

# Effecten van evacuatiestrategieën in beeld

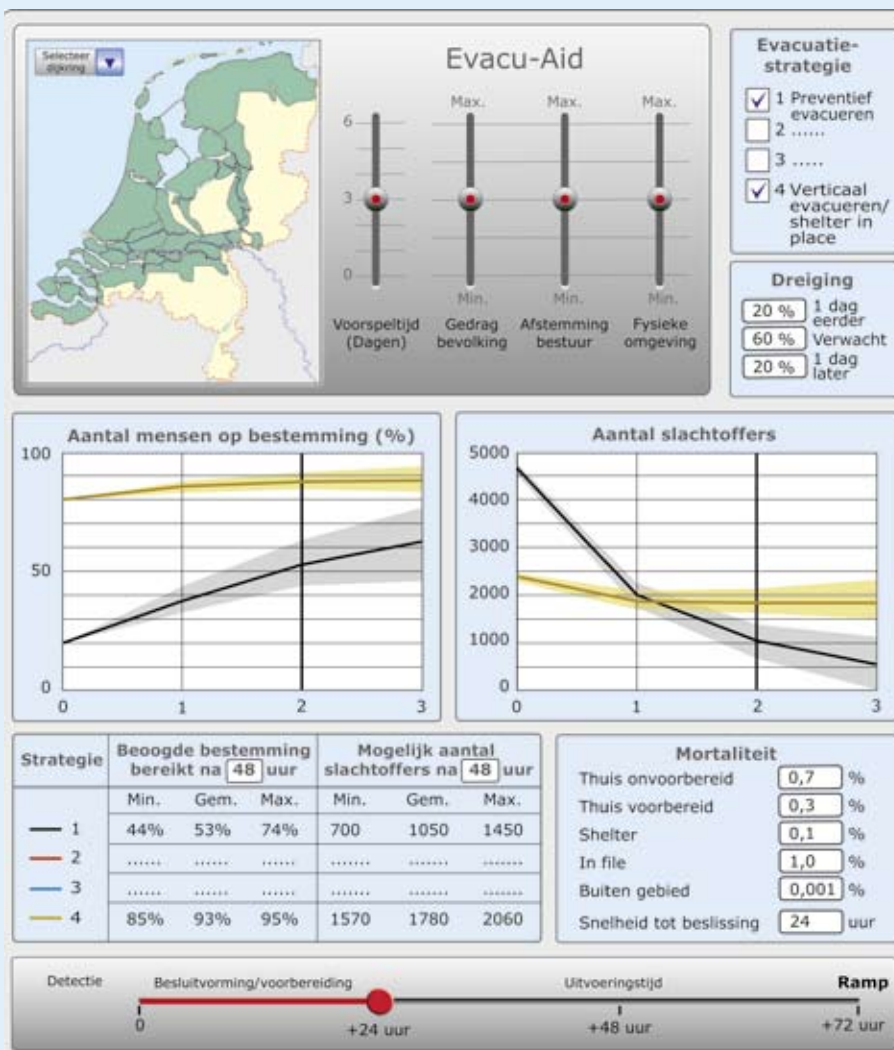
Evacuatie kan voorkomen dat slachtoffers vallen bij een dreigende overstroming. Soms is er echter onvoldoende tijd om een preventieve evacuatie af te ronden. Een andere strategie, zoals 'verticaal evacueren', kan minder slachtoffers opleveren. Dan kan de economie mogelijk langer blijven functioneren. De vraag is welk scenario de werkelijkheid op het moment van beslissen het beste benadert, wat het effect is van onzekerheid en welke evacuatiestrategie de minste slachtoffers oplevert. Dit is tegelijkertijd het dilemma voor een beslisser in geval van een dreiging. Uitstel van een keuze heeft direct consequenties voor de latere mogelijkheden. Met het probabilistisch evacuatiemodel EvacuAid kan het effect van evacuatiestrategieën als functie van de tijd worden bepaald voor planvorming en beslissingen tijdens een dreiging. EvacuAid maakt gebruik van een gegevens van diverse voorbereide evacuatiescenario's. HKV Lijn in Water ontwikkelde het model als prototype in het programma Flood Control 2015.

