

Rapportage kennisalliantie slachtofferrisico's en evacuatie 2020

Storylines en evacuatiebomen voor Dordrecht en de Gelderse Vallei



Rapportage kennisalliantie slachtofferisico's en evacuatie 2020
Storylines en evacuatiebomen voor Dordrecht en de Gelderse Vallei

Auteur(s)

Karin de Bruijn & Bas Kolen

Rapportage kennisalliantie slachtofferrisico's en evacuatie 2020
 Storylines en evacuatiebomen voor Dordrecht en de Gelderse Vallei

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	de heer D. Riedstra
Referenties	--
Trefwoorden	--

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	21-12-2020
Projectnummer	11205235-007
Document ID	11205235-007-ZWS-0001
Pagina's	48
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Karin de Bruijn en Bas Kolen	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Karin de Bruijn (Deltares)  Bas Kolen (HKV)	Ben van Kester 	Gerard Blom i.a. 	

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond en doel	7
1.2	Doel en aanpak	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Status quo: Slachtofferfuncties en evacuatie	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Bepaling mortaliteit en slachtofferaantallen	10
2.3	Modelleren van evacuatie in risicoanalyse	12
2.4	Samenvatting	13
3	Aanpak storyline en evacuatiebomen	15
3.1	Wat is een storyline en evacuatieboom?	15
3.2	Stappen in het proces van het maken van een storyline en evacuatieboom	18
3.3	Analyse van slachtofferaantallen	19
4	Analyse Dordrecht	21
4.1	Gebiedsbeschrijving Dordrecht	21
4.2	De storyline	23
4.3	Relatie storyline met evacuatieboom en belangrijkste aannames	25
4.4	De evacuatieboom	26
4.5	Resulterende slachtofferaantallen	27
4.6	Discussie en conclusies Dordrecht	28
5	Analyse Gelderse Vallei	31
5.1	Gebiedsbeschrijving	31
5.2	De storyline	32
5.3	De evacuatieboom	34
5.4	Resulterende slachtofferaantallen	35
5.5	Conclusies en aanbevelingen Gelderse Vallei	38
6	Samenvattende conclusies	39
7	Aanbevelingen	41
8	Referenties	42
A	Memo Storyline Dordrecht	44

B	Memo over de Storyline in de Gelderse Vallei	45
C	Rapportage van de evacuatiebomen voor Dordrecht en de Gelderse Vallei	46
D	Verslag van de werksessies met crisismanagers en waterveiligheidsexperts	47

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en doel

De kennisalliantie “Slachtoffers en evacuatie” van RWS, TUD, HKV en Deltares doet onderzoek naar evacuatie, mortaliteit en slachtofferschattingen ten behoeve van waterveiligheid en crisismanagement (De Bruijn, 2016). Waterveiligheid en crisismanagement zorgen ervoor dat de kans op en omvang van overstromingen verkleind wordt en het aantal slachtoffers zo klein mogelijk blijft.

De twee hoofdvragen waar de kennisalliantie aan werkt, zijn:

- 1 Hoe kan evacuatie effectief uitgevoerd worden en wat bepaalt die effectiviteit?
- 2 Hoe kan de mortaliteit en het aantal slachtoffers het best bepaald worden, rekening houdend met (nieuwe) kennis over evacuatie, gedrag, gebouwsterkte en andere factoren?

In de afgelopen jaren is een onderzoeksagenda opgesteld, zijn gegevens en kennis over slachtofferrisico's en evacuatie vergaard, is een database gemaakt om gegevens van overstromingsevents te verzamelen¹ en te delen met ons nationale- en internationale netwerk en is onderzoek gedaan naar onder andere slachtofferfuncties, de invloed van vertrekcurves op evacuatie en de invloed van huissterkte en de modelleringsaanpak op slachtofferuitkomsten. Ook zijn discussies gevoerd met collega-onderzoekers in binnen en buitenland.

Dit jaar wordt de kennis samengevat en worden voor twee mogelijke overstromingsscenario's storylines en evacuatiebomen uitgewerkt. Deze dienen om de implicaties van het toepassen van de huidige kennis te illustreren en geven een eerste plausibiliteitscheck en inzicht in onzekerheden. Op basis van de storylines en evacuatiebomen zijn aanbevelingen opgesteld met betrekking tot het verbeteren van slachtofferanalyse en evacuatie. Ook zijn er werksessies gehouden om op de resultaten en aanbevelingen te reflecteren en ze te verbinden met de behoeftes en agenda's van crisismanagers en experts uit het waterveiligheidsbeleid.

Dit rapport vat deze aanbevelingen samen en onderbouwt deze door de huidige aanpak, discussiepunten en de resultaten van de storylines en evacuatiebomen te presenteren. De volledige resultaten zijn beschreven in achterliggende rapporten welke als bijlagen zijn opgenomen.

1.2 Doel en aanpak

In dit rapport worden aanbevelingen gedaan voor verbeterde slachtofferbepaling en evacuatiestrategieën welke vervolgens meegenomen kunnen worden in een voorstel voor aanpassing van het onderzoeksprogramma.

Om tot aanbevelingen te komen, zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- 1 Analyse uitkomsten van eerder onderzoek: literatuurstudie, analyse van eerder werk en van internationale informatie.

¹ Zie: floodfatalities.tudelft.nl/floodfatality/

En voor meer informatie: Thonus (2018) en de Bruijn (2019).

- 2 Het selecteren van events en het maken van storylines door voor belangrijke opties een keuze te maken en voor onzekere factoren een mogelijke waarde te kiezen
- 3 Het maken van een evacuatieboom waarin onzekerheden worden meegenomen.
- 4 Het extraheren van aanbevelingen voor het verbeteren van slachtofferfuncties en evacuatieanalyse.
- 5 Bespreking van de resultaten met experts op het gebied van waterveiligheid en crisismanagement in twee workshops (zie bijlage D).

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport vat de huidige aanpak voor het bepalen van slachtofferfuncties en evacuatie samen en bespreekt ook de kennisleemtes en discussiepunten. In hoofdstukken 3 en 4 worden de storylines en evacuatiebomen besproken voor respectievelijk het eiland van Dordrecht en de Gelderse Vallei. Deze illustreren de huidige kennis, implicaties daarvan en de kennisleemtes en onzekerheden die er nog zijn. In hoofdstukken 5 en 6 worden vervolgens conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Status quo: Slachtofferfuncties en evacuatie

2.1 Inleiding

Het waterveiligheidsbeleid en crisismanagement hebben beiden inzicht nodig in evacuatieopties en slachtofferrisico's.

Voor het waterveiligheidsbeleid is het cruciaal om kennis te hebben van de mortaliteit door overstromingen, het potentiële aantal slachtoffers door een dijkdoorbraak en de kans op grote aantallen slachtoffers door extreme hoogwaters. Met die informatie kan bepaald worden of de veiligheidsrisico's acceptabel zijn, of dat er maatregelen nodig zijn. Ook kunnen de effecten van maatregelen op slachtofferrisico's bepaald worden.

Voor het bepalen van de normen voor de waterkeringen zijn drie criteria gebruikt²: efficiency, gelijkheid en maatschappelijke ontvrichting. In alle drie de criteria zijn slachtofferrisico's meegenomen. Als indicator voor efficiëntie is de economisch optimale overstromingskans per normtraject bepaald met behulp van een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA). Hierin zijn slachtoffers meegenomen door een bedrag van 6,7 M€ toe te kennen aan ieder slachtoffer. Het gelijkheidsbeginsel is toegepast door een basisbeschermingsniveau te geven aan iedereen. Hiertoe is bepaald dat het Lokaal Individueel Risico (LIR) om te overlijden door een overstroming niet groter mag zijn dan 10^{-5} per jaar. Dit criterium is vertaald naar een maximaal toelaatbare overstromingskans voor de waterkeringen. Maatschappelijke ontvrichting is meegenomen door de kans op grote aantallen slachtoffers door een hoogwater te reduceren tot een acceptabel niveau. Hiertoe zijn vertalingen gemaakt van de maximaal acceptabele kans op grote aantallen slachtoffers naar eisen aan de waterkeringen.

Voor crisismanagement is het belangrijk te weten wat de gevaarlijkste plekken zijn, en welke locaties waarschijnlijk droog blijven en deze te combineren met informatie over kwetsbare mensen of woonwijken. Ook is het handelingsperspectief cruciaal voor de voorbereiding van strategieën: zijn mensen in huis veilig, hoeveel tijd is er waarschijnlijk beschikbaar om te evacueren? Hoeveel tijd is er nodig voor evacueren? Wat is de onzekerheid in de beschikbare en benodigde tijd? Hiertoe is kennis nodig.

De inschattingen over de mogelijkheden van evacuatie zijn niet alleen van belang voor crisismanagement, ze dragen ook weer bij aan het inzicht in slachtofferrisico's. Immers, in gebieden waar evacuatie lastig is zijn er meer achterblijvers en kunnen er potentieel meer slachtoffers vallen.

Dit hoofdstuk vat kort samen hoe mortaliteit, slachtoffers en evacuatiemogelijkheden bepaald worden en welke kennisleemtes of onzekerheden er nog zijn. In de laatste paragraaf wordt ingegaan op de vragen:

- Zijn de huidige inschattingen met betrekking tot mortaliteit, slachtofferaantallen en evacuatie voldoende nauwkeurig en wat zijn mogelijkheden ze te verbeteren?
- Is er behoefte aan bepaalde kennis/tools ter ondersteuning van beleid/crisismanagement?

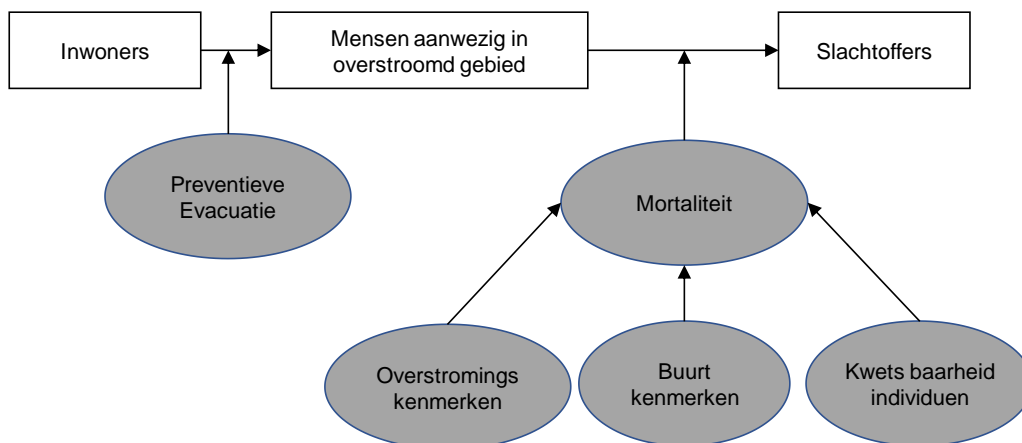
² Ook zijn er voor enkele trajecten bestuurlijke of politieke overwegingen toegepast om de norm een klasse strenger te kiezen.

2.2 Bepaling mortaliteit en slachtofferaantallen

De mortaliteit en het aantal slachtoffers worden standaard bepaald zoals weergegeven in figuur 2.1. Eerst worden de evacuatiemogelijkheden geschat, vervolgens wordt de mortaliteit bepaald en tenslotte worden deze gecombineerd om het aantal slachtoffers te berekenen. Stel dat in het rivierengebied 75% van de inwoners van het bedreigde gebied voor de doorbraak kan evacueren, en de mortaliteit is gemiddeld 1% in een gebied met 100.000 slachtoffers, dan wordt het aantal verwachte slachtoffers berekend als: $100.000 * (1 - 0,75) * 0,01 = 100000 * 0,25 * 0,01 = 250$. De evacuatiefractie en de mortaliteit in deze berekening zijn onzeker en variëren per gebeurtenis en van locatie tot locatie, ook binnen een overstromd gebied. Wanneer een dijk onverwacht breekt, is de evacuatiefractie nul en wanneer een extreem hoogwater al dagen in het nieuws is vanwege overstromingen in Duitsland kan het evacuatiepercentage oplopen tot ruim 90%. De mortaliteit, de kans om te overlijden op een bepaalde plaats wanneer iemand daar aanwezig is, is afhankelijk van:

- de overstromingskarakteristieken: hoe diep is het, hoe hard stroomt het, hoe snel stijgt het water;
- de buurt- of omgevingskarakteristieken: is er een droge verdieping, is de afstand tot veilig gebied groot, is het huis van goede kwaliteit;
- de kwetsbaarheid van individuen: kennen deze veilige locaties, zijn ze gezond, hebben ze toegang tot internet of informatie, hebben ze kennissen die hen helpen.

Deze factoren verschillen van locatie tot locatie en hun effect op de mortaliteit is onzeker. Wel is bekend dat de mortaliteit van overstromingen wereldwijd ongeveer 1% bedraagt en van rivieroverstromingen 0,3%³. Ook speelt de aankomsttijd nog een rol: dit is de tijd tussen het moment van doorbraak van een waterkering en de aankomst van het water bij een woning. Het evacueren na een doorbraak voordat het water daadwerkelijk de woning bereikt is in de huidige evacuatiefracties niet meegenomen. Aangezien de aankomsttijd soms meerdere dagen kan zijn, kan deze wel relevant zijn in de bepaling van het aantal slachtoffers.



Figuur 2.1. Schematische weergave van de berekening van slachtofferaantallen (De Bruijn et al., 2010)

Voor de bepaling van slachtofferaantallen zijn evacuatiefractie-schattingen gemaakt en mortaliteitsfuncties opgesteld. Die mortaliteitsfuncties geven de mortaliteit als functie van de overstromingsdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid (Maaskant et al., 2009 en Jonkman, 2007). De omgevingsfactoren en kwetsbaarheid van de inwoners zijn niet expliciet meegenomen.

³ Uitgezonderd flashfloods die bijvoorbeeld kunnen ontstaan langs of onder steile berggrivieren na extreme neerslag, daar ligt de mortaliteit hoger.

De relatie tussen de overstromingskarakteristieken en mortaliteit is grotendeels gebaseerd op de overstroming van 1953. Daardoor wordt er impliciet aangenomen dat de huidige invloed van de omgevingsfactoren en kwetsbaarheid gelijk is aan de invloed in 1953. Vluchtmogelijkheden, huissterkte, communicatie, transport, kennis van de omgeving, gemiddelde leeftijd en dergelijke zijn echter sterk veranderd. Er zijn daarom verkenningen gedaan naar veranderingen in die factoren en mogelijke aanpassingen in de functies.

Van de overstromingskarakteristieken worden nu alleen waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid beschouwd. Dat diepere locaties en locaties met een hoge stroomsnelheid gevaarlijk zijn, staat niet ter discussie. Hoe een grotere stijgsnelheid bijdraagt aan de mortaliteit is onzeker. Andere parameters zoals de aanwezigheid van golven, drijfvuil, de aankomsttijd van het water, temperatuur en vervuiling worden niet meegenomen. Van deze parameters is ook minder bekend. Er is onderzoek gedaan naar het effect van mogelijke manieren om aankomsttijd mee te nemen. In grotere dijkringen waar het dagen duurt voordat het water aan de benedenstroomse zijde aankomt, zoals bijvoorbeeld bij een doorbraak bovenstrooms in een rivierdijkring, kan dit effect heel groot zijn. Bij een doorbraak bij Bommel in de Betuwe kan het berekende aantal slachtoffers met ruim 70% procent afnemen als aangenomen wordt dat een deel van de mensen kan vluchten (De Bruijn & Slager, 2014).

De mortaliteitsfuncties zijn gekalibreerd op de situatie van 1953. De toen gebruikte gegevens waren slachtofferaantallen per gemeente. Uit de data is duidelijk op te maken dat ook andere factoren een rol speelden bij het overlijden van mensen. Vaak hebben complete families het overleefd, of zijn gezinnen omgekomen. De mortaliteitsfuncties zijn dan ook niet betrouwbaar genoeg om mortaliteitswaardes te schatten op het niveau van individuele huishoudens of exacte locaties.

Discussiepunten/onderzoek/kennisleemtes

Er zijn diverse onderzoeken gedaan naar factoren die het aantal slachtoffers bepalen en naar veranderingen in die factoren ten opzichte van 1953. Ook is er gekeken naar verschillen tussen rivier- en kustoverstromingen in relatie tot mortaliteit (De Bruijn & Slager, 2014; De Bruijn, K.M. & Van Kester, B. 2015; Jonkman et al., 2009). Deze onderzoeken laten zien dat actualiseren of verbeteren van de functies gewenst is, maar geven nog geen alternatieve functies.

Naar aanleiding van de grote aantallen slachtoffers door instortende huizen in 1953 en de sterk verbeterde woningkwaliteit nu is er onderzoek gedaan naar het instorten van huizen door overstromingen. Het idee is dat de huidige functies gebaseerd op 1953 mogelijk een overschatting van de slachtoffers geven, daar ze gebaseerd zijn op een situatie waarin veel woningen instortten. Er is gekeken bij welke omstandigheden woningen instorten in het laboratorium (Janssen et al., 2020) en in het veld in Flood Proof Holland (Korswagen, 2020). Ook is bestudeerd of de instroom van woningen groot genoeg is om te zorgen dat het waterstandsverschil binnen en buiten de woning klein blijft (Westrik, 2019). Immers, als dit verschil kleiner is dan 1.2 a 1.5m is de kans op instorten nihil. Dit verschil blijkt klein te blijven. In het veld (Flood proof Holland) bleek het zeer lastig om de enkelsteens muur te doen instorten (Korswagen, 2020). In 1953 is het overgrote deel van de slachtoffers gevallen in ingestorte woningen (Asselman, 2005). Dit waren destijds enkelsteens bakstenen huizen. Op dit moment zijn er veel meer betonnen woningen, woningen van kalkzandsteen of woningen met een grotere sterkte dan destijds. De kans op instorten van woningen is nu dan ook veel kleiner dan in het Zeeland van 1953. Literatuuronderzoek, berekeningen, proeven in het laboratorium en in de polder Floodproof Holland tonen allemaal aan dat de kans dat woningen instorten nihil is, mits er maar enig water naar binnen kan stromen waardoor het verschil tussen de binnen- en buitenwaterstand niet te groot wordt. Deze toegenomen huissterkte kan een groot effect hebben op de mortaliteit.

Ook andere factoren beïnvloeden de mortaliteit en zijn nog niet aangepast in de huidige mortaliteitsfuncties. Zo is er gekeken naar leeftijd van de bevolking (Brussee, 2020). Door vergrijzing van de bevolking zou de mortaliteit nu iets hoger uit kunnen vallen dan in 1953 (Brussee, 2020). Onderzoeken gebaseerd op overstromingen in het buitenland geven aan dat oudere mensen een grotere kans hebben om te overlijden. De toegenomen mogelijkheden van communicatie en transport kunnen naar verwachting de mortaliteit juist weer doen afnemen. Zoals al genoemd is ook de aankomsttijd van belang. Ook hier zijn verkenningen voor uitgevoerd. Met name in rivieroverstromingen zou de invloed van de aankomsttijd op het aantal mensen dat aanwezig is in overstroomd gebied meegenomen moeten worden om de slachtofferaantallen goed te kunnen schatten. In 1953 is de mortaliteit in polders die pas bij de tweede vloedperiode onderliepen ook kleiner dan die van gebieden die al direct onderliepen (Asselman, 2005).

Er zijn sinds 1953 gelukkig geen grootschalige overstromingen meer geweest in Nederland behalve in het Maasdal. Er zijn wel overstromingen geweest in andere landen. Mogelijk kan op basis van die overstromingen informatie verkregen worden over het effect van betere huizen, andere communicatie en gedrag en leeftijd welke ook voor Nederland relevant kan zijn. Natuurlijk zal daarbij goed gekeken moeten worden naar verschillen tussen die landen, de omstandigheden of overstromingen daar en de Nederlandse situatie.

2.3 Modelleren van evacuatie in risicoanalyse

Bij het afleiden van de nieuwe normen is kennis over evacuatiemogelijkheden gebruikt. Ook is kennis over evacuatiemogelijkheden gebruikt voor het maken van evacuatieplannen en voorbereidingen ten behoeve van crisismanagement.

In de risicoberekeningen ten behoeve van de normering zijn evacuatiemogelijkheden bepaald voor verschillende deelgebieden in Nederland zoals voor het rivierengebied, het benedenrivierengebied, de noordelijke kust etc. Voor ieder deelgebied is de kans bepaald dat er 4, 3, 2 of 1 dag voor de doorbraak besloten wordt tot evacuatie en de kans dat een evacuatie goed, gemiddeld of slecht verloopt. Ook is de kans op een onverwachte doorbraak zonder evacuatie bekeken. Voor alle 13 opties ($4 \cdot 3 + 1$) is een inschatting gemaakt (op basis van enkele bestaande berekeningen en expert judgement) welk percentage van de bevolking van die gebieden het bedreigde gebied zou kunnen verlaten. Zo is voor rivieren ingeschat dat gegeven een overstromingsgebeurtenis, de kans op een besluit tot evacuatie 2 dagen voor een doorbraak 0,5 is en dat dan ongeveer 80 a 100 procent van de bevolking de dijkkring kan verlaten en dat de kans op een onverwachte dijkdoorbraak 0,1 is. De kans op een besluit 1 dag voor de doorbraak is op 0,4 geschat. Door de kansen en evacuatiefracties van de 13 gebeurtenissen te combineren wordt een gewogen gemiddelde evacuatiefractie gevonden van 75% voor het rivierengebied. Vervolgens is in een bestuurlijk proces hier nog een bandbreedte omheen gedefinieerd en is de ondergrens daarvan (56%) genomen als getal voor evacuatiefractie voor het gehele rivierengebied. Er is bewust een lage waarde gekozen omdat de evacuatiefractie destijds opgevat werd als een soort target en niet meer als een verwachte waarde met een spreiding eromheen.

In de berekeningen van het aantal mensen dat gegeven een bepaalde tijd het gebied kan bepalen zijn vaak standaardaannames gebruikt, zoals:

- rijsnelheid van 20 km/uur vanwege files in het gebied;
- een (zeer) kleine uitgangscapaciteit door files in het omliggende gebied;
- een vertrekcurve: binnen 11 uur is het grootste deel van de bevolking vertrokken;
- Er gaan gemiddeld 2,2 mensen in een auto, een bus is equivalent met 2 auto's etc..

Met name die uitgangscapaciteit heeft veel invloed op de evacuatiefractie.

Ontwikkelingen ten opzichte van de aanpak gebruikt in beleidsstudies

Sindsdien is er door de Veiligheidsregio's veel werk verzet in onder het grote project "Water en Evacuatie" ([Water en Evacuatie \(ifv.nl\)](http://www.water-en-evacuatie.nl)), zijn er binnen het uitvoeringsprogramma WAVE2020 enkele impactanalyses uitgevoerd en in een enkel gebied ook al handelingsperspectieven bepaald en evacuatieplannen opgesteld (bijvoorbeeld voor het eiland van Dordrecht (Kolen & Zethof, 2016; Kolen & Huizinga, 2017)). Hierbij is meer aandacht gegeven aan ruimtelijke variatie, kwetsbare groepen, en logistieke voorbereiding. Ook is er gekeken naar de mogelijkheid om verticaal te evacueren (thuis te blijven of naar een shelter in de directe omgeving te gaan). De komende periode gaan veiligheidsregio's aan de slag met het ontwikkelen van handelingsperspectieven en evacuatiestrategieën.

In het kader van het verbeteren van inzichten in evacuatiemogelijkheden en implicaties zijn ook de 'ruimtelijk gedifferentieerde functies' (ook wel het "PBL model" genoemd) gemaakt waarmee onderscheid gemaakt kan worden tussen mensen die zich in een woning, dan wel buiten of in een shelter bevinden. In het model wordt een verdeling aangenomen van de bevolking over de categorieën "buiten", "thuis voorbereid", "thuis onvoorbereid" en "in een shelter". Voor de mensen buiten wordt uitgegaan van een mortaliteit die vijf maal hoger is dan de gebiedsgemiddelde mortaliteit en voor mensen in een shelter van een mortaliteit van 0,2% (Pleijter en Kolen, 2016). Deze laatste waarde is onder andere gebaseerd op de mortaliteit van de Super Dome en het Convention Center in New Orleans tijdens de overstroming ten gevolge van de orkaan Katrina. Dit model met deze aannames resulteert in andere slachtofferaantallen dan het standaard schade- en slachtoffermodel⁴.

De uitkomsten van het 'ruimtelijk gedifferentieerde model' geven slachtofferaantallen voor verschillende momenten van besluitvorming en bij voor de evacuatiestrategie 'preventieve evacuatie' en 'verticale evacuatie'. Op dit moment wordt in dit model geen rekening gehouden met ruimtelijke variatie in het gebied, van lokale omstandigheden of aankomsttijd en wordt niet beschouwd op welke locaties files te verwachten zijn. Ook in gebieden met zeer korte aankomsttijden (e.g. korter dan een uur) of zeer lange aankomsttijden (e.g. langer dan 3 dagen) wordt gerekend met een gelijk percentage van inwoners dat onderweg is. De mortaliteit van mensen die thuisblijven zal voor de beslissing voor het al dan niet preventief evacueren van belang kunnen zijn. Deze kan afhangen van bijvoorbeeld de omstandigheden thuis (stroom, kou) en van hoe lang mensen thuis of in een shelter zullen moeten wachten op redding en dus van de reddingscapaciteit in verhouding tot het aantal te redden mensen. Dit wordt op dit moment nog niet meegenomen in de functies.

2.4 Samenvatting

In voorgaande paragrafen is in een notendop de status quo geschetst. In deze paragraaf wordt ingegaan op de vragen: "Zijn de huidige inschattingen m.b.t. mortaliteit, slachtofferaantallen en evacuatie voldoende nauwkeurig en wat zijn mogelijkheden ze te verbeteren?"

Er zijn nog verbeteringen mogelijk in de huidige slachtofferschattingen voor het nauwkeuriger bepalen van gewenste maatregelen en voor het ontwikkelen van goede evacuatiestrategieën en ondersteunen van beslissingen daarover tijdens crises. Slachtofferaantallen worden mogelijk overschat, zeker in gebieden met een (zeer) lange aankomsttijd, ondiepe gebieden of riviergebieden. Ook is er nog nieuw inzicht nodig in evacuatiemogelijkheden. Vaak worden oude schattingen hergebruikt waarvan de aannames niet altijd helder zijn of zijn onzekerheden en ruimtelijke verschillen nog niet goed meegenomen.

⁴ Dit standaardmodel is ingebouwd in het Standaard Schade en SlachtofferModel SSM2017. Het bestaat uit de slachtofferfuncties van Jonkman (2007) met de aanpassing van Maaskant et al. (2009)

Aangezien er geen recente grootschalige overstromingen in Nederland zijn voorgekomen zou gekeken kunnen worden of op basis van buitenlandse events verbeteringen gedaan kunnen worden aan de Nederlandse slachtofferfuncties. Voor evacuatie kan de nieuwe kennis uit WAVE2020 gebruikt worden en mogelijk kunnen voor de impactanalyses en handelingsperspectieven ook verdere ontwikkelingen gedaan worden om meer zicht te krijgen in evacuatiemogelijkheden en onzekerheden daarin.

Door onzekerheden en kennishiaten zijn berekende waardes voor mortaliteit en slachtoffers onzeker. De vraag is of de onzekerheid zo groot is dat deze beslissingen beïnvloedt. Voor normtrajecten waarvan het criterium 'LIR' (Lokaal individueel risico) bepalend is voor de vereiste dijksterkte, is de norm gevoelig voor onzekerheden in de mortaliteitswaardes en evacuatiefracties: zo kan bijvoorbeeld in gebieden met een grote stijgsnelheid een verandering in stijgsnelheid of waterdiepte meer dan een factor 3 verschil geven in de berekende mortaliteit. Ook kan een grotere evacuatiefractie leiden tot een daling van het LIR (Te Linde *et al.*, 2018). Slachtofferaantallen zijn het meest gevoelig voor de evacuatiefractie. De normen zijn in het algemeen niet gevoelig voor veranderingen in slachtofferaantallen. Bij de meeste trajecten waarvan de eis gedomineerd wordt door de MKBA is de economische schade doorslaggevend.

Voor crisismanagement is het cruciaal om de gevaarlijke plekken te kennen en om te zien hoe/of slachtofferaantallen afnemen bij bepaalde strategieën. Wanneer slachtofferfuncties zo veranderen dat andere plekken als gevaarlijk geïdentificeerd worden (e.g. als aankomsttijd meegenomen wordt waardoor plekken die pas na dagen diep worden niet meer als zeer gevaarlijk worden gezien), dan kan dat effect hebben op de evacuatiestrategie. Voor keuzes maakt echter het exacte aantal slachtoffers vaak minder uit en gaat het meer om de orde van grootte en de relatieve afname of toename bij verschillende keuzes (e.g. wel of niet evacueren). Wanneer de getallen onzeker zijn, maar het wel zeker is welke strategie beter is, is dat voldoende. Dat is nu echter niet duidelijk. De ruimtelijke variatie in evacuatiestrategieën en slachtofferaantallen is daarvoor nog onvoldoende meegenomen in de schattingen en de onzekerheid in de verschillende factoren die het evacuatiesucces bepalen is nog onbekend.

Er zijn mogelijkheden om de slachtofferaantallen, mortaliteitswaardes en evacuatiekennis te verbeteren en de onzekerheid in de uitkomsten te verminderen. Mogelijkheden waar aan gedacht kan worden, zijn:

- benutten data van buitenlandse overstromingen en evacuatieprocessen;
- meenemen aankomsttijd, huissterkte, leeftijd, en andere factoren;
- analyse per bedreiging (casestudie op schaal van een gebied) om de relatie tussen gebieden qua inzet van hulpverleners, verkeersstromen en evacuatie mee te nemen en om ook de verschillende keuzes en onzekerheden in de tijd beter in beeld te krijgen.

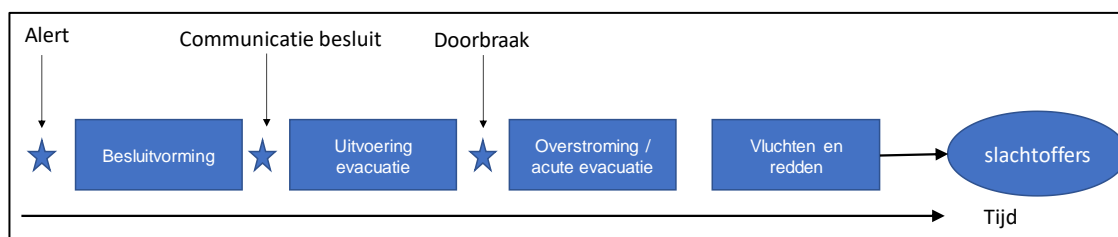
3 Aanpak storyline en evacuatiebomen

3.1 Wat is een storyline en evacuatieboom?

Om meer zicht te krijgen op de implicaties van de modellen en aannames zijn storylines en evacuatiebomen gemaakt, zoveel mogelijk op basis van bestaande kennis en methoden. De storylines dienen als een eerste plausibiliteitscheck van de aannames en achtergronden van bestaande methodes en kennis en worden ook gebruikt als middel om te zien welke aannames en keuzes gemaakt moeten worden bij het maken van het verhaal en het effect van die aannames op slachtofferaantallen. Met de evacuatieboom wordt inzicht in het effect van onzekerheden gegeven. Zowel de storylines als evacuatiebomen dragen bij aan het identificeren van kennisleemtes en aanbevelingen. Deze paragraaf licht toe wat in dit onderzoek bedoeld wordt met een storyline en evacuatieboom.

In figuur 3.1 wordt schematisch het proces weergegeven vanaf het moment dat een eerste hoogwaterdreiging wordt waargenomen tot aan het redden van mensen. Ook de verschillende fasen in dat proces zijn aangegeven. Voordat er een dreiging plaatsvindt is er al een preparatiefase geweest waarin plannen zijn gemaakt, verantwoordelijkheden zijn vastgelegd en voorzieningen zijn getroffen. Deze preparatiefase is cruciaal voor de effectiviteit van de volgende fasen. De storyline en evacuatieboom begint na deze fase, op het moment dat er voor het eerst een dreiging wordt gesignaleerd en waarschuwingsdienst alert wordt.

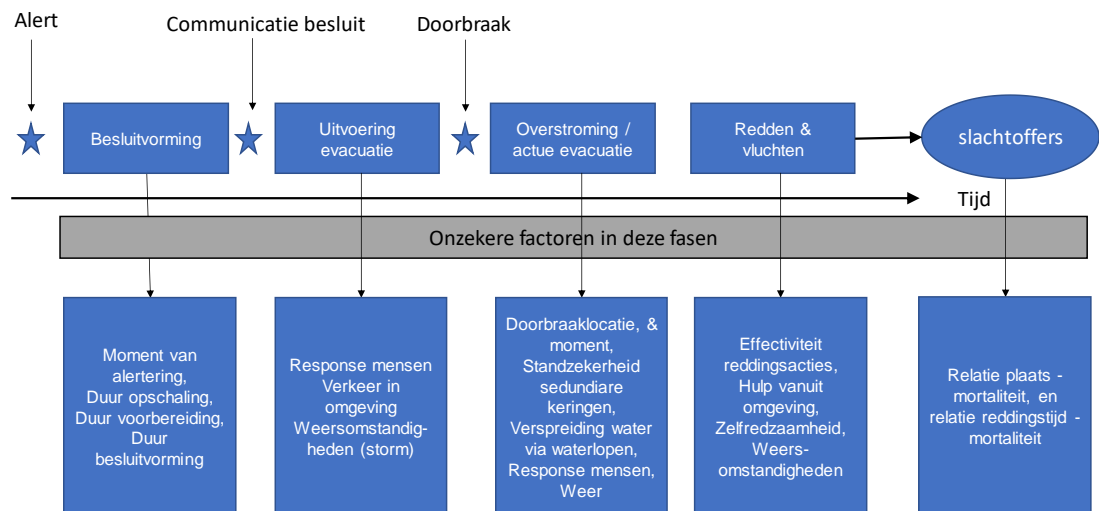
Na het eerste alarm worden door de verschillende waarschuwingsdiensten en crisismanagers stappen doorlopen welke uiteindelijk leiden tot een besluit. Dit besluit kan zijn om preventief te evacueren of om thuis te blijven (verticale evacuatie) of een combinatie van die twee. Op het moment van beslissen is het nog niet zeker of, waar en wanneer precies een dijk zal breken. Vervolgens wordt het besluit door de veiligheidsregio gecommuniceerd en uitgevoerd: de inwoners gaan naar boven, naar shelters of verlaten het gebied. Een deel van de inwoners zal zich niet volgens het advies van de veiligheidsregio gedragen. Op een volgend cruciaal moment vindt de doorbraak plaats en zal een deel van het gebied onderlopen. Tijdens het onderlopen van het gebied kunnen de inwoners uit de nog droge delen van het bedreigde gebied in sommige situaties doorgaan met evacueren, dan wel boven blijven. Wanneer de situatie enigszins gestabiliseerd is kan het redden en vluchten uit ondergelopen gebied op gang komen. Het mag duidelijk zijn dat de fasen in werkelijkheid in elkaar overgaan. De totale keten van fasen resulteert in een aantal slachtoffers.



Figuur 3.1. Het verloop van een gebeurtenis vanaf het eerste alert tot aan het redden schematisch weergegeven in fasen.

In elk van deze fasen zijn een aantal onzekere factoren van belang. Bovendien is de vertaling van het aantal mensen dat zich in overstroomd gebied bevindt naar slachtoffers door middel van mortaliteitsfuncties ook onzeker. Deze onzekere factoren worden weergegeven in figuur 3.2.

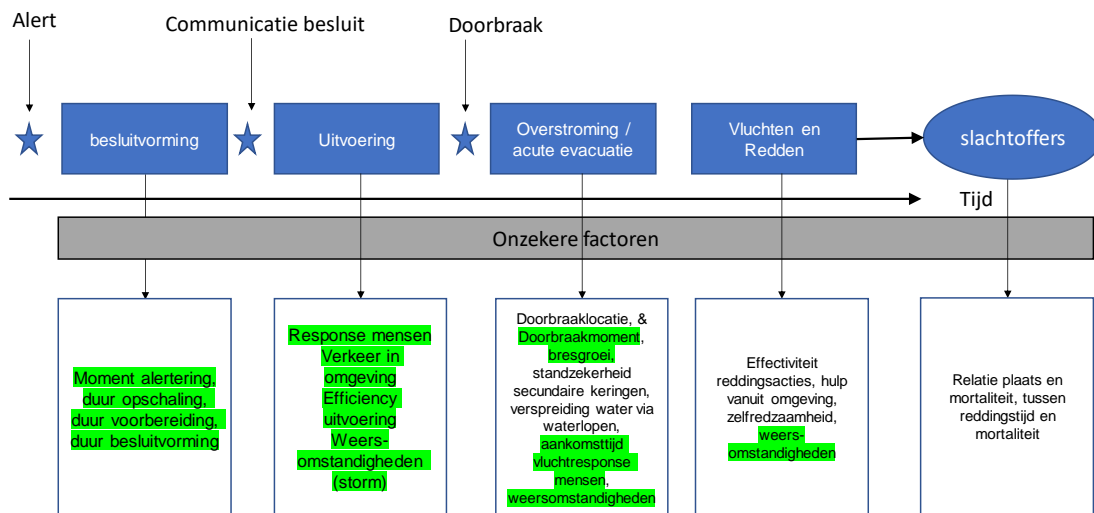
In een storyline wordt voor een bepaalde gebeurtenis, bijvoorbeeld een hoogwaterdreiging op de rivier en doorbraak van een kering bij Dordrecht, door de tijd gestapt en steeds even gepauzeerd om te zien wat de status is van het watersysteem, de response van de nationale organisaties, de veiligheidsregio en het waterschap, de kritieke infrastructuur-functies en de bewoners. Voor alle onzekere factoren in de storyline wordt 1 waarde gekozen. De gedane aannames worden in de storyline zo helder mogelijk beschreven. De storyline geeft dus 1 mogelijke lijn, maar is zeker geen voorspelling. Ook kan er geen kans aan worden toegekend. Er wordt geprobeerd inzichtelijk te maken welke aannames cruciaal zijn voor de storyline zodat deze ook meegenomen kunnen worden in de evacuatieboom. Het resultaat van de storyline is een verhaal vergelijkbaar met een filmscript, maar dan met een heldere structuur en gebaseerd op expertkennis.



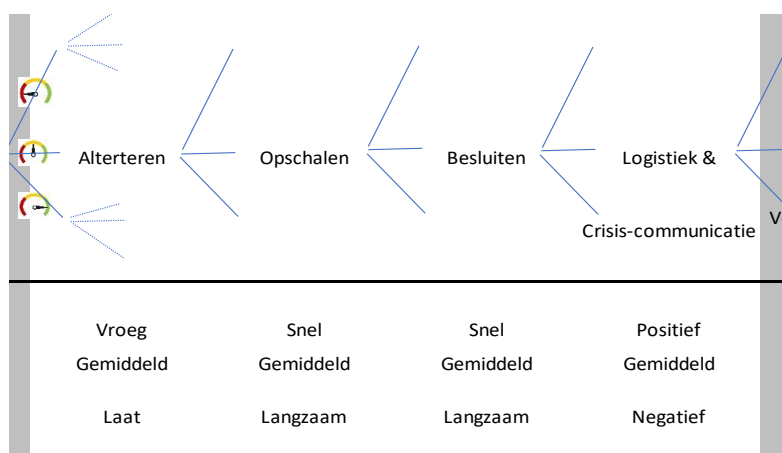
Figuur 3.2 Onzekere factoren in de verschillende fasen van een overstromingsevent

Omdat de storylijn slechts 1 mogelijk verhaal geeft en er vele andere ook mogelijk zijn en er veel onzekere factoren zijn, zijn er evacuatiebomen gemaakt. In deze evacuatiebomen worden onzekerheden meegenomen. In plaats van voor iedere onzekere waarde 1 waarde te kiezen, is een bandbreedte meegenomen door voor iedere factor een waarschijnlijke waarde, een optimistische en pessimistische schatting te definiëren, deze een gewicht te geven en mee te nemen en alle uitkomsten samen te nemen in een verwachtingswaarde.

In evacuatiebomen kunnen in principe alle onzekere factoren beschouwd worden. In de evacuatiebomen in dit onderzoek zijn met name de onzekerheden die betrekking hebben op de benodigde en beschikbare tijd bekeken, de eerste twee blokken van figuur 3.3 (besluitvorming en uitvoering evacuatie). De evacuatieboom is in dit onderzoek gemaakt gegeven een bepaalde doorbraaklocatie en een bepaald overstromingsverloop. De onzekerheid in de doorbraaklocatie en het overstromingsverloop bijvoorbeeld door onzekerheden in bresgroei, bresbreedte, buitenwaterstandsverloop, standzekerheid van secundaire keringen, en de verspreiding van het water via regionale waterlopen zijn niet meegenomen. Ook onzekerheden in de effectiviteit en snelheid van reddingsacties en de onzekerheden in de mortaliteitsfuncties zijn hier niet beschouwd in de evacuatieboom. De factoren die in de besluitvorming zijn meegenomen, zijn weergegeven in figuur 3.4. De totale boom is afgebeeld in figuur 3.5.



Figuur 3.3. Indicatie van de factoren (met groene arcering) die meegenomen zijn in de evacuatieboom in dit onderzoek



Figuur 3.4. Stappen in de besluitvorming in de evacuatieboom die te samen de besluitvormingstijd bepalen

Fase	preparatie	opschalingsfase				preventieve uitvoeringsfase			acute uitvoeringsfase		
Icoon											
Evacuatieboom	Preparatie	Altereren	Opschalen	Besluiten	Logistiek & Crisis-communicatie	Preventieve of Verticale evacuatie (incl gedrag en response)	Start Storm	Moment doorbraak en wijze falen	Duur Storm	Acute evacuatie (incl gedrag en response)	Aankomsttijd en Blootstelling
Onzekerheid	Goed Gemiddeld Matig	Vroeg Gemiddeld Laat	Snel Gemiddeld Langzaam	Snel Gemiddeld Langzaam	Positief Gemiddeld Negatief	Positief Gemiddeld Negatief	Vroeg Gemiddeld Laat	Vroeg Gemiddeld Laat	Kort Gemiddeld Lang	Positief Gemiddeld Negatief	Vroeg Gemiddeld Laat
Effect op onderdeel evacuatie	kwaliteit	beschikbare tijd	beschikbare tijd	beschikbare tijd	beschikbare tijd Effectiviteit uitvoering	Effectiviteit uitvoering	Beschikbare tijd	Beschikbare tijd verschillende overstromings-scenario's	Beschikbare tijd	Effectiviteit uitvoering	Effectiviteit uitvoering

Figuur 3.5. De totale evacuatieboom

3.2 Stappen in het proces van het maken van een storyline en evacuatieboom

Bij het maken van de storyline en het ontwikkelen van de bomen zijn de hieronder beschreven stappen doorlopen. Ze zijn beschreven voor Dordrecht. Voor de Gelderse Vallei zijn vergelijkbare stappen doorlopen.

1. Verzamelen beschikbare informatie/maken gebiedsbeschrijving

Om één of enkele scenario's voor een storyline te analyseren is eerst bekeken wat de bedreigingen, sterktes, gevolgen en evacuatieplannen zijn. Voor Dordrecht is de locatie van doorbraak en de oorzaak van het hoogwater (rivier dan wel storm) belangrijk voor de gevolgen van de doorbraak. Stormscenario's leveren meestal een minder diepe en verspreide overstroming op, maar bij extreme storm is de beschikbare tijd voor evacuatie korter. Voor de Gelderse Vallei is de dreiging hoge rivierafvoer belangrijk.

2. Selecteer events

Op basis van de kennis uit de eerste stap zijn interessante scenario's geïdentificeerd. Een scenario is in dit geval interessant als er dodelijke slachtoffers verwacht worden en er handelingsperspectief is. Op basis van de informatie is gekozen voor het meest waarschijnlijke scenario leidend tot een doorbraak aan de zuidzijde van het eiland van Dordrecht. De faalkans van de keringen daar is het grootst, er is handelingsperspectief en dit scenario is nog niet eerder in detail uitgewerkt en daarom interessant. Voor de Gelderse Vallei is gekozen voor een doorbraak in de Grebbedijk bij condities waarop de dijk ontworpen is⁵.

3. Uitwerken van de storyline

Voor de geselecteerde scenario's is de storyline uitwerkt door stapsgewijs door de tijd te stappen en voor iedere tijdstap op hoofdlijnen te benoemen:

- De status en voorspelling van het watersysteem;
- De reacties van het nationaal crisis management;
- De response van het waterschap en veiligheidsregio;
- De response van de operators van vitale infrastructuur;
- De acties van inwoners. In Dordrecht is onderscheid gemaakt tussen inwoners van het binnendijks en buitendijks gebied
- De status: hoeveel mensen bevinden zich in het bedreigd gebied, in het overstromd gebied en hoeveel zijn er veilig.

4. Analyse van de storyline

De storyline informatie wordt gebruikt om het aantal slachtoffers te bepalen volgens de methodes zoals beschreven in paragraaf 3.3.

5. Faalpadenboom/Evacuatieboom

Tenslotte zijn faalpaden- of evacuatiebomen gemaakt. Deze stap is samengevat in paragraaf 3.3. De evacuatieboom is uitgewerkt voor 2 hoofdstrategieën:

- Preventieve evacuatie: in deze strategie wordt op het moment van besluitname geadviseerd om het gebied te verlaten. Niet alle mensen wordt geadviseerd te vertrekken, maar precies het aantal mensen dat verwacht wordt te kunnen evacueren wordt geacht te vertrekken.

⁵ Er is gekeken bij een rivierafvoer van 16000 m³/s te Lobith, dit was tot 2017 de maatgevende afvoer. In de nieuwe normering welke in 2017 geaccepteerd is, wordt het hele regime aan afvoeren meegenomen en is er geen bepaalde maatgevende afvoer.

- Verticale evacuatie: hierin wordt de inwoners geadviseerd thuis te blijven of naar een shelter te gaan. In deze strategie is aangenomen dat 80% dit advies opvolgt, en 20% alsnog vertrekt naar veilig gebied.

De evacuatieboom is vooral relevant voor preventieve evacuatie, omdat alleen onzekerheden in de beschikbare tijd voor evacuatie en de uitvoering van evacuatie hier zijn beschouwd. Voor verticale evacuatie is in deze analyse aangenomen dat dit geen of nauwelijks tijd in beslag neemt.

3.3 Analyse van slachtofferaantallen

De slachtoffers horend bij de overstromingsscenario's zijn bepaald op verschillende manieren:

- 1 Op de zelfde manier als toegepast bij de berekeningen welke ten grondslag liggen aan de normen: met de standaardslachtofferfuncties en de evacuatiefracties zoals gebruikt in de normering. Deze methode is opgenomen in SSM2017. In deze methode wordt voor Dordrecht aangenomen dat 8% geëvacueerd kan worden en wordt over de overige 92% het aantal slachtoffers berekend met de standaardslachtofferfuncties van Maaskant (2009). Voor de Gelderse Vallei is uitgegaan van een evacuatiefractie van 56%.
- 2 Ruimtelijk gedifferentieerde methode ("PBL model") zoals nu ook is opgenomen in SSM2017. Hierin worden aannames gebruikt om de inwoners welke niet geëvacueerd zijn te verdelen over de categorieën: thuis voorbereid, thuis onvoorbereid, in een shelter en onderweg overvallen door water. Voor de mensen in gebouwen worden de slachtofferfuncties van Maaskant (2009) gebruikt⁶. Voor de mensen die buiten getroffen worden wordt aangenomen dat ze en 5 keer zo hoge mortaliteit hebben als de gemiddelde mortaliteit van alle getroffen en voor de mensen die naar een shelter gaan wordt met een mortaliteit van 0,2 gerekend (Pleijter en Kolen, 2016). In deze analyse zijn de instellingen en aannames zoals opgenomen in SSM2017 gebruikt.
- 3 Op basis van de storyline. Hierbij is voor het bepalen voor het aantal mensen dat thuis en onderweg is informatie uit de storyline gebruikt.
- 4 Rekening houdend met onzekerheden door een evacuatieboom te maken en hiermee het verwachte aantal slachtoffers te bepalen. Dit is hieronder nader toegelicht.

Slachtofferbepaling in de evacuatiebomen

In de evacuatieboom worden slachtoffers bepaald onder inwoners die verticaal evacueren en onder inwoners die preventief evacueren.

Onder de inwoners die *verticaal evacueren* is het aantal slachtoffers bepaald op basis van de aanname dat 70% van de verticaal geëvacueerden thuis schuilt en 30% naar een shelter gaat. De mortaliteit onder de thuisblijvers verschilt per gebied en is in deze studie geschat op 0,05% en die van mensen in een shelter op 0,02%.

Om de slachtoffers passend bij *preventieve evacuatie* te berekenen wordt eerst de beschikbare tijd bepaald, vervolgens wordt de bijbehorende evacuatiefractie opgezocht in de curve van Maaskant et al. (2009) en ten slotte wordt over de achterblijvers het aantal slachtoffers berekend met behulp van een mortaliteitswaarde. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen mensen die onderweg getroffen worden (mortaliteit van 2%), en mensen die thuis gebleven zijn (mortaliteit van 0,2%).

⁶ Voor de mensen die voorbereid zijn wordt de ondergrens van de functie gebruikt, en voor de mensen welke niet voorbereid zijn, de bovengrens (Pleijter & Kolen, 2016)

In de strategie 'preventieve evacuatie' wordt aangenomen dat exact het aantal mensen dat volgens de verwachting op het moment van besluitname geëvacueerd kan worden, op weggestuurd wordt om te evacueren. Wanneer de evacuatie-effectiviteit tegenvalt, bijvoorbeeld omdat de uitvoering minder goed verloopt dan veronderstelt, of omdat de storm eerder begint of de dijk eerder breekt dan verwacht, dan kan niet iedereen die op weggegaan is een veilige locatie bereiken. Op basis van de vergelijking tussen de verwachte beschikbare tijd en de berekende beschikbare tijd kan bepaald worden welk percentage inwoners wel op weg is gegaan, maar niet het veilige gebied bereikt. Over dat percentage wordt een hoge mortaliteit (2%) genomen. Deze mensen zijn namelijk extra kwetsbaar. Er zijn steeds twee berekeningen gedaan: er is gerekend met de aanname dat alleen voordat de dijk breekt preventieve evacuatie kan plaatsvinden, en ook met de aanname dat evacuatie doorgaat tot aan het moment van blootstelling aan het water. Voor die laatste is de aankomsttijd bij de beschikbare tijd opgeteld⁷. Tabel 3.1 geeft de berekening weer (ingevuld voor Dordrecht).

