

# Slachtofferrisico's als gevolg van grootschalige overstromingen

Voor de actualisering van de waterveiligheidsnormen (als onderdeel van het Deltaprogramma Veiligheid) voerde Deltares in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu een kosten-batenanalyse uit en een analyse van slachtofferrisico's. De kosten-batenanalyse richt zich op de kosten en risicoreductie door dijkversterking. In de analyse van slachtofferrisico's zijn indicatoren ontwikkeld om deze te berekenen voor Nederland. Hierbij zijn zowel slachtofferrisico's vanuit het perspectief van individuen als vanuit het maatschappelijk perspectief (rampen met grote aantallen slachtoffers) meegenomen. De kosten-batenanalyse is beschreven in H<sub>2</sub>O nr. 25/26 van 23 december jl.. Dit artikel beschrijft de analyse van de slachtofferrisico's. De uitkomsten laten zien dat de slachtofferrisico's binnen Nederland verschillen. Het maatschappelijk slachtofferrisico is vooral in het centrale en benedenrivierengebied relatief hoog. De individuele risico's zijn in die gebieden en ook in kleine diep gelegen polders relatief hoog.

Nederland is goed beschermd tegen overstromingen. Een uitgebreid stelsel van dijken, duinen en stormvloedkeringen houdt het water buiten de kwetsbare laaggelegen gebieden. Om de veiligheid te waarborgen, is per dijkkring een veiligheidsnorm voor de Nederlandse waterkeringen vastgelegd in de Waterwet. Deze norm geeft de overschrijdingskans aan van de te keren waterstanden en golven. In de jaren '60 is deze overschrijdingskans vastgesteld op basis van een globale analyse van overstromingsrisico's. De Randstad kreeg een overschrijdingskans van 1:10.000 per jaar, langs de bovenrivieren geldt een kans van 1:1.250 per jaar en het benedenrivierengebied, het IJsselmeergebied, Zeeland en de Waddeneilanden zitten daar tussenin.

Sinds de jaren '60 is de bevolking toegenomen, de economie gegroeid en onze kennis van het systeem verbeterd. Daarom zijn in het Nationaal Waterplan een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) en een analyse van slachtofferrisico's aangekondigd. In de MKBA zijn de economisch optimale beschermingsniveaus voor de primaire waterkeringen berekend<sup>1)</sup>.

## Individueel en maatschappelijk perspectief

Bij het slachtofferrisico wordt gekeken naar het aantal dodelijke slachtoffers als direct gevolg van een overstroming. De analyse van slachtofferrisico's richt zich op zowel het individuele als het maatschappelijke perspectief. Beide perspectieven zijn relevant voor de discussie over de actualisatie van normen<sup>2)</sup>.

Als indicator voor het risico vanuit het individuele perspectief is het Lokaal Individueel Risico (LIR) gebruikt. Het LIR is de jaarlijkse kans om te overlijden op een bepaalde locatie als gevolg van een overstroming, rekening houdend met evacuatiemogelijkheden<sup>2)</sup>. Het LIR staat los

van het aantal inwoners van een gebied. Een oriëntatiewaarde voor het LIR kan gebruikt worden om invulling te geven aan een soort minimum veiligheidsniveau. Een kaart met LIR-waardes kan gebruikt worden om de meer en minder risicovolle plekken te identificeren: locaties waar de kans om te overlijden door een overstroming groter is dan elders.

Vanuit het maatschappelijk perspectief is het van belang om te kijken naar de kans op een groot aantal slachtoffers in één keer. In gebieden waar veel mensen wonen of een groot gebied in één keer kan onderstromen, kunnen veel slachtoffers vallen. Een overstroming met een groot aantal slachtoffers kan leiden tot maatschappelijke ontwrichting en heeft een grotere impact dan vele kleine incidenten. Dit aspect komt tot uitdrukking in het groepsrisico.

