking veel meer investeringen nodig zijn dan alleen voor het bekeken onderdeel, bijvoorbeeld 40-1 Heerewaarden. Op dit punt voldoet het model dus niet.

Wellicht was het beter geweest om bij negatieve systeemwerking niet de volledige vervolgschade mee te rekenen, maar slechts het deel daarvan dat overeenkomt met het deel dat de lengte van de 'verdedigende' dijkkring uitmaakt in de gehele dijk lengte die van belang is om de vervolgschade te voorkomen.

Dit probleem is verwant aan het probleem dat er niet één schadebedrag is per dijkkring(deel), maar de schade afhangt van de doorbraaklocatie, dus van het traject. Zowel bij het koppelen van schade aan een traject als bij cascaderwerking zijn er ook overlappende schades. Ook daarin voorziet het huidige rekenmodel niet.

7.4 Slachtofferrisico's

Er zijn twee soorten slachtofferrisico's onderscheiden: het Lokaal Individueel Risico en het groepsrisico. Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is de kans op overlijden op een locatie door een overstroming rekening houdend met de mogelijkheid van evacuatie. Het groepsrisico is de kans op overlijden van meer dan een gegeven aantal personen als gevolg van, in dit geval, een overstroming.

In het Gevolgen rapport wordt het aantal slachtoffers bepaald rekening houdend met de mogelijkheden van preventieve evacuatie (welke soms zeer beperkt zijn) en de kans op overlijden van degenen die bij het begin van de overstroming nog aanwezig zijn, de mortaliteit. De mortaliteit is een functie van stroomsnelheid, stijgsnelheid en waterdiepte. Vooral de stijgsnelheid is heel bepalend voor de mortaliteit. Dit leidt ertoe dat vooral in kleine 'bakjesdijkkringen' de mortaliteit groter kan zijn dan de gebruikelijke 1%.

In Gevolgen par. 2.3.2 wordt uiteengezet wat in het kader van de LIR wordt bedoeld met 'locatie'. Het is echter niet uit de tekst op te maken wat een grid van 100 bij 100m en een buurt met elkaar te maken hebben. Afgezien van het feit dat de tekst niet duidelijk is, is ook onduidelijk wat het effect van de gemaakte keuzes is. Dit laatste wordt ook niet duidelijk gemaakt in par. 2.4.3 van het rapport "Analyse van slachtofferrisico's". Maar in par. 2.4.1 en 2.4.3 van dat rapport staat de procedure wel helder beschreven: per buurt en overstromingsscenario worden de medianen genomen van de maximale waterdiepten en van de stijgsnelheden die zijn uitgerekend op een rooster van 100 x 100m (roosterpunten die toevallig in water e.d. liggen, worden weggelaten). Per buurt en scenario wordt met deze medianen een mortaliteitscijfer berekend. Daarna zijn deze mortaliteitscijfers gemiddeld over de scenario's op de hierboven in paragraaf 7.2 beschreven manier tot een LIR per buurt. De LIR van een dijkkring(deel) is dan de maximale waarde van alle buurt-LIR's.

Uit de tekst blijkt verder nog wel dat het nemen van medianen per buurt een grote invloed heeft op de uitkomsten. Er wordt echter niet duidelijk gemaakt waarom dit is gebeurd, anders dan dat hierdoor naar de opvatting van de auteurs “onrealistische uitschieters” worden voorkomen.

7.5 Andere aanvullingen op de gemeten schade

In KBA Bijlage D: ‘Bewerking van schadegegevens’ is aangegeven wat er naast de materiële schade die is opgenomen in HIS-SSM, nog meer is opgenomen in het schadebedrag. Dat zijn het aantal getroffen (inwoners) maal een bedrag per getroffen, het aantal dodelijke slachtoffers maal een bedrag per slachtoffer plus een aantal voornamelijk materiële, maar ongeprijsde verliezen. De laatste post is bijgeschat als een opslag op de gemeten materiële schade. Inclusief een risico-opslag bedraagt de ophoging van de gemeten materiële schade 60%. De gehele materiële schade is dan iets meer dan 70% van de totale schade (par. 9). De rest van de schade hangt samen met getroffen en slachtoffers. Dit komt er op neer dat de gemeten materiële schade 45% van de totale schade is, wat een overall opslagfactor van 2,2 impliceert. Dit is een zeer redelijk getal, maar niet aan de lage kant.

Ook de afzonderlijke opslagen in tabel 6.1 lijken in de toelichting redelijk onderbouwd. Wel wordt een duidelijke behandeling van milieuschade gemist, bijvoorbeeld door bodemverontreiniging. Vooral rivierwater zal bij een overstroming zeer ernstig vervuild zijn door de eerdere overstroming van industrieterreinen, deels ook al in het buitenland.

De risico-opslag wordt hieronder apart in paragraaf 9 besproken.

7.6 Waardering van de schade

7.6.1 Hoogte van de VOSL

Om tot een goede normstelling te komen mogen de baten van een scherpere norm niet worden onderschat, want anders resulteert de KBA-berekening in een te lage veiligheid. Het is dus van belang om alle baten van een veiligheidsverbetering mee te tellen, dus ook de baten van minder dodelijke slachtoffers of gewonden. Dit betekent ook dat deze post gewaardeerd moet worden.

De waarde van de vermindering van persoonlijke schade door voortijdig overlijden behoort in principe, net zoals de waarde van alle andere posten in de KBA, overeen te komen met de betalingsbereidheid van mensen voor deze bate. De betalingsbereidheid voor deze post is ontleend aan een speciale enquêtestudie van de VU in de context van overstromingen. Hierin is op basis van keuzes van mensen uit voorgelegde situaties de betalingsbereidheid geschat om in een situatie die ruwweg vergelijkbaar is met de referentiesituatie in de KBA, een kleine verbetering, dus daling van de sterftekans, te bereiken. Als die betalingsbereidheid wordt omgerekend naar het minder overlijden van 1 persoon, dan wordt dit bedrag de waarde van een statistisch mensenleven genoemd; meestal aangeduid als VOSL (Value of a Statistical Life). In de VU-studie is hiervoor in oktober 2008 gemiddeld een bedrag van 6,8 mln. euro gevonden. Het is zeker een grote vooruitgang dat er nu een onderzoek is gehouden waarin dit op een zo goed mogelijke manier geprobeerd is te vragen, maar het is wel jammer dat het er maar één is.

Zoals vermeld in bijlage D, box op pag. 43, roept de VOSL en de hoogte daarvan vragen op die niet gemakkelijk zijn te beantwoorden.

Het grootste probleem met de enquête is dat het gaat om situaties die mensen niet regelmatig meemaken en zich dus maar moeilijk kunnen voorstellen. Bovendien moeten zij een zeer kleine kans goed kunnen inschatten en ook de betekenis van een vermindering van die zeer kleine kans. De bedragen waartegen zij dat afwegen, zijn gering, enkele tientjes per jaar. Er vindt dus een enorme uitvergroting plaats om te komen

tot de VOSL. Anderzijds lijkt het resulterende bedrag niet onredelijk in vergelijking met VOSL bedragen die uit andere onderzoeken komen.