Tabel 3.1. Factoren welke de beschikbare tijd bepalen in de evacuatieboom (in uren) (de ingevulde waarden zijn genomen uit het voorbeeld voor Dordrecht)

	Factor	Optimistisch	Gemiddeld	Pessimistisch
1	Moment alertering tov moment van doorbraak)	120	96	72
2	Benodigde waarschuwingstijd	12	24	36
3	Benodigde beslistijd	12	24	36
4	Benodigde waarschuwingstijd	6	12	24
5	Start storm, ten opzichte van moment van doorbraak (geen evacuatie mogelijk tijdens storm)	-10	-15	-20
6	Moment van doorbraak t.o.v. verwachtmoment	+5	0	-5
7	Aankomsttijd	30	20	15
8	Duur storm	15	20	25
9	Som beschikbare tijd voor doorbraak (regel 1+5+6)*	115	81	47
10	Som benodigde beslistijd (regel 2+3+4)*	30	60	96
11	Tijd voor evacuatie voordat dijk breekt (regel 9-10)*	85	21	0
12	Tijd voor evacuatie voor overstroming* (regel 9+7-(5+8))	110	36	0

* Bepaald zonder onzekerheden. Deze uitkomsten geven de bandbreedte en tonen de meest optimistische, de gemiddelde en meest pessimistische waarde.

In werkelijkheid is er waarschijnlijk correlatie tussen de genoemde parameters: de beslissing zal mogelijk sneller genomen worden wanneer de beschikbare tijd voor beslissing kort is (de alertering laat). Deze correlatie is hier niet meegenomen.

⁷ Tenzij storm evacuatie verhindert, dan is de periode van storm weer van de beschikbare tijd afgetrokken.

4 Analyse Dordrecht

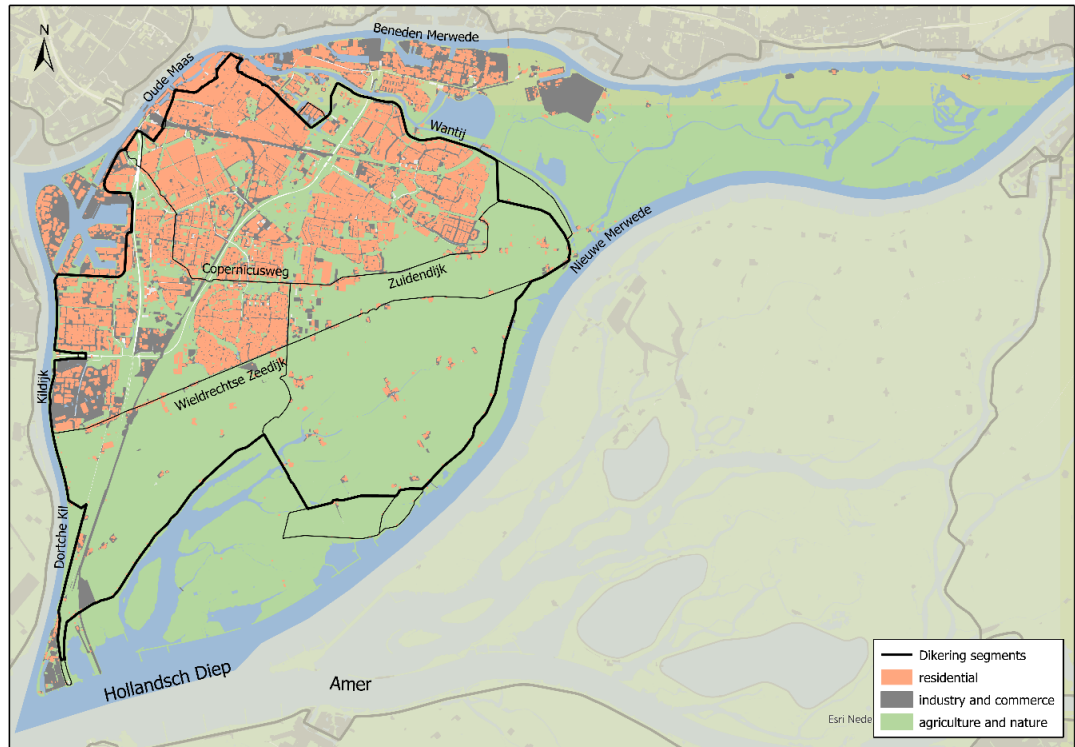
Voor Dordrecht is op basis van een analyse van beschikbare informatie over dijksterkte, overstromingspatronen, gevolgen, en crisismanagementplannen een storyline gekozen en uitgewerkt. Vervolgens zijn nog twee andere storylines in minder detail uitgewerkt om gevoeligheid te laten zien voor respectievelijk de keuze van een andere evacuatiestrategie en voor de breslocatie. In de storyline is door de tijd gestapt en is steeds gepauzeerd om de status, acties en reacties te beschrijven van het watersysteem, de overstroming, en kritieke infrastructuur, de nationale crisismanagers, de lokale crisismanagers (veiligheidsregio en waterschap) en de bewoners binnendijs en buitendijs. Ook is het aantal mensen in bedreigd, overstroomd en veilig gebied volgens de storyline gegeven. Tenslotte zijn evacuatiebomen gemaakt om voor een aantal relevante factoren de onzekerheden mee te kunnen nemen.

In deze paragraaf is een gebiedsbeschrijving gegeven op basis waarvan een scenario voor de storyline is gekozen en op basis waarvan de storyline en evacuatiebomen ontwikkeld zijn. Vervolgens zijn de resulterende storyline en evacuatieboom kort samengevat.

4.1 Gebiedsbeschrijving Dordrecht

Dordrecht is een eiland dat grotendeels beschermd is tegen overstromingen door dijken. Op het eiland wonen ongeveer 120.000 mensen. Het eiland kent ook industrie, landbouw en natuur (zie figuur 4.1). Het eiland wordt omgeven door de rivieren Oude Maas in het noorden, Wantij in het oosten, Nieuwe Merwede in het zuiden en de Dordtse Kil in het Westen. Een deel van de bewoonde gebieden en industriegebieden ligt buitendijs en worden af en toe bedreigd door overstromingen met kleine waterdieptes. De inwoners zijn hier goed op voorbereid. Het bedijkte deel heeft een kleine overstromingskans, maar bij overstroming kunnen lokaal grote waterdieptes optreden en veel schade en slachtoffers ontstaan.

Het eiland van Dordrecht ligt in de Rijn-Maasdelta in het overgangsgebied tussen het stormgedomineerde westen en het riviergedomineerde oostelijk deel van het rivierengebied. Hoge waterstanden rond het eiland van Dordrecht kunnen optreden bij zowel extreme rivierafvoeren, als bij combinaties van hoge rivierafvoeren en storm. Vooral die combinaties zijn relevant voor het overstromingsrisico. De dijken aan de west en oostzijde hebben een zeer kleine faalkans. De dijk aan de zuidzijde heeft een relatief grotere faalkans (ook die kans is nog steeds klein). De normen zoals vastgesteld in 2017 in de Waterwet zijn voor het gedeelte boven de Wieldrechtse zeedijk 1/3.000 per jaar (ondergrens) en voor het gedeelte ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk 1/1.000 per jaar. Voor dit traject is bij het bepalen van de criteria achter de norm aangenomen dat er 50% kans is dat de Wieldrechtse Zeedijk breekt (bron: Min. I&M, 2016).



Figuur 4.1. Overzichtskartaal met de rivieren, de ligging van de primaire kering, de stad Dordrecht, en de Wieldrechtse Zeedijk

De potentiële gevolgen van een doorbraak hangen af van de locatie van de doorbraak en de oorzaak van het hoogwater (storm/hoge rivierafvoer). Een doorbraak t.g.v. een hoge rivierafvoer bij Kop van 't Land heeft de grootste gevolgen. Een doorbraak t.g.v. storm bij dezelfde locatie geeft veel minder grote gevolgen. De gevolgen zijn groter bij doorbraken aan de oostzijde in de keringen langs het Wantij en bij Kop van t Land dan bij doorbraken aan de noord- en zuidzijde. De gevolgen van doorbraken aan de westzijde liggen er tussenin. In veel situaties zal een deel van een eiland overstromen. Op het eiland liggen namelijk oude binnendijken die de verspreiding van het water tegenhouden. Doorbraken van de dijk ten zuiden van de binnendijk de 'Wieldrechtse zeedijk bedreigen in eerste instantie alleen het zuidelijk gebied wat agrarisch is. Wanneer ook de binnendijk breekt, kan ook het noordelijk deel overstromen. Overstromingen ten gevolge van doorbraken langs de Kildijk worden beperkt door compartimenterende keringen. Indien deze het water kunnen keren en de openingen in de keringen en regionale watersystemen gesloten kunnen worden, zijn de gevolgen kleiner dan wanneer deze keringen het water niet stoppen of wanneer het water zich wel via de regionale waterlopen kan verspreiden. Ook de snelweg en andere verhoogde lijnelementen beïnvloeden het overstromingspatroon.

Wanneer er hoogwater is voorspeld en overstromingen dreigen, kan gekozen worden voor evacuatie van (een deel van) de inwoners. De belangrijkste wegen waarover het eiland verlaten kan worden, zijn de A16 en de N3. Ook kunnen inwoners het eiland verlaten via boot- en treinverbindingen of over binnenwegen. De totale capaciteit van deze wegen hangt sterk af van de files in omliggend gebied: de capaciteit is groot, maar wanneer mensen uit andere gebieden die ook bedreigd worden bij vergelijkbare omstandigheden (de Alblasserwaard, Hoekse Waard of West-Brabant) tegelijkertijd evacueren, kunnen er files ontstaan waardoor de evacuatie trager verloopt. Een goede inschatting van de evacuatiemogelijkheden en een goed beleid voor evacuatie kan dan ook niet zonder ook de omgeving van Dordrecht te beschouwen.

In het verleden zijn evacuatiestudies gedaan voor het benedenrivierengebied. De uitkomsten hiervan zijn ook toegepast op Dordrecht. De meest relevante zijn die ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21^{ste} Eeuw (Maaskant et al., 2009) en de aanpassing die daarop gedaan zijn voor Deltaprogramma Veiligheid (DPV) (Kolen et al., 2013, het Waterveiligheidsplan (Kolen en Huizinga, 2017). De studies laten zien dat er een grote onzekerheid is in de haalbaarheid van evacuatie: bij een onverwachte doorbraak kan er niet geëvacueerd worden, en bij een goede voorspelling van het moment van dijkfalen en efficiënte besluitvorming en response kan vrijwel iedereen op tijd geëvacueerd worden uit Dordrecht. Er zijn geen berekeningen van het eiland zelf gebruikt, maar er worden getallen gebruikt die representatief zijn voor het benedenrivierengebied in het algemeen.

Voor de evacuatie-effectiviteit zijn het optreden van storm en het verkeer in de omgeving doorslaggevend. Wanneer de windkracht zo hoog is dat het gevaarlijk is om de weg op te gaan, is evacueren gedurende de laatste periode voor de doorbraak lastig. Bij doorbraken vanuit de Nieuwe Merwede is de kans op een zware storm kleiner en is vaak de rivierafvoer dominant. Voor doorbraken vanuit de andere riviertakken is storm wel relevant. Riviergedomineerde gebeurtenissen geven in het algemeen een groter overstroomd gebied en waterdiepte dan stormgedomineerde gebeurtenissen.

In het Waterveiligheidsplan van Dordrecht (Kolen en Huizinga, 2017) is de strategie voor hoogwaters uitgewerkt. Deze strategie houdt in dat iedereen verticaal evacueert en dus thuis blijft, tenzij anders wordt gecommuniceerd. Ook is er aandacht voor shelters. Voor evacuatie naar publieke shelters is verondersteld dat deze in het postcodegebied liggen waar de mensen wonen waardoor de reistijd beperkt is. De shelters kunnen gebruikt worden als opvangplek, als tussenstation tijdens het vluchten en als uitvalsbasis voor de reddingswerkers. Ook zijn veel mensen mogelijk relatief veilig in hun eigen woning: de verwachte stroomsnelheden zijn beperkt en veel woningen hebben een 'droge verdieping': een verdieping die hoger ligt dan de waterdieptes horend bij zeer extreme omstandigheden.

Na overstroming zal redding op gang komen van de mensen die nog in het overstroomde gebied aanwezig zijn. Wanneer het hele eiland zou overstromen en de reddingsopgave is verbonden aan de evacuatiestrategie en beiden verlopen gunstig, dan kan in enkele dagen tot een week iedereen gered worden. In ongunstige scenario's is niet bekend waar mensen zich bevinden en is redden lastiger.

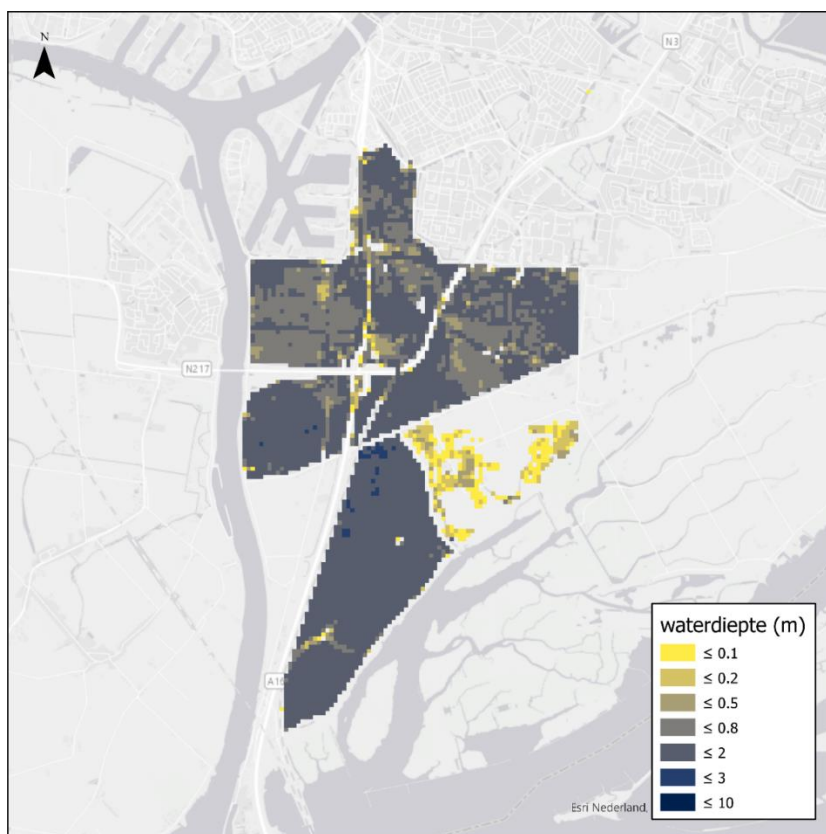
4.2 De storyline

De storyline is uitgebreid beschreven in bijlage A en heel kort samengevat in figuur 4.2. In de storyline komt er een hoge maar geen extreme rivierafvoer en valt deze samen met een storm en hoog getij waardoor de waterstanden in het overgangsg gebied oplopen tot de maatgevende waterstanden. De Veiligheidsregio heeft de mensen gevraagd thuis te blijven en dat heeft 80% gedaan. Dan breekt de dijk aan de Zuidkant van Dordrecht en 7 uur later breekt ook de binnendijk en stroomt het water enkele zuidelijke woonwijken in. In het overstroomd gebied zijn dan nog ongeveer 27000 mensen aanwezig.

In deze storyline is aangenomen dat het overstroomd gebied wordt beperkt door andere oudere dijken op het eiland. Het ziekenhuis blijft droog. De woonwijken krijgen te maken met waterdieptes van ongeveer 1m (zie figuur 4.3). De afstand tot een droge locaties is klein en de doorgaande weg de N3 blijft droog. Er wordt aangenomen dat het ongeveer 2 à 3 dagen kost om iedereen te redden en dat gezien de kleine dieptes, de beperkte afstand tot veilig gebied en de relatief korte reddingstijd er minder dan 5 slachtoffers vallen.

Fase	T	Water systeem	Nationale organisaties	VR + WS	Vitale infrastructuur	Inwoners buitendijks	Inwoners binnendijks	Effect
Besluitvorming	-5	Hoge afvoer, mogelijk ook storm	Alert, waarschuwen	Waarschuwen CI en inwoners buitendijks	Alert, Buitendijks voorbereiden	Bereiden zich voor	120.000	120.000 mensen in bedreigd gebied
Uitvoering	-2	Storm, zeer hoge H's verwacht in overgangsgebied	Alert, coördineren	Waarschuwen CI en inwoners, blijf thuis, scholen, bedrijven dicht	Zeer alert	Zijn voorbereid	20% vertrekt, 80% bereid zich voor	100.000 in bedreigd gebied, 20000 veilig
Overstroming en acute evacuatie	0	Overstroming, woonwijken bereikt na 7 uur, dieptes daar ~ 1 m, N3 droog, snelweg lang droog, rivieren zakken weer	Helpen Dordt	Beperken overstroming, binnendijken!, waarschuwen: blijf thuis!	Stroom tot water er is, dan koud & donker	blijven zitten, daarna schoonmaken/opruimen	20% vlucht alsnog, rest blijft boven	27.000 in overstroomd gebied
Vluchten en redden	0-3d	Waterstanden zakken		Redden en repareren kering			Vrijwel iedereen wordt gered of vlucht zelf	<5 slachtoffers
Herstel	3mnd			Ondersteunen terugkeer en reparaties	Herstel			

Figur 4.2 Samenvatting van de storyline welke is beschreven in bijlage A.



Figur 4.3 Het overstroomd gebied en de maximale waterdiepte

Ook zijn nog enkele alternatieve storylines uitgewerkt: namelijk een strategie waarin de veiligheidsregio aanraadt om preventief te evacueren in plaats van thuis te blijven en een voor het veel ernstiger scenario met een doorbraak bij de Kop van 't Land (Zie bijlage A).

4.3 Relatie storyline met evacuatieboom en belangrijkste aannames

De storyline is gerelateerd aan de evacuatieboom: De belangrijkste factoren waarvoor aannames worden gedaan in de tijdlijn van de scenario's worden knopen in de evacuatieboom (zie annex A en C). De hier in de storyline gekozen waarde voor de aanname is slechts 1 van meerdere opties. De evacuatieboom laat dat goed zien en geeft ook andere opties weer.

De belangrijkste aannames zijn:

- **Moment van besluitname**, deze is afhankelijk van de alertering, besluitvorming en communicatie. Deze drie beïnvloeden de beschikbare tijd en worden meegenomen in de evacuatieboom onder alertering en besluitvorming.
- **Het besluit**: Wel of niet evacueren (verticaal/preventief). Deze aanname is cruciaal voor de storyline. In eerste instantie is de storyline uitgewerkt voor thuisblijven. Vervolgens voor het besluit om iedereen te evacueren. Het besluit wordt een knoop in de evacuatieboom. Het tweede scenario is een onverwachte doorbraak waar niet geëvacueerd wordt.
- **Doorbraak**: Doorbraakmoment, doorbraaklocatie, en omstandigheden daarbij: storm en hoge afvoer. Deze zijn hier als gegeven beschouwd: deze storyline hoort bij deze gebeurtenis. Hierbij is storm inbegrepen. Echter voordat de doorbraak daadwerkelijk plaatsvindt dient al een besluit over het al dan niet evacueren te worden genomen. Wanneer dat besluit genomen moet worden, is het nog onzeker of er een doorbraak gaat plaatsvinden, en zo ja, waar en op welk moment precies.
- **Response van mensen**: het is lastig de response van mensen te bepalen. De storyline geeft de gebeurtenissen weer gebaseerd op de aanname dat 80% het advies van de veiligheidsregio volgt, en 20% het tegenovergestelde doet en gaat ervan uit dat deze 80% homogeen over het gebied verdeeld zijn. Ook als de dijk doorgebroken is wordt er vanuit gegaan dat de meeste mensen nog het advies van de Veiligheidsregio volgen. In vervolgstudies zou nader op deze response ingegaan kunnen worden en bijvoorbeeld het effect van communicatie meegenomen kunnen worden. In de evacuatieboom is deze aanname niet gevarieerd.
- **Verloop van de overstroming**: In de storylines is uitgegaan van 'het standaard bresgroeiverloop'. In werkelijkheid is bresgroei zeer variabel en afhankelijk van allerlei factoren. De bresgroeisnelheid bepaalt het instromend volume en is dus cruciaal. Ook is er vanuit gegaan dat de Wioldrechtse Zeedijk breekt bij een bepaalde waterstand terwijl de Zanddijk standhoudt. Dit zijn onzekere aannames. Wanneer de Wioldrechtse Zeedijk eerder breekt veranderen de aankomsttijden in het gebied ten noorden ervan, wanneer deze niet breekt, blijft het gehele noordelijk deel droog en vallen er waarschijnlijk geen slachtoffers. Als de Zanddijk breekt, stroomt het gebied ten oosten van de Zanddijk onder en wordt de kans op een doorbraak van de Wioldrechtse Zeedijk kleiner. Dat gebied is een landelijk gebied met heel weinig inwoners. Het verloop van gebeurtenissen verandert dan ook totaal. Ook kan de Wioldrechtse Zeedijk op een andere locatie doorbreken. Of de dijk breekt hangt van de sterkte en onderhoudsstatus van de dijk af, en van golven en wind en van het succes van het waterschap om die kering te behouden. Tenslotte is het overstromd gebied beperkt door andere binnendijken die als standzeker zijn verondersteld, zoals de Zuidendijk. De evacuatieboom is gemaakt gegeven dit overstromingsscenario. De onzekerheid in het overstromingsverloop is in dit onderzoek niet meegenomen.

- **Redden:** Voor de aannames m.b.t. redding is gekeken naar beschikbare informatie. In de storyline is hier een keuze gemaakt. Wanneer de redding sneller zou verlopen komen er mogelijk minder mensen om. De relatie tussen mortaliteit en reddingsnelheid is niet bekend. In de standaardfuncties en het PBL-model wordt deze impliciet als gelijk aan die in 1953 beschouwd. Wanneer mensen sneller gered worden, zeker kwetsbare mensen zoals baby's, zieken en ouderen, kan het aantal slachtoffers kleiner zijn dan wanneer het langer duurt om deze te redden.
- **Niet-zelfredzamen:** Deze zijn hier niet apart beschouwd, maar zullen zowel de besluiten als de mortaliteit kunnen beïnvloeden. De Veiligheidsregio heeft momenteel daarom veel aandacht voor bijvoorbeeld communicatie naar niet-zelfredzamen en hun verzorgers..
- **Mortaliteit:** De mortaliteit resulteert uit de storyline of de tak in de boom. Hij wordt bepaald op basis van de resulterende aantallen mensen in het overstroomd gebied, het overstromingsgevaar (diepe, stijgsnelheid, aankomsttijd) en een inschatting van hoeveel mensen onderweg getroffen worden. Ook hangt deze af van de reddingstijd. De mortaliteit horend bij een bepaald gevaar en reddingsstijd is onzeker. In de evacuatieboomberekeningen is deze onzekerheid niet beschouwd.

4.4 De evacuatieboom

Er is een evacuatieboom gemaakt passend bij het overstromingsscenario voor de situatie met en zonder storm en voor de twee strategieën preventieve evacuatie en verticale evacuatie (zie paragraaf 3.2 en bijlage C). Figuur 4.4 geeft de gekozen instellingen voor de evacuatieboom voor de situatie met storm.

In het meest waarschijnlijke scenario is er 21 uur beschikbaar is voor de preventieve evacuatie zelf, er van uitgaande dat er tijdens de stormperiode niet wordt geëvacueerd. De evacuatie-efficiëntie uit rij 5 en rij 11 is bepaald met behulp van de functie van Maaskant et al. (2009) en opgenomen in tabel 4.1.

	Vroeg of optimistisch		Gemiddeld		Laat of pessimistisch		
	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	
1 Alterteren (Tijd beschikbaar tot aan verwachte moment dijkfalen)	20%	120	60%	96	20%	72	
2 Waarschuwen / Opschalen (benodigde tijd)	20%	12	60%	24	20%	36	
3 Beslissen (benodigde tijd)	20%	12	60%	24	20%	36	
4 Logistiek en communicatie (benodigde tijd)	20%	6	60%	12	20%	24	
5 Verplaatsen van A naar B (benodigde tijd)	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	I
6 Start storm (tijd voor verwacht moment falen)	20%	10	60%	15	20%	20	II
7 Momenten Falen kering (tijd tov verwacht moment falen)	20%	5	60%	0	20%	-5	III
8 Wijze van falen kering	20%	P1	60%	P2	20%	P3	IV
9 Duur storm (tijd tov start storm)	20%	15	60%	20	20%	25	
10 Aankomsttijd (tijd tov verwacht moment falen)	20%	30	60%	20	20%	15	V
11 Verplaatsen van A naar B	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	VI
I f (t) op basis van onderliggende scenario's evacuatieschattingen NL							
II reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming							
III reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming							
IV de wijze van falen kan leiden tot een ander overstromingspatroon							
V een gemiddelde aankomsttijd horende bij het scenario, te updaten op basis van modelberekeningen							
de effectiviteit van uitvoering van de evacuatie, f (t) op basis van onderliggende scenario's evacuatieschattingen NL							

Figuur 4.4 Parameters gebruikt in de evacuatieboom voor preventieve evacuatie met storm (overgenomen uit bijlage C)

Tabel 4.1 Effectiviteit van evacuatie: het percentage van de totale bevolking dat op tijd weg kan komen (bron: Maaskant et al 2009), overgenomen uit bijlage C

Dagen	Effectiviteit evacuatie als % Optimistische uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Gemiddelde uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Pessimistische uitvoering
5	100	100	100
4	100	100	100
3	100	100	82
2	100	97	71
1	100	74	47

4.5 Resulterende slachtoffer aantallen

Slachtoffer aantallen bepaald zonder rekening te houden met onzekerheden:

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de slachtofferschattingen bepaald op drie manieren zonder rekening te houden met onzekerheden voor de twee beslissingen: thuisblijven en evacueren.

Tabel 4.2 Overzicht slachtofferschattingen verschillende modellen/aannames

Doorbraaklocatie	Evacuatie	Standardmethode	PBL methode	storyline
Zuid	Geen	56	33	<< 5
Zuid	Preventief	52	35	<< 5
Kop vt land	Geen	707	281*	566**
Kop vt land	Preventief	650	293*	-

* Dit zijn getallen voor 1 dag beschikbare evacuatietijd

** Bij onverwachte overstroming

Tabel 4.2 laat zien dat de verschillende methodes leiden tot verschillende slachtoffer aantallen voor hetzelfde scenario. De standaardmethode en ruimtelijk gedifferentieerde methode zijn beiden grotendeels gebaseerd op de data van 1953. De data van 1953 past bij een grootschalige overstroming met gevaarlijke dieptes, instortende huizen, golven, een grote afstand tot veilig gebied en trage redding. De mortaliteit is een gemiddelde van mensen die buiten of thuis getroffen worden. Beide functies (de standaardfuncties en de ruimtelijk gedifferentieerde functies) lijken niet zonder meer toepasbaar op het overstromingsscenario met de zuidelijke doorbraak. In die storyline is het overstroomd gebied beperkt, storten er waarschijnlijk geen huizen in en is communicatie tussen reddingswerkers en het verkrijgen van beelden van de overstroming en gevolgen eenvoudiger dan in 1953. De doorgaande wegen blijven hier droog, de afstand tot veilige locaties is enkele honderden meters tot 1,5 km en vrijwel alle gebouwen hebben een droge verdieping. Zowel het Standaard Schade- en slachtoffermodel en het PBL model lijken een overschatting te geven voor het overstromingsscenario met een breslocatie aan de zuidzijde. Onzekere factoren en vragen hierbij zijn: Is er genoeg tijd voor evacuatie en hoe gemakkelijk gaat dat? Kunnen de 27000 mensen uit het getroffen gebied op tijd hun woonwijk uitkomen? Hoe snel kan de redding georganiseerd worden? En wat is de mortaliteit van dergelijke beperkte overstromingen?

In de tweede storyline met een doorbraak bij de Kop van t'Land welke is uitgewerkt in bijlage A vallen veel meer slachtoffers volgens alle drie de methodes. De uitkomsten van de standaardmethode en de storyline zijn van gelijke orde van grootte. Het PBL model heeft lagere getallen, maar daar is gerekend met een dag tijd voor verticale of horizontale evacuatie. Blijkbaar worden de evacuatiemogelijkheden zoals bepaald ten behoeve van de normendiscussie (8%) onderschat ten opzichte van de mogelijkheden bepaald met het PBL model.

Voor het betrouwbaarder bepalen van slachtoffers zou een betere analyse van de percentages mensen die zich thuis bevinden, onderweg getroffen worden en in een shelter overlijden nuttig zijn. Ook zou de toepasbaarheid van de mortaliteitsfuncties in gebieden met beperkte dieptes, geen instortende huizen en droogliggende doorgaande wegen nader bekeken moeten worden.

Tenslotte laten de resultaten in bijlage A zien dat het meenemen van ruimtelijke variatie in gevaar (waar is de mortaliteit het hoogste) en de locatie van mensen (en het al dan niet opgehoogd zijn van huizen op die gevaarlijke plekken zoals aan de Wieldrechtse Zeedijk) nodig is om een meer realistische schatting van het slachtofferrisico en het aantal slachtoffers te verkrijgen.

Slachtofferaantallen bepaald rekening houdend met onzekerheden (evacuatieboom)

Tabel 4.3 geeft de resultaten bepaald met de evacuatieboom waarbij zowel gerekend is met de gemiddelde waarden, als met onzekerheden. Tabel 4.3 laat zien dat het meenemen van onzekerheden leidt tot een verwachtingswaarde voor het slachtofferaantal die hoger is dan het slachtofferaantal berekend zonder rekening te houden met onzekerheden. De resultaten laten ook zien dat het aantal slachtoffers corresponderend met de strategie verticale evacuatie kleiner is dan die berekend bij de strategie preventieve evacuatie. Wanneer geen rekening wordt gehouden met onzekerheden worden voor beide strategieën vergelijkbare slachtofferaantallen gevonden.

Tabel 4.3 Slachtoffers horend bij de verschillende strategieën, berekend met en zonder rekening te houden met onzekerheden

Strategie	Geen onzekerheden (deterministisch)		Met onzekerheden (evacuatieboom)	
	Zonder aankomsttijd	Met aankomsttijd	Zonder aankomsttijd	Met aankomsttijd
Preventief evacueren	14 (86% kan evacueren)	6 (98% kan evacueren)	37 (waarvan 18 onderweg)	33 (waarvan 23 onderweg)
Verticaal evacueren*	1 agv prev evac 1 in een shelter 6 in woningen	<1 agv prev evac 1 in een shelter 6 in woningen	5 agv prev evac 1 in een shelter 6 in woningen	3 agv prev evac 1 in een shelter 6 in woningen

* 20% negeert in deze strategie het advies om thuis te blijven en evacueert toch.

Beide observaties worden verklaard door onzekerheden in de beschikbare tijd voor preventieve evacuatie en de kans om onderweg getroffen te worden. Wanneer onzekerheden worden meegenomen zijn er scenario's waarin veel mensen onderweg getroffen worden en juist daar zijn ze het meest kwetsbaar. In de strategie met verticale evacuatie gaat slechts 20% van de inwoners op weg naar een veiligere locatie.

4.6 Discussie en conclusies Dordrecht

Dordrecht heeft al heel veel kennis opgedaan in diverse projecten en een uitgebreid Waterveiligheidsplan ontwikkeld. Er is een overzicht van de variatie aan gevolgen van doorbraken per dijktraject, de type events (storm/afvoer) die het meeste gevaar opleveren, en de veiligheidsregio heeft zelf goed inzicht in kritieke infrastructuur en niet-zelfredzame inwoners. De hier ontwikkelde storylines en evacuatiebomen zijn gebaseerd op die beschikbare inzichten en gebruiken deze op een net andere wijze: waar mogelijk wordt de kennis gebruikt in de storylines en waar nodig worden daar aannames gedaan.

Deze worden vervolgens gevarieerd in de evacuatiebomen. Daarmee illustreren de storylines en evacuatiebomen de beschikbare kennis en het effect op slachtofferaantallen en beschikbare kennis en worden ook de kennisleemtes en belangrijkste vragen helderder.

De analyses met storylines en de evacuatiebomen laten zien dat preventieve evacuatie het aantal slachtoffers sterk reduceert, tenzij deze niet op tijd afgerond is. Er is dus informatie nodig over de *beschikbare* en *benodigde tijd* voor evacuatie en over mogelijkheden voor schuilen thuis of in shelters.

De beschikbare tijd is sterk afhankelijk van de voorspelling, en zal per gebeurtenis verschillen. Globaal varieert deze van 0 – 3 dagen, maar de grootste kans is dat de beschikbare tijd 2 dagen of minder zal zijn. In situaties met extreme stormverwachting waarbij mogelijk ernstige verkeershinder optreedt, blijft er minder tijd over voor evacuatie.

De benodigde tijd hangt sterk af van de mogelijkheden voor landelijk verkeersmanagement en de keuzes van andere gebieden. Gaan bijvoorbeeld IJsselmonde, de Hoekse Waard, Alblasserwaard en Brabantse Delta ook evacueren, dan is de kans op files heel groot. In de meeste scenario's zal vooral het overgangsgebied bedreigd worden en kan evacuatie plaatsvinden richting de kust of het bovenrivierengebied. Bij extreme rivierafvoeren kan ook het rivierengebied bedreigd worden en is juist het westelijke benedenrivierengebied en de kust veilig.

De resulterende slachtofferaantallen hangen af van het aantal mensen in het gebied en hun locatie, en de overstromingskarakteristieken. Zelf als de doorbraaklocatie bekend is, dan nog is het in een gebied als Dordrecht niet mogelijk om het precieze overstromingsverloop te geven. De standszekerheid van de Wioldrechtse Zeedijk en Zanddijk, de geleiding van regionale waterlopen en het gedrag van obstakels en verhoogde wegen is onzeker. Het is belangrijk dit mee te nemen in de onzekerheidsanalyse.

Behalve evacuatie van het gehele gebied kan wellicht in sommige scenario's ook gekozen worden voor het acuut evacueren van gevaarlijke locaties of kwetsbare mensen. Mogelijk zijn er al dergelijke noodplannen voor bijvoorbeeld het ziekenhuis. Dat is hier niet onderzocht.

De mogelijkheden voor communicatie net voor en tijdens de overstroming tussen hulpverleners onderling en tussen crisismanagers en getroffen en getroffen zijn ook van invloed op de evacuatie- en reddings-effectiviteit en dus op de overlevingskansen en mortaliteit van de getroffen inwoners. Ook deze zijn in dit onderzoek niet nader bekeken.

Effect op keuzes in crisismanagement

Met name de onzekerheid over of, waar en wanneer de dijk zal breken en de haalbaarheid van evacuatie, welke gedomineerd wordt door de beslistijd en de waarschijnlijkheid dat er files zijn buiten het gebied welke evacuatie beperken, bepalen de keuze voor al dan niet preventief of verticaal evacueren. De belangrijkste onzekerheden die keuzes met betrekking tot het al dan niet evacueren bepalen, zijn:

- moment en locatie doorbreken: Als de dijk eerder breekt dan verwacht, kan evacuatie tot meer slachtoffers leiden. Als dat niet zo is dan is evacuatie een betere optie, zeker voor locaties waar grotere waterdieptes verwacht worden.
- Omgevingsverkeer (uitstroomcapaciteit): wanneer files op de snelwegen beperkt kunnen worden, is evacuatie in een dag haalbaar. Met files duurt dit mogelijk tot 48 uur.
- Reddingscapaciteit en mortaliteit onder verticaal geëvacueerden.

Observaties m.b.t. analyse slachtofferaantallen en mortaliteit

Uit de bepaling van de mortaliteit en het aantal slachtoffers zijn ook een aantal observaties te halen:

- In de storyline is het lastig om een verhaal of onderbouwing te geven bij de hoge slachtofferaantallen voor het zuidelijk scenario. Dit duidt erop dat de slachtofferfuncties en PBL model niet goed toepasbaar zijn op zuidelijk scenario. Dit komt door de beperkte waterdiepte en omvang en de beperkte afstand tot droge locaties.
- De verdeling van mensen over locaties in het PBL model is voor het zuidelijk scenario niet goed uitlegbaar en deze is bepalend voor de kans om onderweg getroffen te worden. Deze kans lijkt voor dit scenario erg hoog in verhouding tot de afstand die afgelegd moet worden naar een droge weg en het beperkte gebied dat overstromd raakt. De verdeling is gebaseerd op een analyse voor Dordrecht als geheel. Wellicht zou voor de analyse van het effect van een bepaald overstromingsscenario deze verdeling aangepast moeten worden op dit overstromingsscenario. De mortaliteit van de mensen die onderweg getroffen worden is immers aangenomen als vijf maal de gemiddelde mortaliteit. De mortaliteit van mensen die thuisblijven of zich in een shelter bevinden zou afhankelijk moeten zijn van de diepte en duur van verblijf thuis of in een shelter.
- Er zijn veel onzekere factoren die een rol spelen. Bij slachtofferbepaling zou deze onzekerheid meegenomen moeten worden. Wanneer onzekerheden meegenomen worden, wordt een hogere verwachtingswaarde voor de slachtofferaantal gevonden dan wanneer deze niet wordt meegenomen.

Effect op beslissingen m.b.t. waterveiligheidsmaatregelen

Slachtofferrisico's zijn doorslaggevend voor de normen van beide trajecten op het eiland van Dordrecht: Voor het noordelijk traject is het groepsrisico en het LIR maatgevend en voor het zuidelijk traject het LIR en de MKBA.

De getallen zijn echter robuust en onzekerheden leiden niet tot onzekerheden in de normkeuzes: Aan de noordzijde worden de voor het LIR maatgevende gebieden snel diep wat inderdaad gevaarlijk is. Ook zijn de evacuatiemogelijkheid als zeer beperkt verondersteld (8% evacuatie). Aan de zuidzijde van de Wioldrechtse Zeedijk kan de waterdiepte snel stijgen en groot worden. Voor mensen die zich daar bevinden is dit een risico. Het is onwaarschijnlijk dat nieuwe inzichten in slachtofferfuncties leiden tot grote veranderingen in de LIR waardes op de bepalende locaties. Voor het groepsrisico is de Kop van 't land een belangrijke locatie en de slachtofferaantallen die daar bepaald worden zijn uitlegbaar als gekeken wordt naar de storyline (besproken in bijlage A).

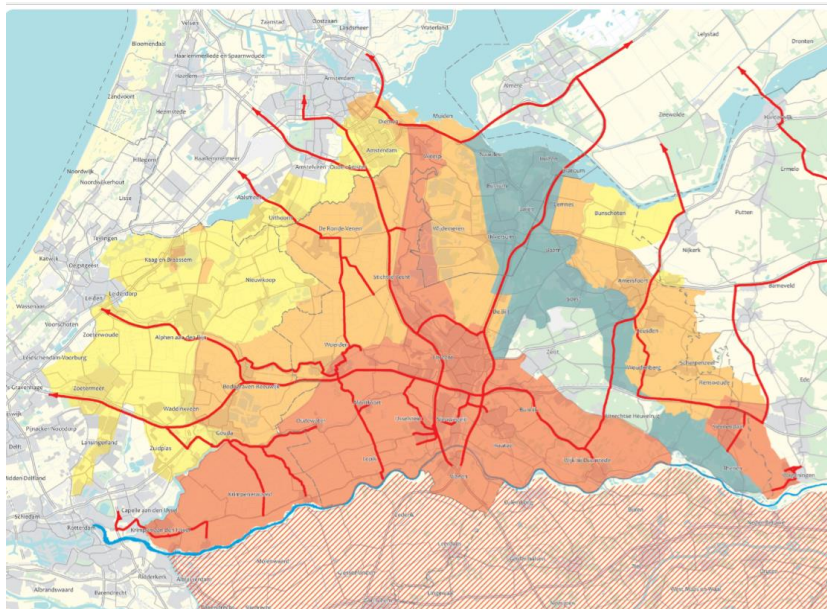
5 Analyse Gelderse Vallei

5.1 Gebiedsbeschrijving

De Gelderse Vallei is gelegen in Midden-Nederland rond het Valleikanaal/de Grift en tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Aan de zuidkant wordt deze vallei begrensd door de Nederrijn, aan de noordkant door het Eemmeer. Bij doorbraken in de Grebbedijk langs de Nederrijn zal een groot gebied overstromen. Het water volgt dan de loop van het Valleikanaal/de Grift naar het noorden en stroomt over Veenendaal in de richting van Amersfoort en het Eemmeer.

De Gelderse Vallei ligt voor 2/3 in de provincie Gelderland en voor 1/3 in de provincie Utrecht. Crisismanagement is in handen van Veiligheidsregio Gelderland Midden en Veiligheidsregio Utrecht. Het overstromingsgevaar verschilt sterk van locatie tot locatie. Het zuiden kan snel onderlopen en te maken krijgen met grote dieptes, zeker in de lage delen. Een belangrijke plaats in dit gebied is het laaggelegen Veenendaal. De randen van de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe liggen hoger waardoor de potentiële waterdieptes daar beperkt blijven en het na een doorbraak lang duurt voor deze gebieden overstromen. Plaatsen als Woudenberg en Wageningen liggen hoger. Amersfoort ligt ver noordelijk. De tijd tot overstromen is daardoor lang. Wel zijn er enkele laag gelegen buurten waar grote waterdieptes kunnen optreden. Er zijn overstromingsscenario's waarbij veel woningen geen droge verdieping hebben (oranje en rode kleuren). In Amersfoort heeft meer dan 60 a 80% van de gebouwen droge verdiepingen.

De Veiligheidsregio's in Utrecht en Gelderland-Midden hebben een plan ontwikkeld voor overstromingen. In dit plan staat dat het gebied ten zuiden van de spoorlijn preventief geëvacueerd moet worden, vanwege de korte aankomsttijd van het water in dat gebied en de grote waterdieptes daar (zie figuur 5.1). Het gebied meer ten noorden met daarin de plaatsen Amersfoort en Leusden kan later geëvacueerd worden.



Figuur 5.1. Evacuatieplan van Veiligheidsregio Utrecht bij dreiging door hoogwater op de Nederrijn/Lek: Het rode gebied wordt eerst geëvacueerd, daarna oranje en daarna geel

Dit hoofdstuk beschrijft de storyline en evacuatieboom voor een doorbraak van de Grebbedijk bij een extreme rivierafvoer heel kort en bespreekt dan de resultaterende slachtofferaantallen. Voor een uitgebreide beschrijving van de storyline en evacuatieboom wordt verwezen naar bijlage B en C.

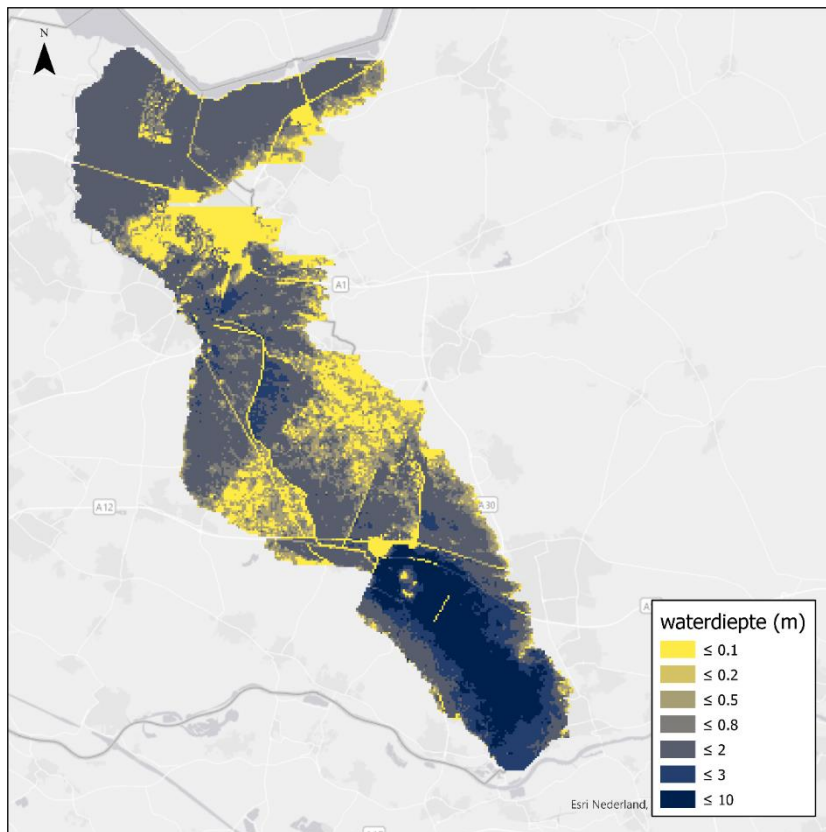
5.2 De storyline

In dit onderzoek is een storyline uitgewerkt voor een dreiging van een hoge rivierafvoer op de Rijn en een doorbraak van de Grebbedijk (zie bijlage B). Figuur 5.2 geeft een zeer korte samenvatting en tabel 5.1 het aantal inwoners voor verschillende aankomsttijden.

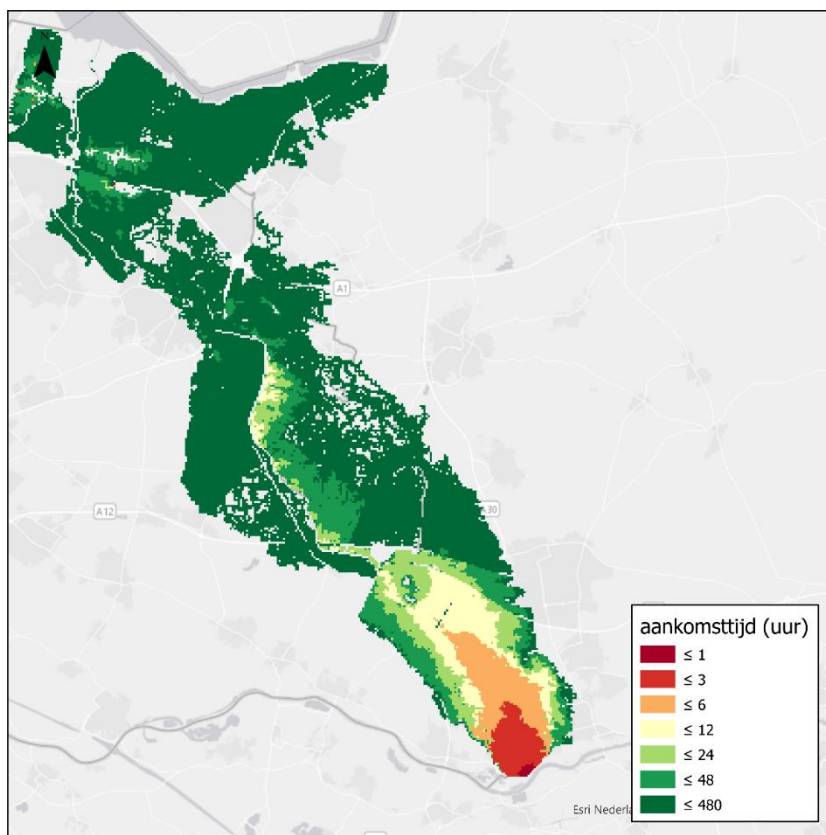
Fase	T	Water systeem	Nationale context	VR + WS	inwoners	Effect
Besluitvorming	-4	Extreem hoge afvoer nadert vanuit Duitsland	Alert, waarschuwen	Alert, inspecteren dijken, waarschuwen ziekenhuizen en anderen	Volgen het nieuws, enkelen vertrekken, gewone leven gaat door	Vrijwel alle 250000 inwoners zijn aanwezig
Uitvoering	-2	Afvoer komt dichterbij	Hele rivierengebied in touw, evacuatie overal overwogen	Grebbedijk oogt instabiel. VR adviseert mensen ten zuiden van spoorlijn (Veenendaal e.o.) te evacueren, de overigen moeten zich voorbereiden op mogelijke evacuatie later	80% volgt advies op. 20% vd mensen uit Veenendaal vertrekt niet en 20% vanuit noordelijke plaatsen vertrekt toch	80000 veilig, 170000 in bedreigd gebied
Overstroming en acute evacuatie	0	Grebbedijk breekt. Water loopt naar noorden tot aan slaperdijk/A12. Het wordt 3m diep.	Naburige locaties snel veiliger, evacuatie uit andere gebieden stopt of wordt omgeleid	Versterken slaperdijk/spoordijk, zorgen dat mensen uit Veenendaal binnen zijn of blijven, redden ziekenhuis. Adviseert mensen uit Amersfoort en noordelijker zsm te evacueren	Mensen in het zuidelijk gebied zitten in kou en donker op zolder in gevaarlijke omstandigheden. In het noorden vertrekken mensen.	10000 mensen in overstromd, 40000 in bedreigd gebied, 200.000 mensen veilig
Overstroming en redden	2	Water stroomt over spoorlijn richting noorden en dieptes nemen toe. Na 100 - 160 uur wordt Eemmeer en Woudenberg bereikt	Verlenen assistentie aan VR Utrecht en Gelderland Midden	Red mensen, helpt bij evacuatie, vertraagt het water om mensen tijd te geven voor evacuatie	De laatste evacuees gaan het gebied uit, anderen wachten op redding	50000 ongeveer in overstromd gebied, 200.000 mensen veilig
Vluchten en redden	2-7	Waterstanden zakken	Idem	Redden en repareren kering	Wachten op redding	115 slachtoffers

Figuur 5.2 Samenvatting van de storyline, zie voor een gedetailleerde uitwerking bijlage B

In de storyline wordt 2 dagen voor de doorbraak het gebied ten zuiden van de spoorlijn geëvacueerd. De maximale waterdieptes in dit scenario zijn weergegeven in figuur 5.3 en de aankomsttijden in figuur 5.4. In het scenario overstroomt eerst het gebied rond Veenendaal ten zuiden van de spoorlijn en slaperdijk. Na doorbraak evacueert ook de rest van het gebied. Amersfoort en Leusden lopen onder na 65 uur onder. Ongeveer 80% van de inwoners evacueert succesvol naar een droge locatie, 20% blijft achter en moet gered worden of zichzelf redden.