## Uitgangspunten

Slachtofferrisico's worden bepaald door de overstromingskans, de kans op overlijden door een overstroming en/of het aantal slachtoffers dat verwacht wordt bij overstroming. Voor de overstromingskansen is uitgegaan van kansen horend bij een

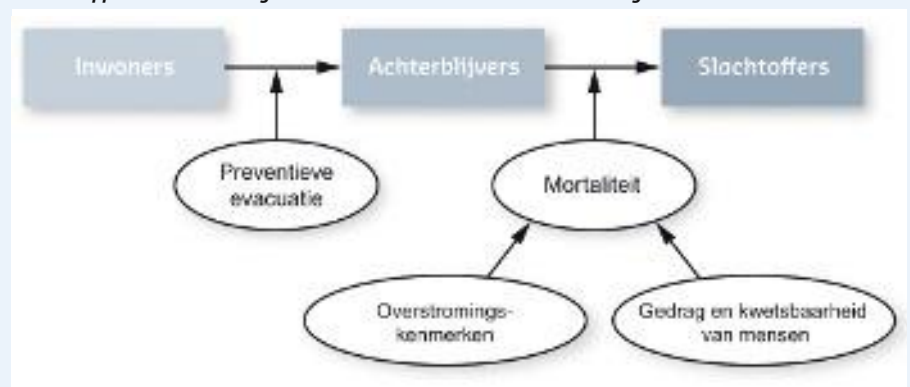
situatie waarin de waterkeringen precies aan de huidige normen voldoen.

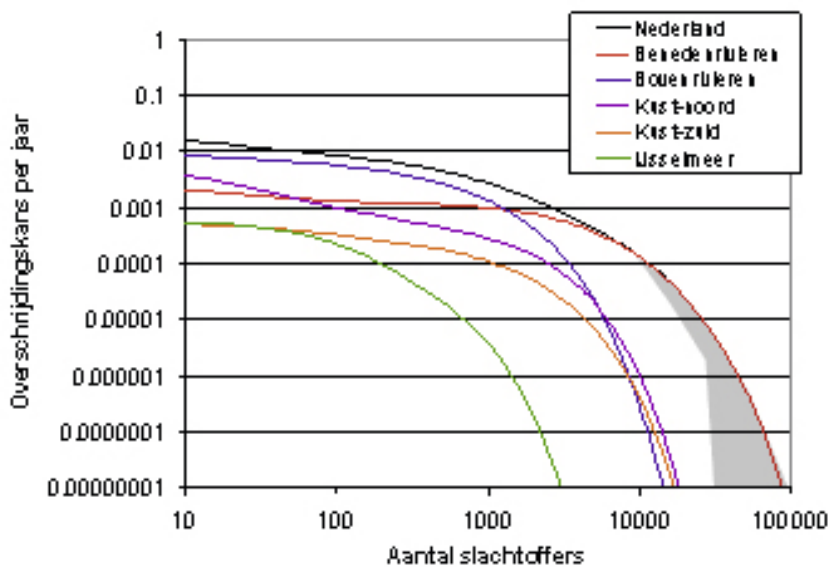
Het aantal verwachte slachtoffers hangt af van het aantal inwoners, de evacuatiemogelijkheden en de kans om als achterblijver te overlijden (de mortaliteit). De mortaliteit wordt bepaald door overstromingskenmerken en het gedrag en kwetsbaarheid van mensen (zie afbeelding 1)<sup>3)</sup>.

Om het aantal achterblijvers te bepalen, is de gemiddelde evacuatiefractie geschat door de verwachte beschikbare tijd en de benodigde tijd voor evacuatie van het gebied te vergelijken. Langs de kust is de waarschuwingstijd vaak kort en wordt geschat dat gemiddeld 15 procent van alle inwoners op tijd geëvacueerd kan worden. Langs de rivieren is er meestal meer waarschuwingstijd en is evacuatie vaak gemakkelijker. Daar kan gemiddeld 75 procent geëvacueerd worden<sup>4)</sup>.