Maar het is wel een probleem dat het bedrag van de VOSL 'onbetaalbaar' is in de zin dat als het betrekking zou hebben op een verschijnsel dat iedereen treft, het nationaal inkomen onvoldoende zou zijn om die bedragen op te brengen. Een persoon verdient gemiddeld niet genoeg om èn in zijn levensonderhoud te voorzien èn dit soort bedragen over te hebben op ieder terrein dat leidt tot levensverlenging, bijvoorbeeld gezondheidszorg.

Bovendien moet de betalingsbereidheid voor een verbetering sterk dalen bij een daling van de sterftkans in de uitgangssituatie. Het is dus nog maar zeer de vraag of het gehanteerde bedrag wel geldt voor iedere dijkkring in Nederland. En ook, of het bedrag nog wel geldt bij een nieuwe, scherpere norm.

Gelet op het voorgaande is het goed dat er gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd met een grote bandbreedte, namelijk met 1 en met 10 miljoen euro. Het zal uiteindelijk impliciet uit de politieke besluitvorming duidelijk worden hoe er beleidsmatig over wordt gedacht.

7.6.2 Behandeling van de indirecte belastingen

Wil de afweging tussen kosten en baten in een KBA op een correcte manier plaatsvinden, dan moeten beide bedragen vergelijkbaar zijn. Zij moeten betrekking hebben op hetzelfde jaar (of dezelfde periode), luiden in hetzelfde prijspeil en op dezelfde manier zijn gemeten. Daar er in de KBA WV21 voor is gekozen om de kosten te bepalen excl. btw, is het dus ook nodig om de schade te bepalen excl. btw. Bij de VOSL en de VOI is dat gebeurd door het in de enquêtes gevonden bedrag met 14% te verlagen. Bij de rest van de schade is het niet duidelijk of die in het goede prijspeil staat.

Deze aanpak leidt er overigens wel toe dat om de benodigde uitgaven weer te geven, in KBA par. 7.4 een omrekening nodig is.¹⁷

7.7 Veranderingen in de tijd

Er is rekening gehouden met:

1. Economische groei, zowel bij de bepaling van het startniveau in 2015 (alleen materiële schade, vanaf 2000) als bij de optimalisatie (alle schade). In het laatste geval impliceert dit dat de waarderingen voor bijvoorbeeld slachtoffers, maar ook voor historische objecten, evenredig meegroeien met de ontwikkeling van het reële inkomen per hoofd. Bij Almere is, gelet op de Schaalsprong, een extra verhoging toegepast;
2. Stijging aantal inwoners, bij de bepaling van het startniveau in 2015 bij getroffen en slachtoffers voor de KBA en voor 2040 bij de slachtofferrisico's;
3. Een schade verhogend effect van de stijging buitenwaterstand, op schade en slachtoffers, vooral aan de kust;
4. Een schade verhogend effect van de toename van de dijkhoogte volgend uit de KBA, berekend uit verschil tussen schade bij huidig toetspeil en toetspeil plus 1 decimeringshoogte.

De indruk is dat overal op een goede manier met deze veranderingen rekening is gehouden.

¹⁷ Hoewel de in deze KBA gevolgde aanpak in principe een goede is, is het niet een handige. Het is handiger om alles uit te drukken in bedragen incl. btw, zoals ze ook in de Rijksbegroting staan. Dit is, sinds voorjaar 2011, dan ook het voorschrift van de ICIM waaraan alle KBA's die starten na 1 juli 2011, moeten voldoen.

8 Investeringskosten, *k*

8.1 Inhoud rapport ‘Kosten van maatregelen’

De investeringskosten hebben vooral betrekking op dijkversterking omdat dit over het algemeen de goedkoopste manier is om overstromingskansen te verlagen. Vanzelfsprekend moet dit zijn inclusief de kosten voor mitigerende en compenserende maatregelen. Als in de praktijk voor duurdere maatregelen wordt gekozen, dan is dat meestal omdat er andere baten tegenover staan die niet in de KBA zijn meegenomen, zie KBA par. 1.4. Voor de bepaling van normen is het correct om structurele maatregelen te gebruiken met de laagste kosten.

Basisberekeningen

Kosten van verbetering van waterkeringen zijn oorspronkelijk bepaald per dijkvak en daarna geaggregeerd tot een kostenfunctie per traject. In totaal zijn er 203 trajecten in het model. Dijkvakken zijn onderscheiden op basis van dijkprofiel en bodemtype, in totaal zijn het er 652. Binnen een dijkvak is weer onderscheid gemaakt naar het bestaan van ‘gewone dijken’ en een aantal soorten constructies en kunstwerken. Op iedere locatie (d.w.z. om de meter) is bovendien zeer gedetailleerd rekening gehouden met de bestaande situatie in een strook van 200 m (verdeeld in vakjes van 5 m) achter de dijk. Als er bebouwing is, is een constructieve oplossing gekozen. Wegen zijn heraangelegd na de dijkversterking. Per bijzondere situatie, bijvoorbeeld een brugaanzet, is een aparte oplossing gezocht. Bij het bepalen van de eisen waaraan een waterkering na een verhoging moet voldoen (bijvoorbeeld de dijkdoorsnede), is expliciet gelet op de drie meest belangrijke faalmechanismen: overloop/overslag, opbarsten/piping en macro-instabiliteit.

De berekeningen zijn dus voor alle dijkkringen in zeer groot detail uitgevoerd en dit deel van de berekeningswijze is ook in het rapport gedetailleerd toegelicht. Het ontbreekt het CPB echter aan specifieke expertise om na te gaan of deze indrukwekkende hoeveelheid detailberekeningen goed is uitgevoerd. Het onderstaand commentaar beperkt zich bijna geheel tot wat er met de basisresultaten per dijkvak is gedaan. Niettemin een opmerking. Op pag. 48 wordt naast de investeringsuitgaven ook gesproken over afschrijvingen op constructies. Dit wordt verder niet toegelicht en het is daarom niet duidelijk of hier sprake is van dubbeltelling met de investeringsuitgaven zelf.¹⁸

De resultaten zijn niet gecontroleerd door vergelijking met recent aanbestede of uitgevoerde werken.

Bij verhogingen is gekeken naar een totale afstand van minimaal 2 decimeringshoogten (factor 100 in de kans), afgerond naar boven op hele meters, en minimaal 2 m, verdeeld over 20 stappen. Per traject is daarna voor alle daartoe behorende dijkvakken de grootste stapgrootte gekozen. Bij iedere verhoging is alleen gekeken naar de uitvoering in één stap. Na optelling per traject zijn er bij dezelfde uitgangssituatie dus 20 verhogingen met bijbehorende kostencijfers om de kostenfunctie per traject op te schatten. De kostenfuncties zijn geschat op de data tot 2 decimeringshoogten en dat is vaak minder dan de minimaal 2 m waarvoor datapunten beschikbaar zijn.

