



Bas Jonkman, Royal Haskoning / TU Delft

Ruben Jongejan, TU Delft / Jongejan Risk Management Consulting

Bob Maaskant, TU Delft / HKV IJN in water

Alex Roos, Rijkswaterstaat Waterdienst

# Het risico op slachtoffers bij overstromingen

**In de huidige Wet op de Waterkering zijn overschrijdingskansen gedefinieerd voor de waterstanden die de primaire keringen veilig moeten kunnen keren. In toenemende mate wordt echter gevraagd om een integraal waterveiligheidsbeleid, waarin overstromingskansen (anders dan overschrijdingskansen) en gevolgen in samenhang worden beschouwd. Zo zet de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) in op risicobeheersing en kondigt het Nationaal Waterplan met de bijbehorende beleidsnota waterveiligheid<sup>1)</sup> aan dat op basis van overstromingsrisico's nieuwe veiligheidsnormen zullen worden ontwikkeld. Het voorstel is om de normen uit te drukken als maximaal toelaatbare overstromingskansen per dijkkringgebied. Ook de nieuwe Deltacommissie adviseert om bij de beoordeling van de mate van veiligheid ten aanzien van overstromingen uit te gaan van de omvang van overstromingsrisico's.**

**B**ij risico's in het waterbeheer staan niet alleen de kans op dijkdoorbraken en overstromingen centraal, maar ook de gevolgen daarvan. Naast materiële en economische schade is daarbij ook het verlies van mensenlevens van belang. Hoewel dat op het gebied van waterveiligheid nauwelijks het geval is, wordt op andere beleidsterreinen al expliciet rekening gehouden met de kans op slachtoffers. Een overstroming van laaggelegen en dichtbevolkte gebieden in Nederland kan tot zeer veel slachtoffers leiden<sup>2)</sup>. Daarom is in opdracht van Rijkswaterstaat en het ministerie van Verkeer en Waterstaat een verkenning uitgevoerd naar de mogelijke positie van slachtofferrisico's in het hoogwaterbeschermingsbeleid<sup>3)</sup>.

## Bepaling slachtofferrisico's

Om overstromingsrisico's te kunnen bepalen, is allereerst inzicht nodig in de kans op een overstroming met een bepaalde omvang. Per overstromingsscenario kan vervolgens de bijbehorende schade worden berekend. Het aantal slachtoffers is afhankelijk van de waterdiepte en stijg- en stroomsnelheid, het aantal aanwezigen in het overstroomde gebied en de mogelijkheden voor evacuatie én het aantal slachtoffers onder de aanwezige personen. De modellen die bij deze berekeningen worden gehanteerd, zijn gekalibreerd op basis van historische overstromingen<sup>4)</sup>. In het project Veiligheid Nederland in Kaart worden slachtofferrisico's verder in beeld gebracht.

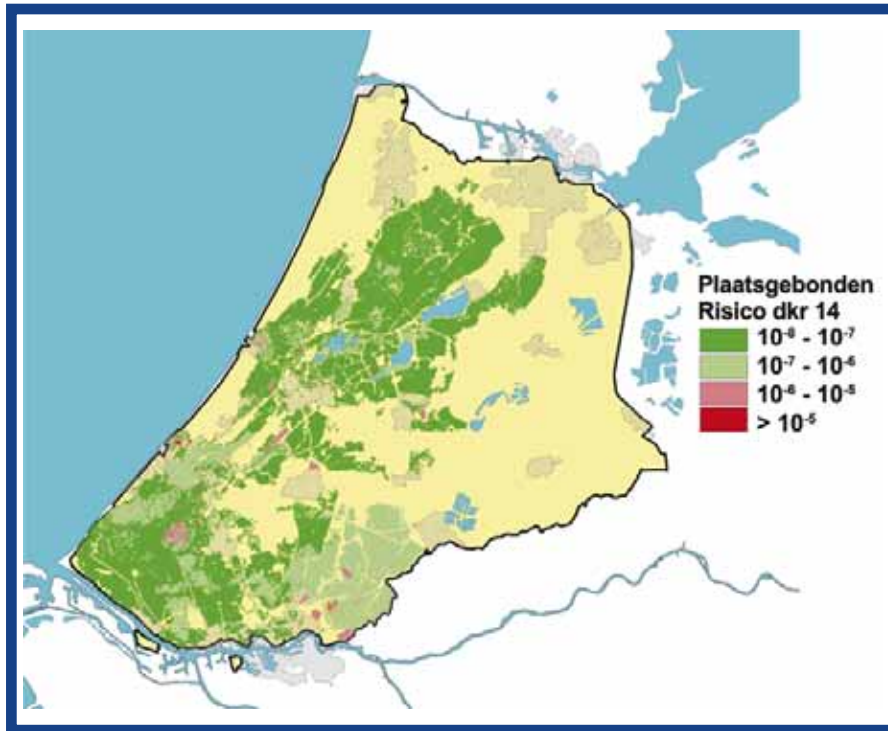
Slachtofferrisico's kunnen op verschillende manieren worden weergegeven en afgewogen. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een individueel en een maatschappelijk perspectief<sup>5),6),7)</sup>. In het eerste geval gaat het over de overlijdenskansen van individuen, in het tweede geval over de kans op een ramp met veel slachtoffers. Twee veelgenoemde risicomaten in dit verband zijn het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Deze maten worden ook in het Nederlandse externe veiligheidsbeleid gehanteerd. Het externe veiligheidsbeleid is gericht op het beperken van de risico's voor de omgeving bij de productie, de opslag en het transport van gevaarlijke stoffen.