Evacuatie in geval van overstromingen is erop gericht om voor de ramp zoveel mogelijk mensen in veiligheid te brengen. De evacuatie op zichzelf ontwricht ook de samenleving, met als doel om minder kwetsbaar te zijn als de overstroming optreedt. Inzicht in de mogelijkheden van (realistische) evacuatiestrategieën is dan ook nodig. Op

basis hiervan kunnen beslissingen worden genomen en rampenplannen ontwikkeld. Daarbij gaat het om het onderkennen van en voorbereiden op situaties die zich kunnen voordoen. Vele variaties zijn mogelijk, bijvoorbeeld veel of weinig beschikbare tijd, een grote of kleine dreiging maar ook verschillende percepties van burgers en de beschikbaarheid van infrastructuur. In geval

van een werkelijke dreiging kan een betere inschatting worden gemaakt van de situatie. Het tijdspad is immers min of meer bekend, evenals de omvang van de dreiging en hoe de samenleving er op dat moment uitziet. Maar er blijven onzekerheden, bijvoorbeeld over de kans op een overstroming, hoe deze er uit zal zien en over de effectiviteit van maatregelen. De druk op de beslisser zal groot zijn vanwege de onzekerheid en de grote impact als de overstroming wel of niet optreedt.

Afb. 1: EvacuAid.



Zowel voor planvorming als de aanpak tijdens een crisis is inzicht nodig in het effect van verschillende evacuatiestrategieën. Er zijn al veel scenario's uitgewerkt: de slechtst denkbare omstandigheden, de meest gunstige omstandigheden en tussenliggende varianten. Ieder scenario is gebaseerd op een aantal aannames, waarbij de waarde van een afzonderlijk scenario zonder specialistische (achtergrond)kennis beperkt is. Door rekening te houden met alle mogelijke scenario's, middels een probabilistisch model, is het mogelijk deze kennis te ontsluiten. De behoefte aan deze inzichten vormt de aanleiding voor de ontwikkeling van EvacuAid.

## Verskillende evacuatiestrategieën

Evacuatie is gedefinieerd als de organisatie en uitvoering van de verplaatsing naar een (relatief) veilige bestemming in geval van een (dreigende) ramp.

Er zijn verschillende typen evacuatie, als onderscheid wordt gemaakt naar de bestemming en de aanvang van de verplaatsing ten opzichte van het moment van de dijkdoorbraak:

- preventieve evacuatie oftewel verplaatsen naar een bestemming buiten het bedreigde gebied voordat de dijken bezwijken;
- een schuilplaats oftewel verplaatsen naar een relatief veilige bestemming binnen het bedreigde gebied voordat de dijken bezwijken;
- 'verticaal evacueren' oftewel verplaatsen in de eigen woning naar hogere niveaus;
- het op eigen kracht verlaten van een overstromd gebied;

- door hulpverleners verplaatst worden uit het overstromde gebied.

Een evacuatiestrategie is een combinatie van bovenstaande typen met datgene wat nodig is om deze uit te voeren. De twee uiterste strategieën die zijn opgenomen in EvacuAid, zijn een 'verticale evacuatie' (inclusief schuilplaats) en een preventieve evacuatie. Tussenliggende strategieën zijn combinaties hiervan. Standaard wordt rekening gehouden met het feit dat een aantal mensen (20 procent) niet handelt conform de beoogde strategie. Zij evacueren 'verticaal' als de strategie preventief is (en vice versa).

EvacuAid levert een verwachtingswaarde, inclusief onzekerheidsband, voor het aantal mensen dat zijn bestemming bereikt en het verwachte aantal dodelijke slachtoffers als functie van de tijd. EvacuAid gaat uit van de netto beschikbare tijd die op een tijdbalk wordt aangegeven. Deze netto tijd wordt bepaald door de beschikbare tijd, met aftrek van de benodigde tijd voor besluitvorming en effectuering hiervan; samen noemen we dit de bruto tijd. De gebruiker kan de tijd voor besluitvorming opgeven. Zowel de netto als bruto tijd is in de grafieken als een referentielijn opgenomen.