Voor het bepalen van de mortaliteit zijn eerst de overstromingsverlopen geselecteerd die horen bij een representatieve verzameling doorbraaksimulaties bij maatgevende condities en bij condities die een tien keer

Afb. 1: Stappen in de berekening van het aantal slachtoffers door overstromingen<sup>3)</sup>.





Afb. 2: Groepsrisico voor Nederland in 2040<sup>3)</sup>.

kleinere overschrijdingskans hebben. Hiervoor is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van beschikbare overstromingsberekeningen die gemaakt zijn in het kader van het project VNK. Met de standaard slachtofferfuncties<sup>5)</sup> zijn vervolgens de overstromingsverlopen vertaald in mortaliteitskaarten. Die standaardfuncties geven de mortaliteit als functie van de stroomsnelheid, stijgsnelheid van het water over de eerste 1,5 meter en de maximale waterdiepte bij overstroming. Het gedrag en de kwetsbaarheid van mensen zijn impliciet meegenomen in de functies. Door de mortaliteit te vermenigvuldigen met het aantal inwoners is het aantal slachtoffers per scenario berekend.

### Het groepsrisico

Het groepsrisico hangt af van de overstromingskansen van de dijkringen (en dijkkringdelen), het verwachte aantal slachtoffers per dijkkringdeel en de afhankelijkheden tussen overstromingskansen van de verschillende dijkringen. Voor de bepaling van het groepsrisico wordt gerekend met een gemiddeld aantal slachtoffers per dijkkringdeel. De slachtofferaantallen bij de mogelijke overstromingsscenario's worden hiertoe gecombineerd tot een gewogen gemiddelde per dijkkringdeel op basis van de conditionele kansen van de scenario's<sup>2)</sup>. Niet alleen binnen een dijkkring zijn meerdere overstromingspatronen met één of meerdere bressen mogelijk, ook kunnen bij een grootschalige overstroming meerdere dijkringen tegelijkertijd overstromen. Ook deze kans is meegenomen om een beeld te krijgen van het totale groepsrisico van Nederland als geheel.

Het groepsrisico wordt weergegeven met een FN-curve, die de kans op meer dan 'N' slachtoffer weergeeft. Zo'n curve bundelt in één grafiek informatie over de kans op een gebeurtenis met meer dan 10, 100, 1.000 of 10.000 slachtoffers ten gevolge van één overstroming. De oppervlakte onder de curve is gelijk aan het verwachte aantal slachtoffers per jaar. Afbeelding 2 geeft het berekende groepsrisico voor Nederland. De

kans op een overstroming waarbij meer dan 10.000 slachtoffers vallen, is ongeveer één tienduizendste per jaar; de kans op meer dan 2.500 slachtoffers is ongeveer éénduizendste per jaar. Bij een ramp met 10.000 slachtoffers moeten we ons een gelijktijdige overstroming van een groot aantal dijkringen in het benedenrivierengebied voorstellen waarbij ook nog eens de evacuatie moeizaam verloopt en de mortaliteit groter is dan gemiddeld verwacht. Voor grotere aantallen

slachtoffers is de kans lastig te bepalen en minder betrouwbaar. In de grafiek is dit weergegeven door middel van een schaduwband. Tot 1.000 slachtoffers is de bijdrage van dijkringen in het bovenrivierengebied aan het groepsrisico het grootst. Vanaf 1000 slachtoffers is de bijdrage van het benedenrivierengebied dominant. Vooral het gebied van de Alblasserwaard en Vijfheerlanden, de Lopiker-en Krimpenerwaard en het Rijnmond-Drechtstedengebied leveren een grote bijdrage aan het groepsrisico.

### Het Lokaal Individueel Risico

Het Lokaal Individueel Risico (LIR), de jaarlijkse kans om te overlijden op een bepaalde plaats door een overstroming, hangt af van de overstromingskans van het dijkkring(deel), de kans om aanwezig te zijn (deze is afhankelijk van de evacuatiemogelijkheden) en de kans om als achterblijver om te komen (de mortaliteit)<sup>3)</sup>.