8.2 Betekenis van referentiesituatie

De kosten van een verandering zijn, behalve van de omvang van de verandering, ook afhankelijk van de startsituatie. Het meest voor de hand liggend is uit te gaan van de verwachte actuele situatie per dijktraject, bijvoorbeeld bij de start van de uitvoering van WV21 besluiten. Dan is de ‘actuele situatie’ gelijk aan de huidige situatie plus de uitvoering van alle werken waartoe al eerder een besluit is of naar verwachting nog wordt genomen.

¹⁸ Uit commentaar van Deltares op een concept van deze notitie blijkt dat de afschrijvingstermijn langer is dan de periode tot aan vervanging. Er heeft daarom inderdaad een dubbeltelling plaats gevonden, maar volgens Deltares heeft dit geen merkbare invloed op de totaalcijfers.

Zoals al uiteengezet in paragraaf 6.2 is echter niet de actuele fysieke situatie als uitgangspunt voor de kostenberekening genomen maar twee berekende, gebaseerd op twee veronderstellingen over de overstromingskansen in de uitgangssituatie. De tweede referentiesituatie komt nog het meest in de buurt van wat hierboven de 'actuele situatie' is genoemd, want het is de door experts globaal ingeschatte overstromingskans op basis van voldoen aan de huidige overschrijdingskansnorm. Omdat echter eerst de berekeningen voor de eerste referentie zijn gemaakt, zijn die voor de tweede gemaakt als een variant daarop. Daarbij zijn nauwelijks te volgen kunstgrepen toegepast. Het is niet na te gaan of dit goed is gebeurd.

Belangrijker is echter dat nergens een overzicht staat van de verschillen in uitgangsposities ten opzichte van de actuele fysieke situatie, bijvoorbeeld bij de kruinhoogte. Er is dus geen controle of een van de twee berekende kostencijfers wel overeenkomt met de kosten die werkelijk gemaakt moeten worden als de dijk moet worden verbeterd. Waarschijnlijk zijn de kosten bij de tweede referentiesituatie de beste van de twee.

Overhoogte

Omdat de KBA een nieuwe norm berekent, kan er vooraf eigenlijk per definitie geen sprake zijn van **overhoogte** of **oversterkte**. In de rapporten wordt daarover echter wel gesproken. Dan moet ermee bedoeld zijn: het verschil tussen de actuele situatie en de referentiesituatie. Gelet op het feit dat berekende kruinhoogtes als uitgangspunt zijn genomen voor de kostenberekeningen betekent dat per definitie dat in de berekeningen geen rekening is gehouden met overhoogte en oversterkte.

Wel is overhoogte in de KBA behandeld in een gevoeligheidsanalyse en deze staat in het Kostenrapport beschreven in par. 7.4. Daarbij is een handige en correcte oplossing bedacht om zelfs rekening te houden met verschillende startsituaties per dijkvak door deze vakken niet aaneensluitend, maar op basis van overeenkomstige karakteristieken samen te voegen tot trajecten. De resultaten van deze varianten in KBA tabel 6.2 zijn niet toegelicht, hoewel ze tegenstrijdig en onbegrijpelijk zijn. Dit kan een aanwijzing zijn dat het werken met berekende kruinhoogten heeft geleid tot inconsistenties, maar de uitkomsten kunnen ook andere, wel goed te duiden oorzaken hebben.

8.3 Schattingsvergelijking en hoogte-effect

De omvang van de kosten hangt niet alleen af van de omvang van de verhoging, maar ook van de hoogte van de kering in de uitgangssituatie. Hoe hoger de kering in de uitgangssituatie is, des te meer kost een verhoging met een vaste omvang. Dat komt omdat een dijk dan ook breder moet worden gemaakt en soms overgestapt moet worden naar een duurdere techniek. Dit hoogte-effect zit dan ook in de specificatie van de investeringskostenfunctie (zie Kosten par. 2.2.4). Er is echter in het basisonderzoek uitsluitend gekeken naar een eenmalige verhoging, zodat de hoogte in de uitgangssituatie in het basisonderzoek niet is gevarieerd. Daarom kan de coëfficiënt in de kostenvergelijking die het hoogte-effect geeft, λ , minder goed worden bepaald. Het hoogte-effect wordt alleen afgeleid van een meer dan lineaire stijging van de kosten van een verhoging. Even aannemend dat de totale kosten van een eerste verhoging in de uitgangssituatie goed worden benaderd, kan de vraag rijzen of een goede schatting van het specifieke hoogte-effect in het kader van dit onderzoek belangrijk is. Het antwoord is helaas bevestigend en wel om de volgende reden.

Het hele WV21 onderzoek is erop gericht om die dijkringen op te sporen waarvoor een aanscherping van de huidige veiligheidsnorm opportuun lijkt en aan te geven wat een goede nieuwe norm zou zijn. Deze dijkringen hebben daarom in de uitgangssituatie een achterstand ten opzichte van de optimale norm en dus wordt er in de uitgangssituatie onmiddellijk geïnvesteerd. De middenkans wordt bepaald voor het jaar 2050 en daarvoor is de toestand bij de eerstvolgende investering beslissend. Dat is bij deze dijkringen dus vrijwel altijd minimaal de tweede investering en dus telt het hoogte-effect daarin apart nog een keer mee. Het maakt dus uit voor de norm hoe hoog deze coëfficiënt is.

Het is daarom jammer dat er niet iets aan detail is opgeofferd en daarentegen enige tijd zou zijn gestoken in het betrouwbaar bepalen van het hoogte effect. Bij de dataverzameling had dit gekund door de verhogingen

boven bijvoorbeeld een decimeringshoogte (of 1 m) ook uit te rekenen als uit te voeren in twee stappen. Dat had voor het traject tot 1 decimeringshoogte twee waarnemingen opgeleverd bij een verschillende beginhoogte. Dat was de betrouwbaarheid van de schatting van de hoogtecoëfficiënt zeker ten goede gekomen. Nergens in het rapport zijn kwaliteitsmaatstaven te vinden van de schattingsresultaten (R^2 , standaardfouten, e.d.)

Mogelijk wegens deze onbetrouwbaarheid van de data is de waarde van deze hoogtecoëfficiënt in de schatting a priori beperkt tot een effect van 10 tot 40% stijging bij een tweede verhoging na een eerste verhoging met 1 m. Een reden wordt in het Kostenrapport niet gegeven, noch een toelichting op de omvang, hoewel toch veel schattingen op deze randen uitkomen.¹⁹ Er wordt met deze grenzen ook niet gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse.