Het plaatsgebonden risico drukt de kans uit dat een persoon komt te overlijden die constant op een bepaalde plaats aanwezig is (tot de ramp i.c. overstroming plaatsvindt). Hiermee is het plaatsgebonden risico een eigenschap van een locatie en zodoende bruikbaar voor onder meer het vaststellen van risicozones in het kader van de ruimtelijke ordening. Bij de definitie van het plaatsgebonden risico wordt het effect van evacuatie op de overlijdenskansen buiten beschouwing gelaten. Er kan echter ook voor gekozen worden om het effect van evacuatie mee te nemen in de bepaling van risico's vanuit individueel perspectief.

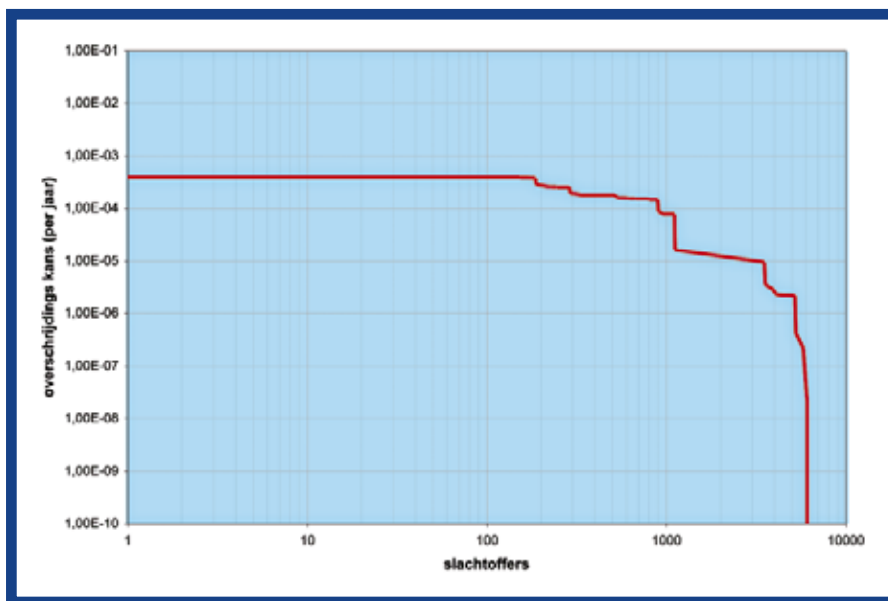
In afbeelding 1 is het plaatsgebonden risico getoond voor dijkkring 14: Centraal Holland. Het risico is berekend op basis van de