Figuur 5.3 Maximale waterdiepte ten gevolge van een doorbraak in de Grebbedijk



Figuur 5.4 Aankomsttijden bij een doorbraak in de Grebbedijk

Tabel 5.1 Getroffenen (output SSM2017) na verschillende tijdstippen

Categorie naam	Getroffenen (aantal personen)
Getroffenen	247916
Getroffenen aankomsttijd < 24 uur	59765
Getroffenen 24 uur <= aankomsttijd <= 48 uur	32416
Getroffenen aankomsttijd > 48 uur	156717

5.3 De evacuatieboom

In tabel 5.2 zijn de gekozen instellingen voor de evacuatieboom opgenomen. In het verwachte scenario is er 48 uur beschikbaar voor de uitvoering van de verplaatsing naar een veilige locatie wanneer geen rekening gehouden wordt met aankomsttijd. Deze 48 uur is bepaald op basis van de tijd na alertering, de tijd voor opschalen, beslissen en voorbereiden van de evacuatie. De evacuatie-efficiëntie bij verschillende beslismomenten is opgenomen in tabel 5.3.

Voor dit gebied is het niet mogelijk om met een gemiddelde aankomsttijd te werken: de verschillen zijn te groot. Daarom is het gebied verdeeld in zones met een verschillende aankomsttijd en is er voor iedere zone een evacuatieboom gemaakt (zie tabel 5.4). De meeste slachtoffers vallen in de zone met een korte aankomsttijd.

De belangrijkste verschillen met de evacuatieboom van Dordrecht zijn: er is geen storm, de onzekerheid in het moment van dijkfalen is groter omdat de duur van het hoogwater langer is en er is meer beslistijd: het is eerder zeker dat er een hoge afvoer over de rivier aankomt. Voor de detailaanpak en resultaten wordt verwezen naar bijlage C.

Tabel 5.2. Gebruikte parameters in de evacuatieboom

Parameter	Optimistisch	Gemiddeld	Pessimistisch
Alerteren (moment, uur voor de bres)	100	135	120
Waarschuwen	48	24	36
Beslissen	48	24	36
Logistiek en communicatie	9	15	21
Moment falen kering	24	0	-24
Uitvoering evacuatie	Gunstig	Gemiddeld	Chaotisch/traag
Aankomsttijd	*per zone	* per zone	*per zone

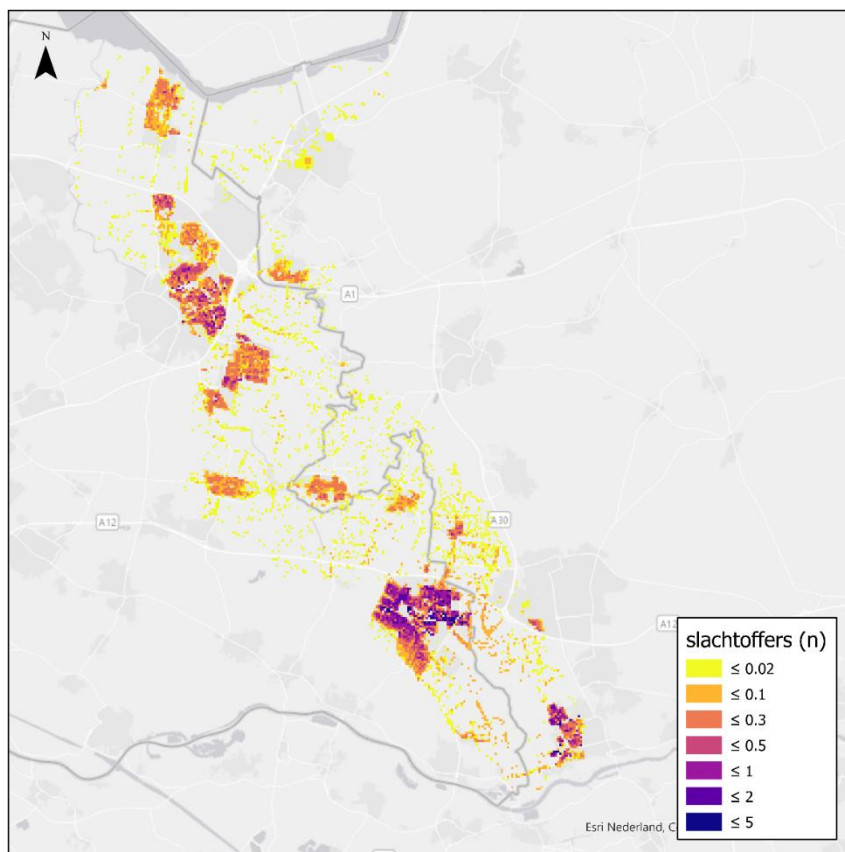
*zie tabel 5.4 in paragraaf 5.4.

Tabel 5.3. Effectiviteit van evacuatie als het % van de totale bevolking dat geëvacueerd kan worden gegeven het aantal dagen beschikbare tijd (optimistische, gemiddelde en pessimistische inschatting) (gebaseerd op Maaskant et al., 2009)

Dagen	Optimistisch	Gemiddeld	Pessimistisch
5	100	100	100
4	100	100	100
3	100	99	99
2	100	98	98
1	96	85	66

5.4 Resulterende slachtoferaantallen

De slachtofferberekeningen gemaakt zonder rekening te houden met onzekerheden zijn samengevat in tabel 5.4. Met de standaardmethode worden 512 slachtoffers gevonden en met de gedifferentieerde functies 127 indien preventief geëvacueerd wordt, en 474 indien verticaal geëvacueerd wordt. Beide modellen resulteren in slachtoffers verspreid over het gehele gebied (zie figuur 5.5) In beide modellen wordt dan ook geen rekening gehouden met aankomsttijden en dat is in dit scenario niet realistisch. Er worden hier ook veel slachtoffers gegeven in plaatsen als Bunschoten en Woudenberg welke pas na meer dan 100 uur onderlopen. Deze lange aankomsttijd moet meegewogen worden en zal tot een reductie van slachtoferaantallen leiden.



Figuur 5.5 Slachtofferaantallen en locaties zoals bepaald op basis van de standaardfuncties

Het 'ruimtelijk gedifferentieerde model' (PBL model) verdeelt de achterblijvers in categorieën m.b.t. de plaats waar deze zich bevinden op het moment dat ze overstroomd raken. Bij verticale evacuatie tijd gaat volgens dit model 45% naar een shelter, 45% is thuis en 10 procent evacueert alsnog preventief. Deze percentages zijn niet afhankelijk van de aankomsttijd en worden in het PBL model als homogeen op het gebied gelegd. Van de 474 slachtoffers die volgens het PBL model bij verticale evacuatie verwacht worden, vallen er 418 vallen thuis en 56 in de shelter. Bij preventieve evacuatie en 2 dagen beschikbare tijd vallen volgens het PBL model ook de meeste slachtoffers thuis (82). Er komen volgens deze functies 59 mensen om, omdat ze niet op tijd weg kunnen komen.

Volgens de storyline zullen ongeveer 20% van de inwoners aanwezig zijn. Als we uitgaan van de standaardfuncties gebaseerd op 1953 zouden er 232 slachtoffers vallen. Echter, de waterdieptes in het noordelijk deel zijn kleiner, de voorbereidingstijd is erg lang vergeleken met 1953 en de woningen zijn veel beter van kwaliteit dan de arbeiderswoningen die destijds leidden tot veel slachtoffers. Dit kan mogelijk het aantal slachtoffers halveren. De schatting van het aantal slachtoffers horend bij de storyline is dan ook zo'n 100 a 120 (zie bijlage B). De als gevaarlijke plekken geïdentificeerde locaties in de storyline liggen vooral in Veenendaal. Volgens de resultaten van de standaardmethode en het PBL model liggen deze verspreid over het gehele gebied.

Tabel 5.4 Overzicht slachtofferschattingen berekend zonder rekening te houden met onzekerheden

Evacuatie	Standaardmethode	PBL methode (1 resp. 2 dagen beschikbare tijd)	storyline
Geen evacuatie	1164	474	
Preventieve evacuatie	512	161 / 127	
Mix volgens plan VR			100-120

De berekeningen geven duidelijk aan dat verticale evacuatie kan leiden tot veel slachtoffers, dat shelters goed georganiseerd moeten zijn zodat ze werkelijk veilig zijn en dat mensen die onderweg getroffen worden in groot gevaar verkeren. Dit is relevant en plausibel. Echter de precieze getallen roepen ook veel vragen op. De aanname van verticale evacuatie voor dit gehele gebied is niet in overeenstemming met dit plan en ook niet plausibel: de aankomsttijden zijn immers meerdere dagen. De kans dat mensen 4 dagen of langer thuis wachten tot het water komt is zeer klein. Het PBL model lijkt hier dan ook ruimtelijk gevarieerd ingevuld te moeten worden of er moet uitgegaan worden van preventieve evacuatie voor het grootste deel van de inwoners.

Met onzekerheden – evacuatieboomresultaten

Er zijn berekeningen gedaan voor preventieve evacuatie en verticale evacuatie. In het geval van preventieve evacuatie is de aankomsttijd van belang. Het aantal slachtoffers bij verschillende varianten van de aankomsttijd is opgenomen in tabel 5.5. In deze tabel is onderscheid gemaakt in vier aankomsttijdzones.

Tabel 5.5. Aantal slachtoffers per aankomsttijdzone (berekend met en zonder rekening te houden met aankomsttijd) voor preventieve evacuatie

Zone	Exclusief aankomsttijd	Inclusief aankomsttijd
6.000 mensen (15% van inwoners Wageningen) met aankomsttijd van 2, 4 of 6 uur.	4	4
60.000 mensen (inwoners Veenendaal) met aankomsttijd van 6, 10 of 14 uur.	45	44
20.000 mensen (verspreid wonende mensen) met aankomsttijd van 18, 24 of 30 uur.	15	13
161.000 mensen Aankomsttijd dermate lang dat ze het gebied verlaten hebben	-	-
Totale gebied	64	61

*zie tabel 5.4 in paragraaf 5.4.

Voor zone 2 (met 60.000 inwoners rond Veenendaal) is een gevoeligheidsanalyse gedaan waaruit blijkt dat de resultaten niet gevoelig zijn voor de uitvoering, maar wel toenemen wanneer er minder tijd beschikbaar is door bijvoorbeeld 1 dag later alerteren, sneller beslissen, of het niet beschouwen van onzekerheden in het faalmoment (zie bijlage C).

Ook is gekeken naar slachtofferaantallen bij verticale evacuatie van zone 1-3. In deze strategie van verticale evacuatie is voor zone 4 wel uitgegaan van preventieve evacuatie. Verondersteld is dat 80% van de 86.000 mensen gehoord geeft aan het verticaal evacueren, en dat 20% (17.200 mensen) besluit alsnog preventief te evacueren. De aankomsttijd is voor alle zones gelijk gesteld aan die van zone 2. Omdat er minder mensen op de weg zijn, kunnen vrijwel alle mensen op tijd het gebied verlaten in deze strategie. In deze strategie vallen er 28 slachtoffers, 24 in woningen en 4 in een shelter onder de mensen die verticaal evacueren. De slachtoffers onder de 20% van de inwoners uit zone 1-3 die toch vertrekken zijn bepaald met de evacuatieboom.

Er worden 8 a 9 slachtoffers gevonden, waarvan 2 slachtoffers vallen doordat ze onderweg getroffen worden. De resultaten zijn niet erg gevoelig voor onzekerheden in besluitvormingstijd of uitvoering van de evacuatie aangezien de meeste slachtoffers vallen onder de verticaal geëvacueerden. Er zijn geen onzekerheden beschouwd voor die groep. Alleen wanneer er 1 dag minder beschikbaar is, worden meer slachtoffers gevonden (zie bijlage C).

5.5 Conclusies en aanbevelingen Gelderse Vallei

De belangrijkste conclusies uit de analyse van de case voor de Gelderse Vallei zijn:

- In de Gelderse Vallei lopen de fasen niet na elkaar, maar tegelijkertijd: het noordelijk deel is nog droog, de overstroming verspreid zich nog, maar het redden van de mensen in Veenendaal moet al beginnen.
- De response van de omgeving kan hier cruciaal zijn: in principe zijn er zoveel droge plaatsen in de omgeving dat redding van veel mensen mogelijk moet zijn. Of dit realistisch is, zou verder onderzocht kunnen worden. Misschien kan bij de analyse van redden of in reddingsplannen hier ook hulp vanuit de omgeving meegenomen worden.
- Het verloop van de overstroming is hier cruciaal voor de gevolgen in Amersfoort, Leusden en Bunschoten: als de spoorlijn en Slaperdijk eerder overstromen of breken is er minder tijd voor de inwoners van Amersfoort om zich te redden.
- Het is niet mogelijk realistische slachtofferaantallen te vinden of locaties te identificeren waar slachtoffers verwacht worden zonder de aankomsttijd en verschillen daarin in het gebied te beschouwen.
- Deze storyline en evacuatieboom laten zien dat in een gebied met een ruimtelijk gevarieerd gevaar en kwetsbaarheid de strategie daarbij aan moet sluiten. De gevaarlijke plekken krijgen dan ook terecht voorrang in de plannen van de Veiligheidsregio.

Aanbevelingen

Het is aan te bevelen de ruimtelijke variatie in gevaar beter in beeld te brengen. Zo kan een kaart met gevaarklassen (e.g. diep/snel/ etc.) en beschikbare tijd bij een doorbraak gemaakt worden voor de scenarios: spoorlijn standzeker, spoorlijn breekt, of spoorlijn keert geen water. Ook kan een kaart gemaakt worden met de orde van grootte van de tijd die nodig is voor iedere gemeente om in geval van acute noodzaak te vertrekken naar de dichtstbijzijnde veilige stad of dorp. Door deze getallen per plaats (Leusden, Woudenberg, Amersfoort etc.) te kennen wordt het handelingsperspectief wellicht verbeterd.

De slachtofferrisicoanalyse zou ook aankomsttijd mee moeten nemen. In overleg met de Veiligheidsregio kan door middel van het naspelen van een storyline of oefening bepaald worden welke info het meest cruciaal is voor effectief crisismanagement.

6 Samenvattende conclusies

Zoals beschreven in hoofdstuk 1 en 2 is een betrouwbare schatting van slachtofferrisico's cruciaal voor het bepalen of het slachtofferrisiconiveau acceptabel is en hoe effectief risicoreducerende maatregelen zijn. Ook voor het bepalen van het handelingsperspectief en het ondersteunen van besluitvorming in crisismanagement is kennis over bijvoorbeeld gevaarlijke locaties, benodigde tijd voor evacuatie en beschikbare tijd zeer belangrijk.

De storylines en evacuatiebomen in dit rapport en de bijlagen dragen bij aan het nadenken over aannames en consequenties en vormen daarmee een soort plausibiliteitscheck. De evacuatiebomen "verbreden" de storylines en geven inzicht in onzekerheden. De analyses laten zien dat:

- ruimtelijke analyse cruciaal is, vooral in gebieden met grote verschillen in diepte of aankomsttijd.
- Een analyse van de onzekerheid en de bepalende factoren voor die onzekerheid nodig is voor het maken van plannen.
- Wanneer geen rekening gehouden wordt met onzekerheden mogelijk een te lage slachtofferschatting gedaan wordt.

In de hier uitgevoerde cases was in Dordrecht het overstromingsverloop cruciaal: faalt de secundaire kering of niet, houden de andere binnendijken het? Ook het verkeer vanuit andere regio's en daarmee de kans op files is bepalend voor de evacuatiemogelijkheden daar. In het rivierengebied was de aankomsttijd een belangrijke factor waar rekening mee gehouden moet worden in de analyse van gevaarlijke plekken en slachtofferaantallen.

De onzekerheden in slachtofferschattingen zijn groot en worden vooral bepaald door onzekerheden in het aantal mensen dat onderweg getroffen wordt door overstroming. Die mensen zijn het meest kwetsbaar. De keuze van de evacuatiestrategie is daardoor cruciaal voor de overlevingskansen van mensen: door preventieve evacuatie kunnen vele slachtoffers voorkomen worden, mits er voldoende tijd beschikbaar is. Wanneer de evacuatie niet op tijd is afgerond en mensen onderweg overvallen worden door het water kunnen er juist meer slachtoffers vallen. Daarom is kennis over beschikbare en benodigde tijd van verschillende zones in het bedreigde gebied en de onzekerheid in die kennis belangrijk. De beschikbare tijd is afhankelijk van het moment van besluitvorming, het moment van dijkdoorbraak en van weersomstandigheden, zoals storm. De benodigde tijd is afhankelijk van de effectiviteit van uitvoering en van verkeer uit de omgeving die mogelijk de wegcapaciteit kan beperken.

Zowel op het gebied van evacuatieschattingen als op het gebied van slachtofferbepaling zijn verbeteringen nodig. De bepaling van de evacuatiemogelijkheden gegeven een bepaalde beschikbare tijd, is gedaan voordat het project Water en Evacuatie uitgevoerd is. Nieuwe kennis kan de evacuatieschattingen en slachtofferbepaling verbeteren. Slachtofferrisico's zijn bepaald op basis van slachtofferfuncties gebaseerd op data uit 1953. Sindsdien zijn woningen, transportmogelijkheden en communicatiemogelijkheden sterk verbeterd, maar is ook de bevolking toegenomen en ouder geworden. Ook zijn niet alle overstromingen vergelijkbaar met de watersnood van 1953: voor overstromingen met een grotere aankomsttijd en of kleinere waterdiepte zijn mogelijk aangepaste functies nodig. Ook kunnen de mortaliteitswaarden beter worden onderbouwd.

Als de mortaliteitsfunctie verandert, bijvoorbeeld in een gebied met een hoge stijgsnelheid of door aankomsttijd mee te nemen kan het Lokaal Individueel Risico (LIR) sterk veranderen, wat bij enkele trajecten in potentie effect kan hebben op de benodigde kans om aan het LIR criterium te voldoen. Ook kan het effect hebben op de plannen van de crisismanagers: immers een meer accurate aanduiding van de meest gevaarlijke locaties helpt hen effectieve plannen te maken.

7 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek komen de volgende aanbevelingen welke ook besproken zijn in de werksessies met experts (zie bijlage D):

- 1 Verbeter de mortaliteitsfuncties en slachtofferbepaling zodat gevaarlijke plekken nauwkeuriger geïdentificeerd kunnen worden en slachtofferaantallen beter bepaald kunnen worden. Dit kan op basis van data van elders en nieuwe inzichten met betrekking tot bijvoorbeeld aankomsttijd, huissterkte en leeftijd. Ook kan hierin het onderscheid tussen mensen die in een gebouw en mensen die onderweg getroffen worden gebruikt worden.
- 2 Verbeter de inschatting van evacuatiemogelijkheden door het opstellen van een handzame methode voor het bepalen van de benodigde en beschikbare tijd en de onzekerheden daarin voor preventieve evacuatie m.b.v. nieuwe kennis (uit impact analyses etc.)
- 3 Voer een illustratieve case study uit naar de implicaties van nieuwe inzichten in benodigde en beschikbare tijd en voorgestelde alternatieve slachtofferfuncties op de identificatie van gevaarlijke plekken, op slachtofferaantallen, op het LIR, handelingsperspectief, mogelijke maatregelen en ruimtelijke adaptatie.
- 4 Ontwikkel een methode waarmee de veiligheidsregio en het waterschap voorbereiding en keuzes kunnen relateren aan onzekerheid in het evacuatieproces en slachtofferschattingen.
- 5 Ondersteun de ruimtelijke component in evacuatieplannen beter en verken de effecten van regionaal verkeersgedrag op evacuatie-effectiviteit en mogelijkheden voor beïnvloeding van verkeersgedrag (zoals bijvoorbeeld een code geel door de ANWB).

Voor het oppakken van deze aanbevelingen is samenwerking tussen beleidsmakers, veiligheidsregio's, en onderzoekers op verschillende disciplines nodig.

8 Referenties

- Asselman, N. (2005). Consequences of floods, Damage to buildings and casualties. WL | Delft Hydraulics, Report Q3668
- Asselman, N.E.M. and Jonkman, S.N. (2003), Consequences of floods: a method to estimate the loss of life. Delft Cluster report DC12337.
- Brussee, A. R. (2020). Improving flood fatality risk assessment for river flooding in the Netherlands. Implications of alternative functions and model resolution variations on mortality and fatalities in the Bommelerwaard. Msc Thesis, TU Delft. Delft.
- Dannenbergh, P.C. (2020). Evacuation in Flood Threat Scenarios: Improving Methods to Estimate the Required Time for Evacuation. Msc Thesis, Delft University of Technology, Delft.
- De Bruijn, K.M. (2019). Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuatie. Rapportage 2019. Deltares Rapport. 11203682-012. Deltares Delft.
- De Bruijn, K.M. (2016). Voorstel voor Kennisalliantie "Evacuatie en overstromingslachtoffers" Kennisalliantie van TUD, Deltares, HKV, RWS en PBL. Deltares Report 1230042-004. Delft.
- De Bruijn, K.M. & Van Kester, B. (2015). Possibilities to improve flood fatality functions for the Netherlands. Research on international models and events. Report 1208244.010. Deltares, Delft, The Netherlands.
- De Bruijn, K.M., Wagenaar, D., Slager, K., De Bel, M., Burzel, A. (2015). The updated and improved method for flood damage assessment SSM2015: explanation, motivation and comparison to HIS-SSM (SSM2015). Deltares, Delft.
- De Bruijn, K.M. en K. Slager (2014). Mortality functions in the flood impact module. Deltares rapport 1207814-005-HYE-0003, pp.45
- De Bruijn KM et al. (2010) *Casualty risks in the discussion on new flood protection standards in the Netherlands*. In: De Warchien D et al (eds) Flood recovery, innovation and response II. Wessex Institute of Technology, Southampton
- Jansen, L., (2019). Structural damage to Dutch terraced houses due to flood actions. Msc thesis, TU Delft. Delft.
- Jonkman, S.N., Maaskant, B., Boyd, E., Levitan, M.L. (2009). Loss of life caused by the flooding of New Orleans after hurricane Katrina: Analysis of the relationship between flood characteristics and mortality. Risk Analysis 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01190.x>
- Jonkman S.N. Loss of life estimation in flood risk assessment – theory and applications. PhD Thesis, Delft University, 2007.
- Jonkman, S.N., Kelman I., 2004, An analysis of causes and circumstances of flood disaster deaths, Disasters, Vol.29 No.1, in Press
- Jonkman, S.N. (2005). Global Perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards* (2005) 34:151-175

Kolen, B., en Huizinga, J. (2017). Waterveiligheidsplan Eiland van Dordrecht. Handelingsperspectieven Rapport PR3373.20, HKV Lijn in Water.

Kolen, B., en Zethof, M. (2016). Waterveiligheidsplan Eiland van Dordrecht. Impactanalyse. Rapport PR3373.10, HKV Lijn in Water.

Kolen, B. (2014) Gedifferentieerde slachtofferfuncties. Differentie van slachtofferfuncties naar toestand en locatie ten behoeve van ruimtelijke analyses op gebied van waterveiligheid. HKV Lijn in Water, Lelystad.

Kolen, B., B. Maaskant & T. Terpstra, (2013), Evacuatieschattingen Nederland; Addendum. HKV LIJN IN WATER. Lelystad.

Kolen B., Holterman S., Friso K. en Zuilekom van K.M. (2008). Als het tóch dreigt mis te gaan: Invloed van wegcapaciteit op grootschalige evacuaties bij (dreigende) overstromingen, Betooglijn. HKV Lijn in water PR.1512.10 (i.c.m. Goudappel Coffeng en Universiteit Twente).

Kok, M., H.J. Huizinga, A.C.W.M. Vrouwenvelder en W.E.W. van den Braak, (2005). Standaardmethode 2005 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. HKV Lijn in Water en TNO Bouw PR999.10

Te Linde, A. et al., (2018). *Analyse slimme combinaties*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Maaskant B., Kolen B., Jongejan R., Jonkman S.N. en Kok M. (2009a) – Evacuatieschattingen Nederland, HKV lijn in Water, 2009. PR.1718.10

Maaskant, B., Jonkman, S.N., Kok, M. (2009b), Analyse slachtofferaantallen VNK-2 en voorstellen voor aanpassingen van slachtofferfuncties. HKV Lijn in Water Rapport PR1669.10

Maaskant, B. (2007). Research on the relationship between flood characteristics and fatalities based on the flooding in New Orleans caused by hurricane Katrina. Msc. Thesis., May 2007. Delft University of Technology.

Pleijter, G en B. Kolen, (2016). Effecten van evacueren in SSM2015, ruimtelijk gedifferentieerde slachtofferfuncties voor de bepaling van preventieve en verticale evacuatie bij dreigende overstromingen, pp. 56.

Rijkswaterstaat (2017). Aanpassing slachtofferfunctie buitendijkse gebieden, memo, pp.5

Thonus, B. (2018). Flood fatality database viewer. Memo dd.25 september 2018. PR3591.20. HKV Lijn in Water

Westrik, L. (2019). Hydrostatic pressure on facades during floods. A preliminary investigation into the maximum occurring hydrostatic pressure difference acting on facades of residences during flood events. Stageverslag, TU Delft. Delft.

A Memo Storyline Dordrecht

Memo

Aan

de heer D. Riedstra

Datum

8 december 2020

Contactpersoon

Karin de Bruijn

Ons kenmerk

11205235-004-ZWS-0008

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8543

E-mail

Karin.deBruijn@deltares.nl

Aantal pagina's

1 van 39

Onderwerp

Storyline Dordrecht

Case Dordrecht: Gebiedsbeschrijving, storyline en implicaties voor slachtofferaantal analyse en slachtofferrisico's

1 Inleiding

1.1 Context

De kennisalliantie "Slachtoffers en evacuatie" van RWS, TUD, HKV en Deltares doet onderzoek naar evacuatie, mortaliteit en slachtofferschattingen ten behoeve van waterveiligheid en crisismanagement. Waterveiligheid en crisismanagement zorgen ervoor dat de kans op en omvang van overstromingen verkleind wordt en het aantal slachtoffers zo klein mogelijk blijft.

Dit jaar is gewerkt aan storylines en evacuatiebomen voor twee cases: Dordrecht en Gelderse vallei. Ook zijn er werksessies gehouden om op de resultaten en onderzoeksvragen te reflecteren en ze te verbinden met de behoeftes en agenda's van crisismanagers en experts in het waterveiligheidsbeleid. De resultaten van de analyses en werksessies worden gebruikt om de agenda voor de kennisalliantie aan te scherpen en aanbevelingen te doen voor waterveiligheid en crisismanagement.

Deze bijlage bevat de resultaten voor de storyline van Dordrecht. De resultaten van deze bijlage en van de storyline voor de Gelderse Vallei, de evacuatiebomen en de werksessies zijn samengevat in het hoofdrapport waar deze bijlage bij hoort.

1.2 Doel

Het doel van de storyline is om op basis van beschikbare kennis en informatie een event door te redeneren en het bijbehorend aantal slachtoffers te bepalen. Het maken van de storyline geeft inzicht in welke aannames er nodig zijn bij het ontwikkelen van een storyline, welke kennisleemtes en onzekerheden er zijn en of de uitkomsten qua slachtofferaantallen in overeenstemming zijn met de standaardmethode en met de uitkomsten van het ruimtelijk

gedifferentieerde model (PBL model). Deze storylines illustreren dus als het ware de uitkomsten van de huidige kennis, de implicaties daarvan en de kennisleemtes die er nog zijn.

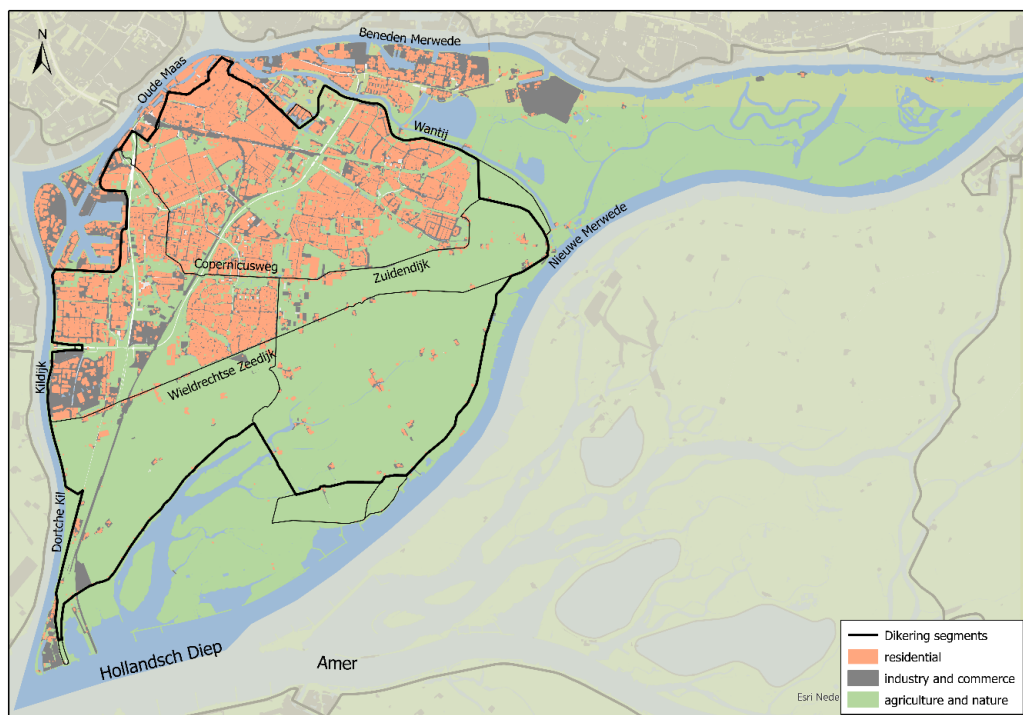
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een gebiedsbeschrijving van Dordrecht gegeven en in hoofdstuk 3 wordt de methode toegelicht. In hoofdstuk 4 worden de storylines beschreven en in hoofdstuk 5 worden de resulterende slachtofferaantallen besproken. In hoofdstuk 6 en 7 worden vervolgens conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Het eiland van Dordrecht

2.1 Inleiding

Dordrecht is een eiland dat grotendeels beschermd is tegen overstromingen door dijken. Op het eiland wonen ongeveer 120.000 mensen. Het eiland kent ook industrie, landbouw en natuur. Het eiland wordt omgeven door de rivieren Oude Maas in het noorden, Wantij in het oosten, Nieuwe Merwede in het zuiden en de Dordtse Kil in het Westen. Het onbedijkte bebouwde deel ligt hoger en overstroomt slechts zelden en voor korte duur. De inwoners en bedrijven buitendijks zijn voorbereid op deze geringe overstromingen. Het bedijkte deel heeft een kleine overstromingskans, maar bij overstroming kunnen lokaal grote waterdieptes optreden en veel schade en slachtoffers ontstaan. In het noorden van het eiland ligt de stad Dordrecht en enkele havens en industrieterreinen, deels buitendijks. Het zuidelijk deel van het eiland is meer agrarisch. Het buitendijks gebied aan de oost- en zuidzijde overstroomt bij vloed (twee maal daags) en is natuur: de Biesbosch. Figuur 2.1 geeft een overzichtskaart waarin de keringen en het landgebruik zijn weergegeven.



Figuur 2.1 Overzichtskaart van het eiland Dordrecht

Het hele eiland valt onder de gemeente Dordrecht. De waterkeringen en het watersysteem worden beheerd door het Waterschap Hollandse Delta en crisismanagement wordt gecoördineerd door de Veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid. Voor de landelijke voorspellingen en coördinatie zijn Rijkswaterstaat en andere nationale crisismanagers van belang. Voor crisismanagement in de gemeente zijn naast de Veiligheidsregio's ook de hulpdiensten cruciaal. Ook de vitale infrastructuur operators, zoals Stedin en Vitens kunnen bepalend zijn voor de gevolgen van overstromingen. De bewoners van het eiland zijn grofweg in twee groepen in te delen: binnendijks en buitendijks.

De inwoners van het buitendijks gebied zijn in het algemeen goed voorbereid: ze krijgen jaarlijks informatie over wat te doen bij hoogwater, velen hebben hoogwaters meegemaakt en ze kunnen de rivieren vaak zien. Ze zijn zich daardoor meer bewust van de nabijheid van de rivieren. Ze weten dat hoogwaters schade kunnen veroorzaken, maar dat deze niet levensbedreigend zijn. De inwoners van het binnendijks gebied zijn minder voorbereid op eventuele evacuaties of overstromingen. In sommige gebieden kunnen overstromingen levens eisen.

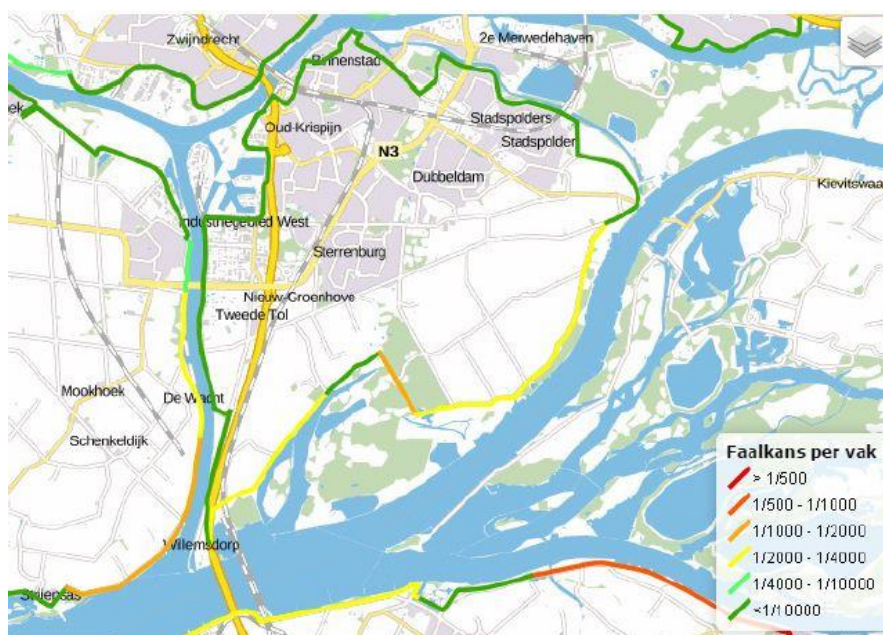


Figuur 2.2 Hoogwater met water op de kades in het buitendijkse gebied en zandzakken om schade te voorkomen (links) en rechts de jaarlijkse vloedschotten-test ter voorbereiding op hoogwaters

2.2 Bedreigingen

Het eiland van Dordrecht ligt in de Rijn-Maasdelta in het overgangsgebied tussen het stormgedomineerde westen en het riviergedomineerde oostelijk deel van het rivierengebied. Hoge waterstanden rond het eiland van Dordrecht kunnen optreden bij zowel extreme rivierafvoeren als bij combinaties van redelijk hoge afvoeren en storm. Vooral die combinaties zijn relevant voor het overstromingsrisico.

De Maeslant- en Hartelkering die de Rijnmond beschermen tegen stormopzet sluiten als een waterstand wordt verwacht die hoger is dan NAP + 3,00m bij Rotterdam en/of NAP +2,90m bij Dordrecht. De faalkans van de sluiting is 0,01 per sluitingsvraag. Door het sluiten van de Maeslantkering is het gebied wel beschermd tegen storm, maar niet tegen de hogere rivierafvoer mocht die zich tegelijkertijd voordoen.



Figuur 2.3. Faalkans per vak zoals bepaald in het VNK2 rapport (Veenstra-Huisman, 2014: figuur 2)

Figuur 2.3 geeft een kaart met de ligging van de keringen en de faalkansen weer zoals bepaald in het VNK2 project (Veenstra-Huisman, 2014). De faalkansen zijn klein en variëren van 1/1900 tot <1/1.000.000 per jaar. De faalkansen van alle trajecten ten noorden van de Wieldrechtse Zeedijk zijn kleiner dan 1/10.000 per jaar. Trajecten 16, 20 en 24 ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk domineren de faalkansen van de dijkkring (zie figuur 2.4 voor locatie). Deze vakken hebben kansen van respectievelijk 1/1900 per jaar, 1/2700 per jaar en 1/3000 per jaar. Trajecten 16 en 20 worden gedomineerd door opbarsting en piping. Door gebrek aan gegevens zijn de onzekerheden over deze mechanismen hier groot. Maatregelen zoals het opzetten van het slootpeil kunnen de faalkansen nog verlagen. Voor traject 24 zijn de faalmechanismen macrostabiliteit binnenwaarts en stabiliteit bekleding en erosie dijklichaam dominant.



Figuur 2.4 Locatie van zuidelijke vakken (uitsnede van figuur uit Veenstra & Huisman, 2014)

De overstromingskansen van de trajecten aan de oostzijde is afvoergedomineerd, die van de overige dijktrajecten stormgedomineerd¹. De normen zoals vastgesteld in 2017 in de Waterwet zijn voor het gedeelte boven de Wieldrechtse zeedijk 1/10.000 per jaar (signaleringswaarde) en voor het gedeelte ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk 1/3000 per

¹ Afvoergedomineerd is de situatie waarin het hydraulisch belastingniveau bepaald wordt door een afvoergolf vanaf Lobith via de grote rivieren. In een stormgedomineerde situatie wordt het hydraulisch belastingniveau bepaald door hoge waterstanden op de Noordzee. De duur van een afvoergedomineerde hoogwatergolf is veel langer dan van een stormgedomineerde hoogwatergolf.

jaar. Voor dit traject is bij het bepalen van de criteria achter de norm aangenomen dat er 50% kans is dat de Wieldrechtse Zeedijk breekt (bron: Min. I&M, 2016).

2.3 Overstromingsverloop en gevolgen van een doorbraak

De potentiële gevolgen van een doorbraak hangen af van de locatie van de doorbraak en de oorzaak van het hoogwater (storm/hoge rivierafvoer). Een doorbraak ten gevolge van een hoge rivierafvoer bij Kop van 't Land heeft de grootste gevolgen. Een doorbraak ten gevolge van storm bij dezelfde locatie geeft veel minder grote gevolgen (zie figuur 2.5). De gevolgen zijn groter bij doorbraken aan de oostzijde in de keringen langs het Wantij en bij Kop van t Land dan bij doorbraken aan de noord- en zuidzijde (zie tabel 2.1). De gevolgen van doorbraken aan de westzijde liggen er tussen in.

De noordelijke dijk langs de Oude Maas zal vermoedelijk niet breken, maar hoogstens overlopen bij zeer extreme omstandigheden. Deze is breed en wordt gevormd door een winkelstraat en industrieterreinen. Bij overloop komt er minder water in het bedijkte gebied terecht dan bij een bres waardoor de gevolgen beperkt zijn en de kans op slachtoffers gering.

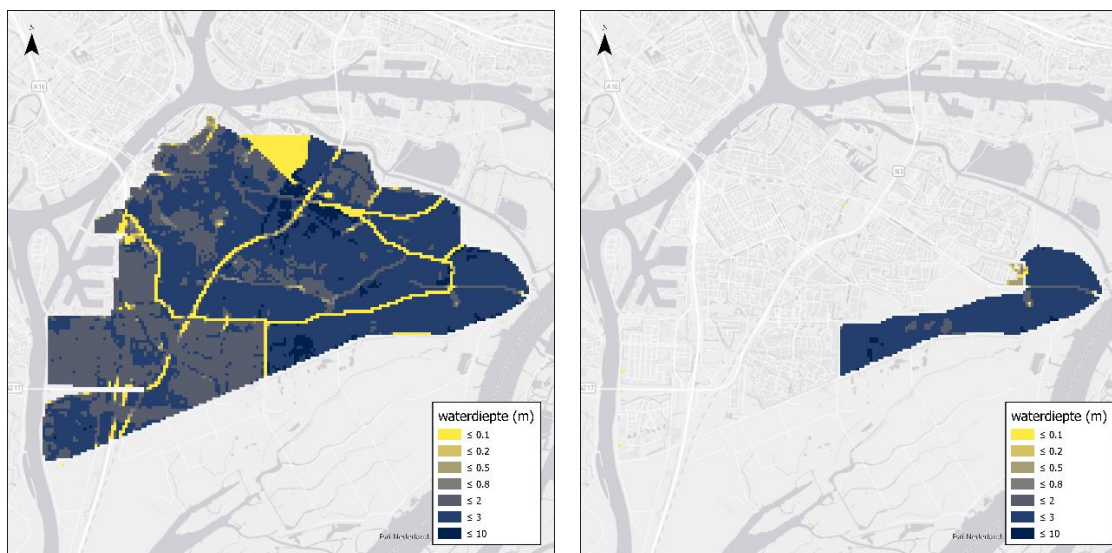
De gevolgen van een doorbraak in de dijk langs het Wantij zijn kleiner aan de noordzijde dan aan de zuidzijde van het Wantij en variëren van 1,2 tot 2,4 miljard euro bij doorbraken bij maatgevende condities² (prijspeil 2011) (Veenstra & Huisman, 2014). Bij een doorbraak langs de Nieuwe Merwede zijn de gevolgen het grootst: Het hele eiland kan dan snel en diep onderlopen. Doorbraken ten zuiden van de Wieldrechtse zeedijk bedreigen in eerste instantie alleen het zuidelijk gebied wat agrarisch is. Wanneer de Wieldrechtse Zeedijk ook breekt, kan ook het noordelijk deel overstromen. Doorbraken langs de Kildijk worden beperkt door compartimenterende keringen. Indien deze het water kunnen keren en de openingen in de keringen en regionale watersystemen gesloten kunnen worden, zijn de gevolgen kleiner dan wanneer deze keringen het water niet stoppen of wanneer het water zich wel via de regionale waterlopen kan verspreiden.

Op het eiland liggen enkele oude dijken die nu kunnen functioneren als compartimenteringskeringen en een grote invloed hebben op het overstromingspatroon. De belangrijkste is de Wieldrechtse Zeedijk aan de zuidzijde van het eiland. Ook de snelweg en andere verhoogde lijnelementen beïnvloeden het overstromingspatroon.

² Maatgevende condities: condities waarop de dijken ontworpen werden tot 2017, in dit geval waterstanden met een overschrijdingskans van 1/2000 per jaar. In de nieuwe normering die in 2017 van kracht is geworden zijn geen maatgevende condities gedefinieerd: daar wordt voor het ontwerp van keringen het gehele waterstandsregime beschouwd.

Tabel 2.1 Overzicht gevolgen bij toetspeil (1/2000 condities), (Voor alle doorbraken is gerekend met een gesloten MLK door stormcondities, behalve bij ringdeel 5 (bij Kop van 't Land) Voor ringdeel 6 (langs Nieuwe Merwede) is met open en gesloten MLK kering gerekend (gebaseerd op Veenstra & Huisman, 2014)

Dijktraject	VNK2 dijkringdelen	Omschrijving	Schade & slachtoffers (zonder evacuatie)
Oude Maas	13-14	Overloop mogelijk bij zeer extreme condities ($\gg T_p+1D$)	-
Wantij	1-4	Ernstiger bij meer zuidelijke doorbraak, waterdieptes bij bres groot (~2m) verder iha < 1.5m	1,2 – 2,4 miljard € 100-260 slachtoffers
Nieuwe Merwede, noordzijde Wieldrechtse Zeedijk	5	Hoogstedelijk gebied, grote waterdieptes, groot overstroomd gebied, gevolgen bepaald bij open MLK: rivierafvoer is dominant	7,7 M€ 1050 slachtoffers
Nieuwe Merwede, Hollands Diep en Dordtse Kil ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk	6-10	Landelijk gebied. Wieldrechtse Zeedijk standzeker gesteld	5-40 M€ 0 -10 slachtoffers
		Wieldrechtse zeedijk niet standzeker (scenario uit LIZARD)	784 M€ 51 slachtoffers
Dordtse Kil, ten noorden van Zeedijk	11-12	De N217, N3, A16 en Wieldrechtse Zeedijk beperken het overstroomd gebied.	0,9-1,1 miljard € 65-100 slachtoffers



Figuur 2.5. Waterdieptes tgv bres bij Kop van t. Land bij hoge rivierafvoer links, storm rechts (beiden bij condities met een overschrijdingskans van 1/2000 per jaar)

2.4 Evacuatiemogelijkheden

Wanneer er hoogwater is voorspeld en overstromingen dreigen, kan gekozen worden voor evacuatie van een deel van de inwoners. Het eiland kan bereikt of verlaten worden via:

- de noord-zuid lopende A16 met een tunnel onder de oude Maas en de Moerdijkbruggen over het Hollands Diep/Nieuwe Merwede;

- de N3/N217 die het eiland van west naar oost doorkruist met de Kiltunnel en een brug over het Wantij en de Beneden Merwede;
- de spoorlijn Rotterdam-Dordrecht, Dordrecht- Gorinchem en Dordrecht-Roosendaal met een intercity station te Dordrecht. Deze kruist de Oude Maas, en het Hollands Diep over een brug;
- Een aantal kleinere bruggen (Naast de A16-tunnel en een fietsbrug en autobrug over het Wantij);
- Daarnaast is zijn er bootverbindingen met Rotterdam, Zwijndrecht, Papendrecht en Ridderkerk en een veerpont aan de Zuid-Oostzijde bij Kop van 'T land naar de Noordwaard.

De totale capaciteit van deze wegen is voldoende, maar kan sterk teruglopen door files in omliggend gebied: wanneer er nauwelijks forenzen zijn en andere gebieden niet gelijktijdig evacueren is de capaciteit groot. Evacueren andere gebieden ook en passeren evacuees uit andere gebieden zoals bijvoorbeeld de Alblasserwaard, Hoekse Waard of West-Brabant het eiland van Dordrecht, dan zullen er files ontstaan. Een goede inschatting van de evacuatiemogelijkheden en een goed beleid voor evacuatie kan dan ook niet zonder de omgeving van Dordrecht mee te beschouwen.

In het verleden zijn evacuatiestudies gedaan voor het benedenrivierengebied. De uitkomsten hiervan zijn ook toegepast op Dordrecht. De meest relevante zijn die ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21^{ste} Eeuw (Maaskant *et al.*, 2009) en de aanpassing daarop gedaan voor Deltaprogramma Veiligheid (DPV) (Kolen *et al.*, 2013), de studie gedaan voor VNK2 (Friso *et al.*, 2008³) en de studies specifiek voor Dordrecht zoals die voor WAVE, het Waterveiligheidsplan en de impactanalyse. Deze worden hieronder kort samengevat.

WV21

In WV21 is door een groep experts een evacuatieboom opgezet voor het benedenrivierengebied welke ook voor Dordrecht geldt met daarin de kans op een beslissing tot evacuatie 4, 3, 2 of 1 dag voor de doorbraak, het goed, slecht of gemiddeld verlopen van de evacuatie en de kans op een onverwachte evacuatie. Op basis van oudere berekeningen van het aantal mensen dat bij deze scenario's geëvacueerd zou kunnen worden, is ook het evacuatiepercentage bij deze scenario's geschat. Deze boom is weergegeven in figuur 2.6. Bij een onverwachte overstroming wordt er niet geëvacueerd. De kans hierop is destijds geschat op 30% (gegeven een overstroming). De kans op een evacuatie 3 of 4 dagen voor de doorbraak is geschat op 0%, die op 2 dagen voor de doorbraak op 20% en die op 1 dag voor de doorbraak op 50%. Het aantal mensen dat geëvacueerd kan worden in 2 dagen is geschat op respectievelijk 74, 47 of 0 % afhankelijk van of de evacuatie goed, gemiddeld of slecht verloopt. Bij een besluit 1 dag voor de doorbraak is gesteld dat niemand geëvacueerd kan worden omdat aangenomen is dat door storm mensen dan niet meer de weg op kunnen. Het gemiddelde evacuatiepercentage van de totale boom van mogelijkheden kwam uit op 15%. De spreiding om deze gemiddelde waarde is dus zeer groot (tussen 0 en 100%) en hangt sterk af van de oorzaak van hoogwater (storm dan wel rivierafvoer en de bijbehorende aanname dat bij storm de laatste 24 uur niet geëvacueerd kan worden). Voor DPV zijn deze evacuatiebomen heroverwogen en is met de veiligheidsregio's een bandbreedte opgesteld. De ondergrens van deze bandbreedte is vervolgens gebruikt in DPV. Voor Dordrecht is in DPV en in de berekeningen welke gedaan zijn ten behoeve van de normendiscussie aangenomen dat slechts 8% van de inwoners voor doorbraak kan worden geëvacueerd.

Onderliggende studies en gebruikte aannames

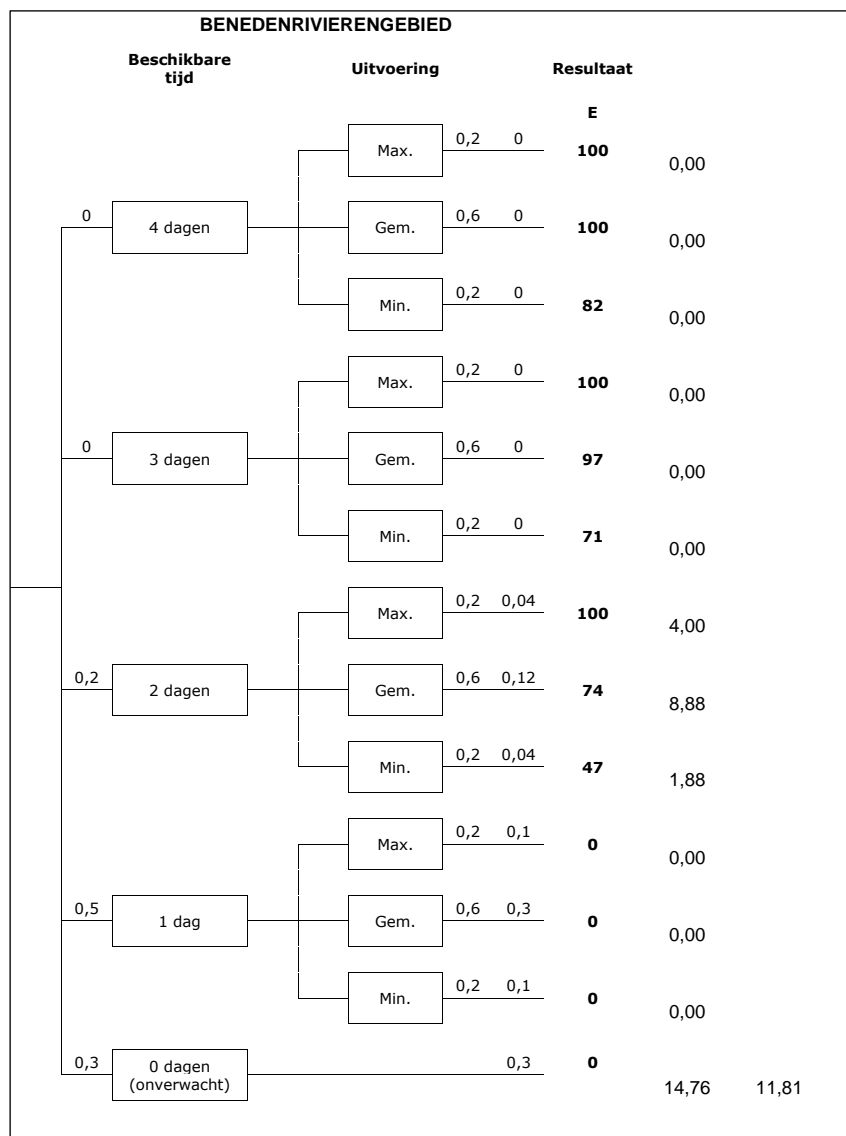
Om tot schattingen voor evacuatiefracties te komen horend bij een bepaalde beschikbare tijd zijn in WV21 twee studies gebruikt: Friso *et al.* (2008) en Kolen *et al.* (2008). In Friso *et al.*

³ Deze studie is niet meer te achterhalen en hier niet beschouwd.