EvacuAid is bedoeld voor twee doelgroepen om inzicht te leveren in de consequenties van evacuatiestrategieën. De gebruikers kunnen deze consequenties zelf afwegen ten opzichte van de noodzaak van te nemen maatregelen. De gebruikers zijn crisismanagers en bestuurders voor het (tijdig) nemen van besluiten over evacueren én planvormers voor de uitwerking van evacuatiestrategieën in rampenplannen.

De resultaten zijn de eerste twaalf uur na de start van de berekening geldig. EvacuAid is bedoeld voor evacuatiescenario's in de dreigingsfase en met name waardevol op momenten dat een keuze voor een bepaalde strategie moet worden gemaakt.

### Achterliggend probabilistisch model

EvacuAid kan binnen enkele seconden het resultaat voor verschillende evacuatiestrategieën

geïëen als functie van de tijd bepalen. De gebruiker bedient het model via de *interface* waarop een mengpaneel is opgenomen en waarin mortaliteitspercentages per bestemming kunnen worden opgegeven. Via het mengpaneel kunnen per parameter op een schaal van vijf klassen variaties aangebracht worden in de kwaliteit van besluitvorming, het gedrag van burgers en de mate van efficiënt gebruik van de infrastructuur. Ook geeft de gebruiker de beschikbare tijd op en de onzekerheid in de dreiging door te schatten wat de kans is dat waterkeringen een dag eerder of later bezwijken.

Op basis van de beschikbare tijd en de mortaliteit wordt een schatting gemaakt van de consequenties. Op basis van de gevolgen van de overstroming in New Orleans na de orkaan Katrina is een eerste inschatting gemaakt: 0,001 procent preventieve evacuatie (als verkeersongevallen), 0,1 procent in een schuilplaats, 0,3 procent voorbereide en gewaarschuwde thuisblijvers, 0,7 procent niet-voorbereide en niet-gewaarschuwde thuisblijvers en één procent getroffen tijdens de evacuatie.

Uitgangspunt is dat de mensen die naar een schuilplaats gaan dit binnen twaalf uur doen. Gemiddeld wordt verondersteld dat van de achterblijvers de helft naar een schuilplaats gaat, 40 procent thuisblijft en enigszins voorbereid is en tien procent onvoorbereid is. Ten slotte kan de gebruiker nog een inschatting maken van het deel van het bedreigde gebied dat uiteindelijk overstromt.

Via de *interface* wordt een achterliggende databank ontsloten. Deze bevat diverse met een zogeheten evacuatiecalculator voorbereide scenario's die zijn opgesteld voor dijkringingen langs de kust en rivieren. Deze zijn gebaseerd op de dijkringingen die men onderzocht voor de schattingen van eveneens zogeheten evacuatiefracties voor het onderzoek naar een nieuwe normeringssystematiek. Die zijn op hun beurt gebaseerd op evacuatiescenario's uit het Programma

Nationale Veiligheid voor de capaciteitanalyse.