beschikbare overstromingsscenario's uit het project Veiligheid Nederland in Kaart deel 1, waarvoor overstromingskansen en gevolgen zijn geschat. Afbeelding 1 toont dat een grote ruimtelijke variatie kan bestaan in het plaatsgebonden risico in een dijkkring. De waarden voor dit risico worden weergegeven op een logaritmische schaal. Dit betekent dat het verschil in risiconiveau tussen de in de figuur onderscheiden risiconiveaus een factor 10 bedraagt. Het plaatsgebonden risico ligt voor grote delen van Zuid-Holland boven de  $10^{-6}$  per jaar (oftewel een kans om gemiddeld eens per miljoen jaar om het leven te komen door overstroming, zonder evacuatie). Enkele locaties ten noordoosten van Rotterdam en ten zuiden van Den Haag hebben een plaatsgebonden risico dat hoger is dan  $10^{-6}$  per jaar. Dit betekent dat de kans om te overlijden ten gevolge van een overstroming klein is in vergelijking met bijvoorbeeld verkeersongevallen. De waarde ligt in dezelfde orde van grootte als het risico voor ongevallen rond chemische installaties.

Het groepsrisico geeft de kans (F) op een ramp met tenminste een N-aantal slachtoffers en wordt vaak weergegeven in een zogeheten FN-curve. Hierin is de kans op een ramp met N of meer slachtoffers uitgezet op de verticale as en het aantal slachtoffers N op de horizontale as. Beide assen worden over het algemeen op logaritmische schaal getoond. Een FN-curve is te bepalen voor een bepaald gebied, zoals een gemeente,

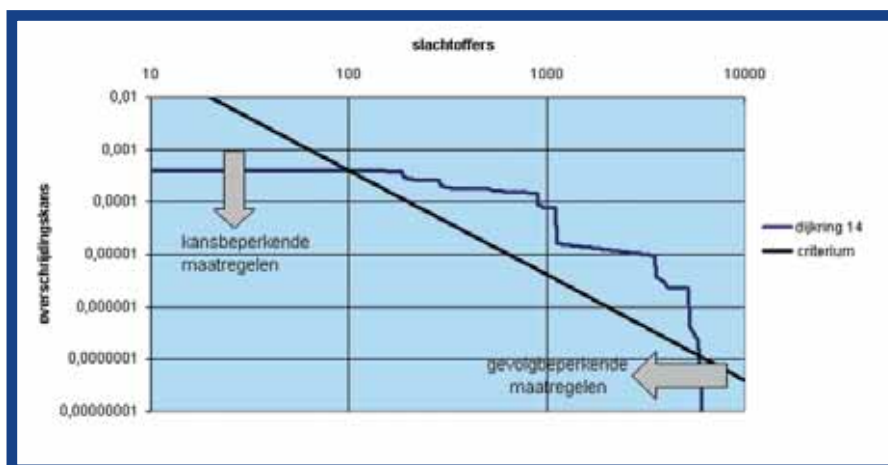


Afb. 1: Het plaatsgebonden risico in dijkkring 14 oftewel centraal Holland<sup>9)</sup>.



Afb. 2: Groepsrisico / FN-curve voor dijkkring 14: Zuid-Holland<sup>9)</sup>.

Afb. 3: Groepsrisico en het effect van verschillende typen maatregelen.



een dijkkring of een land, door informatie over de kansen en gevolgen van overstromings-scenario's te combineren. In afbeelding 2 is de FN-curve opgenomen voor dijkkring 14: Zuid-Holland. Het effect van evacuatie is meegenomen. De berekeningen zijn gebaseerd op de tussenresultaten van de studie Veiligheid Nederland in Kaart uit 2005 en de berekeningen worden nu verbeterd in deel 2. Een FN-curve geeft inzicht in de kans op een ramp met een bepaalde omvang in een bepaald gebied en biedt een basis voor de beoordeling van het effect van verschillende maatregelen op de slachtofferrisico's (zie hieronder).