Voor het bepalen van het LIR is per doorbraakscenario een mortaliteitskaart gemaakt. Vervolgens zijn de mortaliteitskaarten van de doorbraakscenario's gecombineerd tot een gewogen gemiddelde mortaliteitskaart per dijkkring(deel) op basis van de conditionele kans van de doorbraakscenario's<sup>2)</sup>. Het LIR is berekend als: overstromingskansdijkkring(deel) x gewogen mortaliteit x (1 - evacuatiefractie).

Het resultaat is weergegeven in afbeelding 3.

Afb. 3: De jaarlijkse kans om te overlijden op een bepaalde plaats door een overstroming<sup>2)</sup>.

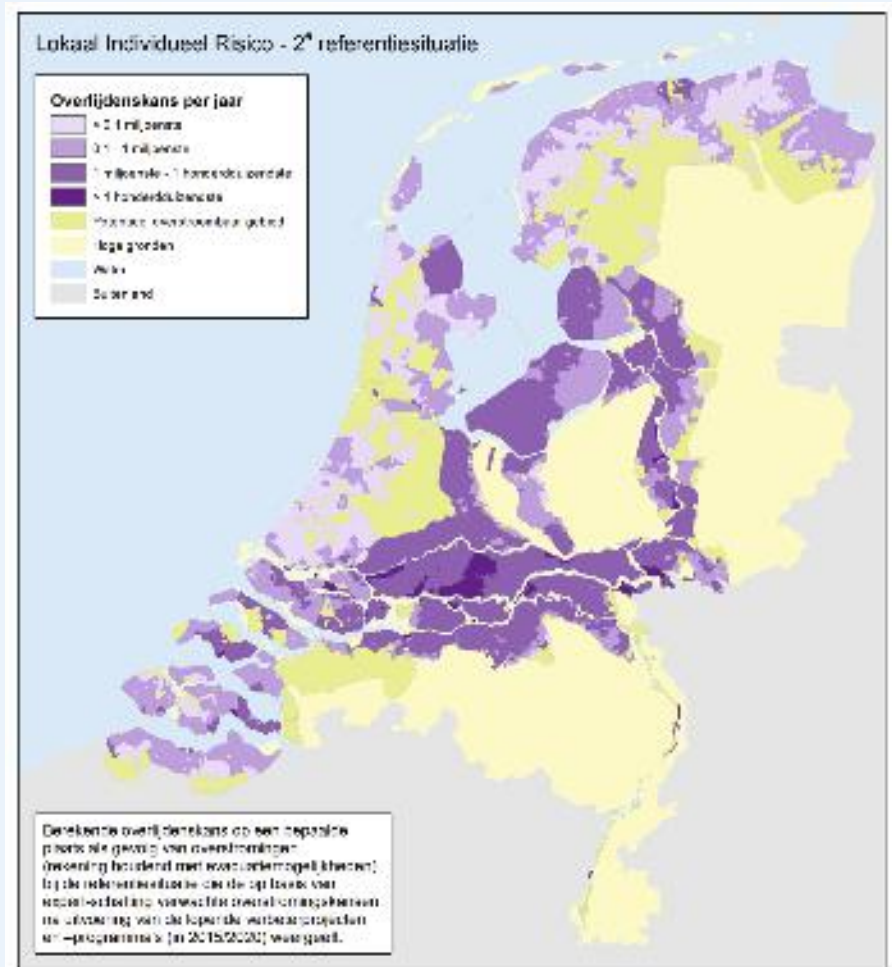




Foto: GeoDelft

De waarden lopen uiteen van groter dan één honderdduizendste tot kleiner dan één tienmiljoenste per jaar. De LIR-kaart geeft aan dat het risico het hoogst is in het centrale rivierengebied, zoals de Lopiker- en Krimpenerwaard, de Alblasserwaard en de Tieler- en Culemborgerwaard én de IJsselmeerpolders. Verder komen lokaal relatief hoge LIR-waarden voor, met name in (kleine) diepe polders.