(2008) en Kolen et al. (2008) zijn zowel statische als dynamische verkeersberekeningen uitgevoerd.

Alleen de statische berekeningen zijn voor DPV gebruikt. De belangrijkste zijn:

- vertrektijd: vertrekcurve S vormig na 5 uur is 20% vertrokken, na 7 uur 50% en na 9 uur 80%;
- Wegcapaciteit: capaciteit van de uitgangen welke afhankelijk is van het wegtype. Deze capaciteit is vermenigvuldigd met 0,2 op basis van de aanname dat er files staan buiten het gebied die het verlaten van het gebied bemoeilijken;
- gemiddelde rijsnelheid 20 km/uur (rekening houdend met files op het eiland zelf);
- non response-factor: 20% van de zelfredzamen 0 % van de niet-zelfredzamen;
- Verdeling over categorieën van evacuees: zelfredzaam met auto (90%), zonder auto (8%), niet zelfredzaam (2%), en daarnaast rundvee, varkens en pluimvee. Er is uitgegaan van 2,26 personen per auto, 20 personen per voertuig bij zelfredzamen zonder auto in een voertuig vergelijkbaar met 2 auto's (e.g. een bus) en 1 niet zelfredzaam persoon per auto. Bij deze aannames zijn voor het evacueren van 100.000 inwoners ongeveer 42.600 auto's nodig. Ook voor vee is bepaald hoeveel stuks er in een vrachtwagen vervoerd kunnen worden en zijn vrachtwagens gelijk gesteld aan 2 auto's.



Figuur 2.6. De evacuatieboom voor het benedenrivierengebied. Deze is ten behoeve van de berekeningen voor de normen ook toegepast op Dordrecht (Bron: Maaskant et al., 2009).

Er zijn voor zover bekend geen verkeersberekeningen gedaan zijn t.b.v. het bepalen van de evacuatiefracties van Dordrecht van evacuatie van Dordrecht zelf. De getallen voor het benedenrivierengebied zoals gebruikt in de normering, zijn gebaseerd op andere dijkringen.

In het Veiligheidsplan van Dordrecht (Kolen & Huizinga, 2017) is een wegcapaciteit gevonden van 25200 auto's per uur bij normale omstandigheden en 12.600 bij slechtweer. Dannenberg (2020) heeft vervolgens aangenomen dat deze capaciteit te optimistisch is en heeft deze vermenigvuldigd met een factor 0,09 tot een totale capaciteit van 1100 auto's per uur. Deze lage capaciteit bepaalt dan de evacuatieuur. De reden hiervoor is de aanname dat het omliggende gebied ook evacueert waardoor de snelwegen vol kunnen staan.

Waterveiligheidsplan, WAVE, impactanalyse

In latere studies zoals voor het Waterveiligheidsplan (Kolen & Huizinga, 2017) is vooral gekeken naar de organisatie van het crisismanagement en de evacuatie en is meegenomen dat een deel van de mensen onderweg getroffen kan worden. De eerdere uitgangspunten zoals de wegcapaciteit, rijsnelheid en het aantal mensen per auto zijn gelijk gesteld aan bovenstaande uitgangspunten en niet nader beschouwd. In het Waterveiligheidsplan zijn meerdere plannen en scenario's uitgewerkt. Aangezien de verkeerssituatie in de omgeving van Dordrecht cruciaal is voor een succesvolle evacuatie van Dordrecht zijn scenario's met en zonder verkeersbelasting in de omgeving uitgewerkt.

De strategie kan worden samengevat als:

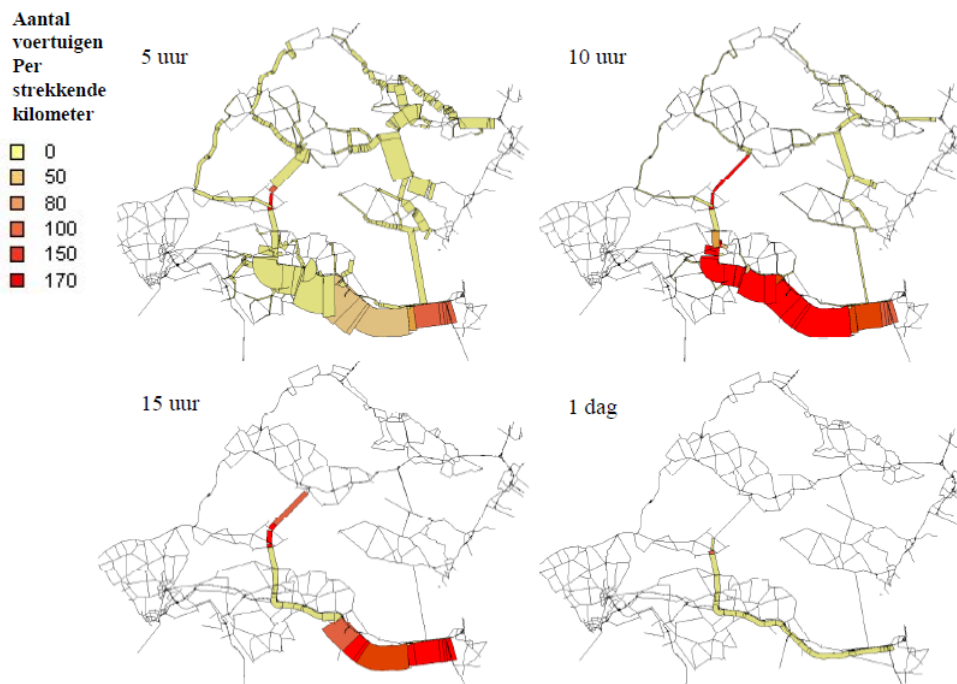
- 1 Uitgangspunt is: Iedereen schuilt in eigen woning of zorginstelling en gebruikt de daar aanwezige middelen en informatie. Er wordt voorbereid op een eventuele reddingfase door hulpverleningsmiddelen te prepareren en te positioneren.
- 2 Indien de beschikbare tijd en middelen een evacuatie toelaten kan daartoe besloten worden. Ook kan een alternatief handelingsperspectief gericht aan inwoners van een bepaald deelgebied gecommuniceerd worden. Evacuatiebesluiten kunnen op postcodeniveau gecommuniceerd worden. Ook is een prioritering uitgewerkt voor vitale infrastructuur en zorginstellingen.

Voor het beslissen over evacueren worden kosten en baten afgewogen waarbij de baten gerelateerd zijn aan de voorkomen slachtoffers en de kosten aan economische ontwrichting van de evacuatie zelf. Voor deze afweging is een beslismatrix gemaakt waarbij door de kans op een overstroming in te voeren en de hoeveelheid slachtoffers die voorkomen kan worden in te voeren, een bepaalde beslissing wordt geadviseerd.

Ook is er aandacht voor shelters. Voor evacuatie naar publieke shelters is verondersteld dat deze in het postcodegebied liggen waar de mensen wonen waardoor de reistijd beperkt is. De shelters kunnen gebruikt worden als opvangplek, als tussenstation tijdens het vluchten en als uitvalsbasis voor de reddingswerkers.

Informatie uit andere studies:

Er zijn wel verkeersanalyses gevonden voor evacuatie van Zeeland en de Zuid-Hollandse eilanden. Hierbij is berekend dat vrijwel iedereen binnen een dag het bedreigde gebied kan verlaten. In deze analyses is de dijkkring Zuid-Holland niet geëvacueerd. Een voorbeeld van de uitkomsten is weergegeven in figuur 2.7.



Figuur 2.7. Voortgang van de evacuatie (5, 10, 15 uur en een dag na aanvang) voor Zeeland en Zuid-Hollandse Eilanden, strategie 1, verkeersmanagement op basis van de dynamische Berekening (Bron: Kolen et al., 2008)

Conclusie m.b.t. evacuatie:

De studies laten zien dat er een grote onzekerheid is in de haalbaarheid van evacuatie: bij een onverwachte doorbraak kan er niet geëvacueerd worden, en bij een goede voorspelling, efficiënte besluitvorming en response kan vrijwel iedereen op tijd geëvacueerd worden uit Dordrecht. Voor Dordrecht zijn geen berekeningen van het eiland zelf gebruikt maar worden de getallen voor het benedenrivierengebied gebruikt.

Voor de evacuatie-effectiviteit zijn het optreden van storm en het verkeer in de omgeving doorslaggevend: Wanneer de windkracht zo hoog is dat het gevaarlijk is om de weg op te gaan, zal de evacuatie afgebroken worden en is evacueren gedurende de laatste periode voor de doorbraak dus niet mogelijk. Bij doorbraken vanuit de Nieuwe Merwede is de kans op een harde storm kleiner en is vaak de rivierafvoer dominant. Voor doorbraken vanuit de andere riviertakken is storm wel relevant. Riviergedomineerde gebeurtenissen geven in het algemeen een groter overstroomd gebied en waterdiepte dan stormgedomineerde gebeurtenissen. De noodzaak voor het evacueren van veel mensen is bij riviergedomineerde gebeurtenissen groter dan bij stormgedomineerde events. Het verkeer in de omgeving is bepalend omdat dit de wegcapaciteit sterk kan reduceren. De wegcapaciteit is onder normale omstandigheden voldoende om iedereen in een dag te kunnen evacueren. Echter, door files veroorzaakt door evacuatie vanuit andere regio's zal de uitstroomcapaciteit kleiner zijn. Dannenberg (2020) heeft aangenomen dat deze 20 keer kleiner is dan de normale capaciteit door files in de omgeving. Het evacueren van het gehele eiland kost dan zo'n 48 uur.

In het waterveiligheidsplan van Dordrecht is het uitgangspunt dat iedereen thuis blijft, tenzij anders wordt gecommuniceerd.

2.5 Gangbare procedures bij hoogwaters

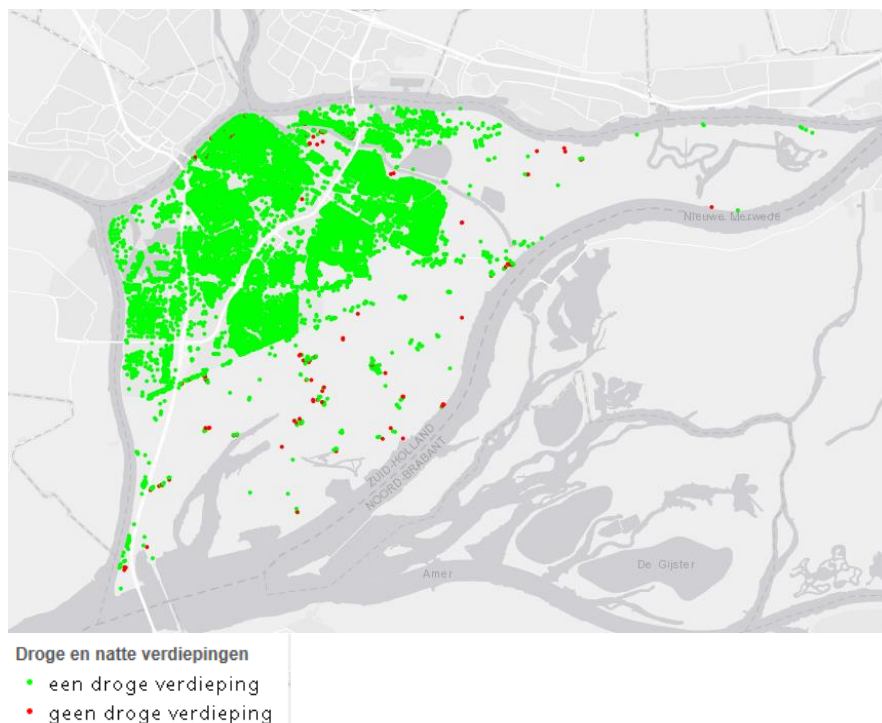
Bij dreiging van hoogwater wordt door de veiligheidsregio en het waterschap een aantal acties in gang gezet, zoals:

- Dijkbewaking;
- Afsluiten regionale waterlopen/kunstwerken/riolering;
- Waarschuwen bewoners en bedrijven buitendijks en voorbereiden zandzakken distributie, eventueel verwijderen vee/auto's etc. uit buitendijks gebied etc.
- Voorbereiden op ingebruikname shelters.

2.6 Veiligheid en gevaar in het overstroomde gebied

Bij overstromingen zijn er in Dordrecht een aantal locaties als shelter aangewezen. Ook zijn veel mensen mogelijk relatief veilig in hun eigen woning: de verwachte stroomsnelheden zijn beperkt en veel woningen hebben een 'droge verdieping': een verdieping die hoger ligt dan de waterdieptes horend bij zeer extreme omstandigheden. Een kaart van locaties waar gebouwen zijn met droge verdiepingen is weergegeven als figuur 2.8. De gebouwen aangegeven met een groene stip hebben een droge verdieping, die met een rode stip niet. Het is duidelijk zichtbaar dat ten noorden van de Wieldrechtse Zeedijk vrijwel alle gebouwen een droge verdieping bezitten. Ten zuiden van die dijk is dat niet het geval.

Na overstroming zal redding op gang komen van de mensen die nog in het overstroomde gebied aanwezig zijn. De mogelijkheden hiervoor zijn uitgewerkt in het rapport "Storylines voor het redden en vluchten na een overstroming, jan 2017" (Kolen et al., 2017). Dit rapport geeft de reddingscapaciteit en vertaalt die met behulp van capaciteitenmodellen naar reddingstijd. Er zijn drie storylines voor redden beschreven. Wanneer het hele eiland zou overstroomd en de reddingsopgave is verbonden aan de evacuatiestrategie, dan kan in enkele dagen tot een week iedereen gered worden. In ongunstige scenario's is niet bekend waar mensen zich bevinden. Mensen zijn onderweg getroffen en hebben zelf een droge plek gezocht. Dat maakt redden lastiger.



Figuur 2.8. Gebouwen met een droge verdieping uitgaande van de maximale waterdieptekaart van bekende scenario's (Bron: LIWO, dd oktober 2020).

3 Methode: Selectie, ontwikkeling en analyse van storylines

3.1 Stappen

Voor het ontwikkelen van de storylines zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. Verzamelen beschikbare info Dordrecht,

Om één of enkele scenario's voor een storyline te analyseren is eerst bekeken wat de bedreigingen, sterktes, en gevolgen zijn. Het resultaat van deze stap is beschreven in hoofdstuk 2. Het is duidelijk dat de locatie van doorbraak en de oorzaak van het hoogwater (rivier dan wel storm) belangrijk zijn voor de gevolgen van de doorbraak. Stormscenario's leveren meestal een minder diepe en verspreide overstroming op, maar de beschikbare tijd voor evacuatie is korter.

2. Selecteer events

Op basis van de kennis uit de eerste stap zijn interessante scenario's geïdentificeerd. Een scenario is in dit geval interessant als er dodelijke slachtoffers verwacht worden en er handelingsperspectief is. De selectie is nader toegelicht in paragraaf 3.2.

3. Uitwerken van de storyline

Voor de geselecteerde scenario's is de storyline uitwerkt door stapsgewijs door de tijd te stappen en voor iedere tijdstap op hoofdlijnen te benoemen:

- De status en voorspelling van het watersysteem;
- De reacties van het nationaal management: LCO/RWS/andere gebieden;
- De response van het waterschap en veiligheidsregio Dordrecht;
- De response van de operators van vitale infrastructuur in Dordrecht;
- De acties van mensen buitendijks in Dordrecht;
- De acties van mensen binnendijks in Dordrecht;
- De status: hoeveel mensen bevinden zich in overstroomd gebied, hoeveel zijn er veilig.

In de storyline worden aannames gedaan. Deze worden zo helder mogelijk verwoord. De storyline geeft 1 realistische lijn, maar is zeker geen voorspelling. Er wordt geprobeerd inzichtelijk te maken welke aannames cruciaal zijn voor de storyline zodat deze ook meegenomen kunnen worden in de gebeurtenissenboom waarin alle storylines of gebeurtenissen een plaats krijgen. Het resultaat van de storyline is een verhaal vergelijkbaar met een filmscenario, maar dan met een heldere structuur en gebaseerd op expertkennis. Het is GEEN voorspelling en heeft GEEN kans. De storyline kan in een tabel met pijlen die acties en response weergeven.

4. Analyse van de storyline

De storyline informatie wordt gebruikt om het aantal slachtoffers te bepalen volgens de methodes zoals beschreven in paragraaf 3.3.

5. Faalpadenboom/Onzekerhedenboom

Tenslotte wordt een boom gemaakt waarin de storylines een tak zijn. De aannames en kennis uit de storylines wordt gebruikt om deze in te vullen. Deze stap wordt niet in dit document beschreven, maar in bijlage C.

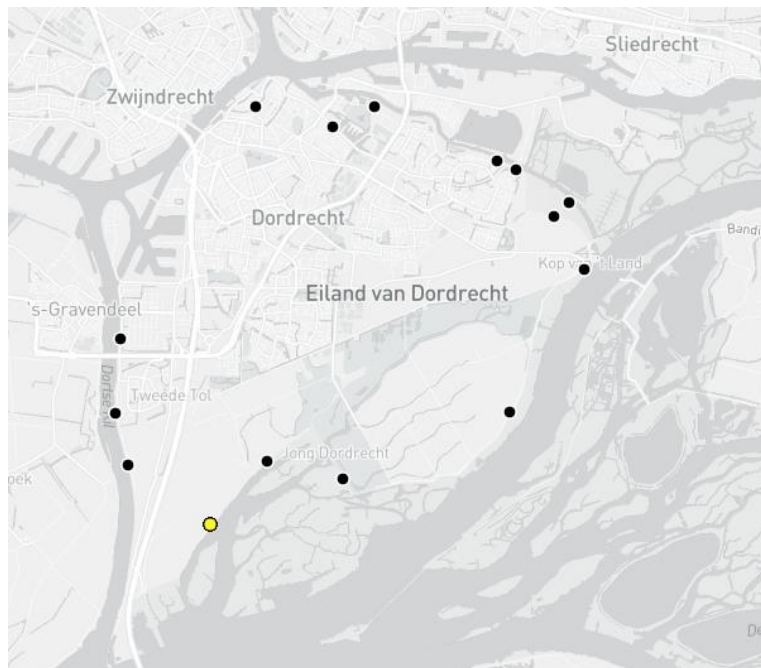
3.2 Selectie van de scenario's voor de storyline

Er is één scenario gekozen welke tot in detail is uitgewerkt. Het betreft een stormgedreven scenario. Vervolgens is daar de aanname met betrekking tot evacuatie gevarieerd en is nog een ander scenario in dezelfde dijkkring bekeken welke meer het gevolg is van een hoge rivierafvoer. Dit om het verschil tussen een beperkte overstroming met veel handelingsperspectief en een veel gevaarlijker grotere overstroming te bekijken.

Scenario 1 (Doorbraak aan de Zuid-westkant)

Eerst is gekozen voor het scenario met een doorbraak in de kering langs het Hollands Diep ten zuiden van de Wioldrechtse Zeedijk (locatie 18973 in Lizard (Hollands Diep kmr 980 dkr22km19) (zie figuur 3.1). Deze locatie is gekozen omdat:

- De faalkans het grootst is ten zuiden van de Wioldrechtse Zeedijk;
- Doorbraken langs de zuidkant nog niet vaak in detail geanalyseerd zijn;
- Er handelingsperspectief is: bij adequaat handelen kan het aantal slachtoffers sterk beperkt worden.



Figuur 3.1. Locatie van de bres

In scenario 1 is de rivierafvoer $9000 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit is hoog, maar niet extreem hoog. De overschrijdingskans is in de orde van eens in de 8 à eens in de 10 jaar. De stormopzet heeft een overschrijdingskans van ongeveer 1/100 à 1/200 per jaar. Deze stormopzet is groter dan in 1953 (toen is $3.55\text{m} + \text{NAP}$ gemeten bij de Maasmond). Tezamen is de overschrijdingskans van de waterstand bij Dordrecht ongeveer 1/2000 per jaar, dit is de waterstand waarop de dijken voorheen werden gedimensioneerd⁴. De basisgegevens van het gebruikte scenario zijn gegeven in tabel 2.1.

Scenario 2 is een dijkdoorbraak door een hoge rivierafvoer bij een iets verhoogd getij (harde wind, geen storm of springtij). De gegevens met betrekking tot dit scenario zijn opgenomen in tabel 2.2.

⁴ In de nieuwe normering is er geen maatgevende waterstand maar wordt het hele regime en de kans van doorbreken bij verschillende waterstanden meegewogen in deze totale faalkans.

De storyline van scenario 1 met een doorbraak aan de zuidkant is uitgewerkt voor twee evacuatiebesluiten: het besluit om niet te evacueren (verticale evacuatie, thuisblijven), welke het meest in lijn is met het Waterveiligheidsplan en het besluit om wel te evacueren. De storyline voor het tweede scenario is uitgewerkt voor een onverwachte overstroming.

Tabel 2.1 basisgegevens van het scenario 1: Doorbraak van de zuidelijke dijk bij maatgevende condities

Basisgegevens	Scenario 1
Locatie doorbraak	Hollands Diep KM 980 Dkr 22 km 19,0 y: 417539.996203, x: 104379.99024
Scenario	1/2000 jaar condities met storm
Max H (m + NAP)	2,90m (1/2000 jaar peil)
Q _{Lobith}	9000 m ³ /s
Stormopzet:	H = 3,75m
Maeslantkering	Gesloten
Wind	NW 23 m/s (windkracht 9, storm) bij Maasmond. Bij Dordrecht zelf iets minder
Stormduur	35 uur
Rivierknoop	Ndb_R54_3
Standzekerheid regionale keringen	Wieldrechtse Zeedijk breekt bij H > 1.5m + NAP
Start bresgroei	2d 21:30 (piekwaterstand)
Bresbreedte initieel	10m, laagste level: 0,12m
Max bresbreedte	58m
Max bresdebiet	290 m ³ /s
Dijk:	Zandkern met kleibekleding
Model: Sobek 2	bodem_d22_v5, SOBEK2.14.001, resolutie 50m
Scenario naam Lizard	EB_119_IRVO_JB_wd15_tp_SBK_81, scenario ID: 18973; Gemaakt op: 2017-11-20, voor project MIRT MLV Dordrecht; eigenaar Prov. ZH
HIS-SSM resultaten	51 slachtoffers, 784 Meuro schade, getroffen (SSM2008)

Tabel 2.2 basisgegevens van scenario 2: Doorbraak bij Kop van t Land bij maatgevende condities

Basisgegevens	Scenario 2
Locatiedooraak	Kop van T'. Land, Nieuwe Merwede 971 (Dkr22 km 8,0), (422259.99661, 111429.990925)
Scenario	EB_115_tp_QBR_13500_MM_225_O_nw_15_Uc02_PZH2019
Max H (m + NAP)	3,09m + NAP bij breslocatie
Q _{Lobith}	13500 m ³ /s te Lobith
Stormopzet:	2,25m
Maeslantkering	Open
Wind	Noordwest 15 m/s
Stormduur	-
Rivierknoop	10,0
Standzekerheid regionale keringen	Breken als waterstand meer dan 15cm boven de kruin staat
Start bresgroei	2 d 11:30
Bresbreedte initieel	10m
Max bresbreedte	82m
Dijk:	onbekend
Scenario naam Lizard	EB_115_Tp_QBR13500_MM_225_)_n2_15_Uc0.2_PZH2019
HIS-SSM resultaten	618 slachtoffers zonder evacuatie en 5,183 miljard euro schade (SSM2008)

3.3 Methode berekening slachtoffers storyline

De slachtoffers horend bij de twee scenario's zijn bepaald op verschillende manieren:

- 1 Standaardmethode zoals toegepast bij de berekeningen welke ten grondslag liggen aan de normen. Deze methode is opgenomen in SSM2017. In deze methode wordt aangenomen dat 8% geëvacueerd kan worden en wordt over de overige 92% het aantal slachtoffers berekend met de standaardslachtofferfuncties van Maaskant (2009).
- 2 PBL methode zoals nu ook is opgenomen in SSM2017. Hierin worden aannames gebruikt om vast te stellen hoeveel mensen thuis zijn, of deze voorbereid dan wel onvoorbereid zijn, hoeveel mensen onderweg overvallen worden door de overstroming en hoeveel van hen een schuilplaats weten te vinden. Ook wordt geschat hoeveel mensen naar een shelter gaan. Voor de mensen in gebouwen worden de slachtofferfuncties van Maaskant (2009) gebruikt. Voor de mensen die buiten getroffen worden wordt aangenomen dat ze en 5 keer zo hoge mortaliteit hebben als de gemiddelde mortaliteit van alle getroffen en voor de mensen die naar een shelter gaan wordt met een mortaliteit van 0,02 % gerekend (Pleijter en Kolen, 2016).
- 3 Op basis van storyline. Hierbij is voor het bepalen voor het aantal mensen dat thuis en onderweg is informatie uit de storyline gebruikt. De storyline zou idealiter een verhaal moeten opleveren dat past bij de aannames en uitkomsten van de eerste twee methodes of inzicht verschaffen in aannames die cruciaal zijn voor het resulterend aantal slachtoffers.

4 Storylines voor Dordrecht

Dit hoofdstuk beschrijft stapsgewijs de storylines voor het eiland van Dordrecht met daarin de status en de acties voor het watersysteem, het nationaal management, het Waterschap en de Veiligheidsregio en de inwoners van het buitendijkse en binnendijkse gebied.

4.1 Storyline 1: Doorbraak aan de zuid-westkant en advies “thuisblijven”

4.1.1 Dreigingsfase

5 dagen voor de Doorbraak: (T = - 5:)

Watersysteem: Er komt een eens in de 8 à eens in de 10 jaar afvoergolf de Rijn af. De waterschappen in het rivierengebied zijn alert en staan klaar om wacht te lopen en eventueel op te kisten of andere maatregelen te treffen. De piek bereikt over 4 à 5 dagen Dordrecht en omgeving. Inmiddels is er ook een storm voorspeld op de Noordzee. De timing van de storm en het samenvallen met de getijden is nog onzeker. Het is niet uitgesloten dat de Maeslantkering moet sluiten. Wanneer de storm, het getijde en de afvoerpiek samenvallen, kan dat leiden tot grote problemen in het overgangsgebied.

Nationaal management: WMCN ziet dit in de voorspellingen en de onzekerheden en waarschuwt de waterschappen langs de rivieren, de kust en in het overgangsgebied. De onzekerheid voor de kust en zeker voor het overgangsgebied zijn nog zeer groot. Het crisismanagement komt in de fase van alerteren. Andere gebieden langs de kust en het overgangsgebied zijn ook alert.

Waterschap en Veiligheidsregio Dordrecht: Het waterschap en de Veiligheidsregio worden alert en zorgen klaar te zijn voor eventueel hoogwaters over enkele dagen. Ook worden voorbereidingen getroffen voor het buitendijks gebied.

Operators van vitale infrastructuur en inwoners van het binnen- en buitendijkse gebied: Vooralsnog geen acties.

2 dagen voor de doorbraak: besluit

Watersysteem: De piekafvoer is in Nederland. De rivierwaterschappen zijn vol in bedrijf om de afvoer veilig te laten passeren. Het is nu duidelijk dat de storm samenvalt met vloed en dat de stormopzet bij de Maasmond zeer hoog kan worden, waardoor de Maeslantkering zal sluiten. Het overgangsgebied krijgt met deze storm en hoge afvoercombinatie mogelijk zeer hoge waterstanden tegen de keringen.

Nationaal management: WMCN en LCO zijn paraat en in volle actie. Er worden meerdere gebieden in het overgangsgebied bedreigd en ook de kust te maken krijgt met grote stormopzet rond de Nieuwe Waterweg.

Veiligheidsregio en Waterschap van Dordrecht: In Dordrecht wordt na pittige discussies besloten om niet te evacueren, conform hun Waterveiligheidsplan. De Veiligheidsregio waarschuwt de buitendijkse gebieden voor extreem hoog water. Ook besluiten ze de binnendijkse inwoners te waarschuwen en ze te vragen zich voor te bereiden op een mogelijke overstroming, maar thuis te blijven en berichten van de Veiligheidsregio te volgen. Dit is een zeer moeilijk besluit dat zeer doordacht gecommuniceerd wordt. De voorspelde storm wordt beschouwd als een te groot risico voor een succesvolle evacuatie. Bovendien is het absoluut niet zeker dat dijken gaan breken. Bedrijven sluiten direct. De Veiligheidsregio geeft ook aan dat over 1 dag ook scholen, supermarkten, en vitale bedrijven gesloten worden. Alleen zorginstellingen en ziekenhuizen blijven open voor noodsituaties. In de andere gebieden worden soortgelijke beslissingen genomen.

Het waterschap neemt maatregelen om coupures te sluiten, dijkbewaking te verscherpen en zich voor te bereiden op de zeer extreme omstandigheden die gaan komen. De veiligheidsregio bereid zich voor op het eventueel openen van de shelters.

Kritieke infrastructuur: De kritieke infrastructuuroperators van Dordrecht en omgeving bereiden zich voor op hoogwater (voor zover hun assets buitendijks liggen) en op storm. De treinen blijven rijden tot een dag voor de verwachte doorbraak.

Inwoners buitendijks: De inwoners van buitendijkse gebieden treffen maatregelen om de schade door hoge waterstanden te beperken en te zorgen dat ze ofwel op tijd weg zijn, of een paar dagen thuis kunnen blijven. De zandzakken die de gemeente heeft geleverd, worden volop gebruikt.

Inwoners binnendijks: De inwoners binnendijks maken dit voor het eerst mee. Ongeveer 80% zal handelen zoals de overheid voorschrijft en 20% zal bewust een andere strategie kiezen (Kolen en Helsloot, 2012). De meeste inwoners doen de laatste inkopen, en bereiden zich voor om enkele dagen binnen te blijven. Bedrijven en scholen te sluiten in het overgangsgebied. Scholen en kantoren sluiten, bioscopen, zwembaden en sporthallen sluiten. Supermarkten worden bevoorrad en blijven tot een dag voor de verwachte doorbraak open, zodat mensen voorraad kunnen inslaan.

Effect: Ongeveer 80% van de inwoners volgt de adviezen van de Veiligheidsregio op en blijft thuis. Ongeveer 20% van de 120.000 inwoners handelt niet volgens het advies van de overheid en vertrekt: Dit zijn 24.000 mensen. Deze zijn in een dag van het eiland af en bereiken een veilige locatie. Er zijn nog 96.000 mensen op het eiland. Alleen het buitendijkse gebied is overstroomd.

1 Dag voor de doorbraak: uitvoering van het besluit

Watersysteem: De storm en het samenvallen zijn nu zeker. De waterstanden lopen op. De storm steekt op aan de kust. De Maeslantkering sluit. De rivierafvoer bij Lobith is al op de top en stijgt niet verder. Er worden geen doorbraken verwacht in het rivierengebied. Dijkkring 14 (Zuid-Holland) en de kust loopt bij deze situatie relatief weinig risico, ook het riviergedomineerde gebied is niet in groot gevaar, Het overgangsgebied krijgt daarentegen te maken met een zeer extreme situatie. Er is een onzekerheid over de waterstand die gaat optreden en over of de dijken die aan kunnen. Deze wordt gecommuniceerd door hoge en lage schattingen te geven, en faalkansen van keringen gegeven die waterstanden te laten zien. Het gaat stormen (windkracht 8 a 9 bij Dordrecht, windkracht 9 aan de kust). KNMI geeft code oranje af voor de kust en het benedenrivierengebied vanwege de storm.

Nationaal management: WMCN en LCO coördineren de voorspellingen en zorgen voor het overzicht op landelijk niveau. De waterschappen langs de kust treffen voorbereidingen voor storm en de overgangsgebieden voorzien dat mogelijk de hoogste waterstanden ooit gaan optreden. Vooral de benedenstroomse delen van de Alblasserwaard, Lopiker- en Krimpenerwaard, en IJsselmonde, Dordrecht, de Brabantse Delta en de Hoekse waard verwachten zeer extreme waterstanden. De veiligheidsregio's besluiten dat de mensen in het overgangsgebied zoveel mogelijk thuis moeten blijven.

Veiligheidsregio en Waterschap van Dordrecht: De uitvoeringsfase van de verticale evacuatie is bezig. Shelters zijn geopend en in gebruik genomen. De mensen buitendijks worden bijgestaan, alle acties zijn getroffen, er wordt wacht gelopen en er wordt op aangedrongen dat iedereen thuis blijft. Inwoners zonder een droge verdieping of mensen die niet thuis willen blijven kunnen terecht in de shelters.

De kinderen op het eiland van Dordrecht hoeven niet naar school, thuiszorgorganisaties staan in contact met de veiligheidsregio en mensen wordt geadviseerd thuis te werken, tenzij ze in de buurt werken of een vitaal beroep uitoefenen. De kritieke infra-operators worden gewaarschuwd, net als andere bedrijven. Ook worden de normale procedures voor storm gevolgd.

De kritieke infrastructuur: Buitendijks worden de installaties zeer goed gemonitord. Binnendijks gaan de normale functies door, alleen de treinen en busverbindingen zijn stilgelegd in het benedenrivierengebied. Drinkwaterbedrijven zorgen voor een hoge druk op de leiding zodat de watervoorziening ook in gebieden zonder stroom door kan gaan.

De bewoners buitendijks beschermen hun huis en blijven thuis. Ook bedrijven in het buitendijks gebied hebben maatregelen genomen (boeren, campingeigenaren, steenfabrieken, havens etc.).

De bewoners van het binnendijkse gebied hebben de laatste boodschappen gedaan en blijven thuis. Er wordt deze dag geen post bezorgd, geen afval opgehaald en scholen zijn gesloten. De stad ligt stil. Een deel van de mensen is naar shelters gegaan.

Effect: Ongeveer 80% van de bewoners binnendijks is nog thuis (dit zijn zo'n 95000 mensen , zo'n 1% is naar de shelter gegaan (1000 mensen ongeveer). 20% van de inwoners is inmiddels in veilig gebied aangekomen (24.000 mensen).

4.1.2 De overstromingsfase – T = 0

Watersysteem: Het rivierengebied komt het hoogwater goed door. De Maeslantkering is gesloten. De waterstanden in het overgangsgebied stijgen naar waarden die sinds 1953 nooit zijn opgetreden. Op veel plekken komen de voorspelde waterstanden boven de 1/100 per jaar waterstand en bij Dordrecht wordt zelfs de 1/1000 waterstand ruim overschreden. Aan de kust

is men alert, maar is er geen extreem groot gevaar. In de loop van de dag gaat de Maeslantkering open en dalen de waterstanden in het benedenrivierengebied weer.

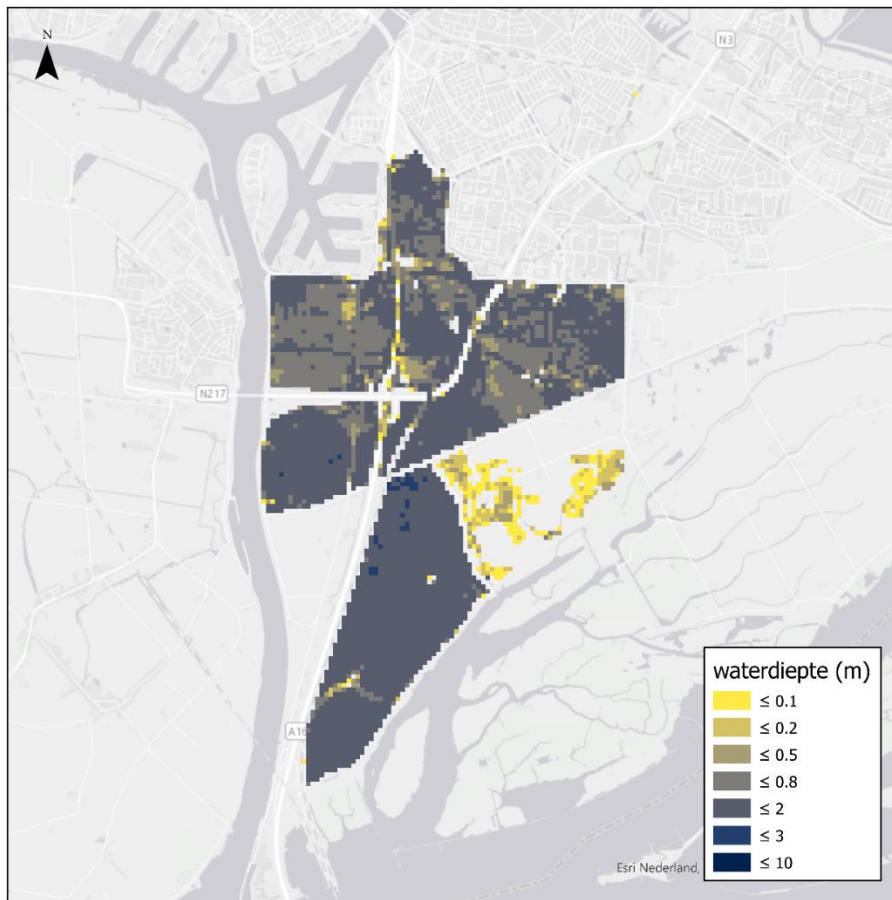
Op de top van het hoogwater breekt de dijk aan het zuidkant van het eiland van Dordrecht. In andere gebieden houden de dijken het net. Het blijft stormen met windkracht 9 aan de kust en 8 verder land inwaarts. Code oranje voor storm blijft gelden. De andere gebieden in het overgangsgebied worden pas als veilig beschouwd wanneer de Maeslantkering open gaat en de waterstanden weer zakken.

Door de doorbraak gutst het water met grote kracht naar binnen. Het gebied achter de doorbraak is agrarisch en er woont gelukkig bijna niemand. De boerderijen die er liggen, liggen veelal op terpen of op dijkniveau.

Na 6 uur staat het water tot aan de kruin van de Wieldrechtse Zeedijk en de Zanddijk. Ondanks inspanningen van het Waterschap om de Wieldrechtse Zeedijk te behouden breekt deze, terwijl de Zanddijk die een agrarisch gebied afschermt het wel houdt en het water stroomt naar het noorden (zie figuur 4.1). Het stroomt bij de spoorlijn over de N3 door de woonwijken AmstelWijck en Wittenstein in. Na 12 uur staan grote delen van ook de woonwijken Driehoek, Blaauwweg en Minnaertsweg, Zuilenburg en Vredenburg onder water en stopt het water naar het noorden te stromen aan de oostzijde van de rondweg bij de Zuidendijk. De instroom gaat nog door en na 24 uur is het beeld als weergegeven in figuur 4.1 (rechts). Na ongeveer 38 uur neemt het overstroomd gebied niet verder toe, maar de diepte nog wel. Daarna stroomt het water in- en uit met het getijde. De maximale diepte die optreedt gedurende de overstroming is voor iedere locatie weergegeven in figuur 4.2.



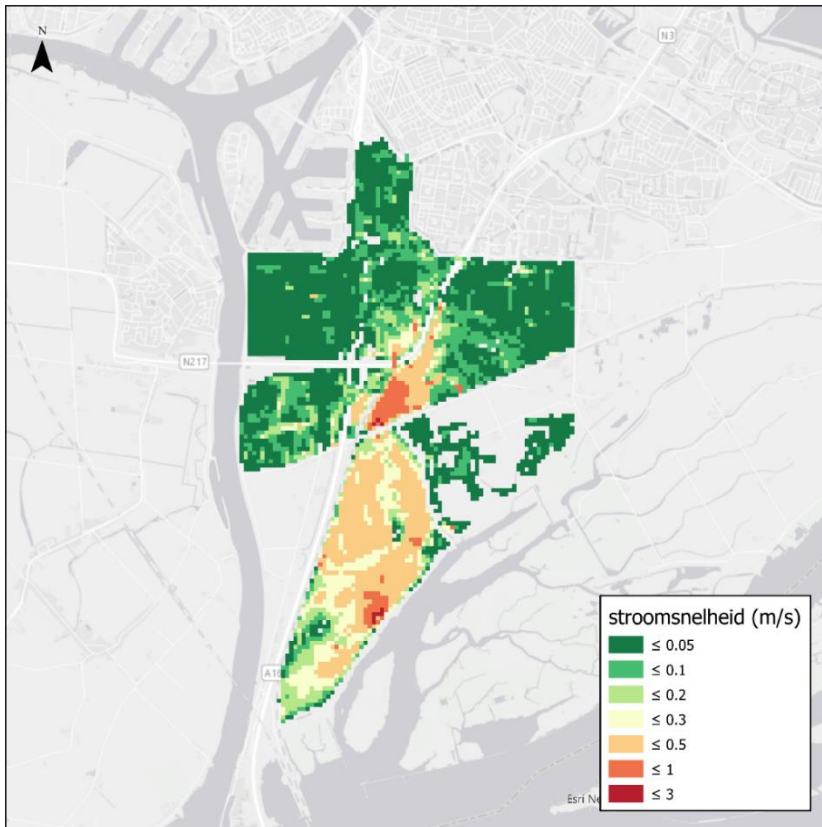
Figuur 4.1: Het overstroomd gebied 6 uur na de doorbraak (links) en 24 uur na de doorbraak (rechts)



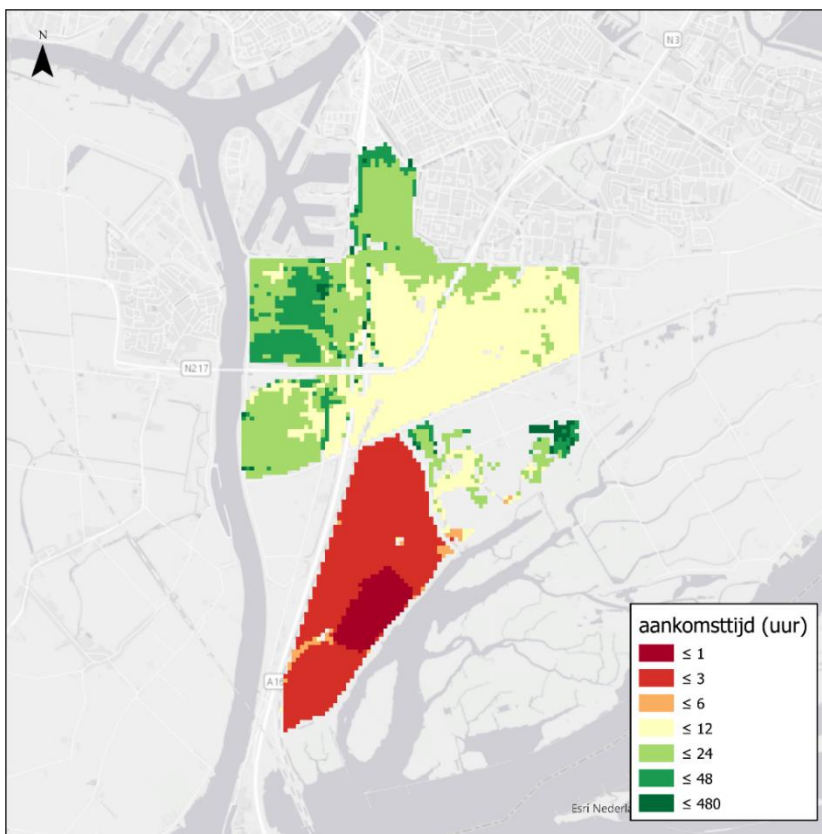
Figuur 4.2 De maximale waterdiepte in het overstroomd gebied

Ten zuiden van de Wieldrechtse zeedijk worden waterdieptes van ongeveer 2m bereikt, ten noorden daarvan blijft de waterdiepte in de woonwijken i.h.a. onder de 1 m (zie figuur 4.2). Er zijn locaties meer naar het westen waar waarden van net onder de 2m worden bereikt. De maximale stroomsnelheden zijn beperkt, behalve bij de bressen (zie figuur 4.3). De kans op instortende huizen is zeer klein: bij de breslocatie langs het Hollands Diep en bij die in de Wieldrechtse Zeedijk staan geen woningen.

De aankomsttijd varieert in dit scenario van minder dan 5 à 6 uur ten zuiden van de Wieldrechtse zeedijk tot zo'n 25 uur in sommige locaties ten noorden van de Wieldrechtse zeedijk (zie figuur 4.4).



Figuur 4.3. Maximale stroomsnelheden



Figuur 4.4 Aankomsttijden bij een doorbraak aan de zuidzijde.

Nationaal management: Het WMCN en LCO zijn vol in actie. De wind blijft extreem hard: windkracht 8 a 9. Dit komt maar zelden voor. Het KNMI houdt code oranje aan de kust en geel in het binnenland. Omdat de dijk van Dordrecht gebroken is, wordt het verkeer richting Dordrecht gestopt, behalve hulpdiensten. In het rivierengebied lijkt het grootste gevaar geweken en kunnen de veiligheidsregio's en waterschappen de balans gaan opmaken.

Het waterschap: Zodra de bres is waargenomen worden acties in gang gezet om de schade aan de kering te beperken en de Wioldrechtse Zeedijk te behouden. Dit mislukt en na 6 uur breekt ook deze dijk. De Zanddijk houdt het wel, terwijl die agrarisch gebied beschermd. Het waterschap sluit ondertussen zoveel mogelijk het regionale systeem af zodat deze het water niet verder over het eiland verspreid en het centrum van Dordrecht droog blijft. Ze monitort het overstromingsverloop met een helikopter en drones.

Veiligheidsregio:

De veiligheidsregio stuurt een NL alert naar alle inwoners van het eiland Dordrecht met het bericht dat de dijk aan de zuidkant is gebroken, dat de polder 'Den Engel onderloopt' en dat mogelijk ook andere delen van het eiland bedreigd kunnen worden.

Mensen met een eerste verdieping wordt geadviseerd naar boven te gaan en thuis te blijven. Mensen met een benedenwoning wordt aangeraden naar anderen, of naar shelters te gaan. Ze zet deze informatie ook op haar website, het regionale nieuws, twitter, etc. Halverwege de dag wordt gecommuniceerd dat de Wioldrechtse Zeedijk ook gebroken is en dat ook woonwijken aan de Zuidkant van Dordrecht bedreigd worden en onderlopen. De inwoners wordt geadviseerd een hogere verdieping op te zoeken en voor 2 a 3 dagen voedsel, water, medicijnen, warme kleding en dekens en zaklampen mee te nemen.

De kritieke infraoperators: De treinen en bussen rijden nog niet, de stroom en het water blijven functioneren in alle gebieden ten noorden van de Zeedijk. Het grote transformatorstation buitendijks wordt extra gemonitord op de locatie zelf. Stroom blijft functioneren tot het vanzelf uitvalt in de overstroomde gebieden. De zendmasten om het gebied heen werken nog wel en ook de communicatie werkt dus nog. Verwarming, waterpompen naar hoog gelegen woningen, verlichting werkt niet meer in het zuidelijk deel van het eiland. Het Albert Schweitzer ziekenhuis blijft droog en heeft nog water. De A16 ten noorden van de N3 overstroomt gedeeltelijk na ongeveer 12 a 15 uur. De N3 blijft droog. Wel overstroomd enkele verzorgingshuizen. De meeste bewoners zijn op tijd naar een shelter gebracht of bevinden zich in een woning die niet op de begane grond gelegen is.

De inwoners buitendijks zien het water stijgen en horen het gieren van de wind. Ze hebben hun maatregelen getroffen en zijn veilig.

De inwoners binnendijks: blijven thuis en gaan niet naar school of werk, op de gezondheidszorgwerkers na. De supermarkten en winkels zijn inmiddels ook gesloten. Na de doorbraak en het advies om veilig thuis te blijven, blijft 80% thuis en 20% vertrouwt het niet en vlucht alsnog weg. Dit zijn 20.000 mensen. Deze mensen bereiken op tijd de droge delen van de dijkkring of de N3.

Effect: Ongeveer 60% van de inwoners op het eiland is nog thuis (zo'n 72000 mensen). Hiervan bevinden zich ruim 27.000 mensen nu in overstroomd gebied. De waterdieptes zijn in het algemeen ongeveer een meter en de mensen zijn boven of in shelters. De mensen in het overstroomd gebied zitten nu zonder stroom. Vrijwel iedereen heeft eten, water en warme kleding en medicijnen.

4.1.3 Reddingsfase

T=1: Eén dag na de doorbraak

Watersysteem: De storm is weg, de Maeslantkering is weer open en de waterstanden buitendijks dalen snel. De overige gebieden in het benedenrivierengebied en ook de andere dijken van Dordrecht zijn niet meer bedreigd. Het water op het eiland van Dordrecht heeft een deel van de buitenwijken van de stad en een heel klein deel van de A16 overstroomt. Het water stroomt nog naar binnen en gaat dan op en neer met het getij, tot de bres gedicht is.

Waterschap en Veiligheidsregio: Het Waterschap probeert het overstroomd gebied te beperken door he regionale watersysteem te compartimenteren en ook bestaande oude dijken of verhoogde obstakels te versterken zodat deze het water tegenhouden. Ook proberen ze de bres te dichten. De Veiligheidsregio coördineert de redding van de inwoners in overstroomd gebied.

Kritieke infraoperators: De stroom werkt nog in de droge gebieden op het eiland. Treinen rijden niet meer. De snelweg en andere wegen zijn gesloten voor alle verkeer behalve hulpdiensten en mensen die weg willen uit het binnendijkse gebied en nog droog zijn.

Inwoners buitendijks: De waterstand daalt snel. Ze kunnen kleine reparaties en schoonmaakacties beginnen en hulp bieden aan het binnendijkse gebied.

Inwoners binnendijks: De 27000 mensen in het overstroomd gebied zitten in de kou en in het donker. De meeste mensen zitten boven. De meeste mensen kunnen na een halve dag niet meer communiceren: hun mobiel is leeg. De andere inwoners van Dordrecht in droog gebied, willen alsnog weg uit angst voor verdere uitbreiding van de overstroming, of ze proberen te helpen of blijven thuis om de wegen vrij te houden voor hulpdiensten.