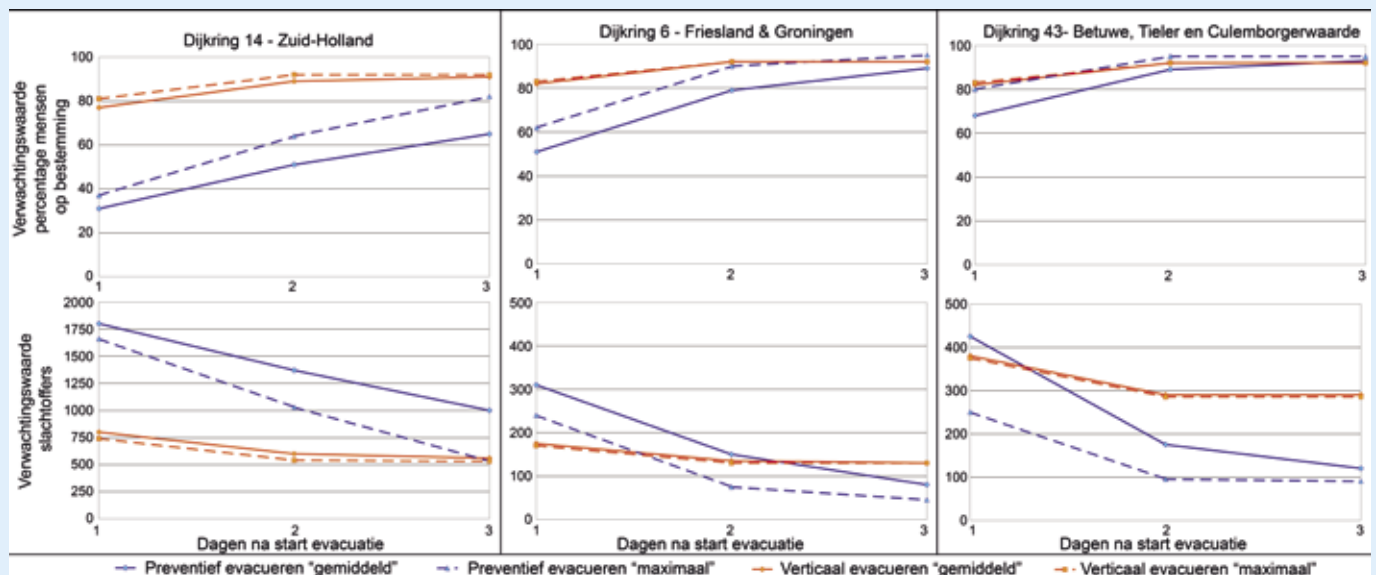
Voor ieder scenario zijn meerdere varianten uitgewerkt, inclusief de beste en de slechtste. Hierbij is gevarieerd met de wijze waarop het verkeer over het gebied is verdeeld. De databank met evacuatiescenario's is op basis van deze referentiesituaties uitgebreid met de volgende variaties: een andere reactietijd van de bevolking (vertrekcurve), een andere bezettingsgraad van vervoermiddelen, veranderingen in de rijsnelheid, een andere beschikbaarheid van het wegennet en filevorming buiten het evacuatiegebied.

De scenario's beschrijven mogelijke resultaten van diverse gebeurtenissen, inclusief het effect van onzekerheden. Omdat het de toekomst betreft, hebben al deze scenario's, afhankelijk van de omstandigheden, een bepaalde kans van voorkomen. Voor ieder scenario is bepaald in welke mate dit bijdraagt aan de verwachtingswaarde van het resultaat van de evacuatie. Ook is bepaald in welke mate deze verhoudingen veranderen als parameters op het mengpaneel meer of minder optimaal zijn. Deze kansinschatting is gemaakt door experts middels een zogeheten Delphi-aanpak. De bevindingen zijn getoetst in interviews met verkeers- en crisismanagers. De gebruiker kan via het mengpaneel een inschatting maken van de kwaliteit van de besluitvorming, het gedrag van mensen en de mate waarin infrastructuur meer of minder dan gemiddeld wordt gebruikt. De gebruiker kan per parameter kiezen uit vijf klassen en ook de onzekerheid in het moment van de dijkdoorbraak opgeven door een kans op te geven dat de dijken een dag eerder of later bezwijken. Het resultaat is een verwachtingswaarde en bandbreedte voor verschillende evacuatiestrategieën.

### Toepassing op dijkringingen

EvacuAid is toegepast voor evacuatie van de dijkringingen Zuid-Holland (nummer 14), Friesland en Groningen (6) en Betuwe-, Tieler- en Culemborgerwaard (43). Er is rekening mee gehouden dat ook

Afb. 2: Verwacht resultaat van een preventieve en een 'verticale' evacuatie voor de drie bestudeerde dijkringingen.



omliggende dijkringen worden bedreigd en geëvacueerd. Hiervoor is Nederland verdeeld in een aantal deelgebieden.