### Rol slachtofferrisico's in beleid

Na de watersnoodramp is door de (eerste) Deltacommissie een risicobenadering in het waterveiligheidsbeleid geïntroduceerd. In de gehanteerde methode wordt een optimaal beschermingsniveau gevonden door rekening te houden met de investeringen in een veiliger systeem en de reductie van de kans op economische schade. Op basis van deze analyses en politieke besluitvorming zijn in de jaren '60 en '70 normen vastgesteld voor primaire waterkeringen. Voor Zuid-Holland geldt bijvoorbeeld als veiligheidsnorm dat de waterkeringen een belastingniveau dat gemiddeld eens per 10.000 jaar voorkomt, veilig moeten kunnen keren. De huidige normen zijn echter vooral gebaseerd op de economische waarde en vooruitzichten in de jaren '60. In het kader van de voorgenomen herziening van de veiligheidsnormen is vorig jaar een zogeheten kantallen kosten-batenanalyse uitgewerkt<sup>8)</sup>. Daarbij is rekening gehouden met de daadwerkelijke toename van de potentiële schade sinds de jaren '60. Naast de uitkomsten van kosten-batenstudies kunnen ook overwegingen ten aanzien van de omvang van slachtofferrisico's een rol spelen bij het beoordelen van de veiligheid tegen overstromingen.

Door middel van het stellen van een eis aan het plaatsgebonden risico is een ieder een bepaalde basisveiligheid te geven. In het externe veiligheidsbeleid wordt een normwaarde gehanteerd die overeenkomt met een sterftekans van  $10^{-6}$  per jaar. Ook de nieuwe Deltacommissie noemt eenzelfde maximale overlijdenskans (echter inclusief evacuatie). Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of en hoe deze aan de eis te voldoen is voor overstromingen en of dit haalbaar is gelet op de te nemen preventieve en/of ruimtelijke maatregelen.

Met behulp van een eis aan het groepsrisico kan de kans per jaar op een ramp met een bepaald aantal slachtoffers worden beperkt (zie afbeelding 3). Bij het afwegen van groepsrisico's kan worden uitgegaan van norm- of referentielijnen met een kwadratische steilheid. In dat geval moet een ongeval met tien maal meer slachtoffers een 100 keer kleinere kans van optreden hebben. Een kwadratische steilheid drukt een maatschappelijke aversie tegen grote ongevallen uit en sluit aan bij de gebruikte risicocriteria in het externe veiligheidsbeleid.

Het groepsrisico is ook geschikt voor het visualiseren van het effect van maatregelen. Door kansbeperkende maatregelen, zoals betere waterkeringen, verschuift de lijn naar beneden: de kans op een bepaald aantal slachtoffers wordt kleiner. Risicoreductie kan ook worden bereikt door het treffen van gevolgbeperkende maatregelen, zoals compartimentering van dijkringen of verbetering van evacuatiemogelijkheden. Hierdoor vermindert bij dezelfde kans het aantal slachtoffers en schuift de lijn naar links. Ook een combinatie van kans- en gevolgbeperkende maatregelen is mogelijk.

Slachtofferrisico's kunnen op verschillende manieren een plaats krijgen in het waterveiligheidsbeleid. Onderwerp van beleidskeuze zijn:

- de status van de slachtofferrisico's in besluitvorming: gaat het om een harde norm of meer informerende / agenderende informatie?
- de strengheid van eventuele eisen aan slachtofferrisico's: welk risico vindt men maatschappelijk acceptabel?
- het type maatregelen waarmee men risicoreductie wil bewerkstelligen: kansbeperkende, gevolgbeperkende of een combinatie van beide?

Op basis van deze elementen kunnen drie beleidsvarianten worden onderscheiden waarvan de belangrijkste kenmerken zijn samengevat in de tabel. Benadrukt wordt dat in alle drie de gevallen een afweging plaatsvindt op basis van risico's, maar dat in de praktische uitwerking wordt gekozen voor sturing via kans op en/of het gevolg. De varianten verschillen in beschouwde maatregelen, betrokken partijen en het niveau waarop sturing plaatsvindt (centraal,

decentraal of individueel). Het huidige beleid kenmerkt zich door collectieve bescherming met waterkeringen en een afweging op nationaal niveau. Bij toepassing van gevolgbeperkende maatregelen komt het zwaartepunt meer te liggen bij lokale overheden (bijvoorbeeld voor zonering en rampenbestrijding) of op individueel niveau (overstromingsbestendig bouwen).

In de huidige beleidsontwikkeling staat de eerste variant centraal. In het vorig jaar verschenen advies van de Deltacommissie is aangegeven dat de kans op slachtoffers door een overstroming substantieel kleiner moet worden. Mede op basis hiervan heeft de Deltacommissie aangegeven dat de huidige veiligheidsniveaus van de dijkringen een factor 10 omhoog moeten.