De hogere waarden in het centrale rivierengebied zijn te verklaren uit de grote overstromingsdieptes in combinatie met relatief hoge overstromingskansen. Ten opzichte van de kust kan in die gebieden bij een dijkdoorbraak meer water naar binnen stromen: het verschil tussen de buitenwaterstand en de maaiveldhoogte binnen de dijkkring is er groter. Bovendien duren rivierhoogwaters langer dan stormopzet van zee. Doordat kustgebieden vaak meer gecompartmenteerd zijn door oude dijken, boezemkades en verhoogd aangelegde snelwegen en spoorlijnen, liggen daar soms wel hele kleine diepe compartimenten vlak achter een dijk (e.g. bij Capelle aan den IJssel). Deze hebben relatief hoge LIR-waardes.

### Reductie slachtofferisico's

Slachtofferisico's kunnen worden verkleind door het reduceren van overstromingskansen door dijkversterking of rivierverruiming. In sommige gevallen is het mogelijk het slachtofferisico van een dijkkring sterk te reduceren door het versterken van slechts een kort dijktraject (bijvoorbeeld met een

deltadijk). Dit is met name het geval in sterk gecompartmenteerde dijkkringen in het benedenrivierengebied en in Zeeland, waar het aantal verwachte slachtoffers per breslocatie sterk kan variëren binnen een dijkkring.

Het is echter ook mogelijk om slachtofferisico's te verlagen door andere maatregelen zoals het verbeteren van de evacuatiemogelijkheden, het inrichten van opvangcentra of het opheven van gebieden. Ook kan door anders of elders te bouwen een verdere toename van het risico mogelijk beperkt worden. Het overwegen van verschillende typen maatregelen om te komen tot aanvaardbare overstromingsrisico's past binnen het nieuwe meerlaagsveiligheidsbeleid zoals beschreven in het Nationaal Waterplan.

### Hoe nu verder?

Het bepalen van een aanvaardbaar veiligheidsniveau is een kwestie van afwegen van technische, ethische en politieke argumenten. De MKBA en berekeningen van slachtofferisico's vormen hiervoor bouwstenen. In het kader van het Delta-programma wordt verder nagedacht over het toekomstige waterveiligheidsbeleid. Gebruik makend van de resultaten van de slachtofferisico-analyse en de MKBA wordt in de gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma nagedacht over mogelijke (kansrijke) strategieën waarin maatregelen gericht op het verlagen van de overstromingskans en gevolgbepijking kunnen worden gecombineerd. Het uiteindelijke doel

is om te komen tot een duurzame beheersing van overstromingsrisico's op een maatschappelijk aanvaardbaar niveau.

**Karin de Bruijn en Joost Beckers (Deltares)**  
**Durk Riedstra (Rijkswaterstaat Waterdienst)**

### NOTEN

- 1) Kind J. *et al.* (2011). Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Een economische analyse ten behoeve van nieuwe normen voor de bescherming tegen hoogwater. Deltares.
- 2) Beckers J. en K. de Bruijn (2011). Analyse van slachtofferisico's waterveiligheid - Een analyse van de bescherming tegen overstroming door buitenwater. Deltares. Project 1204144.
- 3) De Bruijn K. (2009). Slachtofferisico's door overstromingen. Voorstel voor indicatoren voor gebruik in de discussie over nieuwe normen voor de waterkeringen. Deltares. Project 1200165.
- 4) Maaskant B. *et al.* (2009). Evacuatiefractieschattingen Nederland. HKV Lijn in water.
- 5) Maaskant B., S. Jonkman en M. Kok (2009). Analyse slachtofferaantallen VNK-2 en voorstellen voor aanpassingen van slachtofferfuncties. HKV Lijn in water. Rapport PR1669.10.