De resultaten zijn bepaald met de eerder genoemde mortaliteitspercentages voor een (netto) beschikbare tijd voor evacuatie van één, twee en drie dagen. Telkens is er rekening mee gehouden dat de kans dat de overstroming een dag eerder of later optreedt 15 procent is (zie afbeelding 2).

Uit de resultaten blijkt dat bij preventief evacueren soms meer dodelijke slachtoffers verwacht worden dan bij 'verticaal evacueren', vanwege de mortaliteitspercentages per bestemming. Het omslagpunt geeft het moment aan waarop preventieve evacuatie minder slachtoffers oplevert dan 'verticale evacuatie'. Het omslagpunt van de optimale evacuatiestrategie is afhankelijk van het gebied (dijkkring) en de gekozen instellingen voor gedrag, maatregelen overheid en infrastructuur.

Voor Zuid-Holland ligt het omslagpunt bij gemiddelde instellingen verder weg dan drie dagen: 'verticaal evacueren' levert dan minder slachtoffers. Voor Friesland en Groningen ligt het omslagpunt bij twee dagen en voor de Betuwe bij één dag. Bij optimale omstandigheden (gedrag, besluitvorming, beschikbaarheid infrastructuur) treedt het omslagpunt eerder op. Voor Friesland en Groningen is preventief evacueren dan interessanter dan 'verticaal evacueren' bij een beschikbare tijd van één dag, voor de Betuwe

al ruim binnen één dag. Voor Zuid-Holland lijkt het omslagpunt dan bij drie dagen te liggen. De effectiviteit van de evacuatiestrategieën in relatie tot de betrouwbaarheid en voorspelhorizon van hoogwater geeft inzicht in de relevantie van de strategieën. Voor riviergebieden met een voorspeld hoogwater binnen enkele dagen blijkt preventief evacueren een zinvolle strategie om zich op voor te bereiden. De situatie verandert als de verwachte, of mogelijke voorspelde tijd korter is en de rol van onzekerheid in de voorspelling groter wordt (dit geldt met name voor de kust en de meren). Preventief evacueren is dan niet direct aantrekkelijker dan 'verticaal evacueren'. Het omslagpunt ligt één of meerdere dagen na het begin van de evacuatie en is afhankelijk van het gebied en de kwaliteit van de uitvoering van de evacuatie. Als rekening wordt gehouden met de onzekerheid in verwachtingen en de mogelijkheid van een onverwachte gebeurtenis, lijkt voorbereiden op een 'verticale evacuatie' altijd een verstandige strategie. Voorbereiden op een preventieve evacuatie is alleen zinvol als deze strategie ook redelijkerwijs uitvoerbaar is. Naarmate het verwachte omslagpunt meer in de buurt zit van de verwachte tijdshorizon, kan de druk op besluitvorming toenemen. Er is immers wat te kiezen.

### Conclusies

EvacuAid levert inzicht in het resultaat van evacuatiestrategieën door het variëren van

de dreiging, besluitvorming, gedrag van mensen en het gebruik van infrastructuur. De resultaten kunnen worden gebruikt voor rampenplannen en voor besluitvorming tijdens een crisis. Door een vergelijking te maken met de beschikbare tijd is na te gaan of voorbereiding op preventieve of 'verticale' evacuatie nodig is.

Zo blijkt voor Zuid-Holland dat een preventieve evacuatie vrijwel altijd meer slachtoffers oplevert dan 'verticaal evacueren'. Voor andere dijkringen blijkt de laatste evacuatiemethode wel interessant wanneer er weinig tijd is. Het omslagpunt wanneer preventief evacueren interessant wordt, is afhankelijk van de dijkkring maar ook van de kwaliteit van optreden van de overheid, het gedrag van de mensen en het gebruik van de infrastructuur. EvacuAid biedt inzicht in de mate waarin deze bijdragen.

Ten behoeve van de nauwkeurigheid wordt aanbevolen om meer inzicht te ontwikkelen in mortaliteitspercentages voor verschillende bestemmingen. Ook verdient het aanbeveling de kansinschattingen te verifiëren.