In aanvulling op de mogelijkheden om overstromingskansen te verlagen, wordt onderzoek verricht naar mogelijkheden om de kwetsbaarheid van het land voor overstromingen te beperken. Door overstromingsrisico's als (mede)sturend element in de ruimtelijke ordening te betrekken, zou men geleidelijk de toename van de potentiële gevolgen kunnen afremmen of mogelijk zelfs terugdringen. Hierbij kan het bijvoorbeeld gaan om het sturen van de ruimtelijke ontwikkeling met behulp van overstromingsrisicozonering<sup>9)</sup> of het reduceren van gevolgen door verbetering van rampenbestrijding of evacuatie.

Uiteindelijk is het vaststellen van de hoogte en status van veiligheidsnormen een politiek-maatschappelijke kwestie. Voor de keuze voor nieuwe sturingsmechanismen en het vaststellen van eventuele nieuwe veiligheidsnormen is nader onderzoek naar de bijbehorende economische en bestuurlijke consequenties van belang.

#### LITERATUUR

- 1) Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008). Ontwerp beleidsnota waterveiligheid.
- 2) Delft Integraal (2006). Verdrinken in de Randstad. Nummer 4, pag. 26-29.
- 3) Jonkman B., R. Jongejan, B. Maaskant, M. Kok en J. Vrijling (2008). Verkenning slachtofferrisico's in het hoogwaterbeschermingsbeleid. Royal Haskoning, HKV Lijn in Water, TU Delft en Jongejan Risk Management Consulting. Rapport ????????
- 4) Jonkman B. (2007). Loss of life estimation in flood risk assessment - theory and applications. Proefschrift TU Delft.
- 5) Technische adviescommissie voor de waterkeringen (1985). Enkele gedachten aangaande een aanvaardbaar risiconiveau in Nederland. Rapport TAW-werkgroep 10 'Probabilistische methoden'.
- 6) Vrijling J., W. van Hengel en R. Houben (1998). Acceptable risk as a basis for design. Reliability Engineering and System Safety jaargang 59, pag. 141-150.
- 7) Deltacommissie (2008). Samen werken met water.
- 8) Rijkswaterstaat (2008). Waterveiligheid 21e eeuw - kengetallen kosten-batenanalyse.
- 9) Nijwening S., S. de Vuyst, B. Jonkman, P. Lamberigts en F. Duenk (2008). Overstromingsrisicozonering - naar een groter risicobewustzijn in ruimtelijke afwegingen. Royal Haskoning. Eindrapport 9T2004. A0.

#### Overzicht van beleidsvarianten voor een risicogebaseerd waterveiligheidsbeleid.

sturen op:	kenmerken en implicaties	norm / bestuurlijk instrument	mogelijke maatregelen	betrokken partijen
overstromingskans	Gevolgen zijn gegeven. Toename gevolgen gecompenseerd door kleinere overstromingskansen.	Overstromingskans (bepaald door uitkomsten van KBA en analyse slachtofferrisico's)	dijkversterking, 'Ruimte voor de Rivier'	Verkeer en Waterstaat, waterschappen
gevolgen	Overstromingskans ligt vast (vastgesteld op basis kosten-batenanalyse), sturen op gevolgbeperking. Hierdoor mogelijk beperkingen voor groei en ruimtelijke ordening.	Sturing ontwikkeling gevolgen, bijvoorbeeld via zonering, stand-still van risico's en gevolgen	ruimtelijke ordening en zonering aangepast bouwen, terpen, evacuatie	VROM, provincies, gemeentes, BZK, veiligheidsregio's
overstromingskans en gevolgen (-> risico)	per geval afweging van kans- of gevolgbeperkende maatregelen, mede op basis van effectiviteit en maatschappelijke consequenties. Kan leiden tot complexe besluitvorming, afwegingskader nodig	KBA, slachtofferrisico's	dijkversterking / 'Ruimte voor de Rivier' aangepast bouwen ruimtelijke ordening (zonering), terpen, evacuatie	Verkeer en Waterstaat, waterschappen, VROM, provincies, gemeentes, BZK, veiligheidsregio's.