Twee en drie dagen na doorbraak:

De redding is in volle gang nu en wordt uitgevoerd door vrijwilligers, omwonenden en de hulpverleners. Het water is ondiep, maar het is koud en er drijft troep in het water. De redding gebeurt met kleine bootjes. Het duurt ongeveer 2 a 3 dagen voordat iedereen gered is.

4.1.4 Herstelfase:

De herstelfase is cruciaal voor het gebied, maar heeft in dit onderzoek naar evacuatie en slachtoffers niet de nadruk. In deze storyline gaan we ervan uit dat het gebied na ongeveer 1 maand droog is waarna de reparaties van de infrastructuur en de woningen kan starten. In het niet- overstroomde gebied kunnen na 3 dagen de kinderen weer naar school en kan het gewone leven weer opgepakt worden. Vragen als: waar verblijven de getroffen inwoners gedurende de tijd dat ze niet in hun huis kunnen? mogen de kinderen elders naar school? Hoe wordt de terugkeer geregeld? Wat is de schadevergoeding? etc., worden hier niet opgepakt en zullen in een ander onderzoek of in een analyse van de veerkracht mogelijk wel meegenomen kunnen worden.

4.2 Alternatieve storylines als 'gevoeligheidsanalyse'

4.2.1 Storyline 1 Doorbraak aan de Zuid-Westkant met advies "evacuatie"

In paragraaf 3.1 is gewerkt aan de storyline met een doorbraak aan de zuidzijde en is aangenomen met als advies "blijf thuis" (verticale evacuatie) van de veiligheidsregio. Dit advies was doorslaggevend voor het verloop van de storyline. In deze paragraaf wordt het zelfde scenario nogmaals uitgewerkt, maar dan met het advies "Evacueer naar een kust- of rivierengebied". In dit scenario wordt dit advies 2 dagen voor de doorbraak gegeven. Dit is 1,5 dag voor de storm erg zwaar wordt. Dit scenario wordt niet tot in detail uitgewerkt. Alleen de verschillen worden besproken.

De gebruikte aannames in dit scenario zijn:

- Ook andere gebieden in het overgangsgedebied moeten evacueren.
- Er is geen controle, maar wel advies aan verkeersgebruikers. Er wordt een dringend advies gegeven met betrekking tot de evacuatie-richting en er wordt geadviseerd aan alle mensen uit kust- en rivierdijkkringen om niet te rijden door het benedenrivierengebied om zo de kans op files te beperken en de evacuees ruimte te geven. De Hoekse Waard wordt geadviseerd naar het (zuid)westen te rijden, Zwijndrecht naar het Noorden, De Alblasserwaard en Krimpenerwaard naar het oosten en Dordrecht wordt geadviseerd om naar het zuiden te rijden. De inwoners van de Brabantse Delta tenslotte wordt geadviseerd om naar het zuiden, westen of oosten te rijden (maar niet naar het noorden). Dit advies wordt gecommuniceerd via nieuwsberichten op radio en tv, NL alert en andere media. Het advies wordt lang niet door iedereen opgevolgd, maar het advies beïnvloedt wel veel mensen en reduceert daarmee de files. Deze aanname is cruciaal.
- De capaciteit van de A16 naar het zuiden bestaat uit zo'n 2200 auto's per uur bij slechtweer omstandigheden zonder extreme files en dus uit zo'n 50.000 auto's per dag. Dit betekent dat als 80% van de inwoners het evacuatieadvies opvolgt, iedereen binnen een dag kan vertrekken. Natuurlijk zijn er toch ook andere auto's op de weg en gaan er ook mensen uit Dordrecht naar het westen, oosten of noorden.
- De mensen vertrekken met spoed binnen enkele uren tot een dag. De mensen die op weg zijn gegaan voor de storm rijden tijdens de storm verder maar ondervinden wel hinder van de storm. Er gaan geen mensen de weg op tijdens de storm. Binnen 2 dagen is vrijwel iedereen het gebied uit en iedereen uit het zuidelijk deel is bij een doorgaande weg aangekomen..
- 20% van de inwoners blijft achter. Dit zijn ongeveer 24000 mensen, waarvan 20% (5500 mensen) zich in overstroomd gebied bevinden. Deze mensen zijn goed voorbereid en bewust achtergebleven.
- De overstroming komt en het wordt niet diep, er zijn veel hoge gebouwen en er is snelle redding mogelijk. Er komen daardoor nauwelijks mensen om.

4.2.2 Storyline 2: Kop van 't Land (en onverwachte doorbraak)

In de eerste storyline blijft de omvang van de overstroming beperkt: de stad loopt niet onder en ook de waterdieptes worden in de meeste locaties niet hoger dan ongeveer 1 a 1.3m. Dit bepaalt de gebeurtenissen sterk. Als alternatief is daarom kort gekeken naar een storyline met een zeer omvangrijke overstroming: Een doorbraak bij 'De Kop van 't Land'.

Dreigingsfase:

- In dit scenario komt er een extreme rivierafvoer de Rijn en Maas af. De afvoer is vergelijkbaar met die van 1995. De dijken in het rivierengebied houden het en er treden geen overstromingen op in het bovenrivierengebied.
- De afvoergolf is overal in het nieuws en het rivierengebied is in rep en roer door de zeer hoge afvoer van het niveau van 1993 en 1995. Er treedt gelukkig geen dijkdoorbraak op. In Duitsland zijn de kades in de steden ondergelopen en ook in Nederland staan de kades van Arnhem en Nijmegen blank. Het overgangsgedebied is ook alert: over twee dagen passeert de piek daar. Gelukkig is er geen storm voorspelt en blijft de Maeslantkering open.
- Besluitvorming: De veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid en het Waterschap volgen de situatie nauwgezet en beslissen om niet te evacueren. Immers, er is geen storm voorspelt en de afvoer is vergelijkbaar met die in 1995 en 1993. Wel wordt er wachtgelopen en opgeschaald tot een hoge graad van paraatheid.
- De kritieke infrastructuur, bedrijven en inwoners buitendijks berijden zich voor op hoogwater.
- Voor binnendijkse inwoners zijn er nog geen speciale waarschuwingen of acties. Zij kunnen hun normale leven voortzetten.

- Effect: Het effect is dat iedereen zijn normale gedrag handhaaft: er zijn mensen op hun werk buiten het eiland, er zijn forensen op het eiland, de snelwegen zijn vol met dagelijks woon-werk verkeer en scholen zijn open.

Overstromingsfase: T = 0: doorbraak:

- *Watersysteem:* Rond de piek van de hoogwatergolf breekt de dijk bij de Kop van 't Land toch. Er was een plek waar achteraf gezien schade was aan de grasmat, de dijk was verzadigd door regen, de sloot erachter stond leeg vanwege bouwwerkzaamheden en allerlei nare ontwikkelingen vielen ongelukkig samen. Eerst stromen de zeer dunbevolkte polders achter de dijk vol. Binnen 8 uur na de doorbraak stroomt het water ook bewoonde gebieden binnen. Binnen 12 uur zijn veel bewoonde gebieden ondergelopen. Binnen 24 uur is ook het centrum van Dordrecht en is vrijwel het gehele deel ten noorden van de rondweg onder water gekomen. De instroom blijft doorgaan ook nog na 72 uur. Dieptes bereiken snel 2m of meer. Meer dan 3.5 komt zeer zelden voor.
- *Nationaal management:* Er zijn geen andere doorbraken dan die ene bij Dordrecht. De situatie is levensbedreigend. Om zoveel mogelijk mensen te redden wordt met spoed de A16 afgesloten voor forensen en verkeer richting Dordrecht. Ook worden ziekenhuizen in de omgeving voorbereid op slachtoffers van de overstroming en patiënten uit het Dordtse ziekenhuis.
- *Veiligheidsregio:* Er wordt NL alert verspreid en mensen wordt opgeroepen direct naar huis of naar binnen te gaan en een hogere verdieping op te zoeken. Er wordt gezegd dat ze slechts enkele uren de tijd hebben om een veilige plek te bereiken. De treinen rijden nog 15 minuten om de perrons leeg te maken en worden dan stilgelegd, net als de bussen. Mensen zonder vervoer worden opgevangen in shelters. Kinderen moeten van school naar huis en sporttrainingen worden gecancelled. In allerijl moeten de patiënten geëvacueerd worden uit het Albert Schweitzerziekenhuis. Er wordt een beroep gedaan op ambulances uit de omgeving, taxi's en er worden bussen ingezet om de patiënten te evacueren naar naburige ziekenhuizen. De aankomsttijd van water bij het ziekenhuis wordt geschat op 8 a 15 uur. Het ziekenhuis ligt aan de N3, welke naar verwachting lang droog blijft. Ook wordt bepaald of de stroom in het ziekenhuis ingeschakeld kan blijven, zelfs als daar straks water tegenaan staat. Er wordt redding op touw gezet voor de inwoners en werknemers uit andere gebieden die nog aanwezig zijn. Ook wordt aangegeven een hogere verdieping op te zoeken. Voor mensen in benedenwoningen of niet-zelfredzamen worden er met spoed shelters op loopafstand geopend. De stad Dordrecht blijft lang droog, maar uiteindelijk ook onder. De A16 blijft zo'n 24 tot meer dan 48 uur droog. De N3 blijft ook lang droog. De kans op het onderweg getroffen worden is daarmee beperkt.
- *Waterschap:* Het Waterschap probeert de bres te dichten en compartimenterende keringen en obstakels te versterken om het water tegen te houden of te vertragen. De N3 wordt als compartimenterende kering ingezet en onderdoorgangen worden gedicht. Het water wordt vertraagd maar stroomt na een uur of 14 toch de N3 over.
- *Kritieke infrastructuur:* in de overstromde gebieden valt de stroom, communicatie en verwarming uit. Ook in het ziekenhuis valt de stroom uit. Transport over de N3 en A16 blijft nog een dag mogelijk maar valt dan ook stil.
- *Burgers buitendijks:* De bewoners buitendijks waren voorbereid en voorkomen schade aan hun bezittingen. Het hoogwater duurt lang doordat deze afvoergedomineerd is. Na enkele dagen kunnen ze weer naar buiten.
- *Burgers binnendijks:* De burgers binnendijks hebben zoiets nooit verwacht of meegemaakt. De meeste mensen volgen het advies van de veiligheidsregio op. Ze blijven thuis of gaan naar een shelter. Gelukkig hebben vrijwel alle mensen een droge verdieping. Ongeveer 20% van de mensen vertrekt met spoed en bereikt op tijd de A16 en vervolgens veilig gebied. Er zijn nu nog 96000 mensen over.

Reddingsfase:

Er zitten ongeveer 96.000 mensen thuis die gered moeten worden. Niet zelfredzamen, zieken en mensen met medicijnen komen in kritieke situaties terecht. Baby's en ouderen krijgen het zwaar. Mensen kunnen gered worden met bootjes en worden naar de havens van Dordrecht gebracht en naar de dijken waar ze verder getransporteerd kunnen worden. Er zijn ongeveer 7 dagen nodig om iedereen te redden. Het is koud, guur weer de verwarming werkt niet en mensen moeten overleven met het eten dat ze hebben. Er storten geen huizen in.

Herstelfase: Hier niet beschouwd.

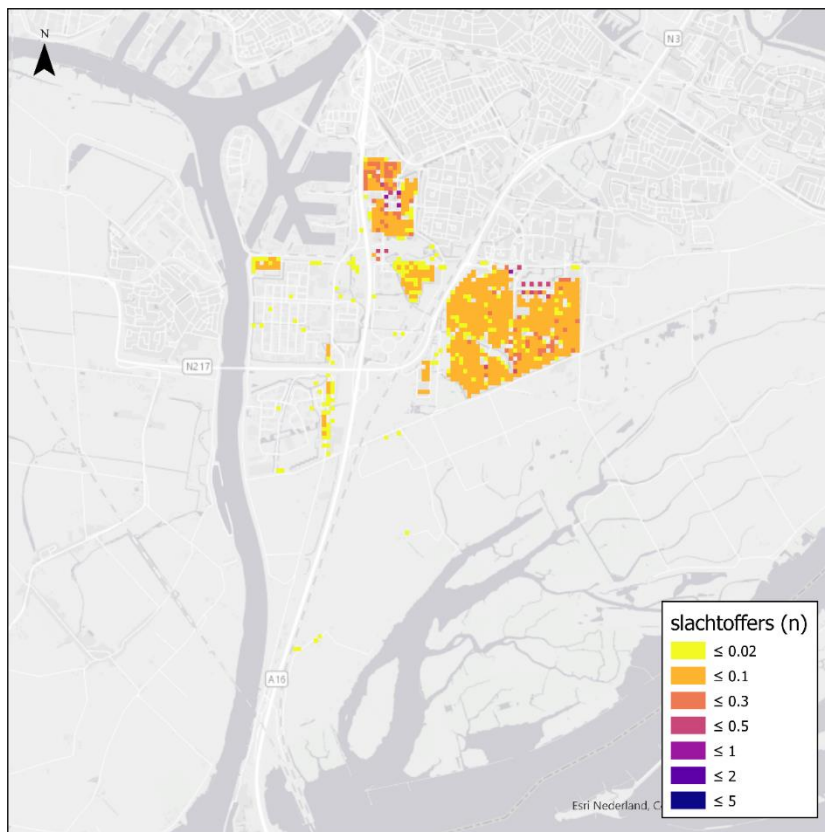
5 Slachtofferaantallen volgens verschillende methodes

5.1 Scenario 1: Doorbraak aan de zuidwest kant

De slachtofferaantallen horend bij scenario 1 met en zonder evacuatie zijn bepaald m.b.t. de standaardmethode, de ruimtelijk gedifferentieerde functies en op basis van de storyline. De resultaten worden hier besproken en samengevat in tabel 3.2 aan het einde van de paragraaf.

Standaardmethode HIS-SSM (gebruikt bij normering)

HIS-SSM met daarin de standaardslachtofferfuncties leidt tot 51 slachtoffers in een situatie zonder evacuatie en met een evacuatiefractie van 8% tot 47 slachtoffers. Deze vallen vrijwel allemaal in het deel ten noorden van de Wieldrechtse Zeedijk (zie figuur 5.1). Met het nieuwe SSM2017 waarin dezelfde standaardfuncties zijn opgenomen, worden 56 slachtoffers geregistreerd. Het verschil wordt veroorzaakt door betere informatie over de locatie van inwoners en geactualiseerde bevolkingsgegevens in SSM2017. De mortaliteit is overal kleiner dan 0,7% (0,007). De hoogste waardes liggen net ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk, waar erg weinig mensen wonen. De woningen die er zijn, liggen over het algemeen aan de dijk en zijn verhoogd tot op dijkniveau.



Figuur 5.1. Aantal- en locatie van slachtoffers volgens de standaardmethode

PBL methode (ruimtelijk gedifferentieerde functies)

Tabel 5.1 geeft de verdeling van de inwoners over de verschillende categorieën volgens het PBL model bij 1 en 2 dagen beschikbare tijd en preventieve evacuatie en verticale evacuatie. Volgens het PBL model zullen er bij het advies om te evacueren zo'n 113 slachtoffers vallen bij 1 dag beschikbare tijd en 35 bij 2 dagen beschikbare tijd. Indien geadviseerd wordt om thuis te blijven, berekent het PBL model respectievelijk 49 slachtoffers in het geval er maar 1 dag tijd is, en 33 wanneer er 2 dagen beschikbaar zijn.

In het PBL model is een verdeling aangenomen van de bevolking over de verschillende plaatscategorieën (zie tabel 5.1). Bij preventieve evacuatie zou 21% onderweg overvallen worden in de 1,5 km die ze ongeveer af moeten leggen tussen hun woning en de droge weg, waarvan dan 19% alsnog een schuilplaats kan vinden. Gezien de beperkte afstand tot droog gebied (de hoofdwegen blijven droog) en de kleine omvang van het overstroomd gebied, lijkt dit een groot percentage. Immers er is 2 dagen tijd. Mensen worden alleen onderweg getroffen als ze nog in hun woonwijk zijn en mensen die meer dan een dag in een auto zitten en dan water aan zien komen, zullen waarschijnlijk terug naar huis keren (lopend dan wel met de auto, of naar een shelter gaan). De slachtoffers bij preventieve evacuatie komen om op locaties waar ze onverwachts moeten schuilen. Gezien de geringe waterdiepte van ongeveer 1m in dit scenario, de reddingstijd van ongeveer 2 dagen, en de geringe afstand die afgelegd moet worden (enkele honderden meters tot maximaal 1,5 km) lijkt dit aantal niet plausibel.

Bij verticale evacuatie zal volgens deze tabel 40% naar een shelter gaan. Dit is een aanname die nog nader onderzocht moet worden. Volgens het PBL model komen er in de shelter 5 mensen om. Dit aantal lijkt hoog, zeker aangezien de mensen hier mogelijk maar 1 nacht hoeven te verblijven. Bij grotere overstromingen zal de verblijfsduur in shelters mogelijk langer zijn. Bij verticale evacuatie vallen in totaal 33 slachtoffers aldus het PBL model. Naast de 5

mensen die in shelters omkomen, komen er volgens dit model ook 18 thuis om en overlijden er 10 doordat ze onderweg getroffen worden. Echter, bij verticale evacuatie is het onwaarschijnlijk dat mensen onderweg getroffen worden en omkomen: de afstand tot veilig gebied is klein en de waterdieptes zijn beperkt. Bovendien zijn er geen files te verwachten en hebben mensen twee dagen de tijd om die 1.5 km tot aan de N3 af te leggen. Het lijkt dan ook zeer aannemelijk dat iedereen het gebied kan verlaten voordat het water aankomt en dat er onder de mensen die toch vertrekken geen slachtoffers vallen.

De resultaten duiden erop dat het PBL model voor dit scenario (waarschuwingstijd is 2 dagen) niet geschikt is en dat de functies en verdeling over de categorieën hier niet logisch lijken. Dit komt door de geringe diepte en omvang van de overstroming. Het PBL model is beter toepasbaar op grote diepe overstromingen.

Tabel 5.1 Fractie van de bevolking horend in een bepaalde categorie bij verschillende aannames mbt beschikbare tijd en evacuatiestrategie (bron: Pleyter en Kolen, 2016) (Deze verdeling is ook geïmplementeerd in SSM2017; in het waterveiligheidsplan is al een andere verdeling gemaakt waarbij 71% thuis voorbereid is)

Categorieën	Preventieve evacuatie		Verticale evacuatie	
	1 dag	2 dagen	1 dag	2 dagen
Beschikbare tijd	1 dag	2 dagen	1 dag	2 dagen
Buiten dijkkring	0%	59%	0%	12%
Onderweg overvallen (auto)	8%	2	2	1
Schuilt in omgeving	72%	19	18	7
Shelter	2%	2	40	40
thuis voorbereid	14%	14	32	32
Thuis niet voorbereid	4%	4	8	8

Tabel 5.2 Slachtofferaantallen voor de verschillende categorieën volgens het PBL model.

Waarschuwingstijd en locatie	Preventief	Verticaal
2 dagen:Thuis voorbereid	4	9
2 dagen:Thuis niet-voorbereid	4	9
2 dagen:Shelter	0	5
2 dagen:Succesvolle preventieve evacuatie	0	0
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	21	8
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	6	2
2 dagen:Totaal	35	33

Storyline methode:

Op basis van de storyline zien we dat in beide scenario's (met preventieve evacuatie en met het advies thuis te blijven) vrijwel geen slachtoffers vallen (zie paragraaf 4.1 en 4.2): Er is immers vrijwel niemand onderweg in het overstroomde gebied. De kans op slachtoffers in de woningen is ook zeer klein gezien de beperkte dieptes en het zeer grote aantal woningen met droge verdieping. Er worden dan ook weinig slachtoffers verwacht.

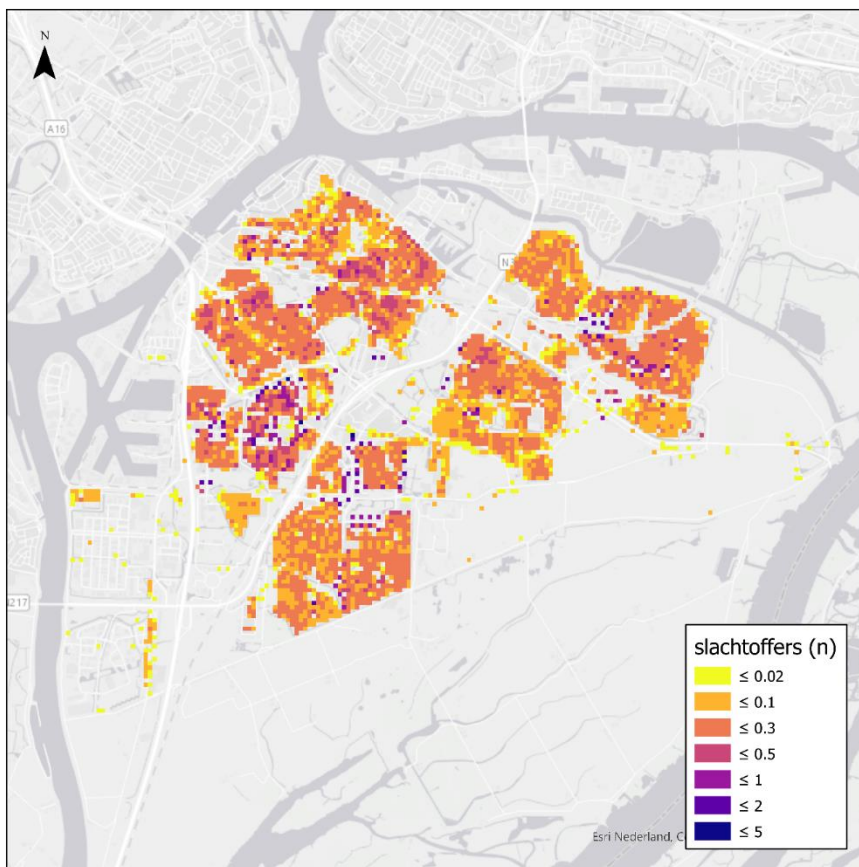
5.2 Scenario 2: Kop van 't Land

De slachtofferaantallen horend bij scenario 2 met en zonder evacuatie zijn bepaald met behulp van de standaardmethode, het PBL model en op basis van de storyline. De resultaten worden hier besproken en samengevat in tabel 4.4 aan het einde van de paragraaf.

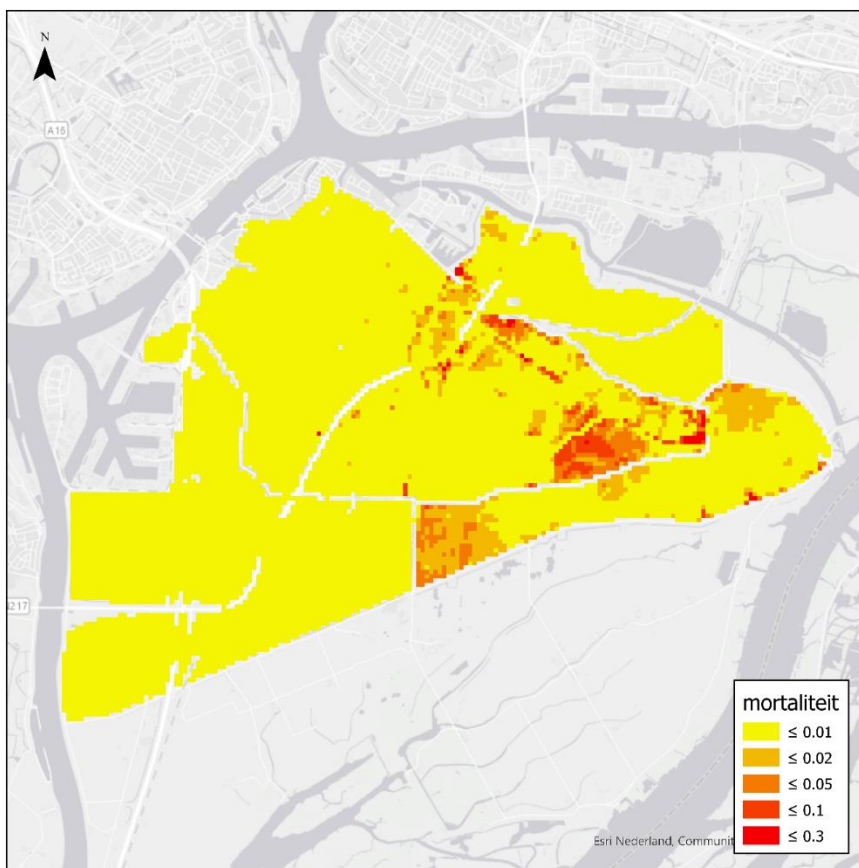
Standaardmethode gebruikt bij normering

Bij toepassing van de standaardfuncties in SSM2017 op dit scenario worden 707 slachtoffers berekend zonder evacuatie en 650 met evacuatie. Er zijn 116500 getroffen (SSM2017). De gemiddelde mortaliteit is dan ook 0,6 procent. De slachtoffers vallen verspreid over de woonwijken.

De hoogste mortaliteit waarden worden gevonden in Park de Hoven en de Bovenpolder direct achter de bres. Hier wonen gelukkig geen mensen. De meeste hoge waarden liggen tussen de 10 en 15% (zie figuur 5.3). De maximale waarde is 0,29. Deze hoge waarden worden veroorzaakt door hoge stijgsnelheden in combinatie met waterdieptes groter dan 2m. De mortaliteit is dan hoog.



Figuur 5.2: slachtoffers: 707 zonder evacuatie volgens SSM.



Figuur 5.3 Mortaliteit

PBL methode

Aangezien we uitgaan van een onverwachte doorbraak is de PBL methode niet toegepast: iedereen is dan immers thuis. De slachtofferfuncties en aantallen komen dan exact overeen met de standaardmethode.

Storyline methode:

Volgens de verhaallijn zijn er veel mensen thuis in gevaarlijk gebied. De mortaliteit in bewoonde gebieden is gemiddeld 0,6%. Deze waarde is hoger dan bij gemiddelde rivieroverstromingen, maar wel van dezelfde orde van grootte. Er vallen volgens de functies van Maaskant (2009) 707 slachtoffers zonder evacuatie (zie hierboven). In de storyline vlucht 20% van de inwoners alsnog na doorbraak en bereikt veiligheid. Dit betekent dat het aantal slachtoffers met ongeveer 20% gereduceerd wordt (aannemende dat uit alle gebieden ongeveer een evenredig deel van de bevolking kan vluchten). Het aantal slachtoffers horend bij deze storyline is dan ook geschat op ongeveer 80% van het aantal dat valt zonder evacuatie en komt uit ongeveer 550-600 ($0,8 * 707 = 566$).

5.3 Overzicht en discussie van de methodes

Tabel 4.3. geeft een overzicht van de slachtofferschattingen volgens de 3 bekeken methodes voor de twee beslissingen: thuisblijven en evacueren.

Tabel 4.3 Overzicht slachtofferschattingen verschillende modellen/aannames

Doorbraaklocatie	strategie	Standaardmethode	PBL methode	Storyline
Zuid	thuisblijven	56	33	<< 5
Zuid	evacueer	52	35	<< 5
Kop van 't Land	thuisblijven	707	281*	550-600
Kop van 't Land	evacueer	650	293*	

* Dit zijn getallen horend bij 1 dag beschikbare tijd. In het geval van een onverwachte overstroming is het PBL model niet toepasbaar en geeft het resultaten identiek aan de standaardmethode en levert 707 slachtoffers.

Tabel 3.2 laat zien dat de verschillende methodes leiden tot verschillende slachtofferaantallen voor hetzelfde scenario. De standaardmethode en PBL methode zijn beiden gebaseerd op de data van 1953. In het PBL zijn daarnaast aannames m.b.t. mortaliteit in shelters gebaseerd op de mortaliteit in de Super Dome en het Convention Centre in New Orleans tijdens de overstroming door orkaan Katrina in 2005.

In 1953 kwamen in hotels of kerken waar mensen schuilden (een soort shelters) voor zover bekend geen mensen om. De data van 1953 past bij een grootschalige overstroming met gevaarlijke dieptes, instortende huizen, golven, een grote afstand tot veilig gebied en trage redding. Vrijwel iedereen bleef thuis en ging omhoog of naar een veiliger plek vlakbij. Noodgedwongen werd destijds gekozen voor verticale evacuatie. Ook is deze data gebaseerd op een situatie waarin nauwelijks waarschuwing plaatsvond, de bewoners niet over vervoer beschikten en ook de communicatiemiddelen beperkt waren. De data van Katrina is mogelijk ook niet representatief voor Nederland.

Zowel de standaardmethode als het PBL model zijn niet goed bruikbaar in storyline 1. In die storyline is het overstroomd gebied beperkt, storten er waarschijnlijk geen huizen in en is communicatie tussen reddingswerkers en het verkrijgen van beelden van de overstroming en gevolgen eenvoudiger dan in 1953. De doorgaande wegen blijven hier droog, de afstand tot veilige locaties is 1 a 1,5 km en vrijwel alle gebouwen hebben een droge verdieping. De mortaliteit thuis, onderweg en in shelters zal zeer waarschijnlijk lager zijn dan in de PBL-

functies. Zowel het Standaards Schade- en slachtoffermodel en het PBL model lijken een overschatting te geven voor het overstromingsscenario met een breslocatie aan de zuidzijde. Onzekere factoren en vragen hierbij zijn: Is er genoeg tijd voor evacuatie en hoe gemakkelijk gaat dat? Kunnen de 27000 mensen uit het getroffen gebied op tijd hun woonwijk uitkomen? Hoe snel kan de redding georganiseerd worden? En wat is de mortaliteit van dergelijke beperkte overstromingen?

In de tweede storyline vallen veel meer slachtoffers volgens alle drie de methodes. De uitkomsten van de standaardmethode en de storyline zijn van gelijke orde van grootte. Het PBL model heeft lagere aantallen, maar daar is gerekend met een dag tijd voor verticale of horizontale evacuatie.

Voor het betrouwbaarder bepalen van slachtoffers zou een betere analyse van de percentages mensen die zich thuis bevinden, onderweg getroffen worden en in een shelter overlijden nuttig zijn. Hiervoor is de aankomsttijd, waterdiepte, en de duur van verblijf in een shelter relevant. Ook is het aan te bevelen de toepasbaarheid van de mortaliteitsfuncties in gebieden met beperkte dieptes, geen instortende huizen en droogliggende doorgaande wegen nader te onderzoeken. Tenslotte laten de resultaten zien dat het meenemen van ruimtelijke variatie in gevaar belangrijk is (waar is de mortaliteit het hoogst) net als de analyse van de locatie van mensen (en het al dan niet opgehoogd zijn van huizen op die gevaarlijke plekken zoals aan de Wieldrechtse Zeedijk). Daarmee kan een meer realistische schatting van het slachtoffer risico en het aantal slachtoffers verkregen worden.

6 Wat leren we van de storylines

6.1 Aannames en relatie met de evacuatieboom

De storylines illustreren de noodzaak tot het doen van aannames of het maken van keuzes voor een aantal zeer belangrijke factoren. Deze worden hier besproken en komen terug als knopen in de evacuatieboom zoals uitgelegd in de bijlage C. Ook kunnen ze bijdragen aan het nadenken over crisismanagement.

In de storylines zijn verhalen doorgeredeneerd. De lezer kan het gevoel krijgen in een roman te zitten of deze op te vatten als een voorspelling. Echter, lang niet alle aannames zijn onderbouwd (e.g. treinen rijden niet meer, of juist nog wel, scholen gaan dicht etc.). Er is zoveel mogelijk uitgegaan van het Waterveiligheidsplan, veel is echter onzeker. De storylines geven toch een verloop met als doel om die aannames boven tafel te krijgen, ze te variëren en zo het belang ervan te zien, kennisleemtes te identificeren en natuurlijk om de plausibiliteit van slachtofferfuncties en schattingen te onderzoeken.

Relatie met evacuatieboom

De storyline is gerelateerd aan de evacuatieboom: De belangrijkste factoren waarvoor aannames worden gedaan in de tijdlijn van de scenario's worden knopen in de evacuatieboom (zie bijlage C). De hier in de storyline gekozen waarde voor de aanname is slechts 1 van meerdere opties. De evacuatieboom laat dat goed zien en geeft ook andere opties weer en daarmee de onzekerheden in de analyse.

De belangrijkste aannames zijn:

- **Moment van besluitname**, deze is afhankelijk van de alarmering, besluitvorming en communicatie. Deze drie beïnvloeden de beschikbare tijd en worden meegenomen in de evacuatieboom onder alertering en besluitvorming.

- **Het besluit:** evacueren of niet. Deze aanname is cruciaal voor de storyline. In eerste instantie is de storyline uitgewerkt voor thuisblijven. Vervolgens voor het besluit om iedereen te evacueren. Het tweede scenario is een onverwachte doorbraak waar niet geëvacueerd wordt.
- **Doorbraak:** Doorbraakmoment, doorbraaklocatie en omstandigheden daarbij: storm en hoge afvoer. Deze zijn hier als gegeven beschouwd: deze storyline hoort bij deze gebeurtenis. Hierbij is storm inbegrepen. Echter voordat de doorbraak daadwerkelijk plaatsvindt dient al een besluit over het al dan niet evacueren te worden genomen. Wanneer dat besluit genomen moet worden, is het nog onzeker of er een doorbraak gaat plaatsvinden, en zo ja, waar en op welk moment precies.
- **Response van mensen:** het is lastig de response van mensen te bepalen. De storyline geeft de gebeurtenissen weer gebaseerd op de aanname dat 80% het advies van de veiligheidsregio volgt, en 20% het tegenovergestelde doet en gaat ervan uit dat deze 80% homogeen over het gebied verdeeld zijn. Ook als de dijk gebroken is wordt ervan uitgegaan dat de meeste mensen nog het advies van de Veiligheidsregio volgen. In vervolgstudies zou nader op deze response ingegaan kunnen worden en bijvoorbeeld het effect van communicatie meegenomen kunnen worden. In de evacuatieboom is deze aanname niet gevarieerd.
- **Verloop van de overstroming:** In de storylines is uitgegaan van 'het standaard bresgroeiverloop'. In werkelijkheid is bresgroei zeer variabel en afhankelijk van allerlei factoren. De bresgroeisnelheid bepaalt het instromend volume. Ook is er ervan uitgegaan dat de Wieldrechtse Zeedijk breekt bij een bepaalde waterstand terwijl de Zanddijk standhoudt. Dit zijn onzekere aannames. Wanneer de Wieldrechtse Zeedijk eerder breekt veranderen de aankomsttijden in het gebied ten noorden ervan, wanneer deze niet breekt, blijft het gehele noordelijk deel droog en vallen er waarschijnlijk geen slachtoffers. Als de Zanddijk breekt, stroomt het gebied ten oosten van de Zanddijk onder en wordt de kans op een doorbraak van de Wieldrechtse Zeedijk kleiner. Dat gebied is een landelijk gebied met heel weinig inwoners. Het verloop van gebeurtenissen verandert dan ook totaal. Ook kan de Wieldrechtse Zeedijk op een andere locatie doorbreken. Of de dijk breekt hangt van de sterkte en onderhoudsstatus van de dijk af, en van golven en wind en van het succes van het waterschap om die kering te behouden. In de evacuatieboom wordt het verloop van de overstroming aangegeven als onzekere factor, maar heeft deze onzekerheid in het overstromingsverloop niet de focus in dit onderzoek.
- **Redden:** Voor de aannames m.b.t. redding is gekeken naar beschikbare informatie. In de storyline is hier een keuze gemaakt. Wanneer de redding sneller zou verlopen komen er mogelijk minder mensen om. De relatie tussen mortaliteit en reddingssnelheid is niet bekend. In de standaardfuncties en het PBL wordt deze impliciet als gelijk aan die in 1953 beschouwd. Wanneer mensen sneller gered worden, zeker kwetsbare mensen zoals hele jonge baby's die nog niet zonder warme melk kunnen, zieken en ouderen, kan het aantal slachtoffers kleiner zijn dan wanneer het redden langer duurt.
- **Niet-zelfredzamen:** Deze zijn hier niet apart beschouwd, maar zullen zowel de besluiten als de mortaliteit kunnen beïnvloeden. De Veiligheidsregio heeft momenteel daarom veel aandacht voor bijvoorbeeld communicatie naar niet-zelfredzamen en hun verzorgers. Door deze niet te beschouwen in de storylines en evacuatiebomen is het verschil in effect van verschillende evacuatie strategieën op deze groep niet te bepalen en als het ware als verwaarloosbaar beschouwd. Als deze groep de keuze voor een strategie wel kan beïnvloeden, dan zouden ze apart beschouwd moeten worden.
- **Mortaliteit:** De mortaliteit resulteert uit de storyline of de tak in de boom. Hij wordt bepaald op basis van de resulterende aantallen mensen in het overstroomd gebied, het overstromingsgevaar (diepe, stijgsnelheid, aankomsttijd) en een inschatting van hoeveel mensen onderweg getroffen worden. Ook hangt deze af van de reddingstijd. De mortaliteit horend bij een bepaald gevaar en reddingsstijd is onzeker. In de boom wordt deze onzekerheid wel genoemd maar ligt hier niet de focus op.

6.2 Voor crisismanagement van Dordrecht

Dordrecht heeft al heel veel kennis opgedaan in diverse projecten en een uitgebreid Waterveiligheidsplan ontwikkeld. Er is een overzicht van de variatie aan gevolgen van doorbraken per dijktraject, de type events (storm/afvoer) die het meeste gevaar opleveren, en de veiligheidsregio heeft zelf goed inzicht in kritieke infrastructuur en niet-zelfredzame inwoners.

De hier ontwikkelde storylines en evacuatiebomen zijn gebaseerd op die beschikbare tijd en gebruiken deze op een net andere wijze: waar mogelijk wordt de kennis gebruikt in de storylines en waar nodig worden daar aannames gedaan. Deze worden vervolgens gevarieerd in de evacuatiebomen in bijlage C. Daarmee illustreren de storylines en evacuatiebomen de beschikbare kennis en het effect op slachtofferaantallen en beschikbare kennis en worden ook de kennisleemtes en belangrijkste vragen helderder. Er is hier gefocust op slachtofferanalyse en de keuze voor bepaalde evacuatiestrategieën.

De analyse met storylines en de evacuatiebomen laten zien dat preventieve evacuatie het aantal slachtoffers sterk reduceert, tenzij deze niet op tijd afgerond is. Er is dus informatie nodig over de beschikbare en benodigde tijd voor evacuatie en voor alternatieve strategieën naast preventieve evacuatie: verticale evacuatie (thuisblijven) en shelters. De Veiligheidsregio heeft hiervoor een beslismatrix opgesteld (zie Waterveiligheidsplan). De storyline en evacuatiebomen kunnen bijdragen aan het verbeteren of uitwerken van deze beslismatrix.

De beschikbare tijd is sterk afhankelijk van de voorspelling, en zal per gebeurtenis verschillen. Globaal varieert deze van 0 – 3 dagen, maar de grootste kans is dat de beschikbare tijd 2 dagen of minder zal zijn. In situaties met extreme stormverwachting waarbij mogelijk ernstige verkeershinder optreedt, blijft er weinig tijd over voor evacuatie, zeker als ook andere gebieden in het overgangsgebied besluiten tot evacuatie.

De benodigde tijd hangt sterk af van de mogelijkheden voor landelijk verkeersmanagement en de keuzes van andere gebieden. Gaan bijvoorbeeld IJsselmonde, de Hoekse Waard, Alblasserwaard en Brabantse Delta ook evacueren, dan is de kans op files heel groot. In de meeste scenario's zal vooral het overgangsgebied bedreigd worden en kan evacuatie plaatsvinden richting de kust of het riviereengebied. Bij extreme rivierafvoeren kan ook het riviereengebied bedreigd worden en is juist het westelijke benedenriviereengebied en de kust veilig.

De beschikbare tijd na de doorbraak tot aan blootstelling (natte voeten) is ook relevant. Immers de mensen die op weg zijn om te evacueren weten mogelijk niet direct dat de dijk gebroken is of kunnen mogelijk doorgaan met evacueren ook na de doorbraak. Dit hangt af van het overstromingsverloop en deze blijft onzeker. Vragen als: "Hoe snel groeit de bres? en dus "Hoeveel water komt er binnen?", "Wat is de sterkte van compartimenterende keringen?", "Hoe geleiden en verspreiden regionale waterlopen het water?" spelen hier een rol. De onzekerheid in de aankomsttijd van het water bij een bepaalde wijk en de waterdiepte kan bekeken worden door bijvoorbeeld een gevoeligheidsanalyse voor aannames te doen. Behalve evacuatie van het gehele gebied kan wellicht in sommige scenario's ook gekozen worden voor het acuut evacueren van gevaarlijke locaties of kwetsbare mensen. Mogelijk zijn er al dergelijke noodplannen voor bijvoorbeeld het ziekenhuis. Dat is hier niet onderzocht. Communicatiemogelijkheden bij overstroming tussen hulpverleners onderling en tussen crisismanagers en getroffen zijn ook van invloed voor de evacuatie-effectiviteit en reddingseffectiviteit en dus voor de overlevingskansen en mortaliteit van de getroffen inwoners. Ook deze zijn in dit onderzoek niet nader bekeken.

Effect op keuzes in crisismanagement

Met name de onzekerheid over de haalbaarheid van evacuatie, welke gedomineerd wordt door de duur van de besluitvorming en de aannames dat er files zijn buiten het gebied welke evacuatie beperken, bepalen de keuze voor al dan niet verticaal evacueren. Voor relatief minder ernstige scenario's zoals de doorbraak ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk is de keuze minder relevant voor het aantal verwachte slachtoffers. Gezien de beperkte overstroming zijn er daar wel veel mogelijkheden om het aantal slachtoffers te beperken door deze snel te redden of te evacueren. Voor het extreme scenario Kop van 't Land is de keuze cruciaal: succesvolle preventieve evacuatie beperkt het aantal slachtoffers enorm. De beschikbare tijd hangt hier sterk af van de waarschuwingstijd.

De belangrijkste onzekerheden die keuzes met betrekking tot het al dan niet evacueren bepalen, zijn:

- moment en locatie doorbreken: Als eerder breekt dan verwacht, dan kan evacuatie tot meer slachtoffers leiden, als dat niet zo is dan is evacuatie een betere optie zeker voor locaties waar grotere waterdieptes verwacht worden.
- Standszekerheid secundaire keringen: Bij een doorbraak in het zuiden geldt: als de Wieldrechtse Zeedijk het houdt, dan is vrijwel iedereen veilig en is evacuatie niet nodig. De kans dat deze dijk breekt wordt door experts als groot verondersteld. Bij doorbraken ten noorden van de Wieldrechtse Zeedijk vertragen andere secundaire keringen en verhoogde wegen de verspreiding van het water.
- Omgevingsverkeer (uitstroomcapaciteit): wanneer files op de snelwegen beperkt kunnen worden, is evacuatie in een dag haalbaar. Met files duurt dit mogelijk tot 48 uur.
- Effecten van de overstroming op vitale infrastructuur: stroomuitval, communicatiemogelijkheden met bewoners en hulpdiensten onderling: Als er geen stroom is kunnen er slachtoffers vallen, ook in het gebied dat droog is. Daarnaast is het redden zonder communicatie veel lastiger te coördineren. Dit vergroot de kans op slachtoffers.

6.3 Voor bepaling slachtofferaantallen, mortaliteit en slachtofferrisico's

Uit de bepaling van de mortaliteit en het aantal slachtoffers zijn ook een aantal observaties te halen:

- De Standaardmethode en het PBL model leiden voor de doorbraak aan de zuidzijde tot een slachtofferaantal met een vergelijkbare orde van grootte. Voor het scenario met een doorbraak bij de Kop van 't Land is het verschil veel groter (een factor 3 ongeveer).
- In de storyline is het lastig om een verhaal of onderbouwing te geven bij de hoge slachtofferaantallen voor het zuidelijk scenario. Dit duidt erop dat de slachtofferfuncties en PBL model niet toepasbaar zijn op zuidelijk scenario. Dit komt door de beperkte waterdiepte en omvang. Deze situatie wijkt af van 1953 en de vraag is dan ook of de functies uit 1953 wel gebruikt kunnen worden voor dergelijke minder diepe overstromingen. Voor de Kop van 't Land lijken de uitkomsten plausibel.
- De verdeling van mensen over locaties in het PBL model is voor het zuidelijk scenario niet goed uitlegbaar en deze is bepalend voor de kans om onderweg getroffen te worden. Deze kans lijkt voor dit scenario erg hoog in verhouding met de afstand die afgelegd moet worden naar een droge weg en het beperkte gebied dat overstroomd raakt. De verdeling is gebaseerd op een analyse voor Dordrecht als geheel. Wellicht zou voor de analyse van het effect van een bepaald overstromingsscenario deze verdeling aangepast moeten worden op dit overstromingsscenario. De mortaliteit van die mensen die onderweg getroffen worden is immers aangenomen als vijf maal de gemiddelde mortaliteit.
- In overstromingen met beperkte diepte en omvang zullen er weinig slachtoffers vallen. In die scenario's zijn waarschijnlijk de niet-zelfredzamen het meest kwetsbaar. De zorg voor niet zelfredzamen en het effect op mortaliteit zou bepaald kunnen worden. Ook effecten op stroomvoorziening en communicatiemogelijkheden en de samenhang met mortaliteit kan bekeken worden. De communicatiemogelijkheden zijn in ieder geval veel beter dan in

1953, zeker in de dreigingsfase. In deze situaties waarin effectief gedrag heel kansrijk is spelen aspecten als communicatie en stroom juist een belangrijke rol.

- Mortaliteit in shelters: Onderzoek deze mortaliteit nader door naar andere recente historische events naast de 2 Amerikaanse events te kijken, of door ook naar 1953 te kijken en uit te zoeken of er toen op opvangplekken slachtoffers zijn gevallen. Ook kan de duur van verblijf in een shelter een rol spelen.

6.4 Effect op keuze maatregelen ter reductie van slachtofferrisico's

Het slachtofferrisico kan relevant zijn voor de keuze van maatregelen. Het eiland van Dordrecht streeft naar een zelfredzaam eiland door een combinatie van waterkeringen, en goed crisismanagement en aanpassingen in het buitendijks gebied. De normen van de keringen zijn net als in heel Nederland gebaseerd op efficiency, gelijkheid en het voorkomen van sociale ontwrichting. Met behulp van indicatoren voor deze criteria zijn eisen gesteld aan de keringen. De strengste eis is doorslaggevend. Voor het zuidelijke normtraject wordt de norm bepaald door zowel het MKBA als het LIR en bedraagt deze 1/1000 per jaar (ondergrens). Voor het deel ten noorden van de Wieldrechtse Zeedijk wordt de norm bepaald door het LIR en groepsrisico en ligt op 1/3000 per jaar (ondergrens). Het LIR is dus voor beide trajecten relevant, maar niet het enige relevante criterium.

In deze paragraaf wordt nader gekeken naar de bijdrage van slachtofferrisico's aan de drie criteria en worden mogelijke alternatieve opties besproken. Het resulterende beeld is dat de slachtofferrisico's wel een doorslaggevende rol spelen voor beide normtrajecten, maar dat onzekerheden in de mortaliteit en slachtofferaantallen niet zo relevant zijn dat deze de uiteindelijke normkeuzes onzeker maken. Wel zou op grond van de informatie wellicht gekozen kunnen worden voor andere maatregelen dan dijkversterking om aan de waterveiligheidseisen te voldoen indien daar vanuit de regio draagkracht voor is.

Onderbouwing:

Het LIR is berekend per buurt als een functie van de overstromingskans, de kans om achter te blijven (1 – de evacuatiefractie) en de mortaliteit. De mediane waarde van een buurt mag maximaal 10^{-5} per jaar bedragen. In deze berekening is voor de evacuatiefractie 0,08 gebruikt. De mortaliteit is berekend op basis van de overstromingsscenario's bij alle breslocaties (bij de oude maatgevende omstandigheden) en een worstcase scenario die een honderd maal kleinere kans heeft gekregen waarin alle breslocaties breken bij zeer extreme omstandigheden.

Traject	Evacuatiefractie	Max mortaliteit*	Opmerkingen
22-1	0,08	0,014	Er zijn 2 buurten beschouwd voor deze kering. Mortaliteit andere buurt is 0,001; inwoners buurt 1 is 70, andere 380.
22-2	0,08	0,018	Er zijn 2 buurten met mortaliteit > 0,01. Als deze op 0 worden gezet, daalt de onafgeronde LIR eis van 1/3332 naar 1/1757. De 2 hoge buurten samen hebben 460 inwoners.

*(mediane waarde uit de berekeningen gedaan voor DPV)

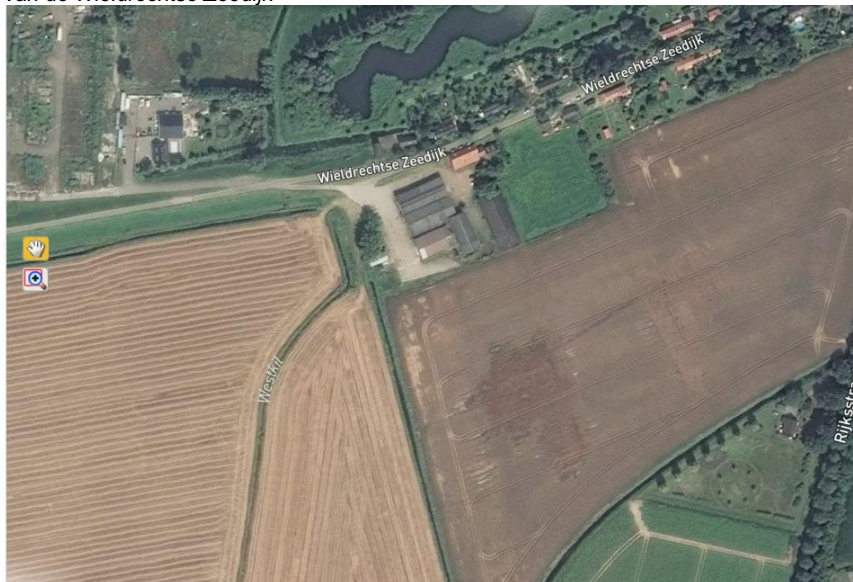
Aan de zuidzijde is de mortaliteit het hoogst net ten zuiden van de Wieldrechtse zeedijk en bedraagt daar zo'n 0,7%. Er liggen 2 buurten (deels) ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk. De mediane waarde van de gewogen mortaliteit over alle scenario's beschouwd in DPV (inclusief bovenmaatgevende scenario's) is voor deze buurten 1,4 en 0,1 procent. Alleen de overstroomde locaties in de buurt tellen mee bij het bepalen van de mediaan. Op basis van de mediane waarde van de paar cellen in de kleine buurt (zie figuur 6.1) is de LIR eis bepaald voor het gehele traject. Figuur 6.1 geeft de locatie van de bepalende buurt aan. Het kleine buurtdeel ten zuiden van de Wieldrechtse Zeedijk heeft een hoge mortaliteit (mediane waarde is 1,4%). Het andere deel van diezelfde buurt blijft in de DPV berekeningen droog door de bescherming van de Wieldrechtse Zeedijk en heeft geen invloed op de

mediane waarde. De buurt is dus absoluut niet homogeen qua mortaliteit en de mediane waarde is in dit geval niet representatief voor de gehele buurt.