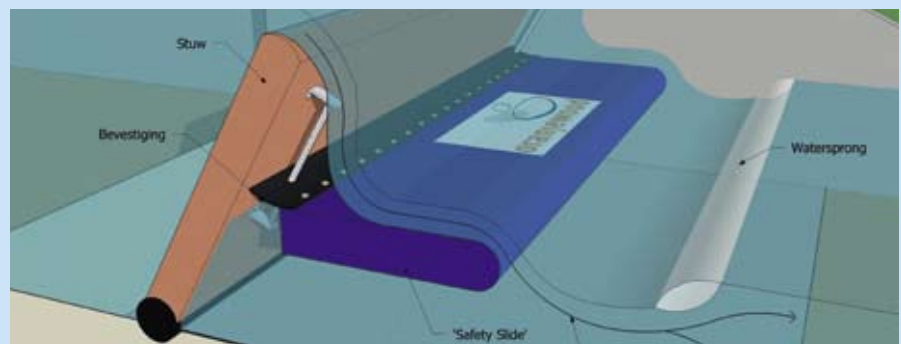
**Bas Kolen, Bob Maaskant en Bart Thonus (HKV Lijn in Water)**

## Waterschappen en kanoën

Waterschappen gaan kanoën over een stuw niet accepteren. Ze willen waterrecreanten wel wijzen op de gevaren van stuwen, bijvoorbeeld door middel van waarschuwborden, in combinatie met het aanleggen van in- en uitstapplaatsen voor kanoërs ruim vóór de stuw. Ook worden kabels met grote drijvende ballen toegepast om te voorkomen dat mensen te dicht in de buurt van een stuw komen.

Maar nog beter is het om iets te doen aan de oorzaak van het gevaar bij een stuw, namelijk de gevaarlijke stroming achter de stuw. Oranjewoud bekeek de veiligheid van stuwen vanuit die invalshoek en heeft hiervoor de *Safety Slide* bedacht: een drijvende plaat die het water dat normaal gesproken de gevaarlijke rondgaande stroming veroorzaakt in horizontale richting afbuigt en daarmee de oorzaak van de stroming voorkomt. Dit biedt extra veiligheid aan mensen die ondanks de al aanwezige veiligheidsredenen en om wat voor reden dan ook toch te dicht bij een stuw in de buurt komen.

Met het idee van de *Safety Slide* was Oranjewoud begin vorig jaar op zoek naar een partij om de veiligheidsplaat in de praktijk te testen. Waterschap Groot Salland zag de mogelijkheden van het ontwerp en ging de samenwerking aan. De rol van het



waterschap is vooral een faciliterende geweest. In overleg tussen Oranjewoud en Waterschap Groot Salland is het ontwerp verder ontwikkeld en getest in de praktijk op de stuw in Laag Zuthem.

Burgers laten genieten van water wordt een steeds belangrijker element in het waterbeheer. Burgers willen dat ook graag. Als waterschap is het prachtig om mensen te laten genieten van datgene wat het waterschapswerk oplevert. En het biedt mogelijkheden om aandacht voor water te vragen. Aan de andere kant staat de veiligheid voor diezelfde burgers altijd voorop. Niet alleen burgers die achter dijken wonen, willen ze veiligheid bieden, ook recreanten op en langs het water. De *Safety Slide* kan daaraan een bijdrage leveren.

De veiligheidsmaatregelen die er tot nu toe waren, past Waterschap Groot Salland al toe. Een voorziening als de *Safety Slide* was er nog niet. Nu die er wel is, kan het een optie zijn, aldus het waterschap.

De tests zijn succesvol verlopen, dus het biedt mogelijkheden om stuwen waar veel mensen komen en waterrecreatie plaatsvindt, veiliger te maken. Groot Salland gaat daarom in kaart brengen of dat voor stuwen in het eigen werkgebied van toepassing is. Per stuw moet dat worden bekeken. Hoe lang zijn de stuwkleppen, hoeveel stuwkleppen heeft de stuw en wat is de technische werking van de stuw? Dat alles is van invloed op het al dan niet daadwerkelijk plaatsen van de *Safety Slide*.