Dat daarvoor alle reden is, blijkt uit een vergelijking met andere studies. Een zeer gedetailleerde studie is het proefschrift van Voortman (2002), toegepast op de dijkkring Groningen; in de KBA is dit dijkkringtraject 6-2. Volgens Kosten tabel I geldt: $\lambda = 0,00095$, de minimum waarde; uit Voortman's proefschrift is af te leiden $\lambda \approx 0,005$; dat is meer dan de maximum waarde die in het kostenrapport wordt toegelaten. Ook bij de schattingen voor Ruimte voor de Rivier zijn soms veel hogere waarden voor λ gevonden (tot 0,01), terwijl toen een minimumwaarde is gebruikt voor het lineaire effect b , wat bij de schatting de omvang van λ nog beperkt, zie Eijgenraam (2005) bijlage C.

Daarmee komen we aan de vergelijking met die vroegere cijfers in Kosten par. 9.2, het beste samengevat in figuur 9.1. De verschillen met de RvdR cijfers worden, ook relatief, groter naarmate de investeringsactie groter wordt. In het Kostenrapport wordt als reden genoemd dat er vroeger wellicht wat sneller is uitgegaan van de noodzaak over te stappen op een constructieve oplossing, die over het algemeen duurder is dan een dijkverhoging. Maar waarschijnlijk verklaart dit niet alles. De kostenstijgingen kwamen in de oudere cijfers niet zozeer van de constructieve oplossingen, maar vooral door de kosten van kunstwerken en het is de vraag of die nu wel in voldoende mate zijn meegenomen. Ook hier speelt vaak dat een beperkte stijging van de belasting weinig kosten met zich mee brengt, terwijl op een gegeven moment een (zeer) ingrijpende aanpassing of zelfs een complete vervanging nodig is. Vandaar dat de afwijking juist bij de grootste vergelijkbare verhoging van 1,5 m ook relatief verreweg het grootst is. Anderzijds zijn er niet veel echte grote kunstwerken in A-keringen. De gedetailleerde opzet van het Kostenrapport kan op dit punt inderdaad tot een duidelijk betere schatting van de kosten hebben geleid.

Maar als het Kostenrapport gelijk heeft in het zeer gematigd stijgende verloop van de kosten, dan is niet duidelijk waarom niet voor een andere specificatie van de kostenfunctie is gekozen. Het modelprogramma kan immers ook een kwadratische kostenfunctie aan. Het Kostenrapport behandelt deze kwestie niet. In sommige, maar niet alle opzichten is een kwadratische functie makkelijker toepasbaar en eenvoudiger te beargumenteren dan een lineair/exponentiële.

Eindconclusie kostencijfers

Het is jammer dat juist dit uitgebreide kostenonderzoek geen beter inzicht geeft in het voor de norm echt belangrijke hoogte effect. Ook op andere punten, zoals de veronderstelling over de kruinhoogte, zijn de cijfers moeilijk te beoordelen. Al met al is er geen duidelijkheid of voor de berekening van de middenkans de goede kostencijfers zijn gebruikt, ook al is er zeer veel goed detailonderzoek gedaan.

¹⁹ Uit aanvullende informatie van Deltares naar aanleiding van een concept van deze notitie blijkt dat er 7 trajecten zijn waarvoor in het kader van de KBA twee kostenschattingen zijn gemaakt uitgaande van een verschillende hoogte bij de start. Uit een vergelijking blijkt dat het direct gemeten hoogte-effect binnen de gehanteerde grenzen blijft en niet systematisch afwijkt van de geschatte waarde voor λ .

9 Disconteringsvoet, r , en risico-aversie

Van alle afzonderlijke data heeft de disconteringsvoet wel de grootste invloed op de berekende toetsnorm. Zoals blijkt uit formule (3.1) heeft deze variabele, r , een proportioneel effect, want het effect van de disconteringsvoet via de optimale omvang van de gemiddelde kosten k is verwaarloosbaar. Een twee keer zo hoge waarde van de disconteringsvoet levert ook een verdubbeling van de middenkans. Wegens dit grote belang van de disconteringsvoet zijn CPB, CWI en Deltares een gezamenlijk project gestart om te bezien of voor dit type projecten een specifieke disconteringsvoet onderbouwd kon worden. Dit project blijkt echter moeilijk uitvoerbaar en heeft nog geen resultaten opgeleverd die bruikbaar waren voor deze KBA WV21.

Daarom is terecht teruggevallen op de algemene regel dat een rentevoet moet worden gebruikt van 5,5% (inclusief een risico-opslag van 3%-punt). Deze disconteringsvoet is hoger dan over het algemeen in het verleden voor dit type berekeningen is gebruikt, hetgeen op zichzelf leidt tot wat hogere waarden voor de middenkans dan wel eens in het verleden zijn gevonden.²⁰

Risico-aversie verwerkt als opslag op schade

Volgens het kabinetsvoorschrift kan voor sommige posten in een KBA worden gerekend met een disconteringsvoet met een gehalveerde risico-opslag. Het moet dan gaan om op geld gewaardeerde externe effecten met een permanent karakter. Daarbij is schade door overstromen een van de genoemde voorbeelden.

Van deze tweede algemene regel is echter geen gebruik gemaakt, maar er is gekozen voor een specifieke oplossing om rekening te houden met risico-aversie, zie KBA, bijlage D, par. 7. De eerste reden daarvoor is dat verlaging van de disconteringsvoet alleen bij de schade uitsluitend een effect heeft op de middenkans via de kostenvariabele k in formule (3.1), welk effect verwaarloosbaar klein is. Het effect van de verlaging werkt in het model op dezelfde manier als een snellere klimaatverandering en, zoals blijkt uit variant 4a, ook dat tempo heeft nauwelijks invloed op de norm. Het tweede argument is dat het 'risico' waar het hier om gaat, niet groter wordt in de tijd maar ook het eerste jaar al volledig bestaat. Daarom is er voor gekozen om een euro schade zwaarder te wegen dan een euro kosten. Dit is, ook theoretisch, een goede manier om rekening te houden met risico-aversie. In formule (3.2) betekent dit een vergroting van het schadebedrag V_i in de noemer, zodat de uitkomst van de breuk, de middenkans op overstromen P_i , evenredig kleiner wordt.

Dit is alleen gedaan voor het deel van de schade dat niet kan worden gespreid, dat wil vooral zeggen, niet door de overheid wordt vergoed. Dit omvat een gedeelte van de materiële schade en alle immateriële schade. Van de laatste component is aangenomen dat de volledige betalingsbereidheid voor het vermijden van de immateriële schade (inclusief het effect van risico-aversie) al is meegenomen in de schatting van de VOSL en andere soortgelijke waarderingen. Blijft over het niet vergoede deel van de materiële schade. Daarvoor is een redelijke schatting gemaakt, resulterend in een opslag van 10%-punt op alle gemeten materiële schade.

Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse gedaan met 0 en 20%-punt. Gelet op de grote gevoeligheid van de opslagfactor voor risico-aversie zowel voor het percentage van het vermogen dat verloren gaat, als voor het percentage daarvan dat door de overheid wordt vergoed, had in de gevoeligheidsanalyse het gebruik van een hoger percentage dan 20% meer voor de hand gelegen.

²⁰ Sommigen refereren dan (impliciet) aan getallen waarbij de disconteringsvoet is verminderd met het tempo van de economische groei. Dit gaat terug op de oplossing van het dijkenprobleem door Van Dantzig, zie Eijgenraam (2006). Op dit punt was zijn oplossing echter niet de optimale en deze verlaging is dus niet correct.

10 Resultaten en Gevoeligheidsanalyses

10.1 Resultaten, varianten en conclusies

Aan het belangrijkste inzicht in het hele onderzoek voor het bereiken van een betere veiligheid wordt in het KBA-rapport eigenlijk nauwelijks aandacht besteed. Dit inzicht is de zogenaamde omrekentabel (KBA tabel 3.1). De tabel laat zien dat bij de huidige procedures een dijkkring die voldoet aan de wettelijke norm voor de overschrijdingskans, een overstromingskans heeft die gemiddeld een factor 2 tot 5 groter is. Dit betekent dat als ervoor wordt gekozen om als eerste de overstap te maken van overschrijdingskans naar overstromingskans onder handhaving van de huidige getallen, er grote verbeteringen uitgevoerd moeten worden om die nieuwe situatie te bereiken. Deze verbeteracties zijn echter per definitie de meest efficiënte die er zijn. Waarom dat zo is, is eerder uitgelegd in paragraaf 4. Slechts bij enige, kleine dijkkringen wordt dan duidelijk verder gegaan dan de middenkans uit de KBA berekening en zelfs dan is het bij een aantal daarvan nog de vraag of ook die niet moeten worden verbeterd om in de nieuwe situatie cascaderwerking te voorkomen. Juist omdat er nu in de oude definities in verreweg de meeste dijkkringen reden is voor forse aanscherping, is er nu de unieke gelegenheid om met zeer weinig extra kosten over te stappen op de nieuwe strengere definitie.

Tevens zijn deze verbeteringen in absolute zin groter dan alle mogelijk denkbare volgende bij elkaar. Immers, na het wegnemen van de helft van de huidige overstromingskans kan de andere helft nooit tot nul worden teruggebracht. Dit is een andere manier om aan te geven dat een goed gekozen eerste verbetering altijd de meest efficiënte is. In paragraaf 4 is uitgelegd dat juist een norm voor de overstromingskans leidt tot de keuze van het meest efficiënte verbeterpakket.

Het feitelijk bereiken van referentiesituatie 1 is dus veel belangrijker dan een getalsmatige verandering van normen. Sterker nog, het alleen veranderen van getallen bij handhaving van de huidige definitie zal onvermijdelijk leiden tot investeringsprogramma's die niet gericht zijn op het oplossen van de grootste problemen en zullen dus relatief weinig feitelijk gaan bijdragen aan meer veiligheid.

De getalsmatige informatie in de KBA kan in ieder geval bijdragen tot een goede prioritering binnen investeringsprogramma's.

De berekeningen voor de A-keringen per dijkkring lijken goed uitgevoerd, met uitzondering van de dijkkringdelen aan de zuidzijde van de Waal. Het huidige optimalisatiemodel is voor die situatie niet geschikt. Dit is echter wel een belangrijke waterkering wegens de mogelijkheid van cascaderwerking naar de Maas. Nader onderzoek om ook deze situaties goed te kunnen uitrekenen lijkt gewenst.

De beste getallen voor de middenkans zijn die welke behoren bij de tweede referentiesituatie, maar gecorrigeerd voor het verschil in uitkomst in de Monte Carlo-analyse. Volgens de KBA par. 6.2 liggen de gemiddelde middenkansen in de Monte Carlo-analyse 15 tot 30% lager dan die in de basisvariant. Dit wordt hierna in paragraaf 10.3 toegelicht. De getallen behorend bij de eerste referentie zijn niet van belang.

Getalsmatige aanscherping van de normen, nadat eerst is overgestapt op overstromingskansen, is te overwegen bij:

1. Dijkkring 8 Flevoland, vooral het deel 8-2 Flevoland Zuidwest met Almere;
2. 15-1 Krimpener- en Lopikerwaard en 44-1 Kromme Rijn door die normen gelijk te stellen aan die van 14-3 Centraal Holland Zuid (zie de variant in KBA par. 6.3);
3. Bijna alle dijkkringen langs de Bovenrivieren;

4. Andere onderbrekingen in de veiligheidslijn die kunnen leiden tot cascaderwerking, bijv. dijkkringdeel 44-2 Kromme Rijn Meer, waar de mogelijke schade in Centraal Holland (Amsterdam) niet in de KBA-berekening zit.

De KBA resultaten geven verder aanleiding om de normen voor de Maaskades nader te bezien. Terecht maakt het KBA rapport par. 5.1.5 kanttekeningen bij de uitkomsten voor de Maaskades.

KBA par. 6.3 geeft ook een variant met compartimentering van dijkkring 43 Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden door een dijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal te verhogen. Ondanks deze kostenverhoging wordt voor beide compartimenten een lagere middenkans gevonden dan voor het totaal. Dit moet komen doordat de schade in het oostelijk deel na compartimentering duidelijk hoger is dan zonder compartimentering. Merkwaardig is de laatste opmerking dat, als er bij overstroming van het oostelijk deel ook schade optreedt in het westelijk deel, de middenkans van het oostelijk deel daalt. Dit zou betekenen dat geld uitgeven voor een actie die de schade verhoogt, zou leiden tot opnieuw meer uitgaven voor een veiliger norm. Het zal duidelijk zijn dat dit gedrag nooit optimaal kan zijn. Het KBA rapport bespreekt verder ten onrechte niet de grote waarschijnlijkheid van cascaderwerking naar de Nederrijn-Lek door deze wijze van compartimentering in een NW-ZO richting. Zie hierover de cijfers en toelichting in de KBA Ruimte voor de Rivier hoofdstuk 6 (Eijgenraam (2005)).

10.2 Enkelvoudige gevoeligheidsanalyses

Bij de enkelvoudige gevoeligheidsanalyses (KBA par. 6.1) gaan er twee, nrs. 2 en 7, over meer of minder kosten. Hogere kosten leiden tot een hogere middenkans, lagere kosten tot een lagere middenkans. Zoals formule (3.1) laat zien, is dat per dijkkring rechtevenredig en dat blijkt ook uit de uitkomst van de varianten. De omvang van deze en alle andere varianten lijkt goed gekozen. Zo zit er volgens het kostenrapport een factor 2 tussen de hoogste en de laagste raming, dus een opslag van 50% op de basisvariant zoals in geval 2, is terecht.

Zes gevoeligheidsanalyses, nrs. 5, 6, 8, 9, 10 en 11, hebben betrekking op meer of minder schade, maar vaak slechts voor een gedeelte van de totale schade. Zoals formule (3.2) laat zien, werkt een verandering van de totale schade per dijkkring omgekeerd evenredig uit op de middenkans. Dit is het duidelijkst te zien in geval 8. Altijd leidt een hogere schade tot een lagere middenkans en een lagere schade tot een hogere middenkans.

Interessanter zijn de overige gevoeligheidsanalyses 1, 3 en 4, omdat de werking daarvan niet direct volgt uit de formules. Geruststellend is dat volgens geval 1 de keuze voor een nogal laag overslagdebiet in de basisvariant slechts een effect heeft op de middenkans dat is aangeduid met het woord "gering". De kans zal echter niet lager, maar hoger zijn geworden, iets dat niet blijkt uit het KBA rapport. Zie de toelichting hiervoor in paragraaf 6.3. Ook de keuze van het klimaatscenario (geval 4a) heeft geen merkbaar effect. Belangrijk blijkt de veronderstelling van aftopping bij de Rijn, zie geval 4b. Aanscherping van het veiligheidsbeleid in Duitsland zal in Nederland leiden tot een zeer forse kostenverhoging en dus gaan de middenkansen in het betreffende gebied maar liefst 74% omhoog als geen rekening wordt gehouden met aftopping.

De uitkomsten van geval 3, rekening houden met veel overhoogte, blijken volgens tabel 6.2 sterk uiteen te lopen tussen de drie dijkkringdelen waarvoor de variant is uitgevoerd. Zelfs het teken verschilt en de effecten zijn groot. Dit roept de vraag op of dit geval (en daarmee ook de basisvariant!) wel consistent is uitgerekend. De toelichting is onvoldoende om dat na te kunnen gaan. Er is ook geen verklaring waarom de resultaten zelfs van teken verschillen.

10.3 Monte Carlo-analyse

Veel informatiever dan de enkelvoudige gevoeligheidsanalyses zijn de resultaten van de Monte Carlo-analyse in KBA par. 6.2. Dit is een sterk vernieuwend onderdeel van deze KBA, want het is vermoedelijk de eerste keer dat dit zo uitgebreid in een KBA is gedaan.²¹ Dit voorbeeld strekt zeker tot navolging bij andere KBA's. De schatting van de kansverdelingen berust gedeeltelijk op aanvullende berekeningen van extreme situaties en gedeeltelijk op expertoordelen. De hele Monte Carlo-analyse lijkt goed uitgevoerd en de gebruikte informatie is verantwoord.

De meeste aandacht in de bespreking van de uitkomsten krijgt de bandbreedte van de waaier aan uitkomsten. Die bandbreedte blijkt hier ontmoedigend groot. De verhouding tussen het 90% percentiel en het 10% percentiel van de middenkans is voor de meeste dijkringingen een factor 5 en voor sommige zelfs groter. Het is zeer goed mogelijk dat dit algemeen zal blijken te gelden, dus niet iets specifiek is van waterveiligheid. Ook de uitkomsten bij Maasvlakte 2 geven die indruk. Maar bij gebrek aan meer van deze analyses bij geheel andere projecten kunnen hierover niet al te stellige uitspraken worden gedaan.

Het belang van dit type analyse is echter lang niet alleen het inzicht in de bandbreedte. Van wellicht nog groter belang is het verschil per dijkring tussen het gemiddelde van alle uitkomsten van de Monte Carlo berekeningen en de uitkomst van de basisvariant. In de basisvariant is bij alle invoerparameters en variabelen de meest waarschijnlijke gekozen. Theoretisch geeft dit echter niet de meest waarschijnlijke uitkomst. Dat is het gemiddelde van de Monte Carlo resultaten.²² De Monte Carlo berekeningen zijn echter niet uitgevoerd met het hele model, maar met een versimpelde versie daarvan. De uitkomst kan dus niet rechtstreeks worden gebruikt. Maar het relatieve verschil tussen de Monte Carlo uitkomst en de basisuitkomst dient wel degelijk meegenomen te worden in de hoogte van de echte uitkomsten. De KBA par. 6.2 zegt daarover echter niet veel meer dan:

“Voor alle dijkringdelen is de gemiddelde economisch optimale overstromingskans in de Monte Carlo-analyse kleiner dan de uitkomst in de basisvariant (berekend met de directe benadering). Het verschil bedraagt voor de meeste dijkringdelen tussen 15% en 30%. De verschillen zijn het grootste bij de dijkringdelen die de grootste onzekerheid in schade hebben.”

Door de Monte Carlo-analyse toe te passen wordt op de correcte manier rekening gehouden met het belang om juist de overstromingen die grote schade veroorzaken, te voorkomen.

²¹ Een van de zeldzame eerdere voorbeelden is de KBA voor Maasvlakte 2, waarin is gerekend met kansverdelingen van de tijd tussen opeenvolgende vragers van hetzelfde soort nieuw terrein in combinatie met kansverdelingen van de grootte van iedere vraag per terreintype. In de bedrijfseconomische analyse is dit nog consequent doorgerekend, maar door de ingewikkeldheid van de KBA-berekeningen is er in de uiteindelijke KBA slechts gerekend met de gemiddelde uitkomsten per scenario. Dit voorbeeld is dus duidelijk beperkter dan wat in de KBA WV21 is gedaan. Het wijst er wel op dat een Monte Carlo-analyse alleen mogelijk is als de KBA-uitkomst eenvoudig en snel kan worden berekend. Ook in de KBA WV21 is daarom slechts een benaderingsformule voor de uitkomst doorgerekend en niet het hele model.

²² Het verschil tussen beide berekeningswijzen wordt in de praktijk vaak ten onrechte verwaarloosd. Dat de theoretisch verkeerde berekening ook in de praktijk tot echt onzinnige uitkomsten kan leiden, toont het volgende voorbeeld. We berekenen de optimale investeringsstrategie niet met behulp van het GEMIDDELDE van de hoogste waterstanden per jaar, want dit zou betekenen dat we bijna iedere twee jaar de kosten van een overstroming krijgen. We berekenen de optimale strategie als de dijkhoogte waarvoor de kosten gemiddeld over ALLE waterstanden de laagste zijn. Dus niet eerst middelen en dan 1 keer de kosten uitrekenen, maar vele keren de kosten uitrekenen en dan pas middelen. De Monte Carlo-analyse volgt de theoretisch goede methode.

11 Uitgaven om de nieuwe norm te bereiken

11.1 Uitgaven in de basisvarianten

In de KBA WV21 is geen nulalternatief gespecificeerd, omdat dat niet nodig is voor het berekenen van de optimale middenkans. Daarom kunnen de kosten van normverandering niet rechtstreeks worden bepaald. De modelberekening levert alleen de totale kosten om vanuit de startsituatie te komen tot een verloop van de overstromingskansen dat optimaal past bij de nieuwe middenkans. In de bijbehorende optimale, en dus meest efficiënte, investeringsstrategie wordt tegelijkertijd met alle invloeden van veranderingen rekening gehouden, dus natuurlijk ook met (toekomstige) klimaatverandering. Ook zonder normaanpassing zou dit zijn gebeurd, maar waarschijnlijk op andere tijdstippen en op andere manieren, bijvoorbeeld door wijziging van de maatgevende omstandigheden (hydraulische randvoorwaarden) in de zesjaarlijkse toetsronden. Zoals gezegd, is niet geprobeerd om aan te geven wat zonder normverandering het investeringsverloop in het nulalternatief zou zijn. In plaats daarvan is een toedeling gemaakt van de totale kosten van de optimale investeringsstrategie naar de redenen van investering. Dit is op een goede manier gedaan.

Zoals uitgelegd in paragraaf 6.2, is het beste startpunt de actuele situatie rond de start van de uitvoering van WV 21. Die situatie is dus inclusief de verbeteringen door uitvoering van de nu lopende en voorziene programma's. De kosten voor deze programma's blijven dus terecht buiten beschouwing. Als we aannemen dat door dit soort programma's aan de huidige wettelijke richtlijnen wordt voldaan en we rekenen die situatie om naar een overstromingskans, dan mag bij veel dijkringen de tweede referentiesituatie worden gezien als een redelijke benadering van de correcte actuele situatie. Daarna ondervinden alle dijkringen de gevolgen van economische groei en van klimaatverandering. In KBA par. 7.4 zijn nu alle berekende kosten genomen die samenhangen met het bereiken of handhaven van de nieuwe toetsnorm tot en met het jaar 2050. Daarvoor zijn alle investeringsuitgaven genomen tot 20 jaar nadien d.w.z. tot het jaar 2070. Dit lijkt gemiddeld genomen een goede aanpak.

Van referentiesituatie 2 naar de nieuwe norm

Rechttoe-rechtaan leidt deze aanpak tot totale uitgaven in de periode 2020-2069 van 18,6 mld euro (opgeteld, incl. btw, prijzen 2009). Dit bedrag kan grofweg worden verdeeld in 6,6 mld euro voor normaanpassing en handhaving daarvan, en 12 mld voor de gevolgen van klimaatverandering volgens het W+ scenario.

Met rechttoe-rechtaan bedoelen we hier een letterlijke interpretatie van de uitspraak in de Beleidsnota Waterveiligheid 2009-2015, geciteerd in KBA voetnoot 40: "... dat de nieuwe overstromingskansnormen ten minste een gelijkwaardige veiligheid bieden als de huidige overschrijdingskansnorm en dat niemand er in veiligheid op achteruit zal gaan." We interpreteren dit hier ten eerste als de feitelijke veiligheid die volgt uit de huidige systematiek. Uitgedrukt in overstromingskansen is dat grofweg de tweede referentiesituatie. Ten tweede wordt die veiligheid minimaal gehandhaafd en dat betekent alle dijkringen aanpassen voor klimaatverandering.

In KBA tabel 7.2 staat nog enige aanvullende informatie over de investeringsuitgaven bij de C-keringen, waaruit blijkt dat het niet om heel grote bedragen gaat.

Van referentiesituatie 2 via referentiesituatie 1 naar de nieuwe norm

Er is een tweede manier om de uitspraak in de Beleidsnota te interpreteren. Dat is om voor de nieuwe toetsnormen uitgedrukt in overstromingskansen minimaal de huidige getallen in de wet te gebruiken. Dit laatste is de definitie van de eerste referentiesituatie. Gelet op de inhoud van de in paragraaf 6.2 besproken 'omreken tabel' betekent alleen al deze actie voor bijna alle dijkringen een forse, feitelijke verbetering van de huidige veiligheid. Er moet dus geïnvesteerd worden om de eerste referentiesituatie te bereiken. Gegeven dit

nieuwe uitgangspunt mag ook weer nergens sprake zijn van structurele achteruitgang en dus moet overal worden aangepast voor klimaatverandering.

Bij deze interpretatie kunnen de uitgaven in drie stukken worden gesplitst: de overstap van de actuele situatie naar de eerste referentiesituatie, een eventueel daarop volgende verdere aanscherping van de norm en de uitgaven voor klimaatverandering. Maar nu wreekt zich weer dat in de berekeningen voor de eerste referentiesituatie de kosten van verhogingen niet alle kosten omvatten en dus ten onrechte lager zijn dan die in de berekeningen voor de tweede referentiesituatie. Uit de KBA tabel 4.3 blijkt dat de kosten behorend bij de tweede referentiesituatie gemiddeld ongeveer 20% hoger zijn dan waarmee in de eerste referentiesituatie is gerekend. De kostencijfers van de basisvariant in KBA tabel 7.3 zijn dus ongeveer 20% te laag. Ook de te bereiken veiligheid is daardoor anders.

Ophoging van de feitelijke veiligheid in alle dijkeringen tot de nieuwe norm in de tweede referentie, maar minimaal tot die van de eerste referentiesituatie leidt tot totale uitgaven in de periode 2020-2069 van vermoedelijk wat meer dan 19 mld euro (opgeteld, incl. btw, prijzen 2009). Dit bedrag kan grofweg worden verdeeld in 2,5 mld euro om de eerste referentiesituatie te bereiken, rond de 5 mld euro voor aanvullende normaanpassing en handhaving daarvan en 11,5 tot 12 mld voor de gevolgen van klimaatverandering volgens het W+ scenario. Omdat er bij sommige dijkeringen meer gebeurt, vallen sommige acties iets meer samen zodat ook de verdeling over de drie componenten iets anders uitvalt dan zonder de tussenstap. Wel gaat dus in totaal om miljarden meer dan het KBA rapport tabel 7.3 vermelde bedrag van 16,6 mld euro. Het is dus ook uit het rapport niet op te maken wat de tussenstap extra kost. Daarom wordt er hieronder een slag naar geslagen, mede op basis van aanvullende informatie van Deltares.

Als bij de overstap op een overstromingskansnorm voor alle dijkeringen minimaal de huidige getallen in de wet worden gehanteerd, dan betekent dat voor sommige, vooral kleine dijkeringen een aanscherping van het veiligheidsniveau die verder gaat dan het economisch optimale niveau. Door alle problemen rond de kostencijfers is in de KBA WV21 niet een getal te vinden voor de eenmalige, extra kosten daarvan maar het zal liggen in de orde van grootte van 500 à 600 mln euro. Dit is vermoedelijk nog een overschatting omdat bij een aantal van deze kleine dijkeringen normaanscherping toch noodzakelijk zal zijn om in de nieuwe situatie nieuwe cascadowerking te voorkomen.

11.2 Gevoeligheidsanalyses over uitgaven

Opmerkelijk is dat geen gevoeligheidsanalyses zijn gemaakt over de uitgaven. Dat is voor een deel te begrijpen omdat verandering van de omvang van parameters of variabelen meestal ook gevolgen heeft voor de hoogte van de hoofduitkomst: de middenkans. Maar vooral voor gevoeligheidsanalyse 4a met klimaatscenario G+ zou een weergave van ook de uitgaven wenselijk zijn geweest. Die had dan laten zien dat een ander klimaatscenario weliswaar nauwelijks verschil maakt voor de hoogte van de middenkans, maar een zeer fors verschil maakt als het de uitgaven betreft, omdat er veel minder hoeft te worden geïnvesteerd om een norm te handhaven. Dit zou beter duidelijk hebben gemaakt welke invloed klimaat heeft op de uitkomsten.

12 Ontwerpnorm?

De KBA WV21 doet geen uitspraken over hoe het optimale investeringsprogramma eruit ziet dat hoort bij de nieuwe norm. Dit is ook terecht. Het bereiken en handhaven van de nieuwe norm kan in de praktijk op zeer veel verschillende manieren worden gedaan. Daarvoor kunnen ook heel andere middelen worden gebruikt dan dijkversterking. Zie bijvoorbeeld het grote scala aan maatregelen bij de projecten Ruimte voor de Rivier en Maaswerken. Ook is er niet slechts één omvang van de verandering in de kans is die altijd, of zelfs maar vaak, de meest rendabele is. Wat in een bepaalde situatie de beste verbetering is, is sterk locatie en tijd afhankelijk. Waar het goed is dat er wettelijke toetsnormen bestaan, zou het een zeer slecht idee zijn om hetzelfde na te streven voor ontwerpnormen.

Dit gezegd zijnde, zijn er wellicht toch drie zaken die aandacht verdienen.

De eerste is dat de wet wel een juridische voorziening moet bevatten die voorkomt dat een efficiënt investeringsproject kan worden tegengehouden met als argument dat het verder gaat dan de toetsnorm.

Verder blijkt dat er in de praktijk behoefte bestaat aan ontwerpleidraden waarin wordt uitgelegd hoe men het beste kan omgaan met de combinatie van toekomstverwachtingen en onzekerheden en, in samenhang met het vorige, hoe men het beste komt tot een goede inschatting van de periode waarvoor een nieuw ontwerp moet voldoen aan de norm. Nu lopen in de praktijk allerlei ideeën over toeslagen door elkaar. Het is soms niet duidelijk of de diverse toeslagen gezamenlijk wel alle redenen omvatten. Ook is niet duidelijk of sommige toeslagen gedeeltelijk voor hetzelfde verschijnsel staan en dus dubbeltellingen bevatten.

In situaties waarin de omvang van de verbeteractie niet vooraf door de omstandigheden wordt gedicteerd maar vrij kan worden gekozen, zal het vaak efficiënt zijn om een relatief grote sprong voorwaarts te maken. Dit komt door het relatief grote gewicht van de vaste kosten in de totale kosten. Epema e.a. (2011) noemen in dit verband dat de kering na verbetering een factor 3 à 5 lagere overstromingskans moet krijgen dan de toetsnorm. Dit spoot met de in de KBA WV21 gebruikte benaderingsformule waarin een optimale verbetering is aangenomen ter grootte van een decimeterhoogte. Omgerekend is dit een factor 4 ten opzichte van de middenkans. Maar er zijn vaak situaties waarin een nog veel grotere sprong maken, duidelijk nog veel efficiënter is. Dat geldt bij projecten met relatief zeer hoge vaste kosten zoals de nieuwbouw van kunstwerken.

Dit alles betekent tenslotte, dat de financiering van verbeteracties niet mag worden afgesteld op het louter behalen van de wettelijke toetsnorm, maar moet zijn gekoppeld aan een efficiënte omvang van iedere afzonderlijke maatregel. Gaat de financieringsregeling minder ver, dan zal dit automatisch betekenen dat minder efficiënt wordt geïnvesteerd en gaat veiligheid op termijn veel meer kosten dan nodig is.

Literatuur

- Beckers, J., en K. de Bruijn, 2011, Analyse van slachtofferrisico's Waterveiligheid 21e eeuw; Deltares, Delft, 1204144-005, maart 2011.
- Brekelmans, R., D. den Hertog, C. Roos en C. Eijgenraam, 2011, Safe Dike Heights at Minimal Costs: The Nonhomogeneous Case; paper geaccepteerd voor publicatie in Operations Research, 2011.
- Bruijn, K. de, en M. van der Doef, 2011, Gevolgen van overstromingen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw; Deltares, Delft, 1204144-004, maart 2011.
- CPB, 2005, Urgentie van acties omtrent veiligheid tegen overstromen; CPB Notitie, 30 juni 2005.
- CPB, 2008, Second opinion KKBA Waterveiligheid 21e eeuw; CPB Notitie, 17 september 2008.
- Dantzig, D. van, 1960, Het Economisch beslissingsprobleem betreffende de veiligheid van Nederland tegen stormvloed; Rapport van de Deltacommissie, Bijdrage II.2, p 59-110.
- Eijgenraam, C.J.J., 2005, Veiligheid tegen overstromen, Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier deel 1; CPB Document 82, CPB, Den Haag, april 2005.
- Eijgenraam, C.J.J., 2006, Optimal safety standards for dike-ring areas; CPB Discussion Paper 62, CPB, Den Haag, maart 2006.
- Eijgenraam, C.J.J., 2009, Een algemeen toepasbare definitie voor de toetsnorm voor waterveiligheid Aanvulling en correctie op CPB memorandum 195 (5/2008/2); CPB Memorandum 217 (5/2009/01), CPB, Den Haag, 11 maart 2009, verbeterd 8 december 2010.
- Epema, W.G. (voorz.), e.a., 2011, De beschermingsnorm in waterveiligheid: relatie tussen overstromingskans en normoverschrijdingskans; ENW, 20 mei 2011.
- Grave, P. de, en G. Baarse, 2011, Kosten van Maatregelen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw; Deltares, Delft, 1204144-003, maart 2011.
- Jongejan, R., en B. Jonkman, 2010, Verkenning naar verschil in optimalisatiemogelijkheden bij verschillende invullingen van de faalkansbegroting; memo 24 februari 2010, (opgenomen als bijlage D in Epema e.a. (2011)).
- Kind, J., 2008, Kengetallen Kosten-Batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw; Rijkswaterstaat Waterdienst, 2008.
- Kind, J., 2011, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw; Deltares, Delft, 1204144-006, maart 2011 (met bijlagen C - G).
- Kok, M., en A.C.W.M. Vrouwenvelder, 2009, Eerste vertaalslag van huidig beschermingsniveau naar overstromingskans; Memo 21 december 2009, (opgenomen als bijlage E in Epema e.a. (2011)).
- Velzen, E. van, 2011, Overstromingskansen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw; Deltares, Delft, 1204144-002, maart 2011.
- Voortman, H.G., 2002, Risk-based design of large-scale flood defence systems; Delft University of Technology, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Report no. 02-3.



Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag
T (070) 3383 380

info@cpb.nl | www.cpb.nl

Augustus 2011