De meeste woningen in deze buurt ten zuiden van de Wioldrechtse Zeedijk liggen aan de dijk en zijn opgehoogd tot dijkniveau. Het is daarmee discutabel of de mortaliteit van de lage delen in deze buurt (in gebruik als akkers) bepalend moeten zijn voor de eisen aan de kering van het gehele normtraject ten zuiden van de Wioldrechtse Zeedijk. Dit is een politieke discussie. Om deze gevaarlijke plekken aan de LIR eis te laten voldoen zou behalve dijkversterking van het gehele traject ook overwogen kunnen worden om de gevaarlijkste locaties prioriteit te geven in evacuatieplannen, of om nogmaals goed te kijken of het gebruikte hoogtemodel en buurtenbestand in dit geval wel geschikt is voor de berekening van het LIR.



Figuur 6.1 locatie van de buurt welke bepalend is voor de LIR-eis aan de waterkering over het gehele traject ten zuiden van de Wioldrechtse Zeedijk



Figuur 6.2 Foto van de Wioldrechtse Zeedijk en woningen gelegen aan die dijk.

Voor de berekening van de MKBA-eis is het precieze aantal slachtoffers niet relevant, omdat de schade gerelateerd aan slachtoffer (waarbij deze gemonitariseerd is als 6,7 M€ per slachtoffer) bedraagt 'slechts' 40% van de totale schade. Zelfs als alle slachtoffers voorkomen zouden kunnen worden (hetgeen niet mogelijk is) zou de schade 'slechts' 40% afnemen. Een verschil van 40% op een economisch optimale kans is klein: de normklassen verschillen al een factor 300% van elkaar. Een betere inschatting van de slachtoffers zal dan ook niet leiden tot een verlaging van de gevolgen met een factor 3 of meer.

Noordelijk deel

De norm van het noordelijk deel is gebaseerd op het LIR en het groepsrisico. De norm stelt dat de maximale faalkans 1/3000 per jaar mag zijn. Het aantal slachtoffers is hoog met name voor doorbraken vanuit de Kop van t Land. Voor het groepsrisico is overigens met name een doorbraak bij Kop van t Land van belang, omdat vooral bij die locatie het potentieel slachtofferaantal groot is. De extra strenge norm geldt nu voor het gehele noordelijk deel. Om aan de eis van het groepsrisico te voldoen zou eventueel gekeken kunnen worden naar het opknippen van het normtraject in twee delen, waarbij de Kop van t land in een apart traject terecht zou komen met een extra strenge norm. Het overige deel zou dan niet de extra eis van het groepsrisico krijgen en dus een normklasse lager uitkomen.

Vanuit de LIR analyse blijkt dat buurt Zuidpolder (een landbouwgebied) en de buurt langs de Dordtse Kil tussen de kiltunnel en de Wioldrechtse Zeedijk (een industriegebied) het meest bijdragen (mortaliteit is 1,8 en 1,7%). Indien deze locaties aan het LIR zouden moeten voldoen zonder dijkversterking zouden deze een extra efficiënte evacuatiestrategie kunnen krijgen. De locaties hebben 80 en 380 inwoners, waarvan met goede maatregelen de kans op evacuatie vergroot zou moeten kunnen worden van 8 naar 70%. De kans om achter te blijven daalt dan van 92% naar 30%, ruim een factor 3. Eventuele initiatieven hiervoor zijn afhankelijk van de gemeente en veiligheidsregio.

7 Aanbevelingen

De resultaten van de storylines leiden tot de volgende aanbevelingen:

1. Doe een onzekerheidsanalyse zoals die met de evacuatieboom. Neem de belangrijke factoren zoals aangegeven in paragraaf 6.1 mee in een onzekerheidsanalyse. In bijlage C is hier al een eerste aanzet toe gedaan. In een later stadium zouden ook onzekerheden in het overstromingsverloop en de grootte van het overstromd gebied, de reddingstijd en mortaliteitsfuncties meegenomen kunnen worden.

2. Slachtofferfuncties verbeteren:

De huidige slachtofferfuncties zijn nog steeds grotendeels gebaseerd op data van 1953. Onderzoek of ze geactualiseerd kunnen worden op basis van de nieuwe inzichten voor huissterkte en met behulp van gegevens van meer recente overstromingen elders in de wereld in vergelijkbare omstandigheden met die in Nederland. Test alternatieve functies weer op 1953. Bekijk ook goed rivieroverstromingen, ondiepe overstromingen van beperkte omvang en overstromingen met een zeer lange aankomsttijd. Onderzoek ook de mortaliteitswaarden voor mensen in shelters.

3. Bepalen van het aantal mensen dat onderweg is en het gebied waar deze mensen zullen stranden In het huidige PBL model worden aannames gedaan over hoeveel mensen onderweg getroffen worden. Deze aanname is onafhankelijk van de overstroming of aankomsttijd. Onderzoek of het mogelijk is richtlijnen te geven voor het inschatten van waar en hoeveel mensen onderweg getroffen worden zodat slachtoffers in deze groep beter onderbouwd geschat kan worden

4. Verkenning van verkeer en mogelijkheden bij bedreiging van het overgangsgebied (en eventueel ook later rivierengebied en delen van de kust) en verkeersmogelijkheden wanneer de doorbraaklocatie al bekend is.

- Meer inzicht krijgen in benodigde tijd: Nu wordt voor evacuatiemogelijkheden en benodigde tijd soms uitgegaan van oudere resultaten waarvan de achterliggende aannames niet altijd meer helder zijn. Zo wordt voor Dordrecht aangenomen dat er 1100 auto's het eiland af kunnen per uur, vanwege files door verkeer uit andere gebieden. Er

zou een verkenning uitgevoerd kunnen worden door een verkeerskunde student met bijvoorbeeld de analyse van verschillende scenario's:

- Het gehele overgangsgebied moet geëvacueerd worden in 2 dagen. Kan dat en waar komen de files dan, waar loopt het vast? Kan dit beïnvloed worden en zo ja, hoe?
- Ook zou voor een situatie waarbij de dijkdoorbraak locatie bekend is en er acuut geëvacueerd moet worden kunnen worden bepaald hoe snel evacuatie kan plaatsvinden. Zo kan gekeken worden naar de evacuatie tijd voor een situatie waarin de wegen rond Dordrecht leeg zijn en het eiland acuut geëvacueerd moet worden.

5. Pilot case waterveiligheidsbeleid

Uitvoeren van een case op een locatie waar slachtoffer risico's de norm bepalen, en waar veranderingen in die berekende risico's tot een andere norm kunnen leiden. Bepaal daar slachtoffer risico's, slachtofferaantallen en LIR waarden voor het gebied, zodat ook naar de effectiviteit andere maatregelen naast het versterken van waterkeringen kan worden nagedacht om de veiligheid te borgen.

8 Referenties

- Dannenberg, P.C. (2020). *Evacuation in Flood Threat Scenarios: Improving Methods to Estimate the Required Time for Evacuation*. Msc Thesis, Delft University of Technology, Delft.
- IABR 2018-2020– *Atelier de Ark van Dordrecht. Waterveiligheid als hefboom voor duurzame gebiedsontwikkeling. Informatiepakket*.
- Kolen et al. (2008). *Als het toch dreigt mis te gaan: Invloed van weggapaciteit op grootschalige evacuaties bij (dreigende) overstromingen*. Betooglijn. HKV Rapport PR1512.10. HKV Lelystad.
- Kolen, B., Maaskant, B., Terpstra, T. (2013). *Evacuatieschattingen Nederland Addendum*. HKV Lijn in Water, PR 2753. Delft.
- Kolen et al., B. (2008). *Als het toch dreigt mis te gaan: Invloed van weggapaciteit op grootschalige evacuaties bij (dreigende) overstromingen*. Betooglijn. PR1512.10 HKV Lijn in Water.
- Kolen, B., Zethof, M., Rongen, G., Bierens, J.J.L.M., (2017). *Storylines voor het redden en vluchten na een overstroming*. Project Water en evacuatie in samenwerking met Gemeente Dordrecht. PR3327.20, HKV Lijn in water, Lelystad.
- Kolen, B., & Huizinga, J. (2017). *Waterveiligheidsplan Eiland van Dordrecht – Handelingperspectieven, risicovolle objecten*. Rapport PR3373.20. HKV Lijn in Water, Delft.
- Maaskant B., Kolen B., Jongejan R., Jonkman S.N. en Kok M. (2009a). *Evacuatieschattingen Nederland*, HKV lijn in Water, 2009. PR.1718.10
- Maaskant, B., Jonkman, S.N., Kok, M. (2009b), *Analyse slachtofferaantallen VNK-2 en voorstellen voor aanpassingen van slachtofferfuncties*. HKV Lijn in Water Rapport PR1669.10
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). *Factsheets normering primaire waterkeringen. Getalsinformatie per normtraject*.
- Pleijter & Kolen, 2016. *Effecten van evacueren in SSM2015: Ruimtelijk gedifferentieerde slachtofferfuncties voor de bepaling van de effecten van preventieve en verticale evacuatie bij dreigende overstromingen*. Rapport: PR3227.10. HKV Lijn in Water, Lelystad.
- Veenstra-Huisman, C.E. (2014). *Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkringgebied 22, eiland van Dordrecht*. Document HB 2584792. Rijkswaterstaat WVL, Lelystad.

- Vos, G.H.A.M., Zondag, P.B.J., De Jong, P. (2015). Planuitwerking en voorbereiding realisatie aansluiting A16-N3 Effectenstudie Verkeer. Grondmij: GM-0153570, revisie 2. Bron: https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.0505.BP196Dordtsekil4-3001/b_NL.IMRO.0505.BP196Dordtsekil4-3001_bijlage27.pdf

B Memo over de Storyline in de Gelderse Vallei

Memo

Aan

de heer D. Riedstra

Datum

8 december 2020

Ons kenmerk

11205235-004-ZWS-0009

Aantal pagina's

1 van 15

Contactpersoon

Karin de Bruijn

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8543

E-mail

Karin.deBruijn@deltares.nl

Onderwerp

Storyline Gelderse Vallei

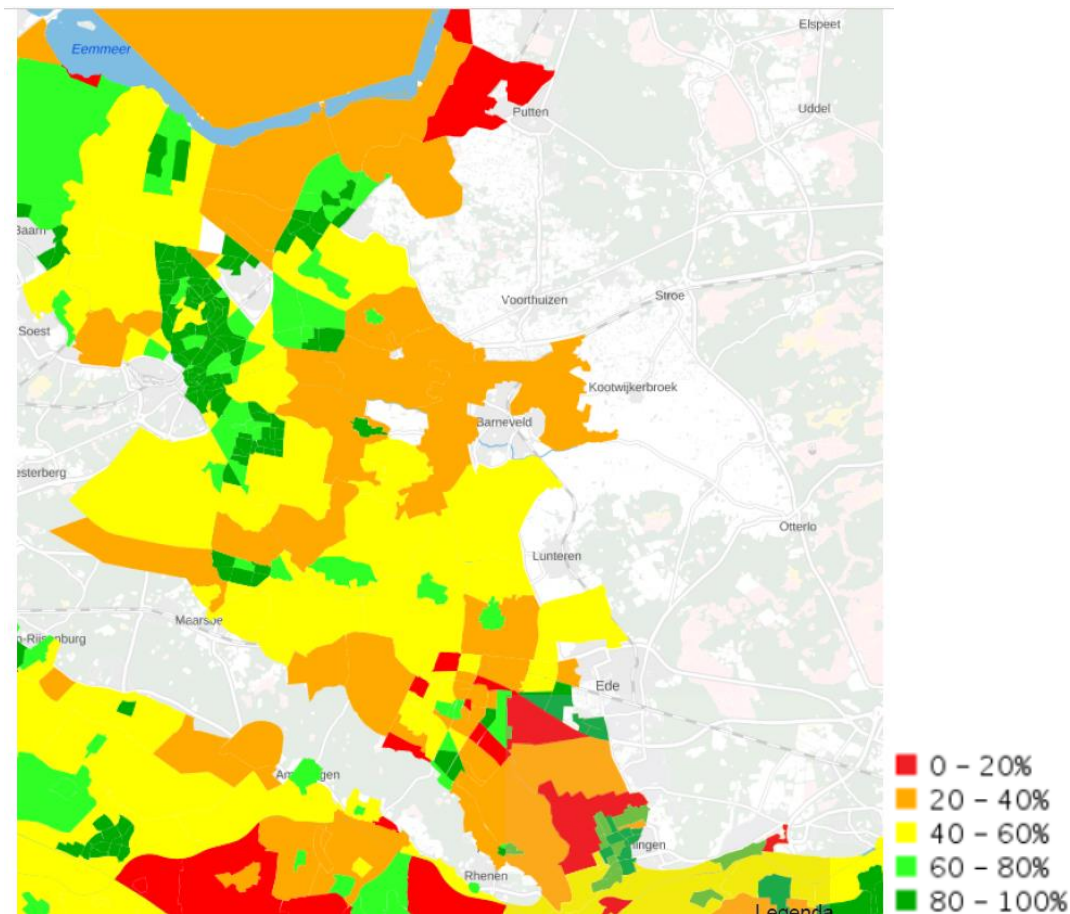
Gebiedsbeschrijving & storyline Gelderse Vallei

1 Inleiding: de Gelderse Vallei

Deze memo beschrijft de storyline van een overstroming in de Gelderse Vallei. De storyline heeft als doel het illustreren van het effect van aannames op evacuatie- en slachtofferschattingen en steunt de discussie over hoe evacuatiebeslissingen en slachtofferschattingen te verbeteren. Het is onderdeel van het werk voor de kennisalliantie en vormt bijlage B bij de rapportage van 2020. In het hoofdrapport zijn de doelen en methodes beschreven.

De Gelderse Vallei is gelegen in Midden-Nederland rond het Valleikanaal/de Grift en tussen de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Aan de zuidkant wordt deze vallei begrensd door de Nederrijn, aan de noordkant door het Eemmeer. Bij doorbraken in de Grebbedijk langs de Nederrijn zal een groot gebied onderwater komen. Het water volgt dan de loop van het Valleikanaal/de Grift naar het noorden en stroomt over Veenendaal in de richting van Amersfoort en het Eemmeer.

De Gelderse Vallei ligt voor 2/3 in de provincie Gelderland en voor 1/3 in de provincie Utrecht. Crisismanagement is in handen van Veiligheidsregio Gelderland Midden en Veiligheidsregio Utrecht. Het overstromingsgevaar verschilt sterk van locatie tot locatie. Het zuiden kan snel onderlopen en te maken krijgen met grote dieptes, zeker in de lage delen. Een belangrijke plaats in dit gebied is het laaggelegen Veenendaal. De randen van de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe liggen hoger waardoor de potentiële waterdieptes daar beperkt blijven en het na doorbraak lang duurt voor ze overstromen. Plaatsen als Woudenberg en Wageningen liggen hoger. Amersfoort ligt ver noordelijk. De tijd tot overstromen is voor deze plaatsen daardoor lang. Wel zijn er enkele laag gelegen buurten waar grote waterdieptes kunnen optreden. Er zijn overstromingsscenario's waarbij veel woningen in de Gelderse Vallei geen droge verdieping hebben (oranje en rode kleuren). In Amersfoort heeft meer dan 60 a 80% van de gebouwen wel een droge verdiepingen (zie figuur 1.1).



Figuur 1.1 Percentage droge verdiepingen bij het maximum scenario (bron: LIWO)

In deze bijlage wordt een storyline uitgewerkt voor een doorbraak in de Grebbedijk om de implicaties en aannames horend bij slachtofferberekeningen en evacuatiebeslissingen en evacuatieschattingen beter in beeld te krijgen. In hoofdstuk twee wordt de storyline beschreven, in hoofdstuk drie worden slachtofferaantallen bepaald op basis van de standaardmethode, met het PBL model en op basis van de storyline. In hoofdstuk vier worden lessen getrokken uit de storyline, gevolgd door aanbevelingen voor verder onderzoek.

2 De storyline

2.1 Het gekozen scenario

Het scenario dat voor de storyline gebruikt is, is een hoge rivierafvoer met een doorbraak van de Grebbedijk. De parameters zijn hieronder weergegeven.

Tabel 2.1 basisgegevens van het scenario: Doorbraak van de Grebbedijk bij maatgevende condities

Basisgegevens	Scenario 1
Locatie doorbraak	Grebbedijk (172000.000137, 440300.000433)
Scenario	Hoge Rijnafvoer (16000 m ³ /s te Lobith), gemaakt volgens het VNK2 kookboek (Dit is de afvoer waarop de dijken zijn ontworpen (destijds de 1/1250 afvoer) (Momenteel wordt de overschrijdingskans op deze afvoer kleiner ingeschat, eerder 1/10.000 per jaar)
Q _{Lobith}	16000 m ³ /s
Standzekerheid regionale keringen	Ja
Start bresgroei	1d 12:00 (piekwaterstand)
Bresbreedte initieel	10m, Bresdiepte 12m,
Max bresbreedte	100m
Dijk:	Zand
Model: Sobek 2	Gekoppeld model van "Nut en noodzaak van de Slaperdijk als regionale kering, 2004" en "HIS Overstromingsberekeningen EEM, 2005" met aanpassingen in hoogtegrid en slaperdijk door Royal Haskoning voor VNK2, DEM gebaseerd op diverse bronnen, o.a. AHN 2001. Doorlooptijd 16 dagen, modelresolutie 100m. Software: SOBEK 2.10,003.
Scenario naam Lizard	ID: 11120, LIWO_1688, Nederrijn-Grebbedijk-1250-100m, project: VNK2 Utrecht, eigenaar: Provincie Utrecht
SSM20017 resultaten	Schade: 15,8 miljard euro 1164 slachtoffers zonder evacuatie, 248000 getroffen.

2.2 Uitwerking van de storyline

De storyline is samengevat in figuur 2.1. De toelichting is hieronder per fase gegeven.

Fase	T	Water systeem	Nationale context	VR + WS	inwoners	Effect
Besluitvorming	-4	Extreem hoge afvoer nadert vanuit Duitsland	Alert, waarschuwen	Alert, inspecteren dijken, waarschuwen ziekenhuizen en anderen	Volgen het nieuws, enkelen vertrekken, gewone leven gaat door	Vrijwel alle 250000 inwoners zijn aanwezig
Uitvoering	-2	Afvoer komt dichterbij	Hele rivierengebied in touw, evacuatie overal overwogen	Grebbedijk oogt instabiel. VR adviseert mensen ten zuiden van spoorlijn (Veenendaal e.o.) te evacueren, de overigen moeten zich voorbereiden op mogelijke evacuatie later	80% volgt advies op. 20% vd mensen uit Veenendaal vertrekt niet en 20% vanuit noordelijke plaatsen vertrekt toch	80000 veilig, 170000 in bedreigd gebied
Overstroming en acute evacuatie	0	Grebbedijk breekt. Water loopt naar noorden tot aan slaperdijk/A12. Het wordt 3m diep.	Naburige locaties snel veiliger, evacuatie uit andere gebieden stopt of wordt omgeleid	Versterken slaperdijk/spoordijk, zorgen dat mensen uit Veenendaal binnen zijn of blijven, redden ziekenhuis. Adviseert mensen uit Amersfoort en noordelijker zsm te evacueren	Mensen in het zuidelijk gebied zitten in kou en donker op zolder in gevaarlijke omstandigheden. In het noorden vertrekken mensen.	10000 mensen in overstromd, 40000 in bedreigd gebied, 200.000 mensen veilig
Overstroming en redden	2	Water stroomt over spoorlijn richting noorden en dieptes nemen toe. Na 100 - 160 uur wordt Eemmeer en Woudenberg bereikt	Verlenen assistentie aan VR Utrecht en Gelderland Midden	Red mensen, helpt bij evacuatie, vertraagt het water om mensen tijd te geven voor evacuatie	De laatste evacuees gaan het gebied uit, anderen wachten op redding	50000 ongeveer in overstromd gebied, 200.000 mensen veilig
Vluchten en redden	2-7	Waterstanden zakken	Idem	Redden en repareren kering	Wachten op redding	115 slachtoffers

Figuur 2.1. Samenvatting van de storyline voor de Gelderse Vallei

2.2.1 Dreigingsfase

5 dagen voor doorbraak

Nationaal niveau: Er komt een hoge rivierafvoer de Rijn af en ook voor de Maas wordt hoogwater verwacht. De afvoer heeft al voor veel overlast gezorgd in de Duitse steden en er zijn ook overstromingen geweest. Alle noodoverloopgebieden zijn ingezet. De voorspelling voor Lobith is dat de afvoer rond de 16000 m³/s zal uitkomen, de hoogste afvoer ooit gemeten. De piek wordt over 4 dagen verwacht. Het gehele rivierengebied wordt direct alert.

WS Vallei en Veluwe: De waterstanden en afvoervoorspellingen worden gemonitord, de dijken nogmaals geïnspecteerd, gebruikers van het buitendijks gebied worden gewaarschuwd en de inlaat van het Valleikanaal wordt gesloten. Ook worden mensen opgeroepen klaar te staan voor wachtlopen en noodsituaties.

VR: Utrecht en Gelderland Midden: De Veiligheidsregio's worden alert en bereiden zich voor op evacuatie, richten shelters in en informeren ziekenhuizen en anderen over de dreiging.

Kritieke infrastructuuroperators en burgers weten van de extreme afvoer op de Rijn via de normale nieuwsberichten op televisie en in sociale media. Enkele mensen vertrekken.

Effect: Vrijwel alle 248000 inwoners zijn nog aanwezig in het bedreigd gebied

2 dagen voor de doorbraak:

Watersysteem: De hoge afvoer is nu nabij. In de Niederrhein in Duitsland zijn geen dijkdoorbraken geweest, waardoor de hoge afvoer naar Nederland stroomt. In België hebben de dijken het gehouden zodat ook de gebieden langs de Maas met hoogwater te maken krijgen.

Nationaal management: De Ooijpolder en de Betuwe worden geadviseerd te evacueren en ook in de rest van het rivierengebied wordt evacuatie overwogen.

WS Vallei en Veluwe en VR Utrecht/Gelderland Midden:

Er is onzekerheid over de sterkte van de Grebbedijk. Deze zou sterker moeten zijn dan de dijk van de Betuwe, maar die dijk is ook net versterkt. Het onderhoud is niet op orde en de dijk oogt instabiel. Met man en macht wordt aan de dijk gewerkt. De Veiligheidsregio Utrecht volgt het plan voor overstromingsdreiging en adviseert de mensen ten zuiden van de spoorlijn (Arnhem-Utrecht) om te evacueren (zie figuur 2.2). Er is gecommuniceerd dat Veenendaal, de lagen delen van Wageningen en andere bewoners van het gebied ten zuiden van de spoorlijn moeten vertrekken. De overige mensen is geadviseerd zich voor te bereiden op een mogelijk vertrek later.

Het ziekenhuis in Veenendaal is niet geëvacueerd. Dit is te lastig en veel ziekenhuizen zitten in dezelfde positie. Er is tekort aan bedden in de veilig-geachte ziekenhuizen. Er wordt besloten tot een opnamestop en paraatheid voor eventuele evacuatie. Waar dat kan worden mensen naar huis gestuurd.

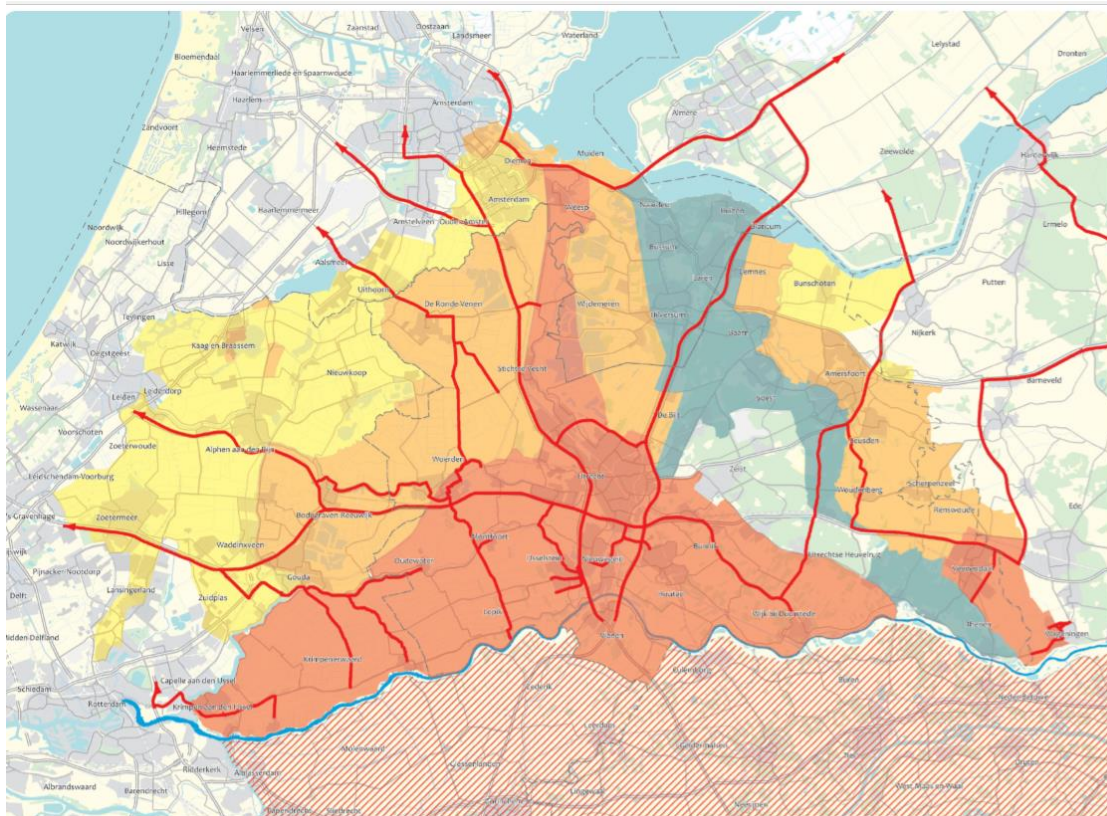
Inwoners:

Ongeveer 80% van de inwoners volgt het advies van de Veiligheidsregio: 80% van de inwoners ten zuiden van de spoorlijn vertrekt, 20% van de inwoners van Veenendaal negeert het advies en blijft, maar ook 20% van de inwoners ten noorden van de spoorlijn vertrouwt het niet en vertrekt toch. Binnen 2 dagen is een groot deel in veiligheid. Een deel is nog in bedreigd gebied. Ook zijn er mensen die pas aan het eind van de tweede dag vertrekken. Dit zijn vooral de mensen wat hoger op de heuvelrug en Veluwe.

Er ontstaan files op de snelwegen die in de loop van de tijd oplossen. Mensen gaan zoveel mogelijk naar familieleden elders. Het westelijk deel van Zuid-Holland, Noord-Holland, Groningen, Friesland, Drenthe, de Brabantse steden behalve Den Bosch, Limburg (op de dorpen aan de rivier na), en Zeeland zijn genoemd als veilige locaties.

Effect:

In het gebied van de Gelderse vallei zijn nu ongeveer 80.000 mensen op weggegaan naar een veiligere locatie. Zoals het plan van Veiligheidsregio Utrecht laat zien, zijn er naast de inwoners uit dit gebied ook mensen onderweg uit grote steden zoals Utrecht en mensen uit de Betuwe. De meeste mensen uit de Betuwe gebruiken de A15, maar ook de A12 loopt vol. 170.000 inwoners zijn nog aanwezig in het bedreigde gebied.



Figuur 2.2. Evacuatieplan van Veiligheids Utrecht bij dreiging door hoogwater op de Nederrijn/Lek: Het rode gebied wordt eerst geëvacueerd, daarna oranje en daarna geel

2.2.2 Overstromingsfase en reddingsfase

T = 0: overstroming

Watersysteem:

De Grebbedijk breekt en ook de dijken van de IJssel en de Maas (die ook extreem hoog staat) falen. De dijken langs de Betuwe houden stand. De Alblasserwaard is nog in gevaar. De waterstanden op de Nederrijn/Lek zakken door de doorbraak waardoor het gevaar voor het gebied ten westen van Amerongen afneemt.

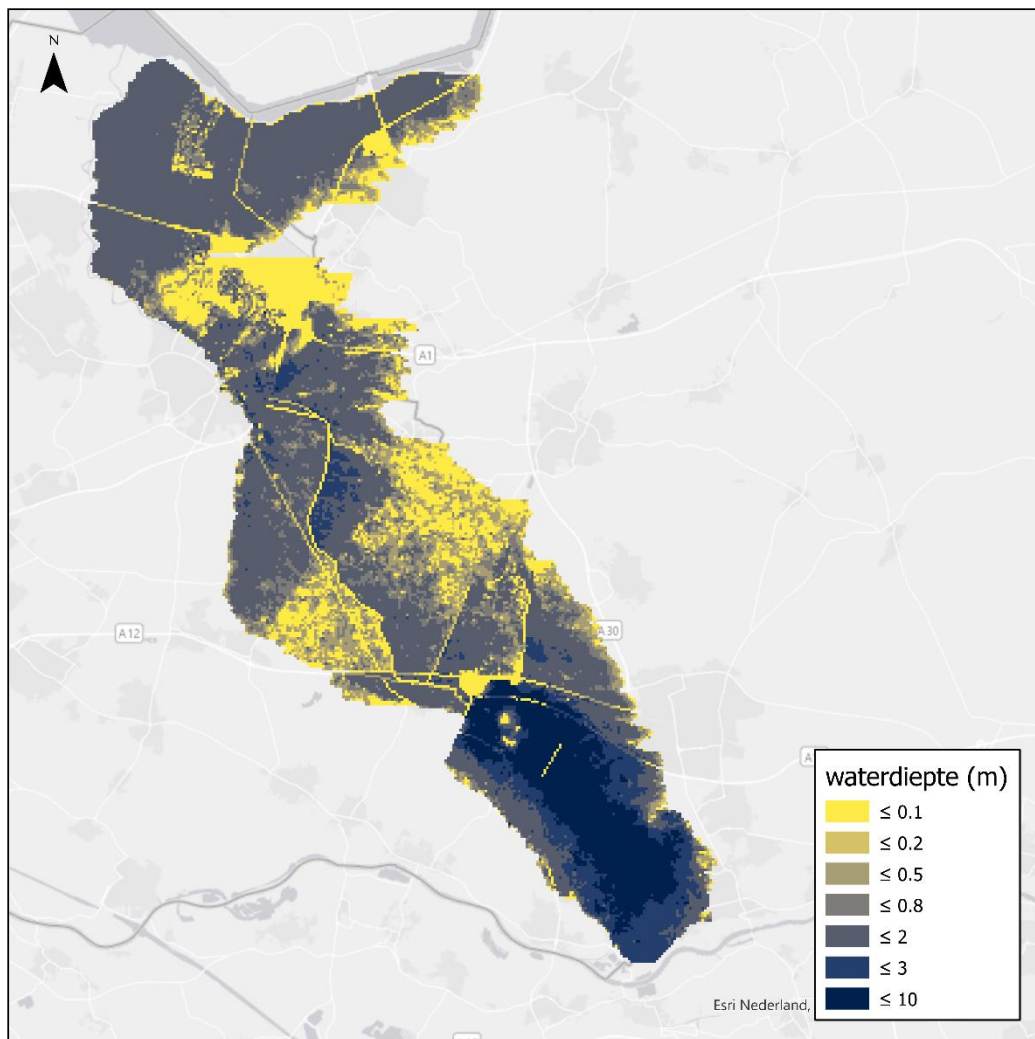
Overstromingsverloop:

Het water loopt eerst tot aan de slaperdijk en de A12/spoorlijn (zie figuur 2.3). Ten zuiden daarvan wordt het zeer diep, met waardes ruim boven de 3 meter (zie figuur 2.4). De Grift/Valeikanaal geleiden het water snel naar het noorden, waar het in de omgeving van Leusden al laaggelegen gebieden bedreigt.

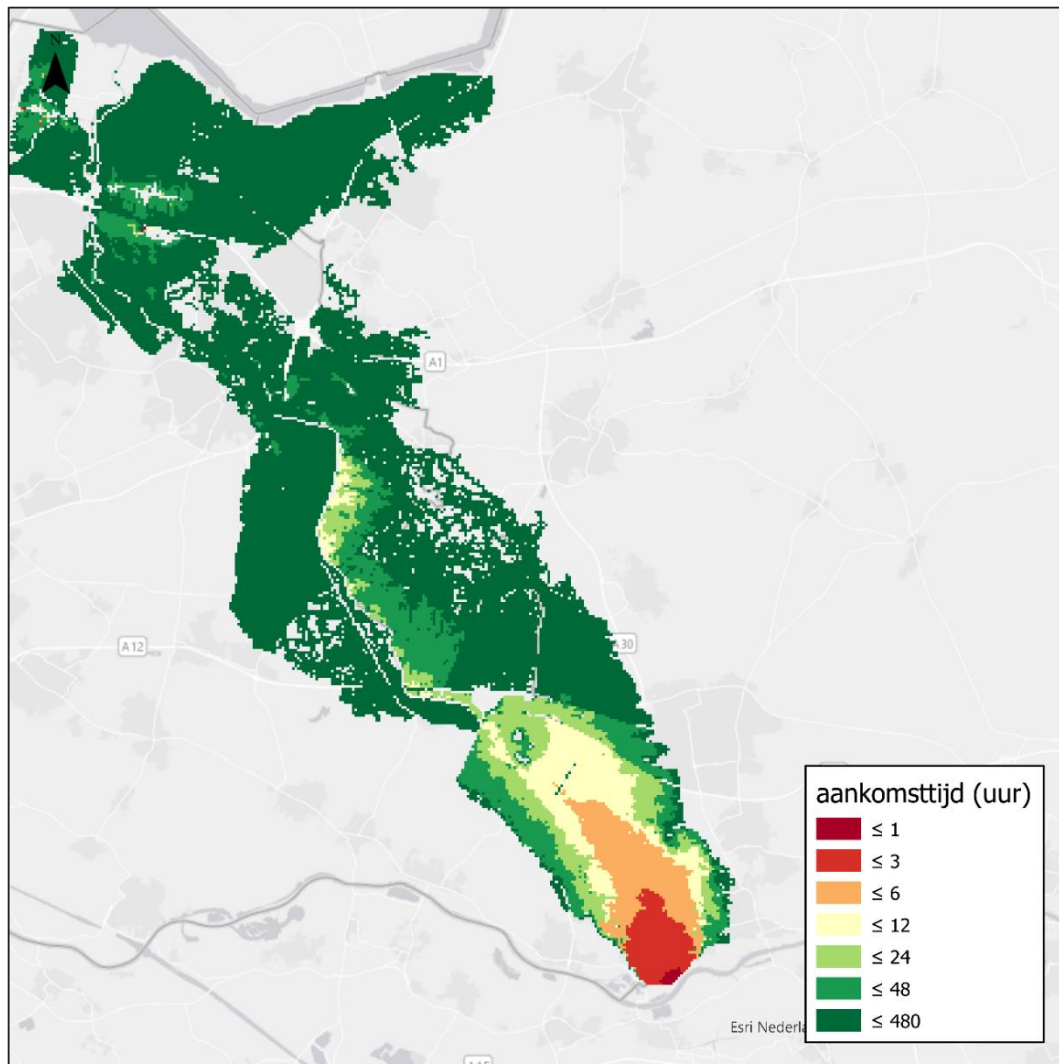
Na 48 uur zijn de waterdieptes nog steeds minder dan een meter, alleen in het gebied ten zuiden van de spoorlijn is de waterdiepte al meer dan 3 meter. De noordelijke delen worden alleen vanuit de Grift/het valleikanaal overstroomt. Het noordelijke deel van Ede, grote delen van Wageningen, Woudenberg en vrijwel geheel Amersfoort zijn nog droog. Na 50 uur stroomt de spoorlijn over en loopt het water ook over het land naar het noorden. Pas na ruim 4 dagen stroomt ook Bunschoten onder en na ongeveer een week krijgt zelfs Woudenberg te maken met water (zie figuur 2.5).



Figuur 2.3. Na 11 uur (Links): Het gebied ten zuiden van de spoorlijn en de Slaperdijk en enkele lage delen bij Leusden zijn nat, de waterdieptes zijn daar nog < 50cm, en na 48 uur (rechts) is het overstromd gebied groter. Ede, grote delen van Wageningen, Woudenberg en het grootste deel van Amersfoort zijn nog droog.



Figuur 2.4 Maximale waterdiepte ten gevolge van een bres in de Grebbedijk.



Figuur 2.5 Aankomsttijd van het water bij een doorbraak in de Grebbedijk, uitgaande van standzekerheid van obstakels en binnendijken en de spoorlijn.

Veiligheidsregio en Waterschap:

De Veiligheidsregio doet alles wat ze kan om mensen te redden en in veiligheid te brengen. Ze stoppen direct de toegang van het gebied via de A12 voor alle verkeer behalve hulpverleners. De stroom mensen over de A12 en door de Gelderse Vallei van buiten het gebied stopt daardoor. Binnen een dag staat het hele gebied ten zuiden van de spoorlijn onder, inclusief het ziekenhuis. De stroom is daar uitgevallen en met man en macht wordt geprobeerd mensen daar weg te krijgen. De situatie is zeer kritiek. In allerijl wordt nu opgeroepen tot evacuatie van de plaatsen Amersfoort en Leusden en de dorpen ten noorden daarvan. Plaatsen ten zuiden van Leusden en mensen wonend in hogere delen van de Vallei wordt gevraagd thuis te blijven om maar niet onderweg getroffen te worden. De mensen uit Amersfoort en Leusden krijgen maximaal 4 à 6 uur voor vertrek. Halen ze dat niet, dan moeten ze verticaal evacueren om te voorkomen dat ze onderweg overvallen worden door water. Ze kunnen naar Flevoland, het westen of oosten, maar niet naar het zuiden. Het waterschap probeert verder met man en macht om de verspreiding van het water via het Valleikanaal te vertragen zodat de mensen tijd hebben om te vertrekken.

Kritieke infrastructuuroperators:

De stroom werkt nog in alle droge gebieden, waardoor communicatie, verkeerslichten en dergelijke ook nog functioneren.

Inwoners:

De mensen op de A12 en ten noorden van de A12 verlaten in de loop van de dag het gebied. De mensen die niet geëvacueerd zijn en nog in het zuidelijk gebied aanwezig, zijn op zichzelf aangewezen. Het is winter en koud en er is geen stroom. De mensen uit Amersfoort en meer noordelijke plaatsen vertrekken en komen op tijd aan in veilig gebied net ten westen van Amersfoort of richting Amsterdam. 20% van de inwoners blijft achter. Van de mensen ten zuiden van Amersfoort en ten noorden van de spoorlijn die het advies gekregen hebben om thuis te blijven, vertrekt 20% toch en komt op tijd in veilig gebied aan.

Het aantal inwoners in de gebieden met verschillende aankomsttijden is gegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2: Aantal inwoners van gebieden met verschillende aankomsttijden (output SSM2017)

Aantal getroffen	Getroffenen
Getroffenen (totale gebied)	247916
Getroffenen aankomsttijd < 24 uur	59765
Getroffenen 24 uur <= aankomsttijd <= 48 uur	32416
Getroffenen aankomsttijd > 48 uur	156717

Effect:

Er zijn nu 10.000 mensen in overstroomd gebied, 40.000 in bedreigd gebied en 200.000 mensen zijn veilig.

T = 2 dagen en daarna:

Watersysteem en omgeving:

Na 48 uur zijn Amersfoort en Leusden en de laaggelegen dorpen langs het kanaal geëvacueerd. Ze zijn nog niet overstroomd, maar er is nog water onderweg vanuit het zuiden. Het maximum is nog niet bereikt. Het is inmiddels duidelijk dat er geen dijkdoorbraak meer benedenstrooms op de Lek zal plaatsvinden, en dus is Utrecht en omgeving nu ook veilig verklaard. De waterdieptes variëren maar zijn ten noorden van de spoorlijn in het algemeen lager dan een meter. Lokaal komen hogere dieptes voor. Ten zuiden van de spoorlijn is het dieper.

Amersfoort en Leusden lopen onder na ongeveer 48 tot 120 uur (vrijwel alle locaties na 65 uur), Bunschoten na ruim 100 uur. Na 148 uur loopt het over land stromende water ten noorden van Bunschoten tegen de Eemdijk aan en gaat het meer oostwaarts stromen. De plaatsen aan de westzijde van het Eemkanaal zoals Laren en Blaricum blijven droog. De stijgsnelheid is hoger in de omgeving van de Grift/het Valleikanaal. In bewoonde gebieden is deze vaak niet erg hoog.

Veiligheidsregio & waterschap: Er zijn nog mensen in het gebied. De redding is inmiddels op gang gekomen. Er wordt vanuit de plaatsen op de Heuvelrug en vanuit Flevoland met man en macht gewerkt om zoveel mogelijk mensen te redden. Het Waterschap probeert de bres te dichten. Het reeds binnengestroomde water blijft noordwaarts stromen.

Er zijn inmiddels ook geen evacuees meer uit andere gebieden zoals de Betuwe of het IJsseldal onderweg, er is dus meer ruimte voor de mensen uit Amersfoort en meer noordelijke plaatsen om alsnog te vertrekken.

Bewoners: De meeste mensen volgen het advies.

Effect: 80% van de inwoners is op tijd weggekomen. 20% is nog aanwezig in het gebied en wacht op redding of probeert zichzelf te redden. Er zijn nu ongeveer 50.000 mensen in het overstroomd gebied en 200.000 mensen in veilig gebied.

2.3 Onzekerheden in de storyline

De storyline geeft een mogelijk verhaal, maar het mag duidelijk zijn dat er ook vele andere scenario's mogelijk zijn. Voorbeelden van vragen waar op gestuit is bij het beschrijven van de storyline, zijn:

- De slaperdijk, A12 en spoordijk houden het water lange tijd tegen volgens het overstromingsscenario. Is dit realistisch? Stel dat dit niet gebeurt en de dijk breekt, wat zou dan het effect zijn van op de aankomsttijd van het water bij Amersfoort? Kan de spoordijk, slaperdijk of A12 versterkt worden om tijd te creëren?
- Wat gebeurt er als mensen in de file getroffen worden terwijl ze vaststaan op de A28? De maximale dieptes daar zijn te groot om door te rijden. Echter, de waterdieptes op de weg nemen maar heel langzaam toe. In het bekeken scenario stijgt de waterdiepte op de snelweg van 10 naar zo'n 30cm diepte tussen uur 60 en uur 70. Dit betekent dat automobilisten die het water zien een kans hebben om een veilig heenkomen te zoeken, dan wel per auto, dan wel te voet. De vraag is echter of mensen ook bij 30 cm water op de weg nog er doorheen blijven rijden en de file verder doen toenemen.
- Het centrum van Amersfoort krijgt te maken met waterdieptes groter dan 2m in dit scenario. De randen met veel kleinere waterdieptes. Bieden mensen shelter en onderdak aan mensen uit het centrum met benedenwoningen?
- In de storyline is aangenomen dat de stroom nog werkt in gebieden die (nog) niet overstroomd zijn. Dit zal nader onderzocht moeten worden.

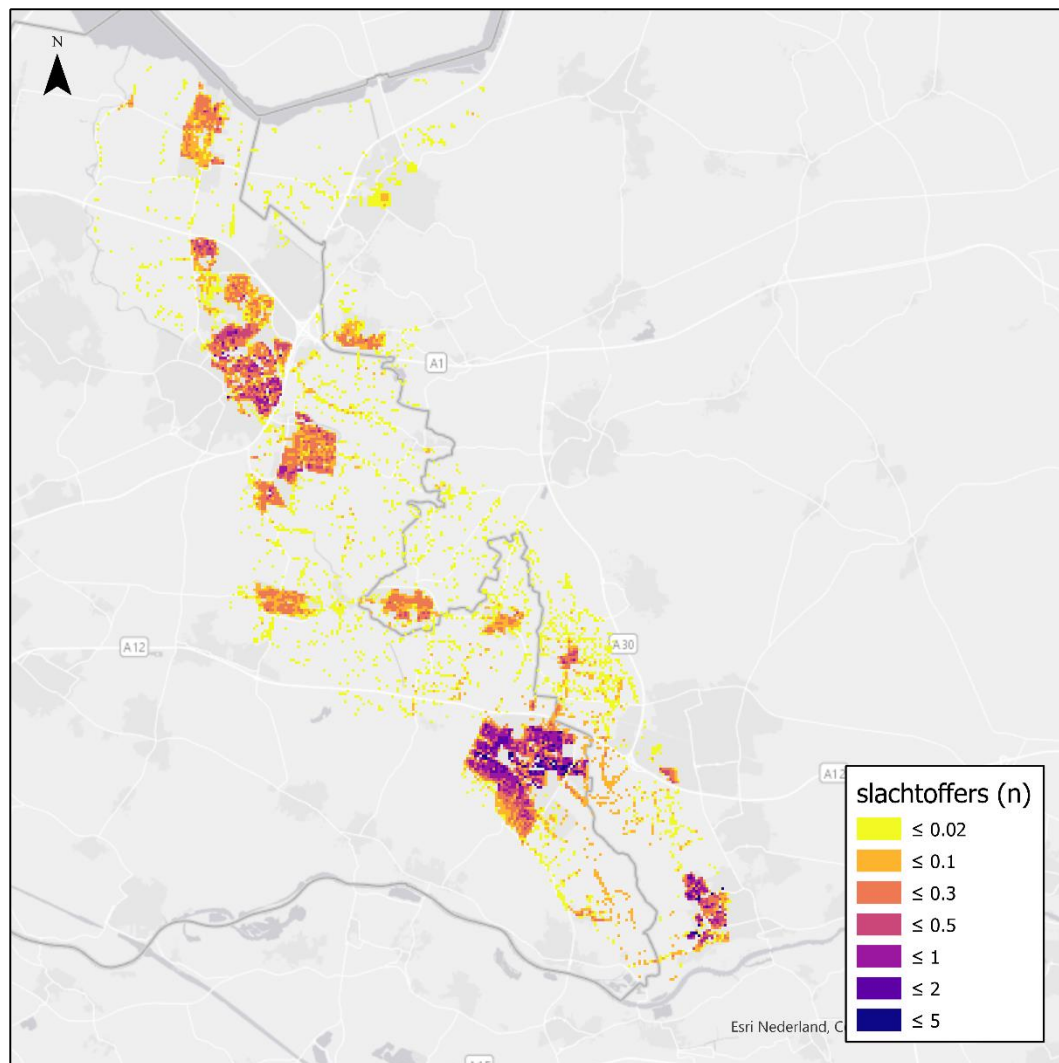
De onzekerheden in het overstromingsverloop zijn hier zeer groot. De onzekerheden met betrekking tot beschikbare tijd daardoor ook. De benodigde tijd hangt sterk af van keuzes die mensen maken: gaan ze naar veilig gebied, dan is de benodigde tijd kort: immers hoge locaties zijn overal dichtbij. Staan de wegen vast door omgevingsverkeer en gaat iedereen de A28 op, dan loopt die vast en wordt evacuatie lastiger. Echter, als dit overstromingsverloop zou optreden dan is er ook dan nog voldoende tijd voor evacuatie. In dit geval is de grootste onzekerheid hoe lang de spoorlijn en slaperdijk het water zullen keren. Een andere onzekerheid is hoe goed het mogelijk is te coördineren met de omgeving en ander verkeer dat de A12 en A28 op wil hiervan zoveel mogelijk te weerhouden.

3 Slachtofferaantallen

Standaardmethode (gebruikt ten behoeve van de normering)

Volgens SSM2017 komen er 1164 mensen om van de 247.916 getroffen, een mortaliteit van gemiddeld 0,5 procent. Deze getallen zijn exclusief evacuatie. Met 56% evacuatie vallen er 512 slachtoffers. Deze vallen in de plaatsen Veenendaal, Amersfoort, Wageningen, Scherpenzeel, Woudenberg en Bunschoten (Zie figuur 3.1).

De mortaliteit is hier vermenigvuldigd met inwoneraantallen ZONDER rekening te houden met aankomsttijden. In dit scenario is dat niet realistisch. Er worden hier ook veel slachtoffers gegeven in plaatsen als Bunschoten en Woudenberg welke pas na meer dan 100 uur onderlopen. Deze lange aankomsttijd moet meegewogen worden en zal tot een reductie van slachtofferaantallen leiden.



Figuur 3.1. Slachtofferaantallen bepaald met de standaardfuncties.

PBL model

Het PBL model verdeelt de inwoners in categorieën m.b.t. de plaats waar deze zich bevinden op het moment dat ze overstroomd raken. De aangenomen verdeling bij verschillende tijden van voorbereiding zijn weergegeven in tabel 3.1. Bij 2 dagen beschikbare tijd zou 87% geëvacueerd kunnen zijn, bij 1 dag is dat 75% volgens dit model. Bij verticale evacuatie tijd gaat volgens dit model 45% naar een shelter, 45% blijft thuis en 10 procent evacueert alsnog preventief. Deze percentages zijn niet afhankelijk van de aankomsttijd en worden in het PBL model als homogeen over het gebied aangenomen. Er wordt geen rekening gehouden met ruimtelijke variatie.

Bij verticale evacuatie worden 474 slachtoffers berekend (Zie tabel 3.2). Een groot deel hiervan (418) overlijdt thuis. Ongeveer 56 slachtoffers vallen in een shelter door geweld of gebrek aan adequate zorg.

Tabel 3.1 Verdeling over de categorieën zoals aangenomen in het PBL model in SSM2017 bij preventieve en verticale evacuatie

Waarschuwingstijd en locatie	Preventief	Verticaal
1 dag:Thuis voorbereid	0.07	0.36
1 dag:Thuis niet-voorbereid	0.02	0.09
1 dag:Shelter	0.01	0.45
1 dag:Succesvolle preventieve evacuatie	0.75	0.10
1 dag:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	0.13	0.00
1 dag:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	0.01	0.00
2 dagen:Thuis voorbereid	0.07	0.36
2 dagen:Thuis niet-voorbereid	0.02	0.09
2 dagen:Shelter	0.01	0.45
2 dagen:Succesvolle preventieve evacuatie	0.87	0.10
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	0.03	0.00
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	0.00	0.00
3 dagen:Thuis voorbereid	0.07	0.36
3 dagen:Thuis niet-voorbereid	0.02	0.09
3 dagen:Shelter	0.01	0.45
3 dagen:Succesvolle preventieve evacuatie	0.88	0.10
3 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	0.01	0.00
3 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	0.00	0.00

Volgens het PBL model vallen bij preventieve evacuatie en 2 dagen beschikbare tijd de meeste slachtoffers thuis (82). Bovendien komen 59 mensen om, omdat ze niet op tijd weg kunnen komen. In totaal vallen bij preventieve evacuatie vallen volgens het PBL model bij 1 dag beschikbare tijd 477 slachtoffers, bij 2 dagen 161 en bij 3 dagen 127.

Tabel 3.2: Slachtofferaantallen en locaties volgens het PBL model (Uitvoer SSM2017)

Waarschuwingstijd en locatie	Preventief	Verticaal
1 dag:Thuis voorbereid	43	214
1 dag:Thuis niet-voorbereid	41	204
1 dag:Shelter	1	56
1 dag:Succesvolle preventieve evacuatie	0	0
1 dag:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	305	0
1 dag:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	87	0
1 dag:Totaal	477	474
2 dagen:Thuis voorbereid	43	214
2 dagen:Thuis niet-voorbereid	41	204
2 dagen:Shelter	1	56
2 dagen:Succesvolle preventieve evacuatie	0	0
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	59	0
2 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	17	0
2 dagen:Totaal	161	474
3 dagen:Thuis voorbereid	43	214
3 dagen:Thuis niet-voorbereid	41	204
3 dagen:Shelter	1	56
3 dagen:Succesvolle preventieve evacuatie	0	0
3 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - kan schuilen	33	0
3 dagen:Mislukte preventieve evacuatie - overvallen door overstroming	9	0
3 dagen:Totaal	127	474

Deze berekeningen geven duidelijk aan dat verticale evacuatie kan leiden tot veel slachtoffers, shelters goed georganiseerd moeten zijn zodat ze werkelijk veilig zijn en dat mensen die onderweg getroffen worden in groot gevaar verkeren. Dit is relevant en plausibel. Echter de precieze getallen roepen ook veel vragen op.

Bij verticale evacuatie overlijdt volgens het PBL model vrijwel iedereen thuis. Hoeveel mensen daadwerkelijk overlijden zal afhangen van de reddingstijd, of er stroom is, de zelfredzaamheid en gezondheid van de mensen. Het is onwaarschijnlijk dat er woningen instorten. Mensen in de omgeving van de Grift en in Veenendaal kunnen in gevaarlijk diep water terecht komen. Er zijn daar mogelijk gebouwen zonder droge verdieping. Het is aan te bevelen nader te kijken naar het aantal mensen dat naar een shelter gaat en daar aankomt. Mogelijk zijn mensen eerder geneigd om ofwel thuis te blijven, ofwel naar plaatsen in de omgeving te gaan die droog blijven dan om naar een shelter te gaan. Mogelijk is de overlijdenskans in een shelter kleiner dan hier aangenomen, aangezien veel mensen daar slechts enkele dagen hoeven te blijven.

Van de slachtoffers die thuis vallen, valt een deel in een gebied met hoge stijgsnelheid. In dit geval is ook de aankomsttijd daar redelijk kort. Mensen kunnen dus verrast worden. Deze gebieden lijken inderdaad gevaarlijk en liggen vooral in Veenendaal en ten zuiden van de spoorlijn. De slachtoffers in vrij hoog gelegen dorpen zoals Woudenberg zijn minder plausibel: de aankomsttijd is daar zeer lang (orde 160 uur) en de waterdieptes zijn beperkt (50 cm tot 1.10m). Bovendien blijven nabijgelegen plaatsen droog.

Volgens het plan van de Veiligheidsregio zou het zuidelijk deel van dit gebied preventief evacueren en het noordelijk deel later ook. De aanname van verticale evacuatie voor dit gehele gebied is niet in overeenstemming met dit plan en ook niet plausibel: immers de aankomsttijden van een groot deel van het gebied bedraagt meerdere dagen.

De kans dat mensen 4 dagen of langer thuis wachten tot het water komt is zeer klein. Het PBL model lijkt hier dan ook ruimtelijk gevarieerd ingevuld te moeten worden, of er moet uitgegaan worden van preventieve evacuatie voor het grootste deel van de inwoners.

Storyline

In de storyline zullen ongeveer 20% van de mensen aanwezig zijn in het geval van een overstroming. Uitgaande van de standaardfuncties zou dit betekenen dat er ongeveer 232 slachtoffers vallen. Echter de slachtofferfuncties zijn gebaseerd op de situatie in 1953. In dit gebied zijn de reddingmogelijkheden en vluchtmogelijkheden beter dan bij de watersnoodramp in 1953. De mensen ten noorden van de spoorlijn hebben daardoor waarschijnlijk veel betere overlevingskansen: ze hebben een droge verdieping, hun huis stort niet in en droog gebied is dichtbij. Er is communicatie tussen de reddingsinstanties mogelijk en er zijn veel meer transportmiddelen en betere gezondheidszorg aanwezig. Bovendien kunnen mensen waarschijnlijk veel eerder gered worden. De mensen in Veenendaal en omgeving hebben vaker te maken met een woning zonder droge verdieping. Als we ervan uitgaan dat vooral de mensen in Veenendaal kunnen komen te overlijden, dan daalt het slachtofferaantal nog naar ongeveer 100 a 120 slachtoffers. Ook dat is nog een groot aantal.

Tabel 3.3 Overzicht slachtofferschattingen verschillende modellen/aannames

strategie	Standaardmethode	PBL methode (1 resp. 2 dagen beschikbare tijd)	storyline
thuisblijven	1164	474	
evacueren	512	161 / 127	
Mix volgens plan VR			115

4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Uit de storyline komen deels dezelfde conclusies als uit die van Dordrecht (zie bijlage A). In deze paragraaf worden enkele observaties/conclusies en aanbevelingen gegeven mbt de relatie met de storyline, crisismanagement en waterveiligheidsbeleid.

Relatie met de evacuatieboom

De storyline van de Gelderse Vallei levert naast de lessen uit de storyline van Dordrecht nog enkele aanbevelingen op met betrekking tot de evacuatieboom:

- In de Gelderse Vallei lopen de fasen niet na elkaar, maar gelijktijdig: het noordelijk deel is nog droog, de overstroming verspreid zich nog, maar het redden van de mensen in Veenendaal zal al beginnen.
- De response van de omgeving kan hier cruciaal zijn: in principe zijn er zoveel droge plaatsen in de omgeving dat redding van veel mensen mogelijk moet zijn. Of dit realistisch is, zou verder onderzocht kunnen worden. Misschien kan bij de analyse van redden of in reddingsplannen hier ook hulp vanuit de omgeving meegenomen worden.
- Het verloop van de overstroming is hier cruciaal voor de gevolgen in Amersfoort, Leusden en Bunschoten: als de spoorlijn en Slaperdijk eerder overstromen, of breken is er minder tijd voor de inwoners van Amersfoort om zich te redden.
- De aankomsttijd moet meegewogen worden in de berekening van de slachtofferaantallen.

Crisismanagement

Het is aan te bevelen kaarten te maken voor crisismanagement, zoals:

- een kaart met gevaarclasses (e.g. diep/snel/ etc.) ,
- een kaart met beschikbare tijd bij een doorbraak van de Grebbedijk in geval van het niet breken van de spoorlijn, en een kaart met beschikbare tijd bij afwezigheid van de spoorlijn (meest ongunstige situatie voor het gebied ten noorden van de spoorlijn),
- een kaart met een indicatie van de tijd die nodig is voor iedere gemeente om in geval van acute noodzaak te vertrekken naar de dichtstbijzijnde veilige stad of dorp.

Door deze informatie plaats (Leusden, Woudenberg, Amersfoort etc.) te kennen wordt het handelingsperspectief wellicht verbeterd.

Deze storyline leert dat in een gebied met een ruimtelijk gevarieerd gevaar en kwetsbaarheid de strategie daarbij aan moet sluiten. De gevaarlijke plekken krijgen dan ook terecht voorrang in de plannen van de Veiligheidsregio.

De slachtofferfuncties zijn bedoeld voor het verkrijgen van inzicht in gevaarlijke plekken. Echter, omdat aankomsttijd nu nog niet wordt meegenomen geven de slachtofferfuncties nu in sommige situaties geen goed beeld van de gevaarlijke plekken. Er zou een update gemaakt kunnen worden waarin de mortaliteit en aankomsttijd beiden meegenomen worden in een soort urgentie index.

In overleg met de Veiligheidsregio kan door middel van het naspelen van een storyline of oefening bepaald worden welke info het meest cruciaal is voor effectief en efficiënt crisismanagement.

Waterveiligheidsbeleid

Het slachtofferaantal dat gebruikt is in de normering is waarschijnlijk een overschatting van het aantal slachtoffers, omdat er geen rekening gehouden is met de aankomsttijd en omdat er overall droge plekken nabij zijn. De norm van dijkkring 45 wordt bepaald door de MKBA: de dijk is kort en beschermt veel waarde. Bovendien is de decimeringshoogte klein: een strengere

norm vraagt niet om een extreem veel hogere dijk. Het is dus goedkoop om naar een hogere norm te gaan. Het risico is groot door de grote schade. Het is daarom efficiënt om voor een zeer strenge norm te gaan. De eis vanuit het LIR is 100 keer minder streng dan die vanuit de MKBA. De MKBA wordt vooral bepaald door economische schade. Het aandeel van slachtoffers (6,7 miljoen per stuk) is slechts klein. Een betere slachtofferinschatting heeft hier dan ook geen effect op de norm.

C Rapportage van de evacuatiebomen voor Dordrecht en de Gelderse Vallei

MEMO

Aan: Deltares
Van: HKV
Datum: 11 december 2020
Projectnummer: PR3591.40
Onderwerp: Uitwerking evacuatieboom

1 Inleiding

In geval een dreigende overstroming kan evacuatie het slachtofferrisico verkleinen. De essentie van evacuatie is dat mensen zich verplaatsen van de ene naar de andere plaats met als doel de overlevingskansen groter te maken. In de huidige slachtofferschattingen is sprake van een 'deterministische' benadering. Het aantal slachtoffers wordt bepaald door het aantal inwoners (getroffenen) van een overstroomd gebied te reduceren met het aantal mensen dat kan evacueren. Op basis van de achterblijvers wordt bepaald hoeveel slachtoffers er vallen. Dit gebeurt op twee manieren:

- De standaard methode in SSM2017 (Slager en Wagenaar 2017) past 1 mortaliteitsfunctie toe op het aantal achterblijvers. Hierbij wordt rekening gehouden met de waterdiepte, de stijg- en stroomsnelheid. In de huidige praktijk van overstromingssimulaties wordt voor alle achterblijvers aangenomen dat deze zich bevinden in het gebied waar ze wonen op het moment dat de kering breekt.
- Een meer geavanceerde methode (Pleijter 2016, Kolen et al 2014 voor de deterministische toepassing en Kolen 2013 voor de probabilistische toepassing) maakt onderscheid in de locatie en de omstandigheid waar mensen worden getroffen. Per combinatie van locatie en omstandigheid (shelter, thuis wel of niet voorbereid en onderweg getroffen) is een mortaliteitsfunctie opgesteld. De verdeling van de mensen over de verschillende locaties is input voor de analyse.

Een van de vragen is wat de impact van onzekerheden in zowel het gehele evacuatieproces als de mortaliteitsfuncties is op de uiteindelijke schatting van het aantal slachtoffers. Bij het afleiden van de evacuatieschattingen voor Nederland is een verwachtingswaarde voor de effectiviteit van preventieve evacuatie opgesteld waarbij het moment van doorbreken van de waterkering als eindmoment van de evacuatie is gehanteerd. In de evacuatiefractie is rekening gehouden met de onzekerheid in de beschikbare tijd, en onzekerheid in de benodigde tijd. Deze kennis van onzekerheid wordt echter niet gebruikt bij de berekening van het aantal slachtoffers. De slachtoffers worden berekend op basis van het aantal achterblijvers (inwoners minus evacuees), een slachtofferfunctie en de lokale overstromingskarakteristieken. De functies gelden voor de Nederlandse situatie waarbij het koud is en bij een relatief grote omvang van de overstroming.

Inmiddels is bekend dat de mortaliteit sterk afhankelijk is van de locatie en omstandigheden waar mensen worden getroffen. Indien mensen ongepland (of onverwacht) worden blootgesteld aan een overstroming terwijl ze nog aan het evacueren zijn is hun handelingsperspectief veel slechter dan voor mensen die schuilen (verticaal evacueren). Ook voor mensen die verticaal evacueren is het handelingsperspectief minder aantrekkelijk dan voor degene die succesvol evacueren omdat ze het gebied nog moeten verlaten, wat ook niet zonder risico is.

2 Doelstelling

Het doel van deze studie is om inzicht te geven in de invloed van onzekerheden in het evacuatieproces en de mortaliteitfuncties en vervolgens deze inzichten te relateren aan de voorbereiding van evacuatie en het bepalen van slachtofferschattingen.

In deze studie zijn gebeurtenissenbomen (die we evacuatiebomen noemen) opgesteld waarin het effect van onzekerheden tijdens het evacuatieproces op het aantal slachtoffers in geval van een dijkdoorbraak is uitgewerkt. De evacuatieboom is toegepast voor een gebied in het overgangsgebied en een gebied in het rivierengebied. Deze evacuatieboom geldt voor een scenario van een dijkdoorbraak en levert dan een meer nauwkeurige bepaling van het verwachte aantal slachtoffers horend bij het overstromingsscenario gegeven een strategie van evacueren en de onzekerheid daarin. Dit inzicht is niet gelijk aan het risico. Het risico op slachtoffers kan worden bepaald door het gevolg te combineren met de faalkans van het betreffende dijkvak, het risico in een gebied ten tijde van een dreiging kan worden bepaald door het combineren van de resultaten van verschillende dijkvakken.

3 Fasering van evacuatie en de evacuatieboom

3.1 Vormen van evacueren, relatie met mortaliteit en onzekerheden

Er kunnen verschillende vormen van evacuatie worden onderscheiden (naar Kolen 2013) waarbij binnen een strategie ook nog een ruimtelijk onderscheid mogelijk is tussen deze types:

Voor een doorbraak, waarbij de evacuatie wordt gestart op basis van verwachtingen

1. Preventieve (horizontale) evacuatie waarbij mensen het bedreigd gebied verlaten.
2. Verticale evacuatie naar

Hogere verdiepingen in woningen;

Publieke shelterlocaties waar grote groepen worden opgevangen.

Na een doorbraak

3. Acute evacuatie waarbij men na een dijkdoorbraak maar voor blootstelling aan het water (vanwege de aankomsttijd) naar een veiligere plek gaat.

4. Redden. Hier worden mensen die zijn blootgesteld aan het water eruit gehaald door hulpdiensten.
5. Vluchten. Ook hier gaat het om de situatie na blootstelling maar verlaten mensen zelf, of met hulp van andere vrijwilligers, het overstroom gebied.

Het succes van evacuatie wordt mede bepaald door de voorbereiding (preparatie). De kwaliteit van de preparatie is afhankelijk van bijvoorbeeld de kwaliteit van de rampenplannen, de rampenorganisatie en of mensen bekend zijn met oplossingsrichtingen (bewustzijn).

Evacuatie heeft als doel om mensen van locatie A naar locatie B te brengen waarbij locatie B veiliger is dan A. Op het moment van besluitvorming wordt een keuze gemaakt in:

- De evacuatiestrategie, in deze studie maken we onderscheid in preventief en verticaal.
- In geval van preventieve evacuatie wordt op basis van de beschikbare tijd bepaald hoeveel mensen in dat geval preventief kunnen evacueren, de rest zal achterblijven. Immers geen bestuurder zal onterecht mensen de weg opsturen.

De gehele periode tussen de eerste alarmering (op basis van een verwachte waterstand) van een mogelijk hoogwater tot blootgesteld aan een overstroming en vervolgen het redden en vluchten noemen we het evacuatieproces in deze studie. Tijdens de verplaatsing van A naar B kan men ook op plaatsen zijn die in geval van blootstelling aan water gevaarlijker zijn. De locatie van blootstelling aan het overstromingswater, en de omstandigheden, is dan ook van belang. Mensen zijn het meest kwetsbaar als ze tijdens het evacuatieproces, dus onderweg, worden blootgesteld aan het water. De kans op onderkoeling en verdrinking is dan het grootst, en daarnaast is er geen tot beperkte hulp aanwezig. Binnen in een shelter, waar er meer mensen aanwezig zijn, is de kans op hulp van anderen groter, daarnaast biedt de shelter beschutting en zijn er basisvoorzieningen. Zelfs als de shelter is overstroomd dan is deze relatief veilig is mits er voldoende hoge verdiepingen zijn. Het reddings- of vluchtproces zelf (dus de verplaatsing) is relatief risicovol omdat men dan weer blootgesteld wordt aan de weersomstandigheden. Ook kan het vanwege beperkte reddings- en vluchtcapaciteiten enige tijd duren voordat men gered is. Thuis in de eigen woning is men ook relatief veilig, zeker als voorbereidingsmaatregelen zijn genomen (in de dreigingsfase). De mate van hulp van anderen is wel minder, en het reddings- of vluchtproces is ook risicovoller.

Onzekerheden zijn relevant voor diverse parameters. Welke parameters onzeker zijn hangt ook af van het moment in het evacuatieproces. Bijvoorbeeld als het besluit tot evacuatie wordt genomen is het moment van opschalen niet onzeker meer (dat kan je meten). Onzekerheden zijn bijvoorbeeld het gedrag van mensen en hulpverleners, wanneer en hoe de waterkering faalt, en hoe snel een besluit wordt genomen tot evacuatie of opschaling. De tijd beschikbaar, en de tijd nodig voor een bepaalde vorm van evacuatie is dus gecorreleerd aan de effectiviteit van evacuatie en het totaal aantal slachtoffers.

3.2 Fasering evacuatie proces

Voor het uitwerken van de evacuatieboom is een fasering opgesteld. Per fase staan bepaalde activiteiten centraal die zijn gerelateerd aan de beschikbare en benodigde tijd wat uiteindelijk bepalend is voor de locatie en omstandigheid waar mensen worden blootgesteld aan een overstroming (en dus de mortaliteit).

In deze fases zijn er onzekerheden. Deze onzekerheden kunnen leiden tot meer of minder beschikbare tijd, of tot een betere of mindere uitvoering van de evacuatie. Dit heeft tot gevolg dat meer of minder worden blootgesteld aan een overstroming tijdens de evacuatie, hierdoor kan het aantal slachtoffers sterk veranderen omdat mensen die tijdens een lopende evacuatie worden blootgesteld het meest kwetsbaar zijn. Dat betekent ook dat als er een eenheid van tijd minder beschikbaar is voor het evacuatieproces het aantal slachtoffers sterk zal oplopen. Als dezelfde eenheid van tijd extra beschikbaar is voor het evacuatieproces is de afname van het aantal slachtoffers veel minder sterk.

Onderscheid is gemaakt in een aantal fases. Deze zijn opgenomen in Tabel 1 en later toegelicht.

Fase	Toelichting op deze fasen
1. Preparatiefase (voorbereiden)	Deze fase is randvoorwaardelijk voor de effectiviteit van het evacuatieproces en het handelingsperspectief van mensen. De kwaliteit van de voorbereiding, en het bewustzijn van mensen, en de beschikbare middelen zijn kaderstellend voor de verdere uitvoering van de evacuatie.
2. Opschalingsfase (warme fase)	Deze fase bepaalt hoe snel de juiste partijen zijn aangehaakt en hoe snel keuzes zijn gemaakt over de evacuatie. Na deze fase blijkt de netto tijd beschikbare tijd voor uitvoering van de evacuatie
3. Preventieve uitvoeringsfase (voor een doorbraak)	Deze fase bepaalt hoeveel mensen voor het verwachte moment van dijkkfalen (of ander natuurgeweld) zich kunnen verplaatsen van A naar B
4. Acute uitvoeringsfase (na een doorbraak, voor blootstelling)	Deze fase bepaalt het aantal mensen dat zich kan verplaatsen van A naar B na dijkkfalen tot aan het moment van (lokale) blootstelling.
5. Redding en vluchten	Deze fase bepaalt de tijd nodig om het overstroomd gebied te verlaten in geval mensen in een shelter of woningen schuilen na blootstelling.
6. Herstelfase	Deze fase bepaald de duur van de periode van het watervrij maken, herstel, schoonmaak en terugkeer. Deze periode duurt veel langer dan het evacuatieproces.

Tabel 1 Fasering evacuatieboom

1. Preparatiefase (voorbereiden)

In deze fase worden alle voorbereidingen getroffen. Het gaat hierbij zowel om planvorming, het trainen van de hulpdiensten en bestuurders, het werken aan waterbewustzijn en zelfs aan de ruimtelijke omgeving (denk bijvoorbeeld aan de inrichting van shelters op basis van het programma van eisen voor shelters (Kolen 2019) of eisen aan de vitale en transport-infrastructuur). Het gaat er hierbij ook om dat de juiste scenario's zijn voorbereid, er kennis is van waterkeringen en men een continu inzicht heeft in de overstromingsrisico's.

Een betere preparatie zal leiden tot een hogere effectiviteit van evacuatie. Dat komt omdat beschikbare middelen en infrastructuur beter worden benut, dat de zelfredzaamheid van mensen is vergroot. Ook kan mogelijk de mortaliteit dalen omdat mensen zich bijvoorbeeld beter kunnen redden en kan de uitvoeringstijd worden vergroot als minder tijd nodig is voor beslissen of opschalen.

2. Opschalingsfase (warme fase)

In deze fase is er een sprake van een verwachting van een daadwerkelijk hoogwater met overstromingsrisico. In deze fase wordt de dreiging herkend door hydrologen (alertering), organisaties worden gewaarschuwd en schalen op (opschaling, aan de hand van criteria in draaiboeken als het LDHO (IenM 2016)) en uiteindelijk worden besluiten genomen over evacuatie

(een hulpmiddel is de methodiek ontwikkeld in beslissen onder onzekerheid waarbij op basis van de risicobenadering beslisriteria zijn ontwikkeld voor evacuatie) en worden de benodigde uitvoeringsmaatregelen en communicatiemaatregelen genomen.

Het moment waarop deze fase start, bepaalt de bruto beschikbare tijd, deze bruto beschikbare tijd is de tijd tot het verwachte moment van een dijkdoorbraak (of dat een storm de evacuatie zal stilleggen), of tot blootstelling aan het water als rekening wordt gehouden met de aankomsttijd.

De netto beschikbare tijd is afhankelijk van de tijd nodig voor opschalen, besluiten en het voorbereiden van de uitvoering. Naarmate hier meer tijd voor wordt gebruikt, is er minder tijd beschikbaar voor de daadwerkelijke verplaatsing.

3. Preventieve uitvoeringsfase (voor een doorbraak)

In deze fase vinden daadwerkelijk de verplaatsingen plaats van mensen. Deze verplaatsen zich van A naar B gegeven de beschikbare infrastructuur. Deze verplaatsing kan worden belemmerd (of zelfs stilgelegd) door de gevolgen van extreem weer. Deze fase stopt als de waterkering breekt, het moment van breken is vaak onzeker.

De benodigde tijd is afhankelijk van de verhouding tussen de beschikbare wegcapaciteit en de mate waarin deze wordt belast, en de kwaliteit van de uitvoering van de evacuatie zelf wat een samenspel is tussen evacuees en de hulpdiensten. De beschikbare wegcapaciteit en de belasting kan sterk worden beïnvloed door evacuatiestrategie in de omgeving, immers deze omgeving bepaalt ook in welke mate de ontsluitingsroutes al dan niet zijn (over)belast.

4. Acute uitvoeringsfase (overstromingsfase na een doorbraak, voor blootstelling).

Hierbij verplaatsen mensen zich nog naar een andere locatie, echter de waterkering is al gebroken. Het doel is dat mensen deze locatie vóór mogelijke blootstelling bereiken. De wijze van falen van de waterkering is dan ook van belang, evenals eventuele beperkende weersomstandigheden.

Opgemerkt wordt dat het achteraf vaak eenduidig is wanneer en hoe keringen zijn gefaald maar op dat moment zelf niet. Er zal al sprake zijn van situaties met overloop en overslag waardoor het lastig is om waterkeringen te inspecteren. Ook zal het enige tijd duren voor (betrouwbare) informatie beschikbaar is bij crisisdiensten en mensen zelf. Vanaf het moment van de dijkdoorbraak is uitval van ICT en andere nutsvoorzieningen reëel binnen het overstroomd gebied en de omliggende omgeving. De vraag is dan ook of, wanneer en in welke mate tijdens de acute fase een evacuatieplan kan worden bijgesteld ten opzichte van het eerder al in gang gezette.

5. Redding- en Vluchtfase

In deze fase zijn mensen blootgesteld aan het water en schuilen op allerlei locaties. Na enige tijd zullen deze mensen op eigen kracht het gebied verlaten (vluchten) of door hulpdiensten worden opgehaald (redden). Een model voor het bepalen van de tijd nodig voor redden en vluchten is ontwikkeld door Water en Evacuatie (Kolen et al., 2017).

6. Herstelfase

Gedurende deze fase wordt een gebied watervrij gemaakt, de keringen hersteld, schoongemaakt en kan het technisch (en sociaal) herstel aanvangen. Tijdlijnen voor het watervrij maken zijn ontwikkeld voor Wave2020 in storylines watervrij maken (Kolen et al., 2019).

3.3 Onzekerheden per fase evacuatieproces

Onzekerheden kunnen worden uitgewerkt via een gebeurtenissenboom. Als een parameter onzeker is kunnen hiervoor mogelijke 'waarden' worden opgenomen. In de gebeurtenissenboom ontstaan zo verschillende takken. Samen geven deze takken aan hoe een gebeurtenis kan verlopen. Een gebeurtenis is de situatie waarbij de boom van links naar rechts wordt doorlopen waarbij telkens een keuze wordt gemaakt hoe de situatie verloopt. In een storyline wordt een gekozen gebeurtenis beschreven die in de evacuatieboom kan voorkomen..

In Figuur 1 is de gebeurtenissenboom voor evacuatie (die we een evacuatieboom noemen) uitgewerkt. In deze evacuatieboom is voor de verschillende fasen de onzekerheid expliciet gemaakt. De verschillende fasen zijn nog onderverdeeld in mogelijke deelstappen. De stappen per fase zijn in Tabel 2 opgenomen. Zo is de opschalingsfase opgedeeld in alerteren, opschalen, beslissen en voorbereiden van uitvoering van de beslissing. In iedere deelstap zijn onzekere factoren. Zo kan bijvoorbeeld de alertering vroeg, laat of gemiddeld gebeuren. Hoe eerder de alertering plaats vind hoe grote de beschikbare tijd voor evacuatie is. Als laat gealverteerd wordt is in principe minder tijd beschikbaar tot het moment van optreden van de bres. Deze gemaakte keuzes in deze studie zijn geverifieerd op basis van eerdere inschattingen gemaakt in de studie Evacuatieschattingen Nederland.

Uiteindelijk leidt het evacuatieproces tot een locatie waar evacuees worden blootgesteld aan de overstroming. Combineren van deze aantallen mensen met de slachtofferfuncties levert het aantal slachtoffers. De fase voor redding, vluchten en herstel zijn niet apart uitgewerkt als onderdeel van de evacuatieboom omdat de kans op overlijden tijdens het redden en vluchten is al verdisconteerd in de mortaliteitsfuncties. De onzekerheid in die fasen en in de mortaliteitsfuncties is hier niet beschouwd.

De evacuatieboom is toegepast op één doorbraakscenario voor een evacuatiestrategie. Het resultaat is een verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers in geval van deze doorbraak. Door het combineren van verschillende doorbraakscenario's en de kans van voorkomen van die scenario's kan het slachtofferrisico worden bepaald.

Opschalingsfase (warme fase)	Preventieve uitvoeringsfase (voor een doorbraak)	Acute uitvoeringsfase (na een doorbraak)
Alerteren (het moment waarop hydrologen zien dat er een extreme gebeurtenis op komst is)	Uitvoering verplaatsing (de duur voor het verplaatsen van A naar B)	<i>Wijze van doorbraak en overstromingstroon (nu niet meegenomen) (bresgroei, afmetingen, standzekerheid binnendijken etc.)</i>
Opschalen (het moment waarop de crisisorganisatie wordt opgetuigd tot GRIP4)	Storm (de periode waarin extreme wind de evacuatie belemmert)	Uitvoering verplaatsing na de doorbraak (de duur voor het verplaatsen van A naar B, rekening houdend met eventuele windschade)
Beslissen (het moment waarop besloten wordt tot evacueren)	Moment doorbraak (het moment waarop de kering faalt)	Aankomsttijd (de duur tot lokale blootstelling)
Vorbereiden (de duur voor het implementeren van de		Storm (de duur van de storm na de doorbraak)

Opschalingsfase (warme fase)	Preventieve uitvoeringsfase (voor een doorbraak)	Acute uitvoeringsfase (na een doorbraak)
uitvoeringsmaatregelen en de crisiscommunicatie).		
		Locatie blootstelling (de plaats en omstandigheid waar men wordt blootgesteld).

Tabel 2 Onderdelen van de evacuatieboom per evacuatiefase uit paragraaf 3.2

3.4 Evacuatieboom

Per gebeurtenis in de evacuatieboom leiden alle stappen tot een plaats waar mensen worden blootgesteld aan een overstroming. Per locatie (en omstandigheid) is de kwetsbaarheid anders, er kan dus voor iedere plaats een mortaliteitsfunctie worden bepaald zoals blijkt uit de analyse van de storylines.

Stormgebeurtenissen leiden tot beperkingen van de evacuatiemogelijkheden in het kust- en overgangsgebied. Er wordt in principetijdens een storm niet geëvacueerd, omdat de wind dan een onveilige situatie creëert, daarnaast is evacuatie ook nagenoeg onmogelijk door rondvliegend materiaal en omdat de wegen veel slechter begaanbaar zijn. Omdat besluiten worden gebaseerd op verwachtingen, en men risico avers is, zal bij een dreiging van veel wind geadviseerd worden om niet de weg op te gaan (conform protocollen VCNL). Dit is ook al te zien in de praktijk waarbij in geval van extreme weersverwachtingen met stormen verschillende instanties, inclusief de overheid, aangeeft om niet de weg op te gaan.

Het moment van dijkfalen is ook onzeker, evenals de wijze van falen. Juist het aantal slachtoffers is behoorlijk gevoelig voor de wijze van falen. In de huidige studie is uitgegaan van één overstromingspatroon omdat deze verschillende patronen gegeven dezelfde belasting veelal niet uitgewerkt zijn.

Herstel maakt geen onderdeel uit van de evacuatieboom, het is wel een fase die volgt na de overstroming en redding.

Fase	preparatie	opschalingsfase				preventieve uitvoeringsfase			acute uitvoeringsfase			Mortaliteits- functie	slacht- toffers		
Icoon															
Evacuatieboom	Preparatie	Alterteren	Opschalen	Besluiten	Logistiek & Crisis-communicatie	Preventieve of Verticale evacuatie (incl gedrag en response)	Start Storm	Moment doorbraak en wijze falen	Duur Storm	Acute evacuatie	Prev en Vert evacuatie (incl gedrag en response)	Aankomsttijden Blootstelling	Thuis voorbereid Thuis onvorbereid Shelter Onderweg getroffen veilig betrokken	Slachtoffers	
Onzekerheid	Goed Gemiddeld Matig	Vroeg Gemiddeld Laat	Snel Gemiddeld Langzaam	Snel Gemiddeld Langzaam	Positief Gemiddeld Negatief	Positief Gemiddeld Negatief	Vroeg Gemiddeld Laat	Vroeg Gemiddeld Laat	Kort Gemiddeld Lang	Positief Gemiddeld Negatief	Vroeg Gemiddeld Laat				
Effect op onderdeel evacuatie	kwaliteit	beschikbare tijd	beschikbare tijd	beschikbare tijd	Beschikbare tijd Effectiviteit uitvoering	Effectiviteit uitvoering	Beschikbare tijd	Beschikbare tijd verschillende overstromings-scenario's	Beschikbare tijd	Effectiviteit uitvoering	Effectiviteit uitvoering				

Figuur 1 Evacuatieboom

3.5 Schatting van aantal slachtoffers voor een doorbraakscenario

In dit hoofdstuk schetsen we 2 manieren waarop het aantal slachtoffers wordt bepaald gegeven een overstromingsscenario. Deze 2 manieren worden met het werken met de evacuatieboom beide gefaciliteerd. We sluiten het hoofdstuk af met de manier waarop het slachtofferrisico kan worden bepaald door rekening te houden met de faalkans van waterkeringen en andere mogelijke overstromingsscenario's.

3.5.1 Op basis van het aantal achterblijvers op moment doorbraak

Bij de uitwerking van de klassieke benadering is het aantal slachtoffers geschat op basis van:

- Het aantal getroffen en in een gebied (veelal inwoners waarvan de woningen overstromen)
- Hoeveel mensen voor de doorbraak het gebied kunnen verlaten (de evacuatiefractie, dit betreft een verwachtingswaarde omdat er rekening is gehouden met onzekerheid in de beschikbare en benodigde tijd).
- De waterdiepte, stijg- en stroomsnelheid

Het aantal slachtoffers is geschat uitgaande van het aantal achterblijvers en de gemiddelde mortaliteit. Deze mortaliteit is aangenomen op 0.2% van het aantal achterblijvers voor beide cases.

Deze uitwerking wordt in dit rapport de 'deterministische aanpak' genoemd omdat de bepaling van het aantal slachtoffers gebaseerd is op 1 som zonder rekening te houden met onzekerheid.

De evacuatieboom, waarin we rekening houden met onzekerheden noemen we de probabilistische aanpak. Als alleen uitgegaan zou zijn van het meest waarschijnlijke verloop van de gebeurtenissen in de evacuatieboom (dus altijd de klasse gemiddeld en geen onzekerheden) dan leidt het tot dezelfde resultaten als de deterministische aanpak. Echter omdat de onzekerheid een niet lineair effect heeft is deze onzekerheid dus van belang. Met behulp van de evacuatieboom is het effect van onzekerheid meegenomen.

Idealiter kan per gebeurtenis worden bepaald waar mensen zijn op het moment van blootstelling tijdens het overstromingsscenario. Ook kan de onzekerheid per parameter worden ingeschat. Nu is echter een vereenvoudigde aanpak gevolgd waarbij uitgegaan is van een uniforme verdeling van deze onzekerheden en een berekening van het aantal slachtoffers op basis een gemiddelde mortaliteit op basis van het mensen op een locatie.

In het onderzoek zijn twee strategieën beschouwd: preventief en verticaal evacueren.

- In geval van preventief evacueren is bepaald hoeveel mensen, gegeven de verwachte beschikbare tijd, het gebied kunnen verlaten. De beschikbare tijd is bepaald op het moment van besluitvorming. Het doel van de evacuatiestrategie is om deze groep mensen preventief te evacueren uit het gebied. De overige mensen blijven achter. Het aantal slachtoffers van deze achterblijvers is gebaseerd dezelfde mortaliteit als in de deterministische benadering. De onzekerheid in de beschikbare tijd, door de uitvoering van de evacuatie, moment van aanvang en duur van de storm en het moment van dijkkfalen kunnen ertoe leiden dat soms meer en soms minder tijd beschikbaar is voor preventief evacueren. Indien de mensen die preventief evacueren onderweg stranden (vanwege de onzekerheid) worden die blootgesteld

als er minder handelingsperspectief is. Voor deze groep is een mortaliteit verondersteld van 2%. Deze locatie is 10 x onveiliger dan de mortaliteit (0.2%) die als gemiddelde is gehanteerd voor 'klassieke' achterblijvers wat één waarde is voor allerlei achterblijvers.

- In geval van verticaal evacueren is verondersteld dat mensen voorbereid zijn en dus dat de mortaliteit lager is dan de huidige gemiddelde mortaliteit. Verondersteld is dat 30% naar een shelter gaat, en 70% in woningen schuilt. De mortaliteit van de mensen in een shelter is 10x lager dan de gemiddelde mortaliteit, de mortaliteit van mensen die thuis voorbereid zijn is 4x lager dan gemiddeld. Daarnaast is aangenomen dat alsnog 20% van de mensen preventief evacueert. De slachtoffers onder de groep mensen die alsnog preventief evacueert zijn bepaald op dezelfde wijze als bij preventieve evacuatie.

Aanbevolen wordt om meer onderzoek te doen naar de onderbouwing van mortaliteitsfuncties waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de locatie en omstandigheid.

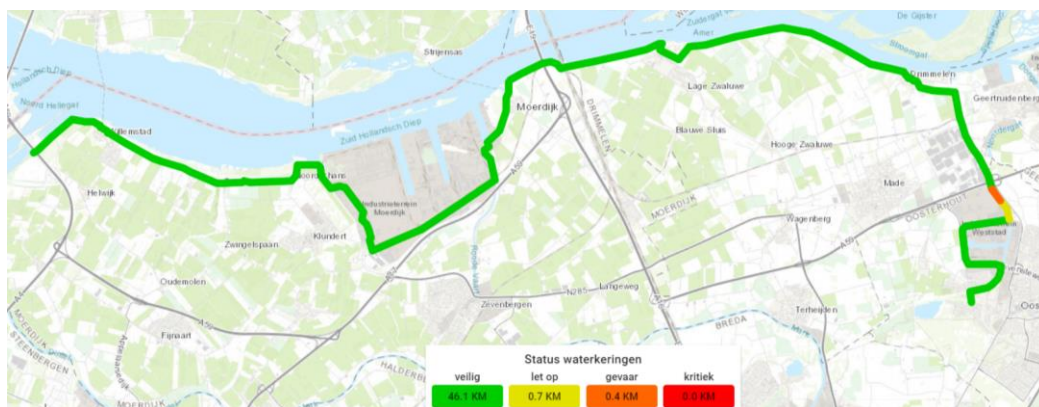
3.5.2 Op basis van het moment van blootstelling (inclusief acute uitvoeringsfase)

In de klassieke benadering wordt geen rekening gehouden met evacuatie gedurende de acute evacuatiefase (met kennis van aankomsttijden, immers het aantal achterblijvers is input voor de berekening van het aantal slachtoffers). De bepaling van het aantal slachtoffers is gelijk aan de werkwijze in de klassieke aanpak, alleen wordt nu ook rekening gehouden met de aankomsttijd. De bepaling met behulp van de evacuatieboom wordt verder in dit onderzoek de probabilistische aanpak genoemd, omdat rekening wordt gehouden met onzekerheden.

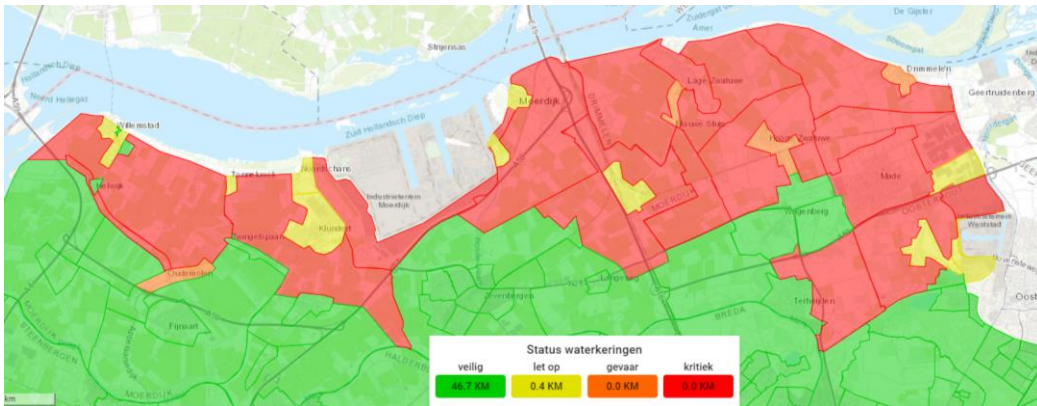
3.5.3 Slachtofferrisico's

Op basis van de evacuatieboom kan het verwachte aantal slachtoffers gegeven een doorbraakscenario worden bepaald. Zoals al eerder vermeld kunnen risico's worden berekend door het combineren van de slachtoffers met een faalkans. De risico's in een gebied kunnen worden berekend door het beschouwen van meerdere scenario's.

In Figuur 2 en Figuur 3 is een voorbeeld opgenomen van een risicobepaling op basis van Continu Inzicht. Hierbij zijn de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers per mogelijk doorbraakscenario gecombineerd met de kans op deze scenario's gegeven een hoogwater. De risico's zijn gepresenteerd per buurt.



Figuur 2 Kans op falen per traject gegeven een hoogwater (Kolen en Zethof 2018)



Figuur 3 Verdeling slachtofferrisico gegeven een hoogwater (Kolen en Zethof 2018)

4 Cases

In dit hoofdstuk zijn twee cases beschreven waarin de evacuatieboom is toegepast voor het overgangsgebied en het rivierengebied. Voorafgaand aan deze cases is beschreven welke informatie is gebruikt voor het opstellen van de evacuatiebomen.

4.1 Gebruikt informatie

Bij de uitwerking van de gebeurtenissenboom kan aan iedere tak een kans (of mate van waarschijnlijkheid) worden toegekend. Een gebeurtenis (of storyline) kan hierbij worden gezien als een doorlopende tak in een evacuatieboom. Het combineren van alle takken in de boom (dus alle gebeurtenissen) leidt tot een verwachtingswaarde van de effectiviteit van evacuatie en het aantal slachtoffers. Hierbij wordt expliciet rekening gehouden met onzekerheden. Het kan dus zijn dat er meer tijd beschikbaar is waardoor meer mensen de bestemming kunnen bereiken en er minder slachtoffers vallen. Het kan ook dat er minder tijd beschikbaar is voor evacuatie waardoor meer mensen onderweg worden getroffen.

In deze studie zijn voor iedere stap telkens 3 klassen gedefinieerd (conform de keuzes bij de studie evacuatieschattingen Nederland). Deze klassen beschrijven:

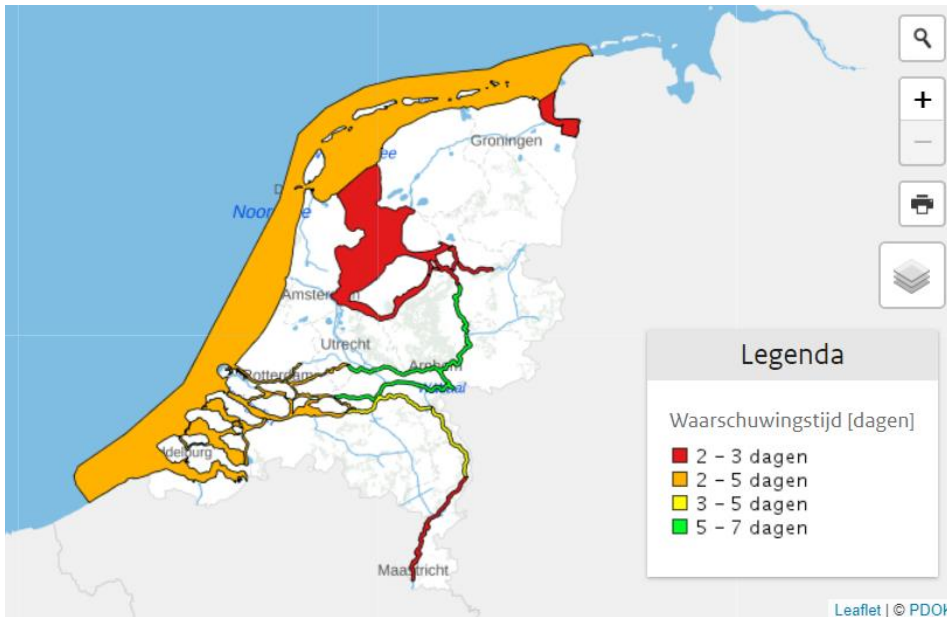
- Een positieve (rooskleurige) uitwerking, standaard is hier uitgegaan van 20% van de situaties.
- Een gemiddelde uitwerking, standaard is hier uitgegaan van 60% van de situaties.
- Een pessimistische (tegenvallende) uitwerking, standaard is hier uitgegaan van 20% van de situaties.

Deze schattingen en klassen zijn nu telkens toegepast, waarbij er geen rekening is gehouden met correlaties tussen verschillende stappen. Een voorbeeld van een effect is de tijd voor besluitvorming in het geval dat er al erg lang is gedaan over de opschaling en er relatief weinig tijd resteert. Bij een concrete toepassing gericht op de voorbereiding een gebied is het zinvol hier wel rekening mee te houden. Het uitwerken van de evacuatieboom voor een concreet gebied kan bijdragen aan het identificeren van de belangrijkste aandachtspunten voor de crisisbeheersing. Het effect van versnelling van een aantal stappen kan eenvoudig worden verkend, ook het effect van onzekerheid kan worden verkend. Zo kan de betrouwbaarheid van een slachtofferschatting, en

wellicht ook de schatting van de beschikbare tijd voor uitvoering van een evacuatie sterk worden vergroot als de onzekerheid wordt verkleind. Hierbij is het niet noodzakelijk dat overal dezelfde verdeling wordt gehanteerd.

In dit onderzoek is uitgegaan van de volgende bronnen voor informatie:

- De beschikbare tijd voor alertering is gebaseerd op de waarschuwingstijd voor hoogwater zoals opgenomen op LIWO (<https://basisinformatie-overstromingen.nl/liwo/#/viewer/23>). Deze waarschuwingstijd is de tijd tussen het optreden van de piekwaterstand en het moment dat de hydrologen het hoogwater zien aankomen.



Figuur 4 Waarschuwingstijd LIWO

- De beschikbare tijd voor opschaling en besluitvorming is gebaseerd op het LDHO en de uitwerking rampenoefeningen als Waterproef. Het gehele proces van opschalen tot GRIP4 (of hoger) kost enige tijd. Het is noodzakelijk dat de verschillende crisisteams worden gemobiliseerd en dat scenario's worden uitgewerkt.
- Ook de besluitvorming kost tijd (in Waterproef orde 1 dag). Dit komt door de benodigde interactie binnen een veiligheidsregio, tussen de veiligheidsregio en met de landelijke crisisdiensten. In rivierenscenario's is er meestal wat meer tijd dan in stormscenario's.
- De hoeveelheid mensen die een gebied kan verlaten als eenheid van tijd is gebaseerd op de onderliggende scenario's van de studie Evacuatieschattingen Nederland (Maaskant et al 2009).
- In geval van een stormscenario is aangenomen dat tijdens de duur van de storm de evacuatie wordt stilgelegd. In de praktijk zal er wellicht een kleine groep mensen alsnog kunnen evacueren. Het stilleggen van de evacuatie is onderbouwd met de keuzes die overheid maakt, de adviezen die in geval van extreme wind worden gegeven vanuit allerlei organisaties en de windschade die leidt tot beperkingen in het aantal verplaatsingen.
- Het moment van falen van een waterkering is zeer onzeker. Het is bijvoorbeeld niet altijd het geval dat de kering faalt tijdens het optreden van de piekwaterstand, het kan ook eerder of later. Wel gaan we uit van een correlatie met een hoogwater. In het rivierengebied is de duur van een hoogwater veel langer dan aan de kust. De onzekerheid over het moment van falen in het rivierengebied is dan ook groter dan langs de kust waar het enkele uren zal zijn.
- De onzekerheid over het moment van falen is ook afhankelijk van de faalmechanismen. Mechanismen als overtopping/overslag zijn goed in te schatten op basis van

waterstandsverwachtingen. Voor andere faalmechanismen is de periode tussen detectie van het mechanisme en optreden van falen veelal korter dan bij verwachte hoge waterstanden en overlopen van keringen (Barendregt et al 2005).

- In deze studie is geen onderscheid gemaakt in verschillende overstromingsscenario's. Door beschouwen van meer overstromingsscenario's kan het effect van deze onzekerheid worden meegenomen. Door het meenemen van een betere ruimtelijke modellering van de aankomsttijd kan zowel de acute evacuatie als de locatie waar mensen worden blootgesteld worden bepaald. Nu is dat eenvoudig gemodelleerd:
 - Iedereen die niet het gebied kan verlaten is een achterblijver, het aantal slachtoffers is bepaald op basis van een gemiddelde mortaliteit (tenzij voor de groep ongewenst blootgesteld of die verticaal evacueert).
 - De effectiviteit van evacuatie in de acute uitvoeringsfase is bepaald op basis van dezelfde functie als voor de doorbraak. In werkelijkheid zal de effectiviteit van acute evacuatie ook ruimtelijk variëren.
- Door Dannenberg (2020) is aan de TUDelft onderzoek gedaan naar gedrag van mensen en de wijze waarop de vertrekcurve van invloed is op de verplaatsing van A naar B. Hieruit bleek dat verbeteringen in dit vertrekgedrag nauwelijks leiden tot een verbetering van de evacuatie als het wegennet al overbelast is. Het beperkte effect van de vertrekcurve op de effectiviteit van evacuatie wordt met name veroorzaakt door de al bestaande drukte op de wegen. Het vertrekgedrag is niet de bepalende variabele voor de effectiviteit van evacuatie. Indien de drukte op de wegen minder groot is dan blijkt gedrag wel een factor met invloed. Dat betekent dat gedrag (in relatie tot de verplaatsing van A naar B en de vertrekcurve) alleen relevant is voor laag bevolkte gebieden met veel wegcapaciteit, of voor gebieden waar middels de gekozen evacuatiestrategie drukte op de wegen wordt voorkomen. Het gedrag is dan ook niet als stochast meegenomen in de evacuatieboom. De vertrekcurve zelf is dus niet gevarieerd.

4.2 Stormgebeurtenis (Eiland van Dordrecht)

4.2.1 Overstromingsscenario en evacuatieboom

Het overstromingsscenario is het gevolg van een doorbraak langs het Hollands Diep¹. De omstandigheden zijn dat er relatief hoge rivierafvoer is in combinatie met een gesloten Maeslantkering vanwege hoge zeestanden (NAP 3.75m in de Maasmonding) en wind a 23 m/s aan de kust (wat ongeveer windkracht 9 is). De duur van de storm is 35 uur. In dit scenario is ook de omgeving van Dordrecht bedreigd en zal men evacueren. Het betreft in dit scenario 20.000 getroffen mensen. Op het moment van het evacuatiebesluit zal dit betrekking hebben op het gehele Eiland van Dordrecht en gebieden in de omgeving.

De aankomsttijd varieert van minder dan 5 à 6 uur ten zuiden van de Wieldrechtse zeedijk tot maximaal zo'n 30 uur in sommige locaties ten noorden van de Wieldrechtse zeedijk. De Wieldrechtse zeedijk overstroomt na ongeveer 8 uur.

Er is in de uitwerking van de evacuatieboom geen onderscheid gemaakt in verschillende zones of aankomsttijden. Dat komt omdat de meeste mensen boven de Wieldrechtse Zeedijk wonen, en het onderscheid in aankomsttijd in dit gebied beperkt is en ligt tussen ongeveer 8 en 30 uur. De mensen die in dit gebied wonen hebben wellicht nog relatief grote ontsnappingsmogelijkheden naar

¹ Dkr22 km 19,0), (y: 417539.996203, x: 104379.99024

veilig gebied op het Eiland van Dordrecht. Echter de vraag is of deze veilige gebieden voor iedereen bereikbaar zijn omdat het hele Eiland evacueert en de wegen dus vol zijn. Ook zal de informatie die bekend is in doorgerkende scenario niet bekend zijn in de werkelijkheid. Dat betekent dat ook het gedrag van mensen buiten het overstroomd gebied van invloed is op de mogelijkheden om het overstroomd gebied te verlaten.

In de Figuur 5 zijn de gekozen instellingen voor de evacuatieboom opgenomen voor de stormgebeurtenis.

De beschikbare tijd wordt bepaald door de tijd van alertering te nemen en daar de tijd die nodig is voor waarschuwen, beslissen, logistiek en communicatie af te trekken. Ook wordt de tijd waarin geen evacuatie kan plaatsvinden vanwege storm nog afgetrokken van de beschikbare tijd. In de berekeningen waarin rekening is gehouden met aankomsttijd wordt de aankomsttijd (gereduceerd met de tijd waarin het stormt) opgeteld bij de eerder berekende beschikbare tijd.

In het meest waarschijnlijke scenario er 21 uur beschikbaar is voor de uitvoering van de verplaatsing van A naar B. Deze 21 uur is bepaald op basis van de tijd op basis van de gemiddelde alertering, tijd voor opschalen, tijd voor beslissen en voorbereiden en start van de storm. In dit scenario is ondersteld dat tijdens de stormperiode er niet wordt geëvacueerd. Omdat het bij dit scenario gaat om een storm met windkracht 9 is het onzeker of de evacuatie daadwerkelijk wordt stilgelegd, daarom zijn beide situatie beschouwd. Wanneer er geen storm is dan is er meer tijd beschikbaar voor evacueren. Deze tijd wordt nog wel beïnvloedt door het moment van dijkfalen.

De benodigde tijd voor uitvoering van de evacuatie (onzekerheid nummer 5 in Figuur 5) is opgenomen in Tabel 3.

	Vroeg of optimistisch		Gemiddeld		Laat of pessimistisch		
	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	
1 Alterteren (Tijd beschikbaar tot aan verwachte moment dijkfalen)	20%	120	60%	96	20%	72	
2 Waarschuwen / Opschalen (benodigde tijd)	20%	12	60%	24	20%	36	
3 Beslissen (benodigde tijd)	20%	12	60%	24	20%	36	
4 Logistiek en communicatie (benodigde tijd)	20%	6	60%	12	20%	24	
5 Verplaatsen van A naar B (benodigde tijd)	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	I
6 Start storm (tijd voor verwacht moment falen)	20%	10	60%	15	20%	20	II
7 Momenten Falen kering (tijd tov verwacht moment falen)	20%	5	60%	0	20%	-5	III
8 Wijze van falen kering	20%	P1	60%	P2	20%	P3	IV
9 Duur storm (tijd tov start storm)	20%	15	60%	20	20%	25	
10 Aankomsttijd (tijd tov verwacht moment falen)	20%	30	60%	20	20%	15	V
11 Verplaatsen van A naar B	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	VI

I f (t) op basis van onderliggende scenario's evacuatieschattingen NL
 II reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming
 III reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming
 IV de wijze van falen kan leiden tot een ander overstromingspatroon
 V een gemiddelde aankomsttijd horende bij het scenario, te updaten op basis van modelberekeningen de effectiviteit van uitvoering van de evacuatie, f (t) op basis van onderliggende scenario's
 VI evacuatieschattingen NL

Figuur 5 Parameters in faalpad bij preventieve evacuatie met storm

Dagen	Effectiviteit evacuatie als % Optimistische uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Gemiddelde uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Pessimistische uitvoering
5	100	100	100
4	100	100	100
3	100	100	82

Dagen	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %
	Optimistische uitvoering	Gemiddelde uitvoering	Pessimistische uitvoering
2	100	97	71
1	100	74	47

Tabel 3 Benodigde tijd $f(t)$ voor preventief evacueren (Maaskant et al 2009)

In Tabel 4 is opgenomen hoeveel events in een bepaalde range met beschikbare tijd voor evacuatie vallen als rekening wordt gehouden met storm. Het aantal events is gebaseerd op de uitwerking van de evacuatieboom waarbij voor alle events is bepaald hoeveel tijd beschikbaar is voor uitvoering van de evacuatie

Beschikbare tijd	Tot aan moment doorbraak	Inclusief aankomsttijd
Onverwachte events	24%	8%
tussen 0 en 12 uur	16%	11%
tussen 12 en 24 uur	16%	15%
tussen 24 en 36 uur	16%	16%
tussen 36 en 48 uur	13%	16%
tussen 48 en 60 uur	9%	14%
Events >60 uur	5%	19%
	totaal 100%	totaal 100%

Tabel 4 Percentage van de events met een bepaalde hoeveelheid beschikbare tijd voor evacuatie

4.2.2 Resultaten preventieve evacuatie

In geval storm

Het toepassen van de evacuatieboom, voor de situatie waarin rekening wordt gehouden met storm waardoor de evacuatie in deze periode tot stilstand komt, leidt tot de volgende schattingen voor de effectiviteit van evacuatie en het aantal slachtoffers:

Voor de deterministische benadering leidt dit bij het gekozen scenario tot:

- Tot aan de doorbraak: 65% kan preventief evacueren, onder de achterblijvers vallen 14 slachtoffers.
- Inclusief acute uitvoeringsfase: 86% kan preventief evacueren, onder de achterblijvers vallen 6 slachtoffers.

Voor de probabilistische benadering leidt dit tot:

- Tot aan de doorbraak: 37 slachtoffers. 18 van deze slachtoffers vallen omdat die onderweg tijdens de evacuatie stranden waarbij de verwachting op het moment van besluitvorming was dat ze preventief hadden kunnen evacueren.
- Inclusief acute uitvoeringsfase 33 slachtoffers. 23 van deze slachtoffers vallen onderweg.

De toename in het aantal slachtoffers wordt verklaard door de mensen die ongepland (dus vanwege de onzekerheid) worden blootgesteld aan de overstroming. De deterministische benadering onderschat dus het aantal slachtoffers.

Als gevoeligheid is ook nog gekeken hoeveel slachtoffers voorkomen kunnen worden door verbeteringen. In deze scenario's is er meer tijd beschikbaar vanwege onzekerheden. Als er

perfecte informatiesystemen zouden bestaan, en perfecte coördinatensystemen dan kan deze kennis worden benut om nog meer mensen te evacueren. In totaal kan slechts een enkel 3 slachtoffer extra worden voorkomen in de deterministische benadering al dan niet met aankomsttijd.

Als er geen storm zou zijn

Als de wind geen beperkende factor is dan is er meer tijd beschikbaar voor de evacuatie voor en na de doorbraak. In Tabel 5 is opgenomen hoeveel events in een bepaalde range met beschikbare tijd voor evacuatie vallen als de storm niet leidt tot beperkingen. Vergelijken met Tabel 4 laat duidelijk zien dat er dus meer tijd beschikbaar is.

Beschikbare tijd	Tot aan moment doorbraak	Inclusief aankomsttijd
Onverwachte events	9%	0%
Events tussen 0 en 12 uur	14%	3%
Events tussen 12 en 24 uur	16%	8%
Events tussen 24 en 36 uur	16%	15%
Events tussen 36 en 48 uur	16%	15%
Events tussen 48 en 60 uur	13%	16%
Events >60 uur	16%	43%
Totaal	100%	100%

Tabel 5 Percentage van de events met een bepaalde hoeveelheid beschikbare tijd voor evacuatie zonder storm

Indien de storm niet leidt tot een beperking van de evacuatie dan leidt de toepassing van het faalpad leidt tot de volgende resultaten:

Voor de deterministische benadering leidt dit bij het gekozen scenario tot:

- Tot aan de doorbraak: 86% kan preventief evacueren, onder de achterblijvers vallen 6 slachtoffers.
- Inclusief acute uitvoeringsfase: 98% kan preventief evacueren, onder de achterblijvers valt er 1 slachtoffer.

Voor de probabilistische benadering leidt dit tot:

- Tot aan de doorbraak: 32 slachtoffers. 21 van deze slachtoffers vallen omdat die onderweg tijdens de evacuatie stranden waarbij de verwachting op het moment van besluitvorming was dat ze preventief zouden kunnen evacueren.
- Inclusief acute uitvoeringsfase 26 slachtoffers. 21 van deze slachtoffers vallen onderweg.

Gevoeligheidsanalyse preventieve evacuatie

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van een gevoeligheidsanalyse opgenomen. Deze gevoeligheidsanalyse laat zien wat de 'gevoelige' parameters zijn. Uitgegaan is van het scenario met storm. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat:

- Onzekerheden in het evacuatieproces meenemen leidt tot minimaal een factor 2,5 hogere schattingen van het aantal slachtoffers. Deterministische schattingen zijn optimistisch, mogelijk ook over het effect van maatregelen.
- Het effect van de onzekerheid na de doorbraak meer invloed heeft dan voor de doorbraak, dat kan worden verklaard omdat de aankomsttijd relatief beperkt is.
- Het reduceren van de onzekerheid in de kwaliteit van de uitvoering relatief veel invloed heeft.

- Voor Dordrecht wordt de kwaliteit van de uitvoering sterk beïnvloed door de mogelijkheden om het eiland te verlaten.
- De beschikbare tijd verlengen effectief is, echter het resultaat nog enigszins beperkt is vanwege de onzekerheid.

Referentie is de situatie met storm	Slachtoffers bij deterministisch werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij deterministisch inclusief acute evacuatie	Slachtoffers bij probabilistisch en werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij probabilistisch inclusief acute evacuatie
Referentie	14	6	37	33
Halvering tijd voor beslissen (of waarschuwen, of verlenging alertering)	7	1	33	27
Halvering stormduur + tijd aanvang voor storm	9	2	33	29
Geen aankomsttijd	14	14	37	37
Referentie met altijd gemiddelde 'uitvoering' van A naar B	14	6	26	19
Referentie met altijd optimistische 'uitvoering' van A naar B	5	0	22	14
Referentie met altijd pessimistische 'uitvoering' van A naar B	24	16	30	26
Verdubbeling aankomsttijd	14	1	37	25
Aankomsttijd x 4	14	0	37	6
1 dag minder door te laat alerteren	40	25	41	40
Onzekerheid moment falen waterkering is 0	14	6	37	33
Onzekerheid aankomsttijd is 0	14	6	37	31
Onzekerheid moment falen waterkering, start en duur storm is 0	14	4	31	29
Onzekerheid verplaatsen van A naar B, moment falen waterkering, start en duur storm en aankomsttijd is 0	14	4	31	26

Tabel 6 Gevoeligheidsanalyse preventieve evacuatie (rekening houdend met storm)

4.2.3 Resultaten Verticale evacuatie

In dit hoofdstuk is gekeken naar de uitwerking van de evacuatieboom als gekozen is voor de verticale evacuatie. Verondersteld is dat 80% van de mensen (16.000 mensen) gehoord geeft aan het verticaal evacueren, en dat 20% (4.000 mensen) besluit alsnog preventief te evacueren. Ook de andere mensen op het Eiland van Dordrecht (en omgeving) evacueren, echter deze gebieden overstroomden niet waardoor er ook geen slachtoffers vallen (en dus buiten beschouwing zijn gelaten). Omdat er minder mensen op de weg zijn dan bij een preventieve evacuatie kunnen deze mensen ook sneller het gebied verlaten. De benodigde tijd voor uitvoering van de evacuatie is opgenomen in Tabel 7.

De mensen die verticaal evacueren hebben geen reistijd, immers de shelter is nabij. Veronderstel is dat:

- 30% naar een publieke shelter gaat
- 70% naar een plek in de eigen woning gaat en zich hier voorbereid.

De overige instellingen in de evacuatieboom zijn gelijk als bij preventieve evacuatie met storm.

Dagen	Effectiviteit evacuatie als % Optimistische uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Gemiddelde uitvoering	Effectiviteit evacuatie als % Pessimistische uitvoering
4	100	100	100
3	100	100	100
2	100	100	100
1	100	97	90

Tabel 7 Benodigde tijd $f(t)$ voor preventief evacueren

Resultaten

Onder de 16.000 mensen die verticaal evacueren vallen 7 slachtoffers, 6 in woningen en 1 in een shelter.

Het toepassen van de evacuatieboom levert informatie over slachtoffers onder de populatie die preventief evacueert (4.000 mensen). Dit leidt tot de volgende schattingen voor de effectiviteit van evacuatie en het aantal slachtoffers:

Voor de deterministische benadering leidt dit bij het gekozen scenario tot:

- Tot aan de doorbraak: 85% effectiviteit van evacuatie en 1 slachtoffer.
- Inclusief acute uitvoeringsfase: 98,5% effectiviteit van evacuatie en <1 slachtoffer.

Voor de probabilistische benadering leidt dit tot:

- Tot aan de doorbraak: 5 slachtoffers waarvan 2 slachtoffers onderweg.
- Inclusief acute uitvoeringsfase 3 slachtoffers waarvan 2 onderweg.

Gevoeligheidsanalyse

In de Tabel 8 zijn de resultaten van een gevoeligheidsanalyse opgenomen.

Deze gevoeligheidsanalyse laat zien wat de meest bepalende parameters zijn. Direct valt op dat de impact van de onzekerheden in absolute zin bij verticale evacuatie is veel kleiner dan bij preventieve evacuatie. Alhoewel er wel 5 x meer slachtoffers vallen door ongeplande blootstelling onder de kleine groep die preventief evacueert is het totaal aan slachtoffers onder de groep die verticaal evacueert significant. De onzekerheid in het aantal mensen dat verticaal evacueert en de bestemming haalt is vrijwel nihil. Dat komt omdat de bestemming altijd dichtbij is. Eventuele onzekerheid in de mortaliteitsfuncties tgv bijvoorbeeld onzekerheid in reddingcapaciteit en zelfredzaamheid, of onzekerheid over de omstandigheden in shelters is hier niet beschouwd.

In geval van verticale evacuatie vallen er ook: - 6 slachtoffers op de locatie 'thuis voorbereid' - 1 slachtoffers in een shelter De slachtoffers in de verdere tabel zijn degene die vallen als gevolg van niet afgeronde preventieve evacuatie.	Slachtoffers bij deterministisch werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij deterministisch inclusief acute evacuatie	Slachtoffers bij probabilistisch en werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij probabilistisch inclusief acute evacuatie
	1	<1	5	3
Referentie				

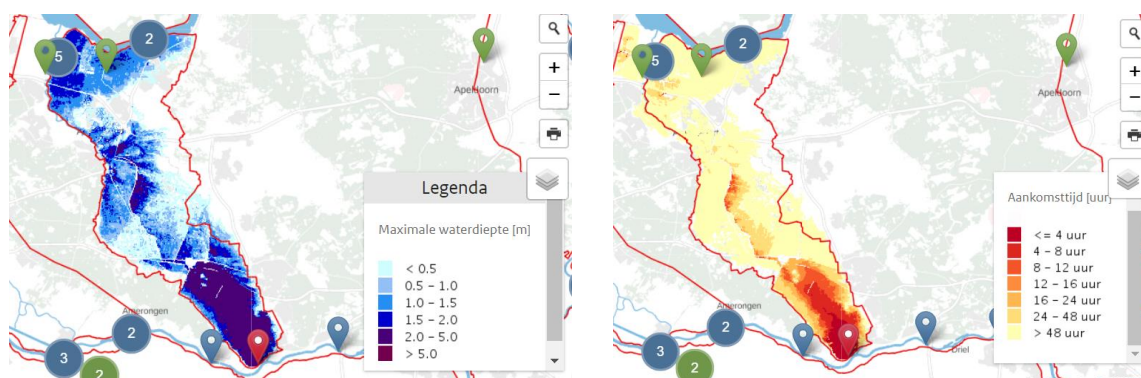
In geval van verticale evacuatie vallen er ook: - 6 slachtoffers op de locatie 'thuis voorbereid' - 1 slachtoffers in een shelter De slachtoffers in de verdere tabel zijn degene die vallen als gevolg van niet afgeronde preventieve evacuatie.	Slachtoffers bij deterministisch werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij deterministisch inclusief acute evacuatie	Slachtoffers bij probabilistisch en werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij probabilistisch inclusief acute evacuatie
Halvering tijd voor beslissen (of waarschuwen, of verlenging alertering)	0	0	3	1
Geen aankomsttijd	1	1	5	5
Verdubbeling aankomsttijd	1	0	5	1
1 dag minder door te laat alerteren	1	0	6	5
Referentie met altijd gemiddelde 'uitvoering' van A naar B	1	0	5	3
Referentie met altijd optimistische 'uitvoering' van A naar B	1	0	4	3
Referentie met altijd pessimistische 'uitvoering' van A naar B	2	0	5	3

Tabel 8 Gevoeligheidsanalyse verticale evacuatie (rekening houdend met storm)

4.3 Rivierengebeurtenis (Grebbedijk)

4.3.1 Overstromingsscenario en evacuatieboom

Uitgegaan is van een scenario voor de Grebbedijk opgesteld bij een 1/1250 per jaar afvoer. In dit gebied worden 247.000 mensen getroffen, zonder evacuatie vallen er 1164 slachtoffers op basis van SSM2017.



Figuur 6 Waterstanden en aankomsttijd

In de Figuur 7 zijn de gekozen instellingen voor de evacuatieboom opgenomen voor de rivierengebeurtenis (Scenario Grebbedijk). In het verwachte scenario is er 48 uur beschikbaar voor de uitvoering van de verplaatsing van A naar B. Deze 48 uur is bepaald op basis van de tijd na alertering, de tijd voor opschalen, beslissen en voorbereiden van de evacuatie. De benodigde tijd voor uitvoering van de evacuatie is opgenomen in Tabel 9. De aankomsttijd is voor dit overstromingsscenario van belang. In Tabel 11 is aangegeven hoe hiermee is omgegaan.

	Vroeg of optimistisch		Gemiddeld		Laat of pessimistisch		
	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	kans	tijd [uren]	
1 Alterteren (Tijd beschikbaar tot aan verwachte moment dijkfalen)	20%	160	60%	135	20%	120	
2 Waarschuwen / Opschalen (benodigde tijd)	20%	48	60%	24	20%	36	
3 Beslissen (benodigde tijd)	20%	48	60%	24	20%	36	
4 Logistiek en communicatie (benodigde tijd)	20%	9	60%	15	20%	21	
5 Verplaatsen van A naar B (benodigde tijd)	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	I
6 Start storm (tijd voor verwacht moment falen)	20%	0	60%	0	20%	0	II
7 Momenten Falen kering (tijd tov verwacht moment falen)	20%	24	60%	0	20%	-24	III
8 Wijze van falen kering	20%	P1	60%	P2	20%	P3	IV
9 Duur storm (tijd tov start storm)	20%	0	60%	0	20%	0	
10 Aankomsttijd (tijd tov verwacht moment falen)	20%	30	60%	24	20%	18	V
11 Verplaatsen van A naar B	20%	f (t)	60%	f (t)	20%	f (t)	VI

I f (t) op basis van onderliggende scenario's evacuatieschattingen NL
 II reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming
 III reductie op beschikbare tijd tov verwachte beschikbare tijd op moment van besluitvorming
 IV de wijze van falen kan leiden tot een ander overstromingspatroon
 V een gemiddelde aankomsttijd horende bij het scenario, te updaten op basis van modelberekeningen
 VI evacuatieschattingen NL
 de effectiviteit van uitvoering van de evacuatie, f (t) op basis van onderliggende scenario's evacuatieschattingen NL

Figuur 7 Parameters rivierenscenario

Dagen	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %
	Optimistische uitvoering	Gemiddelde uitvoering	Pessimistische uitvoering
5	100	100	100
4	100	100	100
3	100	99	99
2	100	98	98
1	96	85	66

Tabel 9 Benodigde tijd f(t) voor preventief evacueren (Maaskant et al 2009)

In Tabel 10 is opgenomen hoeveel events in een bepaalde range met beschikbare tijd voor evacuatie vallen. Na deze tabel is het aantal slachtoffers geschat.

Beschikbare tijd	Tot aan moment doorbraak	Inclusief aankomsttijd
Onverwachte events	5%	2%
Events tussen 0 en 12 uur	6%	4%
Events tussen 12 en 24 uur	9%	6%
Events tussen 24 en 36 uur	12%	7%
Events tussen 36 en 48 uur	14%	9%
Events tussen 48 en 60 uur	15%	11%
Events >60 uur	40%	61%
Totaal	100%	100%

Tabel 10 Percentage van de events met een bepaalde hoeveelheid beschikbare tijd voor evacuatie

Resultaten preventieve evacuatie

Voor het bepalen van het aantal slachtoffers is de aankomsttijd van belang. Op basis van de gekozen instellingen en de deterministische benadering is de effectiviteit van evacuatie ruim 99% in de deterministische aanpak (tot aan het moment van falen van de kering) afgerond 100% inclusief acute evacuatie. Het percentage evacuees is gebaseerd op basis van het aantal mensen dat preventief evacueert, er is dus geen rekening mee gehouden dat er ook achterblijvers zijn omdat ze niet willen evacueren (zoals is gedaan bij het afleiden van de evacuatiefracties). Het

aantal slachtoffers is dan respectievelijk 4 en 0 mensen, dit aantal is laag omdat in het verwachte scenario dus bijna iedereen het gebied al heeft verlaten. In de probabilistische benadering is de evacuatie in sommige gevallen minder effectief.

Wat het scenario van de Grebbedijk bijzonder maakt is de aankomsttijd. Het niet meenemen van de aankomsttijd zou een flinke overschatting van het aantal slachtoffers kunnen opleveren. Immers voor een groot deel van het gebied is het mogelijk om zelfs na een doorbraak een veilig heenkomen te zoeken.

Het aantal slachtoffers bij verschillende varianten van de aankomsttijd is opgenomen in Tabel 11. Uit de figuur blijkt de overschatting als 1 waarde wordt gehanteerd voor de aankomsttijd en als uitgegaan wordt van zones. In deze tabel is onderscheid gemaakt in vier zones van de aankomsttijd gebaseerd op Figuur 6.

	Tot aan moment doorbraak	Inclusief aankomsttijd
Geen onderscheid in zones (247.000 mensen, met aankomsttijd van 18, 24 of 30 uur)	184 mensen (waarvan 154 door ongeplande blootstelling)	156 mensen (waarvan 138 door ongeplande blootstelling)
Zones	64 mensen	61 mensen
6.000 mensen (15% van inwoners Wageningen) met aankomsttijd van 2, 4 of 6 uur.	4 mensen	4 mensen
60.000 mensen (inwoners Veenendaal) met aankomsttijd van 6, 10 of 14 uur.	45 mensen	44 mensen
20.000 mensen (verspreid wonende mensen) met aankomsttijd van 18, 24 of 30 uur.	15 mensen	13 mensen
161.000 mensen Aankomsttijd dermate lang dat ze het gebied verlaten hebben	-	-

Tabel 11 Geschatte aantal slachtoffers bij verschillende varianten en zones van de aankomsttijden bij de probabilistische benadering

Gevoeligheidsanalyse

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van een gevoeligheidsanalyse opgenomen voor alleen zone 2. Deze gevoeligheidsanalyse laat zien wat de 'gevoelige' parameters zijn. Uit de resultaten blijkt dat:

- Het meenemen van onzekerheden leidt tot sterke stijging (ruim meer dan een factor 10) van het aantal slachtoffers.
- Dat de bijdrage van het meenemen van de aankomsttijd beperkt is voor alleen zone 2. Deze zone is een gebied met relatief korte aankomsttijd. Het meenemen van de aankomsttijd van gebieden die verder weg liggen is wel relevant en leidt in de deterministische benadering tot een factor 3 minder slachtoffers.
- Dat het vergroten van de beschikbare tijd voor de doorbraak zeer effectief is (of anders, de onzekerheid in de beschikbare tijd voor de doorbraak heeft veel invloed).
- Het effect van onzekerheid in het moment van falen van de bres is zeer groot, orde grootte een factor 5 op het aantal slachtoffers.
- Dat het reduceren van de onzekerheid in de (dus de onzekerheid in de verplaatsing van A naar B) uitvoering invloed heeft, echter veel minder dan bij Dordrecht.

Referentie is de situatie met storm waarin alle onzekerheden zijn meegenomen. In de andere situaties is aangegeven met welke parameter is gevarieerd. Hierbij is verwezen naar Figuur 7 waarin de onzekerheden zijn beschreven. Referentie is uitgaande van 60.000 mensen met aankomsttijd van 6, 10 en 14 uur voor pessimistische, gemiddelde en optimistische variant.	Slachtoffers bij deterministisch werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij deterministisch inclusief acute evacuatie	Slachtoffers bij probabilistisch en werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij probabilistisch inclusief acute evacuatie
	Referentie	1	1	45
Halvering tijd voor beslissen (of waarschuwen, of verlenging alertering)	0	0	12	12
Referentie met altijd gemiddelde 'uitvoering' van A naar B	1	1	41	42
Referentie met altijd optimistische 'uitvoering' van A naar B	0	0	32	31
Referentie met altijd pessimistische 'uitvoering' van A naar B	1	1	56	58
Verdubbeling aankomsttijd	1	0	45	40
Aankomsttijd x 4	1	0	45	13
1 dag minder door te laat alerteren	2	2	136	163
Onzekerheid moment falen waterkering is 0	1	1	9	5
Onzekerheid aankomsttijd is 0	1	1	45	41

Tabel 12 Gevoeligheidsanalyse preventieve evacuatie

4.3.2 Resultaten verticale evacuatie

In dit hoofdstuk is gekeken naar de uitwerking van de evacuatieboom als gekozen is voor de verticale evacuatie. Verondersteld is dat 80% van de 86.000 mensen gehoord geeft aan het verticaal evacueren, en dat 20% (17.200 mensen) besluit alsnog preventief te evacueren. De aankomsttijd is gelijk gesteld aan zone 2 bij de preventieve evacuatie. Omdat er minder mensen op de weg zijn dan bij een preventieve evacuatie kunnen deze mensen ook sneller het gebied verlaten. De benodigde tijd voor uitvoering van de evacuatie is opgenomen in Tabel 13. Hiervan gaat:

- 30% naar een publieke shelter;
- 70% voorbereid naar een plek in de eigen woning of een woning in de nabijheid.

De overige instellingen in het faalpad zijn gelijk als bij preventieve evacuatie met storm.

Dagen	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %	Effectiviteit evacuatie als %
	Optimistische uitvoering	Gemiddelde uitvoering	Pessimistische uitvoering
4	100	100	100
3	100	100	100
2	100	100	100
1	99	98	97

Tabel 13 Benodigde tijd $f(t)$ voor preventief evacueren

Resultaten

Onder de 68.800 mensen die verticaal evacueren vallen 28 slachtoffers, 24 in woningen en 4 in een shelter.

Onder de 16.800 mensen die preventief evacueren zijn de slachtoffers geschat op basis van de evacuatieboom. In geval van de deterministische aanpak vallen er in de benadering tot aan de doorbraak, als met aankomsttijd, minder dan 1 slachtoffer. Vrijwel iedereen kan het gebied verlaten (>99% van de mensen). In de probabilistische benadering vallen er 9 slachtoffers als deze worden bepaald uitgaande van het moment van de doorbraak, en 8 slachtoffers als rekening wordt gehouden met de aankomsttijd. Voor beide situaties geldt dat 2 slachtoffers vallen omdat deze 'ongepland' getroffen worden, wat dus betekent dat ze alsnog tijdens de evacuatie zijn getroffen waarbij op het moment van besluitvorming de verwachting was dat ze het gebied wel zouden kunnen verlaten. De onzekerheid in het evacuatieproces kan dus ertoe leiden dat in gebieden dicht bij waterkeringen verticale evacuatie effectiever is dan preventieve evacuatie.

Gevoeligheidsanalyse

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van een gevoeligheidsanalyse opgenomen. Deze gevoeligheidsanalyse laat zien wat de 'gevoelige' parameters zijn. De gevoeligheden zijn gering, alleen indien er minder tijd beschikbaar is voor de evacuatie loopt het aantal slachtoffers sterk op.

Referentie is de situatie met storm waarin alle onzekerheden zijn meegenomen. In de andere situaties is aangegeven met welke parameter is gevarieerd. Hierbij is verwezen naar Figuur 7 waarin de onzekerheden zijn beschreven.	Slachtoffers bij deterministisch werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij deterministisch inclusief acute evacuatie	Slachtoffers bij probabilistisch en werkwijze tot aan doorbraak	Slachtoffers bij probabilistisch inclusief acute evacuatie
In geval van verticale evacuatie vallen er: 24 slachtoffers op de locatie 'thuis voorbereid' 4 slachtoffers in een shelter				
De slachtoffers in de verdere tabel zijn degene die vallen als gevolg van niet afgeronde preventieve evacuatie.				
Referentie	0	0	9	8
Halvering tijd voor beslissen (of waarschuwen, of verlenging alertering)	0	0	2	2
Verdubbeling aankomsttijd	0	0	9	8
1 dag minder door te laat alerteren	0	0	25	27
Referentie met altijd gemiddelde 'uitvoering' van A naar B	0	0	8	8
Referentie met altijd optimistische 'uitvoering' van A naar B	0	0	6	6
Referentie met altijd pessimistische 'uitvoering' van A naar B	0	0	11	12

5 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Deze studie geeft een inzicht in de mogelijke uitwerking van onzekerheden in het evacuatieproces op het aantal verwachte slachtoffers gegeven een overstromingsscenario en een evacuatiestrategie. Het effect van onzekerheden is duidelijk zichtbaar en significant, met name bij preventieve evacuatie. Als disclaimer bij deze studie geldt dat de onzekerheden zijn geschat op basis van expert judgment en op basis van theoretische kennis van het evacuatie- en overstromingsproces. Het verdient aanbeveling om de evacuatiebomen op te stellen in samenwerking met betrokken beheerders, en onderzoek te doen of de (relevante) onzekerheden kunnen worden verkleind en gerelateerd aan activiteiten in de preparatie.

De volgende conclusies en aanbevelingen zijn opgesteld:

1. Het rekening houden met onzekerheden in het evacuatieproces leidt tot toename van het verwachte aantal slachtoffers dan op basis van de deterministische benadering.
 - De effecten op het aantal slachtoffers door onzekerheid in het evacuatieproces hebben vooral bij preventieve evacuatie. In geval van verticale evacuatie is het evacuatieproces veel eenvoudiger, en hebben onzekerheden in het evacuatieproces dus minder invloed.
 - Voor de case in het benedenrivierengebied neemt het aantal slachtoffers, door rekening te houden met onzekerheid in het evacuatieproces (bij preventieve evacuatie) een factor 2,6 (tot aan doorbraak) tot 5,5 (inclusief aankomsttijd), toe. Voor de case in het rivierengebied neemt het aantal slachtoffers met meer dan een factor 10 toe voor de situaties waar de aankomsttijd beperkt is. Wel is er een omslagpunt bij de aankomsttijd, daarom is in deze studie gewerkt met verschillende zones voor de aankomsttijd. Als de aankomsttijd voldoende lang is dan is verondersteld dat hier geen slachtoffers vallen, onzekerheden spelen dan dus ook geen rol.
 - In geval van verticale evacuatie is er een gelijk patroon omdat een kleine groep alsnog preventief evacueert. Het gaat echter om lagere getallen en het effect van de onzekerheid is relatief klein ten opzichte van het aantal slachtoffers in shelters en woningen.
 - De mensen die 'on gepland' worden blootgesteld aan een overstroming leiden tot een toename van het aantal verwachte slachtoffers, deze toename is veel hoger dan de vermindering van slachtoffers in de situaties dat er soms meer tijd is. Dat betekent ook dat 'tijdmanagement' en een goede inschatting van de evacuatiemogelijkheden op het moment van besluitvorming belangrijker is dan het optimaliseren van de coördinatie en informatie-uitwisseling tijdens de uitvoering van een evacuatie om deze tijd maximaal te benutten.
 - Het effect van meenemen van de acute evacuatie (dus evacueren na een doorbraak, voor blootstelling aan het water) wordt kleiner als rekening wordt gehouden met onzekerheden. Deze conclusie heeft vooral betrekking op gebieden met een relatief korte aankomsttijd. Als de aankomsttijd voldoende lang is dan zullen deze mensen alsnog evacueren.
2. De meest bepalende parameter, waarvoor het dus zinvol is om de onzekerheid te verkleinen of in het algemeen te verbeteren, met als doel om het aantal slachtoffers nauwkeuriger in te schatten of te verbeteren is gebiedsspecifiek. Dit kan zowel gaan om het evacuatieproces als

om de mortaliteitsfuncties. Om te bepalen welke parameters het meest van belang zijn voor een gebied wordt aanbevolen om een globale evacuatieboom per gebied uit te werken op basis waarvan de vervolgstappen kunnen worden bepaald.

- Het verbeteren van de strategiekeuze: Het verkleinen van de kans op ongewenste blootstelling door verbeteringen in de evacuatiestrategie, door:
 - Niet uit te gaan van een strategie van enkel preventief of enkel verticaal evacueren maar een mix die start met verticaal evacueren aangevuld zo mogelijk met preventief evacueren;
 - Maximaliseer de snelheid van de verplaatsing, door het tegengaan van congestie zal de groep mensen die ongepland blootgesteld wordt; drastisch dalen. Inclusief het verbeteren van de kwaliteit van de logistieke uitvoering van de verplaatsing van A naar B (bij preventieve evacuatie) en het verkleinen van de onzekerheden in de uitvoering van een evacuatie

Het snel organiseren en beslissen over de uitvoering.

- De beschikbare tijd lijkt in het algemeen de meest cruciale parameter. Als er meer tijd beschikbaar is dan verbetert de evacuatie en daalt het aantal slachtoffers. De beschikbare tijd kan worden verbeterd door:
 - De beslissingsfase te versnellen of hier eerder mee te starten (eerder alerteren).
 - De onzekerheid in het moment van dijkfalen te verkleinen (wat effect heeft op de beschikbare tijd voor en na een doorbraak) en het overstromingspatroon (wat enkel effect heeft na een doorbraak). Voor het rivierenscenario, met relatief lange periodes van hoogwater, heeft de onzekerheid in het moment van dijkfalen zeer veel invloed op de effectieve van evacuatie. Maar ook voor het benedenriviereengebied is deze tijd van belang (al zal de beschikbare tijd beperkend blijven) in de situatie dat de storm geen belemmeringen oplevert.
 - Een beter zicht op het effect van storm, als evacuatie toch enigszins door kan gaan, zal leiden tot een aanzienlijke verbetering van de effectiviteit van evacuatie en daling van het aantal slachtoffers.
- Verbeteringen in de 'uitvoering' van evacuatie hebben vooral effect als de onzekerheid in de uitvoering kan worden verkleind. Het verkleinen van de onzekerheid heeft meer effect van het verbeteren van de uitvoering an sich.
- Het benutten van de aankomsttijd geeft een tweeledig beeld. De belangrijkste keuze is om de grens te bepalen daar waar de aankomsttijd er aanleiding tot geeft om te veronderstellen dat mensen blootstelling aan een overstroming kunnen voorkomen. Evenwicht moet worden gezocht in de volgende afweging:
 - In geval van een lange aankomsttijd (als het rivierenscenario) is het logisch om deze schattingen mee te nemen, immers de inwoners kunnen tijdig evacueren; het leidt anders tot een overschatting van het aantal slachtoffers.
 - In geval van een scherpe schatting van de aankomsttijd worden onzekerheden weer van belang en is er kans op ongeplande blootstelling.
 Het modelleren van het evacuatieproces waarbij de locatie wordt bepaald van blootstelling als functie van de beschikbare tijd voor evacueren geeft inzicht in de rol van de aankomsttijd.

3. De gebruikte mortaliteitsfuncties zijn een 'gemiddelde' die worden gebruikt voor alle dijkdoorbraken in Nederland. Verbeteringen in mortaliteitsfuncties moeten in het licht worden

bezien van de onzekerheid in het evacuatieproces en de kenmerken van het overstromingsverloop omdat beide invloed hebben op het eindresultaat.

Het verdient aanbeveling om mortaliteitsfuncties te verbeteren door rekening te houden met de locatie en omstandigheid tijdens de blootstelling. Dat betekent dat het effect van het evacuatieproces wordt meegenomen in de bepaling van het aantal slachtoffers. Het gaat hierbij om de hoeveelheid mensen die op een bepaalde plaats (en omstandigheid, dus de mate van beschutting en blootstelling aan water) worden blootgesteld en de mortaliteit voor deze situaties. Hierbij speelt ook de aankomsttijd een rol. De aankomsttijd wordt relevant indien deze significant is ten opzichte van de effectiviteit van de verplaatsing van A en B en de duur.

4. Aanbevolen wordt in een methode te ontwikkelen waarmee de preparatie op hoogwater, overstromingen en evacuatie, inclusief de verbeteringen zoals geïnitieerd door water en evacuatie en wave2020, te relateren zijn aan de (netto) beschikbare en benodigde tijd en het reduceren van de onzekerheid in het evacuatieproces.
5. Aanbevolen wordt om een evacuatiestrategie te ontwikkelen op het niveau van de dreiging omdat hiermee onzekerheden kunnen worden verkleind. Deze overstijgt gemeenten, waterschappen en veiligheidsregio's. Een slimme evacuatiestrategie is gebaseerd op:
 - Een mix van verticaal evacueren aangevuld met preventief evacueren daar waar het kan volgens tijd en ruimte factoren. Dit zal op niveau van de dreiging moeten worden bepaald.
 - Overkoepelend verkeersmanagement: De huidige evacuatieschattingen en verkeersmodellering gaat uit van grootschalige evacuatie wat leidt tot grote stagnatie op het wegennet. Door de files is er netto veel minder wegcapaciteit beschikbaar. Indien de files kunnen worden voorkomen door een slimme evacuatiestrategie wordt de kans op ongeplande blootstelling een stuk kleiner omdat reistijden worden verkort.
 - Vluchtplekken. Vluchtplekken zijn bedoeld voor mensen die schuilen en mensen die onderweg dreigen te stranden. Hierdoor kan de groep die ongewenst wordt blootgesteld dalen.
6. Voor gebieden met een beperkte aankomsttijd zijn onzekerheden in het evacuatieproces van belang. Als rekening wordt gehouden met onzekerheden dan stijgt de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers, als deterministisch wordt gerekend wordt het aantal slachtoffers onderschat. Ook kan verticale evacuatie in gebieden met weinig aankomsttijd soms leiden tot minder slachtoffers dan preventieve evacuatie als rekening wordt gehouden met onzekerheden. Dat terwijl als geen rekening wordt gehouden met onzekerheden preventief evacueren weer effectiever kan zijn dan verticaal evacueren. In dat geval zou verticaal evacueren te preveleren zijn boven preventief evacueren, andere en meer logische oplossingen zijn om deze gebieden voorrang te geven bij de preventieve evacuatie en de onzekerheden in het evacuatieproces te verkleinen door een betere preparatie.

6 Referenties

- Barendregt A, van Noortwijk J, van der Doef M en Holterman S. 2005. Determining the time available for evacuation of a dike-ring area by expert judgment. Paper at ISSH - Stochastic Hydraulics, 23 and 24 May 2005, at Nijmegen.
- Dannenberg 2020. Evacuation in flood threat scenarios. MSc thesis TUDelft.
- IenM 2016. Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingen Informatie-uitwisseling, afstemming over maatregelen en afstemming over pers- en publiekscommunicatie
- Kolen B, 2019. Programma van eisen schuillocaties bij ernstige wateroverlast en overstromingen.
- Kolen B, 2013. Certainty of uncertainty in evacuation for threat driven responses; Principles of adaptive evacuation management for flood risk planning in the Netherlands. PhD Thesis University of Nijmegen.
- Kolen B, Leenders J, Horn G. 2019. Storylines bestrijding en herstel bij overstromingen. HKV lijn in water.
- Kolen B, Maaskant B, Pleijter G 2014. Gedifferentieerde slachtofferfuncties. Differentie van slachtofferfuncties naar toestand en locatie ten behoeve van ruimtelijke analyses op gebied van waterveiligheid. HKV lijn in water.
- Kolen, B, Zethof M. 2018. Continu Inzicht. NKWN project waterveiligheid. HKV lijn in water.
- Kolen, B, Zethof M, Rongen G, Bierens J. 2017. Storylines voor het redden en vluchten na een overstroming. In opdracht van Water en Evacuatie. HKV lijn in water.
- Maaskant B, Kolen B, Jongejan R, Jonkman SN en Kok M 2009. Evacuatieschattingen Nederland. HKV lijn in water.
- Pleijter G, Kolen B 2016. Effecten van evacueren in SSM2015 Ruimtelijk gedifferentieerde slachtofferfuncties voor de bepaling van de effecten van preventieve en verticale evacuatie bij dreigende overstromingen. HKV lijn in water.
- Slager K. Wagenaar D. 2017. Standaardmethode 2017 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen. Deltares.

D Verslag van de werksessies met crisismanagers en waterveiligheidsexperts

Datum verslag 8 december 2020	Project 11205235-004 KPP HV02 2020 - Versterking onderzoek waterveiligheid Kunstwerken	Aantal pagina's 1 van 3
Contactpersoon Karin de Bruijn	Doorkiesnummer +31(0)88 335 8543	E-mail Karin.deBruijn@deltares.nl
Datum bespreking 30 november 2020	Vergadering Werksessie kennisalliantie Slachtoffers en evacuatie	

Werksessie Kennisalliantie Slachtoffers en evacuatie

Data: 30 -11-2020: met crisismanagers, 3-12-2020: met waterveiligheidsexperts

Organisatie: Durk Riedstra (WVL), Bas Kolen (HKV) en Karin de Bruijn (Deltares)

Aanwezigen 30-11-202: Marcel Matthijsse (VR Zeeland), Jaap Verweij (RWS-WMCN), Ellen Moens (RWS-VWM), Rik Heinen (Gemeente Dordrecht), Jos Ketelaars (Waternet), Raymond de Landmeter (Hollands Noorderkwartier), Mike Janssen (VR Limburg Noord), Anita Hagen en Jan-Anne van t Hof (gemeente Amsterdam), Jeroen Doornekamp (RWS), Elsbeth Beeke (VR Utrecht).

Aanwezigen 2-12-2020: Bas Jonkman (TU Delft), Deon Slagter (WVL), Bart Kornman (DGWB), Jos van Alphen (staf Deltacommissaris), Herman van der Most (Deltares), Ilka Tanczos (WVL), Rene Piek (Provincie Zuid-Holland), Koos Beurskens, Gertjan Winter, Dianne Hoogendoorn (Provincie Overijssel), Harold van Waveren.

Afmeldingen: Evert van der Meijde (Provincie Zuid-Holland), Eddy van Well (VR Zuid-Holland Zuid), Rick Krosenbrink (VR Limburg Noord), Bruno Goddijn (VR Noordoost Gelderland), Chris van Duuren (Schieland & Krimpenerwaard), Mark Schipper (VR Rotterdam-Rijnmond).

Programma:

1. Opening en introductieronde
2. Presentatie met:
 - a. kort overzicht resultaten kennisalliantie,
 - b. status quo mbt slachtofferbepaling en evacuatie,
 - c. resultaten storylines en evacuatiebomen en aanbevelingen
3. Discussie van de aanbevelingen
4. Sluiting

De presentatie is bijgevoegd.

Aanbevelingen

De gepresenteerde en bediscussieerde aanbevelingen zijn:

1. Verbeteren mortaliteitsfuncties zodat gevaarlijke plekken beter geïdentificeerd kunnen worden en slachtofferaantallen nauwkeuriger bepaald kunnen worden, met behulp van data van overstromingen in het buitenland en nieuwe inzichten.
2. Ondersteunen van de ruimtelijke component van evacuatieplannen en nationale / regionale samenwerking
3. Het opstellen van een handzame methode voor het bepalen van benodigde & beschikbare tijd en onzekerheden daarin en het bepalen van mogelijkheden voor verticale evacuatie met behulp van nieuwe kennis.
4. Het doen van een illustratieve casestudy naar implicaties voor een relevant gebied (effect van verbeteringen slachtofferfuncties en evacuatie op LIR, slachtoffers, mogelijke maatregelen en Ruimtelijke Adaptatie).

Impressie

De sessie is positief ontvangen. De deelnemers gaven aan dat ze positief verrast zijn over de kennis en activiteiten en dat het overleg bijdraagt aan het overbruggen van de afstand tussen beleid en kennisorganisaties. De deelnemers willen aangehaakt blijven. De sessies hebben laten zien dat er veel aandacht voor evacuatie en slachtofferrisico's is en dat het belang van het verbeteren van kennis op deze onderwerpen breed gedragen wordt. Er zijn duidelijk nog uitdagingen zoals bijvoorbeeld in het betrekken van de niet-technische partners bij het samen voorbereiden voor dreigingen, in communicatie, en het inschatten van benodigde en beschikbare tijd en onzekerheden daarin en het verbeteren van de slachtofferfuncties. Ook het identificeren van hotspots, en het bepalen van mogelijkheden voor slachtofferisicoreductie in gevaarlijke gebieden is belangrijk.

De suggesties en opmerkingen zijn meegenomen in de rapportage en worden ook meegenomen in de plannen van volgend jaar. De kennisalliantie heeft hierbij uw input nodig. We zullen op termijn nog een keer een dergelijke sessie organiseren om de wederzijdse betrokkenheid te vergroten.

Belangrijkste punten uit de discussie met crisismanagers

- De storyline kan bijdragen aan communicatie met partners en inwoners in de voorbereiding en bij communicatie van plannen en maatregelen. De storyline zou dan uitgebreid moeten worden met bijdragen van de niet-technische partners en samen met die partners verder ontwikkeld kunnen worden zodat gezamenlijk een beter begrip van de situatie en mogelijkheden gecreëerd wordt.
- Voor het nemen van beslissingen is informatie over gevaarlijke plekken cruciaal. Hiervoor is informatie nodig over het mogelijke overstromingsverloop, belangrijke factoren daarin en handelingsperspectieven. Het precieze aantal slachtoffers is minder relevant voor beslissingen in crisismanagement.
- Geef voor ieder gebied en dreiging de belangrijkste factoren aan die de beschikbare en benodigde tijd, het handelingsperspectief en de slachtofferaantallen bepalen en focus daarop bij verder onderzoek of verdere verbeteringen.
- Regionale afstemming is cruciaal: als ieder voor zich optimaliseert vallen er mogelijk meer slachtoffers dan nodig.
- De pilot die vanuit SMWO uitgevoerd gaat worden voor dijkkring 48 biedt belangrijke aanknopingspunten. Hier zouden we bij aan moeten sluiten.
- Breng het onderzoek verder onder de aandacht van de veiligheidsregio's zodat in de impactanalyses en andere activiteiten in het WAVE project er voordeel uitgehaald kan worden. Presenteer het op de netwerkdag van de Veiligheidsregio's.

Belangrijkste punten uit de discussie met waterveiligheidsexperts

- De bestaande evacuatiefractieschattingen zijn gebaseerd op kennis van voor 2010, de nieuwe kennis is daarin nog niet meegenomen. De schattingen zijn in DPV bewust conservatief gekozen. Een aantal aanwezigen gaf aan dat een zo goed mogelijke schatting zou moeten worden gemaakt, met onzekerheid daaromheen en geen conservatieve schatting.
- Bekijk voor welke normtrajecten het LIR een belangrijke rol speelt en of daar de mortaliteit en/of evacuatiefractieschattingen robuust zijn. Mogelijk kunnen op enkele plaatsen inschattingen verbeterd worden of kan met behulp van slimme combinaties aan de LIR eis voldaan worden met minder dijkversterking.
- Onderbouw de mortaliteitsfuncties voor Nederland op basis van nieuwe inzichten over huissterkte, etc en geef aan waardoor mensen kunnen komen te overlijden (waar de mortaliteit op gebaseerd is), ook voor mensen in shelters, en mensen die verticaal geëvacueerd zijn en gebruik data van buitenlandse overstromingen waar mogelijk voor onderbouwing.
- Breng voor enkele hotspots een volledig beeld in kaart en kijk voor het reduceren van slachtoffers naar mogelijkheden in zowel ruimtelijke adaptatie als crisismanagement en dijkversterking. Werk met scenario's in plaats van met worst-case aannames. Leg ook de link naar andere ontwikkelingen zoals de woningbouwopgave en klimaatadaptatie.

Overige punten uit de discussie en chat:

- Huissterkte: kijk ook naar houtskeletbouw, verschillende typen woningen en dergelijke.
- Bresgroeiaannames bepalen ook de hoeveelheid binnenstromend water en het overstromingsverloop. Geef hier meer aandacht aan.
- Mbt gedrag:
 - Gedrag mensen is lastig te voorspellen en beïnvloedt de bereidheid tot en effectiviteit van evacuatie.
 - Hieraan gerelateerd: er is uit ervaring met andere events geconstateerd dat paniek bij evacuatie nauwelijks een rol speelt.
 - Gedrag kan beïnvloed worden door effectieve communicatie. Hier zouden de veiligheidsregio's meer aandacht aan kunnen besteden.
- De storyline van Dordrecht is gedeeld door gemeente Dordrecht. Dit is een voorbeeld welke gemaakt is voor communicatie met partnerorganisaties (Stedin etc.) en verder is uitgewerkt en gebruikt voor communicatie naar burgers en allerlei organisaties. Deze storyline is zeer succesvol ingezet.
- De storyline en evacuatieboom kunnen wellicht bijdragen aan het opstellen van het regionaal risicoprofiel.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl