



# Storylines bestrijding en herstel bij overstromingen

Ter ondersteuning van de voorbereiding op  
overstromingsrampen

Opdrachtgever



Programma WAVE2020





Programma WAVE2020



# Storylines bestrijding en herstel bij overstromingen

---



Ter ondersteuning van de voorbereiding op  
overstromingsrampen

Eindrapport

**Auteurs**

Bas Kolen  
Jakolien Leenders  
Geerten Horn

PR3992  
oktober 2019



# Samenvatting

Wave2020 wordt uitgevoerd onder regie van de Stuurgroep Management Watercrises en Overstromingen (SMWO). Het programma ondersteunt veiligheidsregio's met kennis en onder andere handreikingen die kunnen worden gebruikt in de regionale planuitwerking.

Over het redden van mensen na een overstroming en het herstellen van een gebied na een overstroming is relatief weinig bekend. Ook is er geen praktijkervaring in Nederland met grote overstromingen. Vanuit WAVE2020 is de ambitie om de bestrijding en het herstel na een overstroming verder uit te werken. Hiervoor worden hulpmiddelen ontwikkeld die door veiligheidsregio's gebruikt kunnen worden om de regionale planvorming verder vorm te geven.

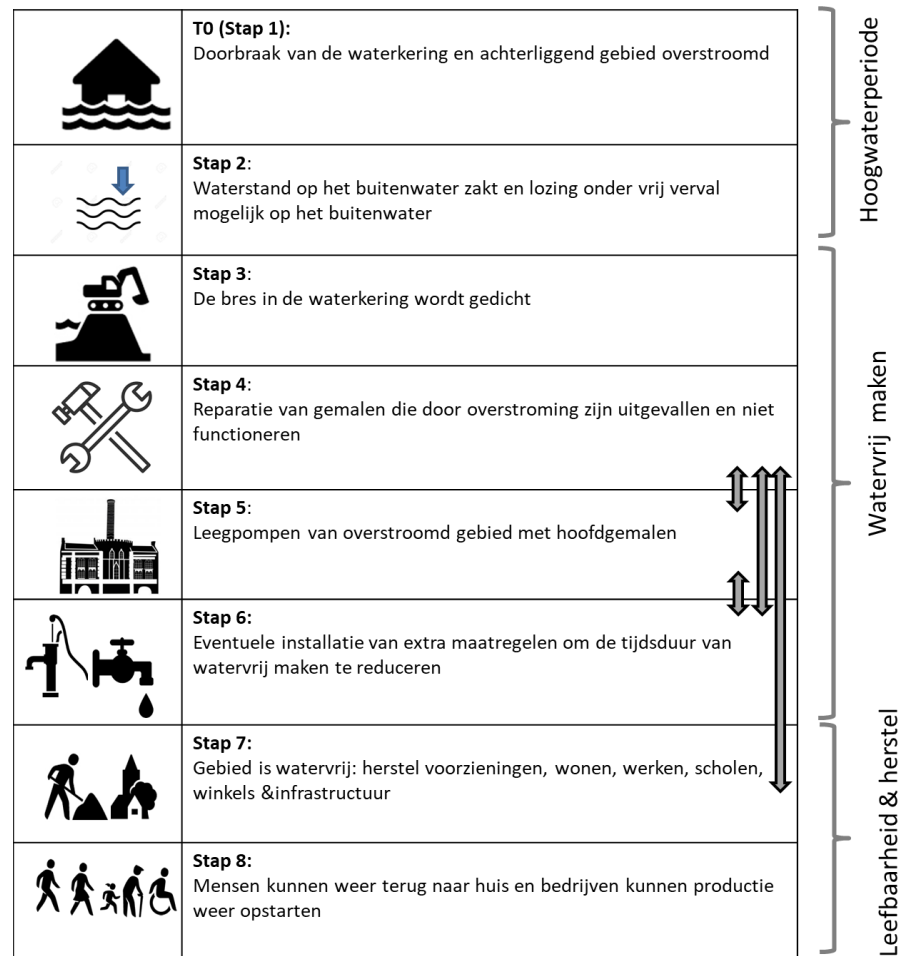
In deze studie zijn storylines opgesteld die het proces van watervrij maken beschrijven. Op basis van deze beschrijving zijn leerpunten opgesteld voor bestrijding (met de focus op redden) en herstel. Onderscheid is gemaakt in vier type gebieden:

1. Rivieren vrij afwaterend. Een rivierenoverstroming waarbij het gebied grotendeels op basis van vrij verval kan afwateren. Arcen (Limburg) is uitgewerkt als case;
2. Rivieren bemalen. Een rivierenoverstroming waarbij een aanzienlijk deel weggepompt moet worden. De Tieler en Culemborgerwaarden is als case uitgewerkt;
3. Stormvloed. Een overstroming door een stormvloed langs de kust. Ritthem (Walcheren) is als case uitgewerkt;
4. Regionaal. Een overstroming door een doorbraak van een regionale kering. Polder Vierambacht (Rijnland) is als case uitgewerkt.

Per gebied is de duur voor verschillende stappen in het proces van watervrij maken ingeschat (Stap 1 tot en met 6 in Figuur 1). Hierbij is rekening gehouden met lozen onder vrij verval, het sluiten van de bres en de inzet van nog beschikbare bemaling. Naast de duur is ook rekening gehouden met het ruimtelijk verloop, sommige gebieden vallen eerder droog dan anderen. Ook is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op deze bemaling door rekening te houden met inzet van beschikbare noodpompen.

De kennis over het watervrij maken, en het onderscheid in de type gebieden, is benut voor het opstellen van leerpunten (of kritische succesfactoren) voor bestrijding en herstel. Bij bestrijding ligt de focus op de reddingsopgave, met name in de week na de doorbraak. Bij herstel ligt de focus op de gehele periode van herstel totdat mensen kunnen terugkeren.

*Figuur 1  
Onderdelen  
hoogwaterperiode,  
proces watervrij  
maken tot terugkeer  
naar het gebied na  
een overstrooming.*

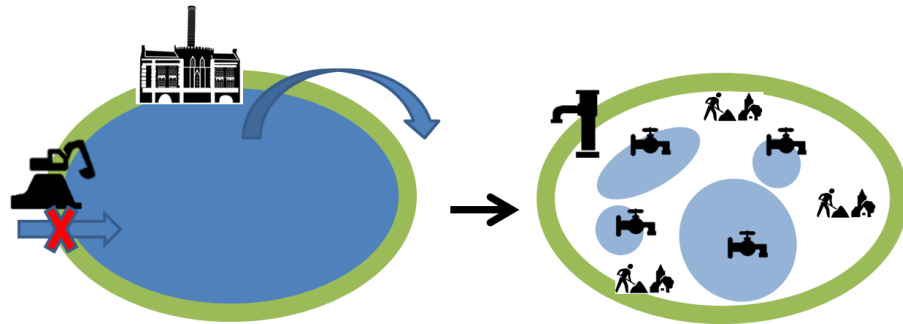


De belangrijkste leerpunten zijn:

- Binnen een overstroomd gebied is er veel onderscheid in tijd en ruimte tijdens het watervrij maken. Dat betekent dat het herstel al kan worden gestart als elders nog gebieden watervrij worden gemaakt.
- Geen enkel gebied kan zonder menselijke ingrepen geheel watervrij geraken. Door openingen te creëren aan benedenstroomse delen van hellende dijkringen kan veel water onder vrij verval worden geloosd.
- Tijdens het geheel watervrij maken van een gebied zijn er een paar belangrijke kantelpunten:
  - De bres is gedicht, er kan geen water meer in het gebied stromen (maar ook niet onder vrij verval eruit). Al het water zal weggepompt moeten worden of afwateren via sluisen in de bestaande afwateringsstructuur.
  - Grootschalig watervrij maken vs kleinschalige aanpak (zie Figuur 2).
    - Tijdens het grootschalig watervrij maken kan door pompen aan de rand van het overstroomd gebied water worden weggepompt. Het functioneren van het interne watersysteem is niet van belang omdat er voldoende water is.
    - Vele kleinschalige problemen. Tijdens deze fase heeft het grootschalig watervrij maken geen zin meer omdat er lokaal maatregelen nodig zijn. Hierbij is het functioneren van het

regionale watersysteem en de inzet van noodmiddelen van belang.

*Figuur 2  
Schematisch  
overzicht dat  
watervrij maken uit  
fasen bestaat.*



- Het is wenselijk een prioritering of verdringingsreeks op te stellen voor de inzet van noodmiddelen om een gebied watervrij te maken (vanuit de optiek van herstel). Het gaat hierbij met name om het verhelpen van de lokale problemen bij de type gebieden stormvloed en 'Rivieren bemalen' zodat ruimtelijke gefaseerd het herstel kan worden gestart. Voor de hellende delen in het rivierengebied zal het water grotendeels op basis van vrij verval wegstromen en is vooral de snelheid van het zakken van de hoogwaterstand van belang. Voor regionale keringen is de verwachting dat de beschikbare noodpompen de nu aanwezig capaciteit (die veelal niet meer zal functioneren) kan vervangen. Deze prioritering zal ook van belang zijn bij meervoudige doorbraken die vanuit de historie gezien voor kunnen komen.
- In de eerste dagen na de doorbraak is de maatregel met het grootste effect op het herstel het verkleinen van de hoeveelheid water die door een bres stroomt. Door de kleinere schade en de kleinere omvang van het getroffen gebied zal de periode van watervrij maken korter zijn en kan het herstel sneller plaatsvinden omdat de opgave kleiner is.
- Een redding strategie die al in de dreigingsfase wordt geoperationaliseerd is vooral van belang voor het type gebied stormvloed en rivieren bemalen. In deze gebieden zijn relatief veel achterblijvers.
- Daarnaast kan men 'slimmer evacueren' tijdens de evacuatie voor de doorbraak. Voor het type gebied 'Rivieren bemalen' is de logistieke opgave in de reddingsoperatie groot vanwege de grote afstanden die overbrugd moeten worden. Door slimmer te evacueren kan al ingespeeld worden op deze logistiek. Voor stormvloed kan met het evacuatieproces zo inrichten dat achterblijvers schuilen op locaties waarbij de waterstand snel daalt zodat ook vrachtwagen ingezet kunnen worden voor redding. Ook op deze manier kan de reddingsopgave worden verkleind.





# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding tot het project	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Aanpak van de werkzaamheden	2
1.4	Uitgangspunten	3
1.5	Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Achtergrond watervrij maken</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding	5
2.2	Tijdljn van overstroming tot herstel van een gebied	5
2.3	Scope watervrij maken en redden en herstel.	8
2.4	Relevante projecten – gebruikte achtergrondinformatie	8
<b>3</b>	<b>Uitwerking voor vier gebieden</b>	<b>11</b>
3.1	Inleiding	11
3.2	Beschrijving opzet cases watervrij maken	11
3.3	Resultaten per cases	16
3.4	Gevoeligheidsanalyse	25
3.5	Bevindingen watervrij maken	26
<b>4</b>	<b>Leerpunten voor bestrijding en herstel</b>	<b>31</b>
4.1	Inleiding	31
4.2	Ervaringen van de cases	31
4.3	Bestrijding (redden en vluchten)	35
4.4	Herstel	39
<b>5</b>	<b>Referenties</b>	<b>43</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>45</b>
A	Vershil maximale waterdiepte en eindbeeld overstroming	47



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding tot het project

Wave2020 wordt uitgevoerd onder regie van de Stuurgroep Management Watercrises en Overstromingen (SMWO). Het programma wil veiligheidsregio's ondersteunen met afspraken over informatie-uitwisseling en handreikingen. Landelijke ontwikkelingen worden gevolgd en er wordt gewerkt aan het opstellen van een bovenregionale strategie voor handelingsperspectieven.

Het programma WAVE2020 is de opvolger van het programma Water en Evacuatie. Binnen Water en Evacuatie is een handreiking opgesteld voor het uitvoeren van een impactanalyse, handelingsperspectieven, zelf- en samenredzaamheid en een gids informatievoorzieningen. Voor deze studie zijn met name de impactanalyses en de handelingsperspectieven van belang. In de impactanalyse staat het in kaart brengen van de mogelijke gevolgen van een overstroming centraal. Voor de handelingsperspectieven gaat het om de maatregelen die worden genomen om schade en slachtoffers zoveel mogelijk te voorkomen. Momenteel worden deze toegepast door de veiligheidsregio's waarbij er ook aandacht is voor redding en herstel.

Over het redden van mensen na een overstroming en het herstellen van een gebied na een overstroming is relatief weinig bekend. Ook is er geen praktijkervaring in Nederland met grote overstromingen. Wel zijn er enkele studies uitgevoerd naar redding en herstel. Zo is op basis van modellen van de Reddingsbrigade een systematiek ontwikkeld om een inschatting te maken van de duur van de reddingsfase (waarin alle achterblijvers het overstromd gebied verlaten). De methodiek van de reddingsbrigade toegepast voor Dordrecht en Katwijk (Kolen et al 2016). Hierbij is gebruik gemaakt van resultaten van een bevolkingsonderzoek waarin is gekeken naar beschikbare vluchtmiddelen en zelfredzaamheid. Ook is gebruik gemaakt van kennis over gezondheidsaspecten.

Vanuit WAVE2020 is de ambitie om de bestrijding en het herstel na een overstroming verder uit te werken. Hiervoor worden hulpmiddelen ontwikkeld die door veiligheidsregio's gebruikt kunnen worden om in de regionale planvorming verder vorm te geven.

## 1.2 Doelstelling

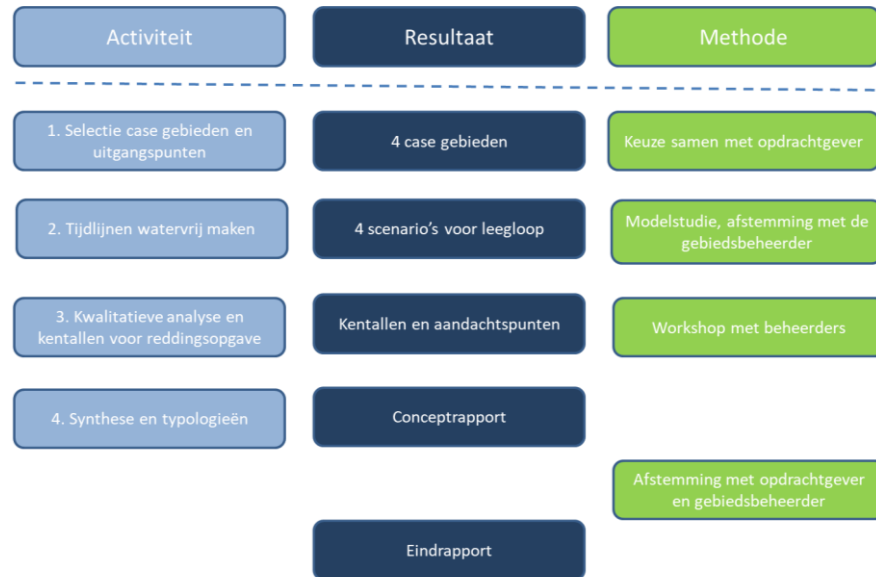
Het doel van dit project is het opstellen van storylines voor bestrijding en herstel na mogelijke overstromingen. Deze storylines worden gebruikt voor het opstellen van handvatten die gebruikt kunnen worden voor de planvorming op gebied van bestrijding en herstel na een overstroming.

## 1.3

## Aanpak van de werkzaamheden

De aanpak op hoofdlijnen is geschetst in Figuur 3. In de linkerkolom zijn de activiteiten benoemd. De resultaten van elke activiteit en de wijze waarop de resultaten zijn verkregen zijn ook in Figuur 3 opgenomen.

*Figuur 3  
Aanpak*



De aanpak bestaat uit 4 stappen:

1. Selectie van de gebieden die model staan voor vier gebiedstypologieën:
  - Rivieren vrij afwaterend. Een rivierenoverstroming waarbij het gebied op basis van vrij verval kan afwateren. Voor dit gebied is als casus Arcen (Limburg) gekozen;
  - Rivieren bemalen. Een rivierenoverstroming waarbij een aanzienlijk deel weggepompt moet worden. Voor dit gebied is als casus de Tieler en Culemborgerwaarden gekozen;
  - Stormvloed. Een overstroming door een stormvloed langs de kust. Voor dit gebied is als casus Zeeland gekozen met een doorbraak bij Ritthem (Walcheren);
  - Regionaal. Een overstroming door een doorbraak van een regionale kering. Voor dit gebied is als casus polder Vierambacht (Rijnland) gekozen.
2. Het opstellen van tijdelijnen voor het watervrij maken van de vier gebieden. Dit is gedaan op basis van een modelstudie voor elk gebied. Over het te hanteren model, de opzet en de uitgangspunten in de modelberekeningen is afgestemd met de waterbeheerders.

Aspecten in de berekeningen zijn: het overstromingssscenario dat als uitgangspunt in de berekeningen is gebruikt, de (nog) beschikbare gemaalcapaciteit, een eventuele bres die benedenstrooms is gerealiseerd voor lozing op vrij verval, het regionaal afwateringssysteem etc. Er is ook een gevoeligheidsberekening gedaan om het effect te bepalen van de

inzet van noodpompen per gebied (zowel waterschappen beschikken over noodpompen als het DCC IenW). Hiervoor is uitgegaan van een pompcapaciteitsvolume van 25 m<sup>3</sup>/s, deze capaciteit kan worden gerealiseerd op basis van beschikbare noodpompen van het DCC van IenW en de waterschappen.

3. Kwalitatieve analyse en kentallen voor reddingsopgave. Hierbij gaat het om het benoemen van verschillende activiteiten en kritische succesfactoren voor bestrijding (redden en vluchten) en herstel. De analyse is gedaan op basis van informatie uit eerdere studies en informatie opgehaald in dit project. In een workshop met experts, gehouden op 9 juli 2019, is een eerste analyse gepresenteerd. Op basis van de input van de deelnemers aan de workshop is de analyse verder aangescherpt. Het verslag van de workshop is opvraagbaar bij Veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid (VRZHZ).
4. Synthese en rapportage. De bevindingen uit de vier case gebieden worden vertaald naar generieke handvatten voor veiligheidsregio's. Deze handvatten kunnen door de veiligheidsregio's worden gebruikt om zelf de bestrijding en het herstel verder uit te werken.

## 1.4 Uitgangspunten

De volgende aannamen en uitgangspunten zijn bij de uitvoering van het project gehanteerd:

- De keuze voor gebieden die model staan voor het gebiedstype is gemaakt in overleg met de opdrachtgever.
- In het project is gebruik gemaakt van bestaande modellen en modelschematisaties, er zijn geen nieuwe modellen ontwikkeld. Hierbij is uitgegaan van de huidige situatie (situatie 2015).
- De uitgangspunten voor de randvoorwaarden voor het watervrij maken (als beschikbare gemaalcapaciteit) zijn afgestemd met het betreffende waterschap.
- Het startpunt voor de modelberekeningen om de duur voor het watervrij maken te bepalen is de eindsituatie van het overstromingsscenario. Deze eindsituatie is doorgaans anders (minder extreem) dan de maximale waterdiepte die veelal voor risico- en slachtofferanalyses worden gebruikt.

## 1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergrond van het proces van watervrij maken gebaseerd op kennis van eerdere studies. Deze achtergrond vormt het kader van denken voor deze studie. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitwerking van de tijdlijnen van het proces watervrij maken voor de 4 case gebieden. In hoofdstuk 4 zijn de leerpunten benoemd voor het proces van redden en herstel op basis van de tijdlijnen uit Hoofdstuk 3.



# 2 Achtergrond watervrij maken

## 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de verschillende stappen geschetst die worden onderscheiden in de tijdlijn om een gebied watervrij te maken (2.2) met daarbij de scope van deze studie (2.3). In paragraaf 2.4 is een overzicht van de literatuur opgenomen die gebruikt is aanvullend op de input van de experts in de workshop.

## 2.2 Tijdlijn van overstroming tot herstel van een gebied

De storylines zijn uitgewerkt aan de hand van een tijdlijn. Deze tijdlijn beschrijft het proces vanaf het moment dat de waterkering doorbreekt tot het moment dat het gebied is hersteld en mensen weer terug naar huis kunnen (Figuur 4).

*Figuur 4  
Tijdlijn proces van overstroming tot en met het herstel van het gebied  
(Uit Zethof et al 2016).*

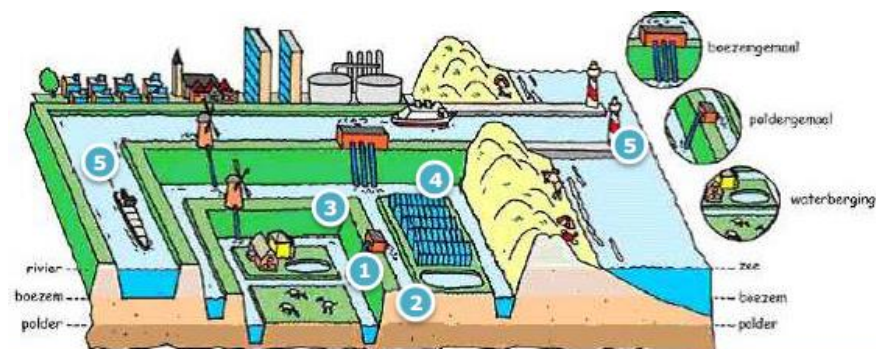


De tijdlijn beschrijft 8 stappen waarvan sommige ook parallel kunnen worden uitgevoerd:

1. Het moment dat de waterkering breekt en het achterliggend gebied overstroomd.
2. De buitenwaterstand zakt, en mogelijk is er lozing onder vrij verval op het buitenwater omdat het buitenwater zakt. Dit hoeft niet in elk scenario het geval te zijn. Bij een overstroming vanuit zee en gedeeltelijk bij rivieren geldt dit doorgaans wel. Bij een overstroming vanuit zee is er vaak sneller na het ontstaan van de bres lozing onder vrij verval mogelijk in vergelijking met een overstroming vanuit de rivier. Bij de zee zakt de buitenwaterstand sneller dan bij rivieren. Bij een overstroming vanuit een meer of boezemkering is er doorgaans geen lozing onder vrij verval mogelijk.

3. De bres in de waterkering die aanleiding was voor de overstroming wordt gedicht waardoor de (mogelijke) instroom stopt en lozing onder vrij verval door deze bres ook niet meer mogelijk is.
4. Herstel van (hoofd)gemaalcapaciteit die water uit het gebied op buitenwater pompt. Door de (nog) aanwezige gemaalcapaciteit kan water uit het gebied worden gepompt naar buitenwater. Indien er schade is zijn reparaties noodzakelijk aan het gemaal of voor de toevoer van energie. Ook kunnen noodgemalen worden geplaatst. In de studie van Zethof et al (2016) is ingeschat dat gemiddeld ca 50% van de hoofdgemalen niet meer zal functioneren ten gevolge van een overstroming. In Zethof et al (2016) is per waterschap een inschatting gemaakt van de beschikbaarheid van gemalen.
5. Deze stap betreft het werkelijk watervrij maken van het gebied. Bij een overstroming vanuit een rivier of zee is het mogelijk om water (deels) onder vrij verval te lozen op het buitenwater, als de waterstand in het overstroomd gebied hoger is dan de waterstand op de rivier of zee. Ook kunnen extra bressen worden gecreëerd op strategische plaatsen om verdere lozing onder vrij verval mogelijk te maken. In deze stap kan onderscheid worden gemaakt in twee onderdelen:
  - Watervrij maken door hoofdgemalen. Er is dermate veel water in het gebied dat het functioneren van het interne watersysteem nog niet van belang is. Door de inzet van hoofd- en noodgemalen kan het water middels één verhandeling vanuit de polder (of dijkkring) naar het buitenwater worden geloosd.
  - Functioneren gehele watersysteem. Na verloop van tijd is het water in het overstroomd gebied verminderd (door de inzet van hoofd- en noodgemalen) en verschuift het vraagstuk van centrale bemaling naar heel veel lokale knelpunten. Om het resterende water af te voeren is in principe het normale watersysteem van belang: Via sloten en stuwen (1) zal het water worden afgevoerd via poldergemalen (2) naar boezems en kanalen. Mits de regionale keringen nog functioneren kan het dan via de boezem (3) naar boezemgemalen (4) stromen waar deze het water op het buitenwater lozen en het verder kan afstromen (5).

*Figuur 5  
Watersystemen en  
processchema  
watervrij maken (Uit  
Zethof et al (2016),  
bewerkt van bron:  
HH Delfland)*



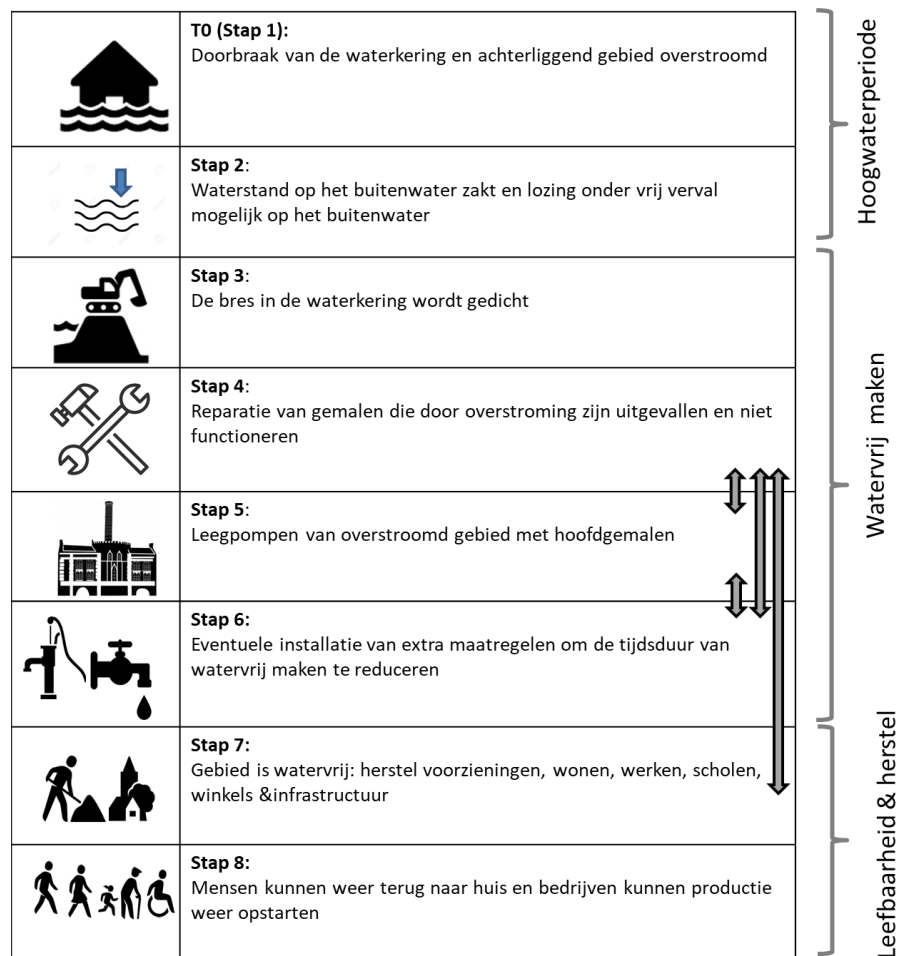
6. Noodgemalen. Het proces van watervrij maken kan mogelijk worden versneld door inzet van extra gemaalcapaciteit om het gebied watervrij te maken.



7. Herstel. Het gebied is watervrij, er kan begonnen worden met het herstel van voorzieningen, wonen, werken, winkels etc., om het gebied weer leefbaar te maken. In deze studie is te zien dat sommige gebieden al gefaseerd watervrij zijn en dat dus het herstel ook gefaseerd kan worden opgepakt.
8. Mensen kunnen weer terugkeren naar huis en bedrijven kunnen de productie weer opstarten. Het moment waarop terugkeer door de overheid wenselijk is, is afhankelijk van de voorzieningen. Tegelijkertijd kunnen mensen zelf eerder terug willen keren.

In deze studie is voor vier case gebieden het proces van watervrij maken, na een overstroming (stap 1 tot en met 6) geanalyseerd. (Figuur 4 en Figuur 6).

*Figuur 6  
Onderdelen  
hoogwaterperiode en  
proces watervrij  
maken tot terugkeer  
naar het gebied na  
een overstroming.*



De stappen zijn in de tijdlijn van Figuur 4 en Figuur 6 volgorde-lijk, maar kunnen soms ook naast elkaar worden uitgevoerd. In Figuur 6 is dit schematisch weergegeven met de grijze pijlen. Ook kan binnen een gebied differentiatie zijn. Zo kan in een deel al herstel plaatsvinden (stap 7) terwijl in een ander deel het water nog weggepompt wordt (stap 5). Zo kan ook een extra bres worden gecreëerd om water op vrij verval al te lozen voordat de initiële bres is gedicht.

## 2.3

### Scope watervrij maken en redden en herstel.

De inzichten die het verloop voor het watervrij maken oplevert (Hoofdstuk 3) worden gebruikt voor het identificeren van leerpunten voor bestrijding en herstel (Hoofdstuk 4). Deze leerpunten kunnen worden benut voor de regionale planuitwerking. Bij bestrijding staat het redden en vluchten centraal met als doel om zoveel mogelijk slachtoffers te voorkomen. Bij herstel staat de wederopbouw van een gebied weer centraal. In de studie is stilgestaan bij:

- Welke verschillen zijn zichtbaar bij de vier gebiedstypologieën?
- Wat is de betekenis voor de evacuatie voor de doorbraak en de redding na de doorbraak?
- Zijn er faseringen in ruimte en tijd te onderscheiden?
- Waar ligt het handelingsperspectief voor hulpverlening, waar kan men het grootste verschil maken voor redden en herstel?.

## 2.4

### Relevante projecten – gebruikte achtergrondinformatie

Kennis en informatie uit eerdere projecten wordt toegepast. HKV heeft in het verleden:

- Een KBA opgesteld voor de reddingsbrigade waarin een schatting is gemaakt in welke mate de kosten van het in stand houden van de reddingsbrigade opwegen tegen het aantal slachtoffers dat kan worden voorkomen. (Kolen en Rongen, 2016)
- Storylines voor het redden (door hulpverleners) en vluchten (samenredzaamheid waarbij mensen elkaar helpen) voor de gemeente Dordrecht, Veiligheidsregio Zuid- Holland Zuid en het programma Water en Evacuatie. Hierbij is een eenvoudig rekenmodel opgesteld waarmee de benodigde tijd voor het redden en vluchten kan worden geschat. Gezien de onzekerheid zijn hiervoor enkele hoekpunten uitgewerkt die samen een bandbreedte opleveren. Als onderdeel van deze storylines is:
  - een inventarisatie gemaakt naar de beschikbare levensmiddelen en reddingsmiddelen.
  - een workshop gehouden over gezondheid-aspecten. (Kolen et al, 2016)
- Overstromingsscenario's zoals beschikbaar op LIWO ([www.basisinformatie-overstromingen.nl](http://www.basisinformatie-overstromingen.nl)) en de onderliggende modellen (van de waterbeheerders) en scenario's zoals beschikbaar in de Landelijke Database Overstromingen in beheer van het IPO.
- In het programma 'evacueren kun je leren' ([www.evacuerenkunjeleren.nl](http://www.evacuerenkunjeleren.nl)) is in het verleden gekeken naar:
  - Schattingen gemaakt van de duur voor het watervrij maken van een gebied op basis van eenvoudige kentallen.
  - Reconstructies van tijdlijnen van herstel en terugkeer van overstromingen uit het verleden.

- Checklisten voor herstel en terugkeer (deze checklisten zijn destijds ook door de Taskforce Management Overstromingen geadopteerd). De resultaten uit deze studie dateren al vanuit 2008 en verdienen op diverse onderdelen een update (Vermeij et al., 2008).
- Een quickscan gedaan naar de kwetsbaarheid van gemalen om een gebied watervrij te maken na een overstroming in opdracht van het IenM en de UvW (Zethof et al, 2016).
- Beschikbare noodpompen via het DCC<sup>1</sup> of beschikbaar bij de waterschappen (UvW, 2016).

---

<sup>1</sup> <https://www.dcc-ienw.nl/themas/noodpompen-high-capacity-pumps>



# 3 Uitwerking voor vier gebieden

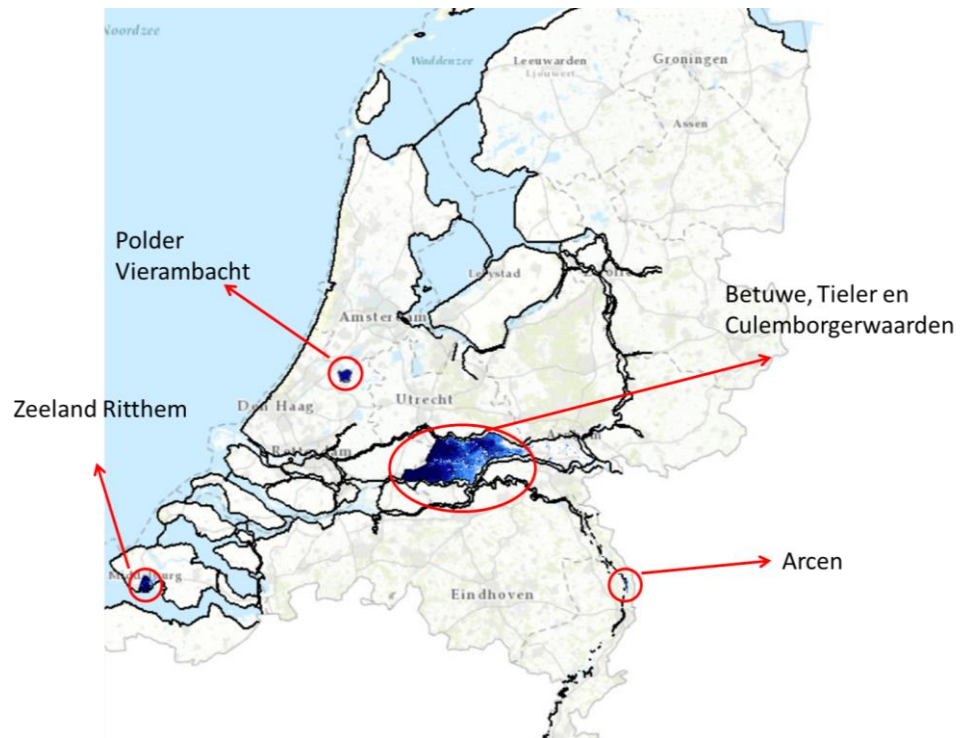
## 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn tijdlijnen geschetst voor het watervrij maken van de verschillende deelgebieden. In paragraaf 3.2 is de opzet van de uitwerking van de scenario's beschreven. Paragraaf 3.3 beschrijft de resultaten per case. De gevoeligheid voor de te hanteren gemaalcapaciteit is opgenomen in paragraaf 3.4 en in paragraaf 3.5 is een synthese van de bevindingen opgenomen.

## 3.2 Beschrijving opzet cases watervrij maken

Er zijn voor vier gebiedstypologieën tijdlijnen uitgewerkt voor watervrij maken. Figuur 7 geeft de casus gebieden die in deze studie zijn uitgewerkt. Tabel 1 geeft een overzicht van de karakteristieken van elk type gebied. In deze paragraaf zijn de belangrijkste bevindingen besproken, de casussen zijn in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.

*Figuur 7  
Vier casus gebieden*



Tabel 1  
Kenmerken type  
gebied

	Rivier, vrij afwaterend	Rivier, bemalen	Stormvloed	Regionaal
Casus	Arcen	Betuwe, Tieler en Culemborger- waard	Ritthem	Vierambacht
Omvang	klein	groot	middel	middel
Overstroming vanuit	Rivieren - Maas	Rivieren - Waal	Zee (Westerschelde)	Boezem Rijnland
Terrein	Hellend, maai veld hoger dan normaal rivierpeil	Hellend, maai veld deels lager dan normaal rivierpeil	Vlak, maai veld deels dager dan hoogwater bij getij	Vlak, maai veld lager dan boezempeil

De scenario's voor het watervrij maken zijn gebaseerd op bestaande overstromingsscenario's en modellen. Voor het bepalen van de schade, slachtoffers en risico's van een overstroming wordt vaak uitgegaan van de maximale waterdiepte die optreedt gedurende de overstroming. Deze kaartbeelden zijn bijvoorbeeld ook opgenomen in het LIWO. Voor de uitwerking van bestrijding en herstel na een overstroming is het van belang het overstromingsverloop te beschouwen.

Zo is voor de redding van mensen de situatie na een paar dagen van belang, wat niet per definitie de maximale waterstand is. Zo is in geval van een stormvloed de instroom van water door de bres na een paar dagen vaak gestopt, maar kan het water mogelijk nog wel 'doorstromen' naar diepere delen en op andere locaties weer zakken. Als er geen instroom meer is bij de bres, kan het water zich dus nog wel in het gebied verplaatsen. In vergelijking met de kaarten van de maximale waterdiepte kan een kaartbeeld een week na het ontstaan van de bres er dus anders uit zien: het water is mogelijk op een divers aantal plaatsen gezakt, sommige gebieden zijn mogelijk al weer droog gevallen. Of en de mate waarin dit gebeurt is uiteraard afhankelijk van de gebiedskenmerken. In bijlage A is hier verder op ingegaan.

### 3.2.1

#### Rivieren vrij afwaterend

Dit type gebied is representatief voor kleine dijkkringen die grotendeels onder vrij verval kunnen lozen.

Gekozen is voor Arcen. Arcen is gelegen langs de Maas, het gebied is relatief hoog gelegen ten opzichte van de rivier. Het is een hoog gelegen hellend gebied dat bij doorbraak van de kering relatief snel vol zal stromen. Het gebied gedraagt zich daarbij als een (hellend) bakje waarbij de verwachting is dat de waterstand in het gebied gelijk is aan de waterstand op de rivier. Als de waterstand op de rivier zakt zal een deel van het water via de bres

terugstromen. Het gebied is immers hoog gelegen ten opzichte van de normale rivierwaterstand. De verwachting is dat de rest van het water het gebied kan verlaten onder vrij verval als er benedenstrooms een bres wordt aangemaakt. Voor de uitwerking van de casus is uitgegaan van de huidige inrichting van het gebied, dat wil zeggen de situatie vòòr dijkversterking die momenteel in Limburg volop gaande is.

*Tabel 2  
Opzet scenario  
rivieren vrij  
afwaterend – casus  
Arcen*

Kenmerken watervrij maak scenario	Kaart (8 dagen na ontstaan bres)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximale waterstand: 17,54 m +NAP</li> <li>• Bodemhoogte bij bres (instroom bres): 16 m+NAP</li> <li>• 8 dagen na bres (zie figuur hier rechts) stopt de in- en uitstroom via de initiële bres. De waterstand op de rivier is dus flink gezakt.</li> <li>• Na 8 dagen zijn er benedenstrooms twee openingen gerealiseerd en worden duikers en afsluiters in primaire kering geopend. Er is geen rekening gehouden met noodpompen of bemaling.</li> <li>• Overstromingsmodel ontwikkeld op basis van 25x25m resolutie obv AHN3</li> <li>• Deel regionale watersysteem toegevoegd aan model voor afwatering</li> </ul>	

### 3.2.2

#### Rivieren bemalen

Dit type gebied is een groot gebied langs de rivieren waarbij aanzienlijke waterdieptes optreden. Het gebied is representatief voor de grote dijkringen in het rivierengebied.

De Betuwe-, Tieler en Culemborgerwaarden grenzen aan de noordzijde aan de Nederrijn en de Lek, aan de oostzijde aan het Pannerdensch kanaal, aan de zuidzijde door de Waal en de Boven-Merwede en aan de westzijde door de Diefdijklinie. Het gebied wordt daarnaast doorsneden door de rivier de Linge (oost-west) en het Amsterdam-Rijnkanaal (noord-zuid). Inundatie van het gebied kan dus vanuit verschillende wateren plaatsvinden. In deze studie is het basisscenario waarvoor de berekeningen zijn gedaan voor het watervrij maken een doorbraak vanuit de primaire kering aan de Waal bij de Bernhardsluis. In dit scenario overstroomt het gebied ten westen van het Amsterdam-Rijnkanaal en een deel ten oosten ervan.

In 1809 zijn de zogenaamde Lingewerken aangelegd in de Lingedijken, de rechter Waalbandijk, en de Diefdijklinie (Figuur 8). De Lingewerken zijn bedoeld om overstromingswater bij een doorbraak van de bandijken van Waal, Lek en/of Nederrijn te kunnen lozen op het buitenwater. Een aantal onderdelen van de Lingewerken zijn nu nog in gebruik. Het gebied is een hellend gebied, in het oosten is het maaiveld hoger gelegen dan in het

westen. De maaiveldhoogte bij Gorinchem ligt rond NAP. Dit is lager dan de normale waterstand op de rivier de Waal. De verwachting is daarom dat niet al het overstromingswater onder vrij verval zal kunnen afwateren.

Figuur 8  
Lingwerken  
(Bron:VNK2,2014)



Tabel 3  
Opzet scenario  
rivieren bemalen

Kenmerken watervrij maak scenario	Kaart
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doorbraak Bernhardsluis 1/1250 per jaar buitenwaterstand (bron VNK2, FLS model met alleen de Linge van het inliggende waterstelsel).</li> <li>• Na 16 dagen stopt doorstroom bres en sluiten bres.</li> <li>• Dalemse overlaten worden ingezet               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drie overlaten (bij Waalbandijk ) met een totale lengte van 700 m en een drempelhoogte op NAP+2,0m.Suatiesluis ingezet deze heeft een uitstromingsbreedte van 17,10 m (3 x 5,70) en een drempelhoogte van NAP-0,50m. Er is een gemiddelde capaciteit van de suatiesluis aangenomen van 200 m<sup>3</sup>/s is.</li> </ul> </li> <li>• Alle hoofdgemalen zijn uitgevallen door de overstroming en kunnen niet worden hersteld.</li> <li>• Afvoer Linge (door een stelsel aan sluisen tussen Asperen en Steenenhoek) indien het waterpeil in de polder zich bevindt tussen NAP+3,0m en NAP+1,5m én de waterstand in het Kanaal van Steenenhoek het conventiepeil niet overschrijdt. De afvoercapaciteit van de Linge is aangenomen op 25 m<sup>3</sup>/s (mondelijke communicatie waterschap).</li> </ul>	



### 3.2.3

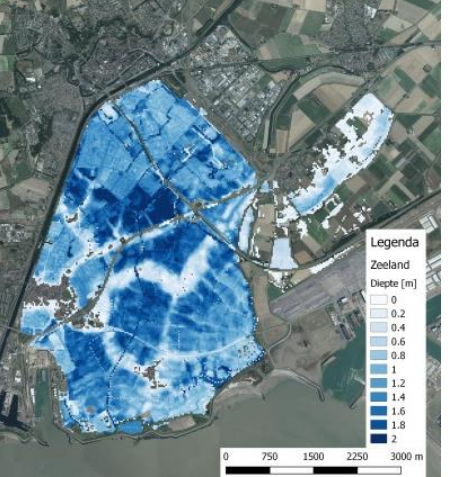
#### Stormvloed

Dit gebied is representatief voor een gebied langs de kust wat overstroomt na een stormvloed.

De casus voor een overstroming vanuit zee is gelegen op Walcheren en betreft een doorbraak bij Ritthem. Bij een doorbraak bij Ritthem loopt het gebied tussen Vlissingen en Middelburg ten oosten van het Kanaal door Walcheren onder.

Het gebied dat in het scenario overstroomt watert onder normale omstandigheden via Gemaal Zuidwatering af (capaciteit gemaal 393,3 m<sup>3</sup>/min), waar onder vrij verval via de spuikom geloosd kan worden op de Westerschelde.

Tabel 4  
Opzet scenario  
stormvloed

Kenmerken watervrij maak scenario	Kaart
<ul style="list-style-type: none"> <li>• doorbraak bij Ritthem 1/4.000 per jaar.</li> <li>• Bestaand model met een 25x25m resolutie.</li> <li>• Er is rekening gehouden met inzet van de bemaling voor het watervrij maken en lozing onder vrij verval gegeven de eb- en vloedmogelijkheden.</li> <li>• Het water dat op het kanaal door Walcheren geloosd wordt kan bij eb uitstromen. Om water via deze kanalen te kunnen lozen wordt gebruik gemaakt van de verbinding tussen Boreel en Zuidwatering. Water kan alleen naar Boreel stromen als de waterstand daar niet te hoog wordt. De huidige bemaling is nog beschikbaar.</li> </ul>	

### 3.2.4

#### Regionaal

Dit gebied is representatief voor een polder in een polder boezemsysteem.

Polder Vierambacht is gelegen in het beheergebied van Hoogheemraadschap Rijnland. De polder ligt ten noorden van Alphen aan den Rijn, grotendeels in de gemeente Kaag en Braassem. De polder kan onder normale omstandigheden via 2 gemalen afwateren: gemaal Vierambacht in het zuiden (capaciteit van 190 m<sup>3</sup>/min) en een gemaal in het noorden (capaciteit van 60 m<sup>3</sup>/min). De verwachting is dat bij een doorbraak van de boezemkade deze gemalen niet meer zullen werken. Dit betekent dat watervrij maken van polder Vierambacht bij inundatie op alternatieve wijze zal moeten gebeuren (mondelingen communicatie waterschap en Nieuwenhuizen en Cove, 2019). Aangezien de casus polder Vierambacht symbool staat voor een doorbraak

van regionale boezemkering is in de basis wel gerekend met de 'normale' gemaalcapaciteit van de gemalen om daarmee een beeld te krijgen van de duur van watervrij maken op basis van normale gemaalcapaciteit. In het basisscenario is gerekend met een evenwichtswaterstand; inundatie in de polder vindt plaats totdat er evenwichtswaterstand ontstaat tussen het waterpeil in de boezem en de polder. Er is geen rekening gehouden dat de bres mogelijk na een aantal dagen kan worden gesloten. In de discussie van de resultaten wordt hier op teruggekomen.

Tabel 5  
Opzet scenario  
regionaal

Kenmerken watervrij maak scenario	Kaart
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1D-model, aangeleverd door Waterschap.</li> <li>• Grid met 25x25m resolutie aangemaakt op basis van AHN3. .</li> <li>• Initiële waterstand: -1.546 m+NAP</li> <li>• Pomp capaciteit: noordelijke gemaal 60 m<sup>3</sup>/min, zuidelijk gemaal 190 m<sup>3</sup>/min.</li> </ul>	

### 3.3 Resultaten per cases

#### 3.3.1 Rivieren vrij afwaterend

Casusgebied Arcen laat zien dat door het zakken van de waterstand op het buitenwater veel water het gebied al kan verlaten.

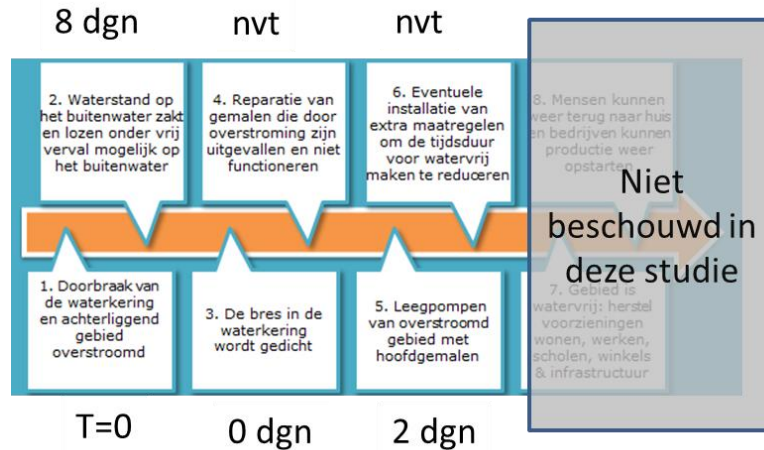
In Figuur 9 is de tijdlijn opgenomen voor het watervrij maken. In Figuur 10 zijn waterbeelden opgenomen op verschillende momenten. Te zien is dat de waterstand in het gebied daalt en de omvang van het overstroomd gebied verminderd als functie van de tijd. Figuur 11 geeft de verdeling van inundatiedieptes over verschillende waterdiepteklassen. Figuur 11 laat zien dat door het zakken van de buitenwaterstand (gedurende 8 dagen) grote verandering in de waterdiepten in het gebied optreden.

Door het zakken van het water stroomt het gebied via de bres weer leeg. Na 8 dagen is er geen doorstroom meer door de bres. Aangezien het gebied hoog gelegen is komt er ook geen water via de bres het gebied meer in of gaat het gebied uit. De piek in de waterstand treedt op aan het begin van de periode van 8 dagen, hierna daalt de waterstand op de Maas en stroomt er al water het gebied uit terug de Maas in.

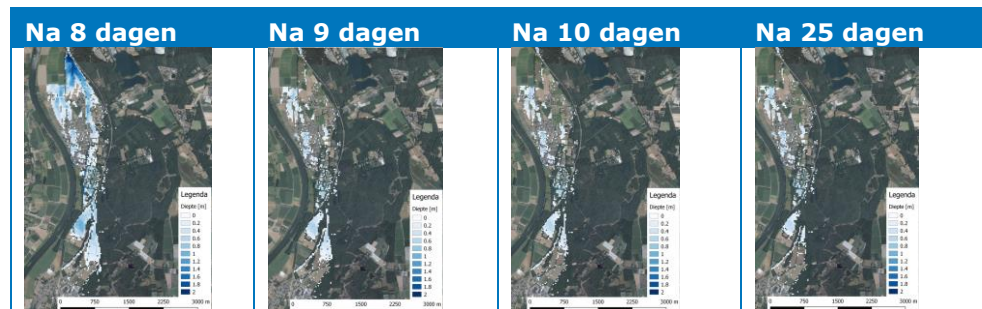
Na een periode van 8 dagen is de waterstand op de Maas zo ver gedaald dat deze onder het maaiveldniveau ligt van het beschermd gebied in Arcen. De bres hoeft daarmee niet gedicht te worden voor het verder watervrij maken van het gebied. Vanzelfsprekend dient de bres wel gedicht te worden voor daadwerkelijke terugkeer zodat bij een volgend hoogwater geen water het gebied in zal stromen.

Het resterende water benedenstrooms in het gebied wordt via een bres benedenstrooms onder vrij verval geloosd op de Maas. Deze bres moet worden aangebracht en vergt een (bestuurlijke) keuze. Er is vanuit gegaan dat deze keuze nu wordt gemaakt omdat deze het herstel bespoedigd, er toch al een bres is in dit gebied en het herstel kan worden gecombineerd. Het water stroomt vervolgens in ca 1 tot 2 dagen weg. Hierna is de situatie in het overstromingsgebied stabiel. Lokaal blijft er echter wel water achter in het gebied. Dit water zal naar verwachting infiltreren en via lokale watersysteem het gebied kunnen verlaten.

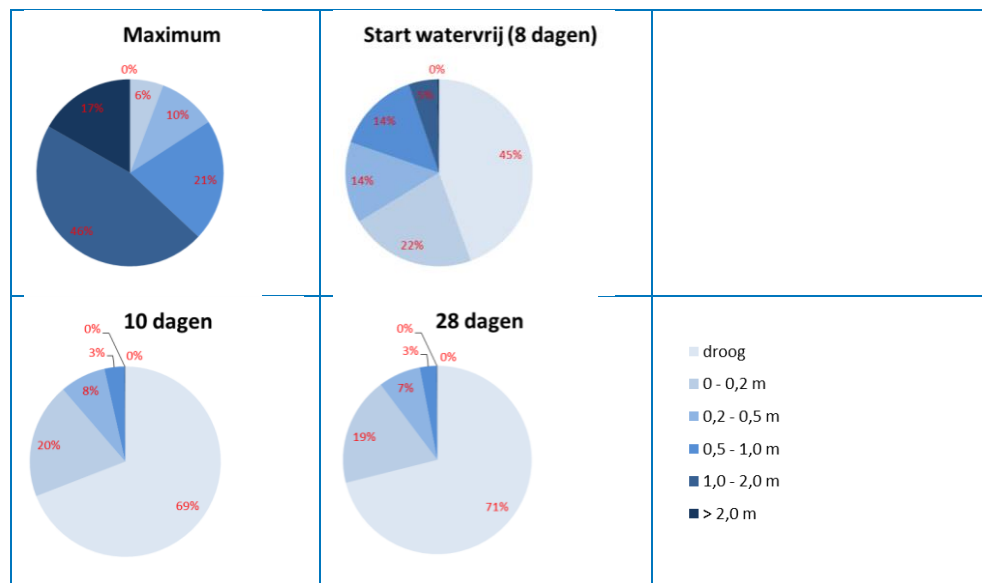
*Figuur 9  
Tijdelijk watervrij  
maken overstroming  
vanuit rivier, vrij  
verval*



*Figuur 10  
Waterdieptebeelden  
casus Arcen*



*Figuur 11  
verdeling  
waterdieptes tijdens  
watervrij maken bij  
Arcen*



### Algemene bevinding type rivieren vrij afwaterend

Het gebied Arcen kan onder vrij verval grotendeels afwateren. Voor het gebied van Arcen wordt de duur van het watervrij maken voornamelijk bepaald door de waterstandsval op de rivier aangevuld met de keuze om een bres benedenstrooms te realiseren.

#### 3.3.2

#### Rivieren bemalen

Bij een doorbraak vanuit de Waal duurt het langer voor de waterstand is gezakt en de bres kan worden gedicht. De afvoergolf van de Waal is breder dan die van de Maas. Als de bres niet gedicht wordt zal er water het gebied in blijven stromen. Naarmate het verhang groter is zal de stroomsnelheid dat ook zijn. Ook zal er een flinke ontgrondingskuil zijn.

In Figuur 13 is de tijdlijn opgenomen voor het watervrij maken. In Figuur 14 zijn waterbeelden opgenomen op verschillende momenten. Te zien is dat de waterstand in het overstroomd gebied daalt als functie van de tijd. In Figuur 15 is het verloop van het droogvallen als functie van de tijd opgenomen en in Figuur 16 de verdeling over verschillende klassen van inundatiedieptes.

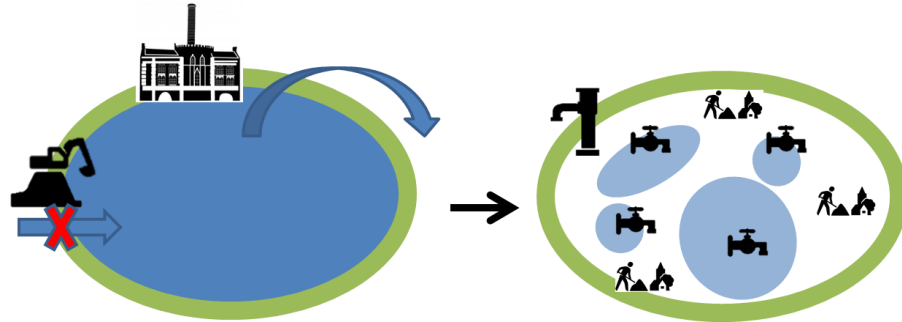
Er is aangenomen dat het dichten van de bres 6 dagen duurt. Ook het in werking stellen van de suatiesluis bij Dalem (ook wel de Dalemse Overlaat genoemd) en het kunnen afvoeren via de Linge zal tijd in beslag nemen. Hiervan is aangenomen dat dit gelijktijdig kan worden gedaan met het dichten van de bres. Dit betekent dat in deze casus na circa 3 weken begonnen kan worden met het werkelijk watervrij maken van het gebied. Naarmate dit beter wordt voorbereid zou dit dus sneller ingezet kunnen worden. Echter als kanttekening geldt dat de waterstand benedenstrooms op de rivier ook voldoende gezakt moet zijn om lozing onder vrij verval mogelijk te maken. Daarnaast zal niet al het water direct geloosd kunnen worden op de rivier omdat hier dan mogelijk een nieuwe overstromingsdreiging kan ontstaan. Maximaal kan dus tussen de 0 en 21 dagen worden gewonnen waarbij het naar verwachting dicht bij de 0 zit dan de 21. Als deze duur gerelateerd wordt aan de duur voor het (grootschalig) watervrij<sup>2</sup> maken is het minder dan 20% van de duur. Als ook rekening gehouden wordt met de lokale maatregelen zal de bijdrage dus nog veel minder zijn.

Casusgebied Betuwe en Tieler en Culemborgerwaarden laat zien dat door inzet van de Lingewerken veel water het gebied kan verlaten onder vrij verval, maar dat er ook nog grote delen van het gebied overstroomd blijven. Hoog gelegen delen als de kaden langs de Korne, het Amsterdam-Rijnkanaal, de spoorlijn doorkruisen het gebied waardoor niet alles kan afwateren en delen nat blijven (Figuur 14). Hoewel slechts 30% van het gebied droog is na circa 50 dagen is wel bijna 70% van het volume water afgewaterd (Figuur 15).

<sup>2</sup> We doelen hiermee de overgang van watervrij maken op basis van hoofdgemalen naar watervrij maken op basis van het inliggende watersysteem.

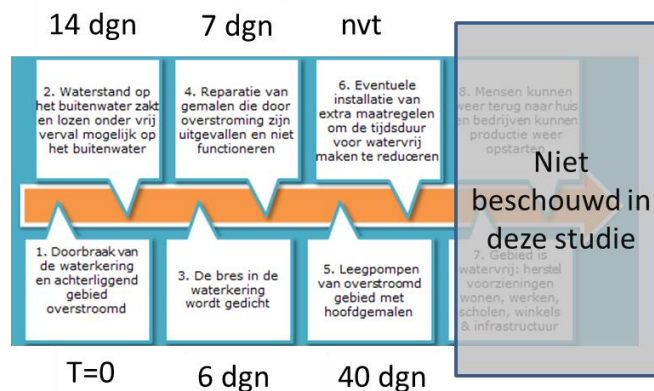
De casus laat zien dat doordat er initieel veel water in het gebied staat, het functioneren van het interne watersysteem minder belangrijk is. Naarmate er minder water in het gebied komt te staan en het gebied meer droogvalt gaat het van één groot probleem over naar vele kleine hotspots om een gebied watervrij te maken. In Figuur 12 is dit schematisch weergegeven. Dit omslagpunt ligt ongeveer bij 60 dagen na de doorbraak, als 40% van het gebied droog staat.

*Figuur 12: Initieel is er veel water in het systeem en is de ontwatering over het gehele gebied. Naarmate er minder water in het gebied komt komen er vele kleine hotspots.*

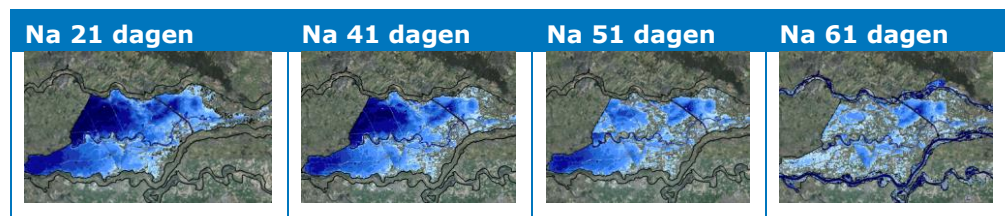


Om een gebied in zijn geheel watervrij te maken is het functioneren van het regionale watersysteem van belang. Om de laatste restanten van het water af te voeren zijn de sloten, stuwen, gemalen, kanalen en boezems van belang. Deze zijn niet opgenomen in het model. De verwachting is ook dat het regionaal systeem beschadigd zal zijn door de overstroming. Om het gebied watervrij te krijgen zullen daarom waarschijnlijk (nood)maatregelen nodig zijn.

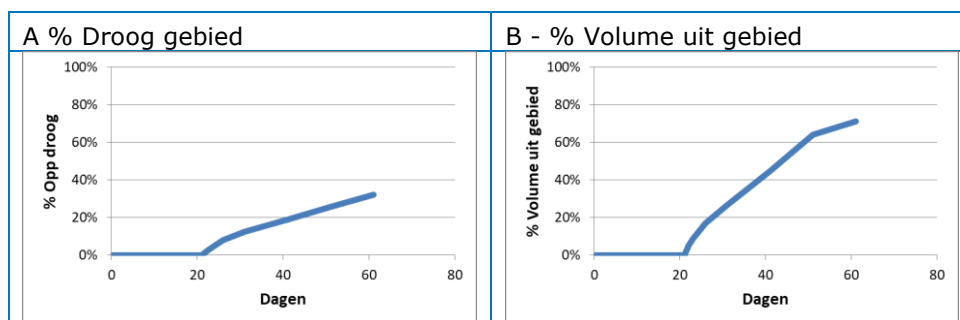
*Figuur 13  
Tijdelijk watervrij maken overstroming vanuit rivier, bemalen*



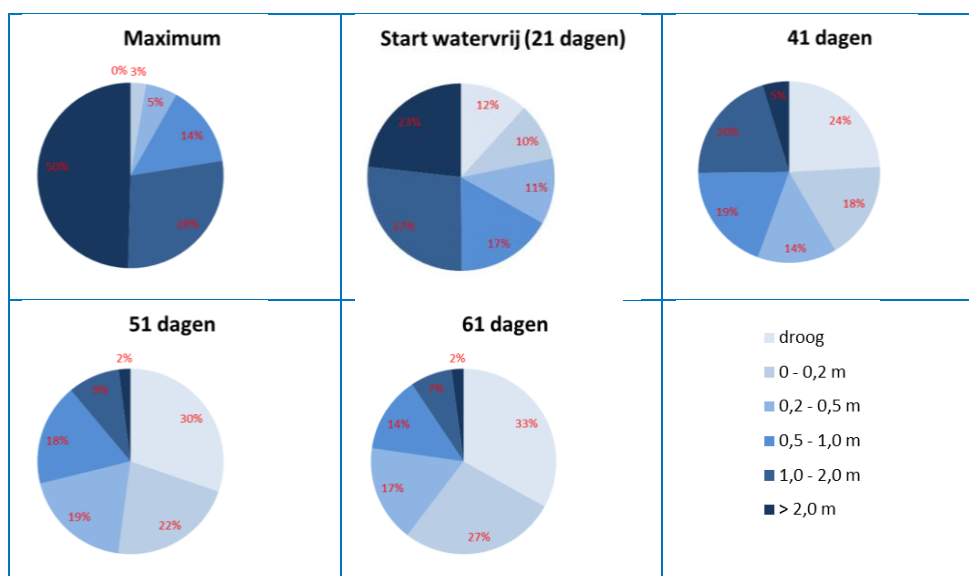
*Figuur 14  
Waterdieptebeelden casus Betuwe*



**Figuur 15**  
 Inschatting % droog gebied (A) en % volume uit gebied (B) bij Betuwe



**Figuur 16**  
 verdeling waterdieptes tijdens waterdrij maken bij Betuwe



### Algemene bevinding type rivieren bemalen

Het gebied kan deels onder vrij verval afwateren. Er is een groot ruimtelijk onderscheid, al blijven er grote gebieden met aanzienlijke waterdieptes die langere tijd duren. Hoewel veel volume kan afwateren door een gebiedsgerichte aanpak blijft ook veel water achter. Aanvullende (lokale) maatregelen zijn nodig om deze gebieden ook waterdrij te krijgen waarbij het functioneren van het interne watersysteem van belang is.

Voor de Betuwe zijn al voorzieningen aangebracht voor na een overstroming waardoor water op vrij verval geloosd kan worden. Voor gebieden waar dat niet het geval is kan de duur voor het waterdrij maken nog flink oplopen tenzij andere maatregelen worden genomen.

### 3.3.3

### Stormvloed

Bij een doorbraak vanuit de zee is de periode van instroom relatief kort. De stormduur is relatief kort ten opzichte van een hoogwatergolf op de rivier.

In Figuur 17 zijn de verschillende tijdsaspecten opgenomen. In Figuur 18 zijn de waterbeelden opgenomen op verschillende momenten. Te zien is dat de



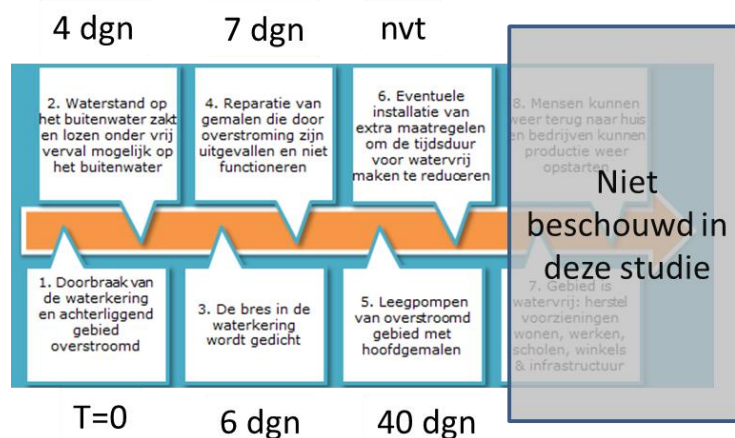
waterstand in het gebied daalt als functie van de tijd. In Figuur 19 is het verloop van het droogvallen als functie van de tijd opgenomen en ook hoe groot het areaal is wat nog onder water staat ten opzichte van de maximale impact. Figuur 20 laat de verdeling van inundatiedieptes over verschillende waterdiepteklassen zien.

Ingeschat is dat na enkele dagen (4) de bres kan worden gedicht. Dit betreft het dichten van de bres als noodvoorziening. Het maaiveld van het gebied ligt lager dan de waterstanden van de getijcyclus dus zolang de bres er is stroomt er water het gebied in en uit door de bres. Het dichten van een bres waarbij op het buitenwater sprake is van getijwerking is waarschijnlijk lastig, er is uitgegaan van 6 dagen. Voor het herstel van het gemaal is een week gerekend om herstelwerkzaamheden te verrichten. Uitgangspunt is dat dit plaatsvindt in dezelfde periode als het dichten van de bres. Dit betekent dat met het watervrij maken van het gebied begonnen kan worden ca 11 dagen na het ontstaan van de bres. We merken op dat de aannamen over de duur van het herstellen van het gemaal en het dichten van de bres onzeker zijn. De resultaten zijn dus een bandbreedte

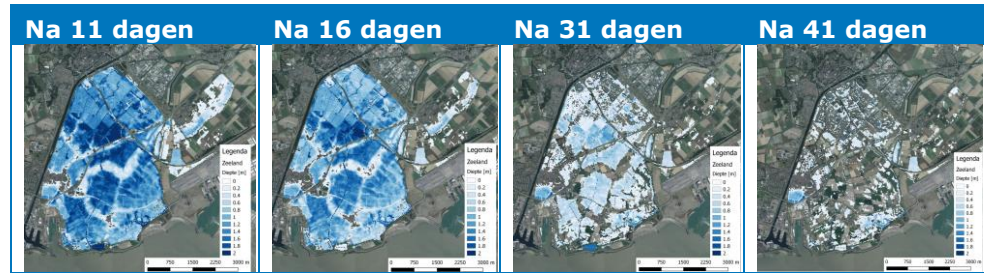
Ook in deze casus blijkt dat er water onder vrij verval terug de zee in stroomt. Daarnaast zijn er plekken in het gebied waar het water heen stroomt en langere tijd blijft staan. De overgang van grootschalige maatregelen naar lokaal maatwerk is relatief snel. Dit is hier ook het geval bij bebouwd gebied (Oost Souburg). Het regionale watersysteem en rioolsysteem is hier van belang om het water af te wateren, maar dat is zo fijnmazig dat dit niet in het model is opgenomen. Bovendien is het de vraag of na een overstroming het regionale systeem en het rioolsysteem nog intact zijn om deze functie te vervullen. Waarschijnlijk zijn vele lokale (nood)maatregelen nodig om het gebied geheel watervrij te krijgen.

Ook hier geldt dat hoewel water nog in een aantal delen staat (ca 60% van gebied is droog) het grootste deel van volume water uit het gebied is (ca 90%).

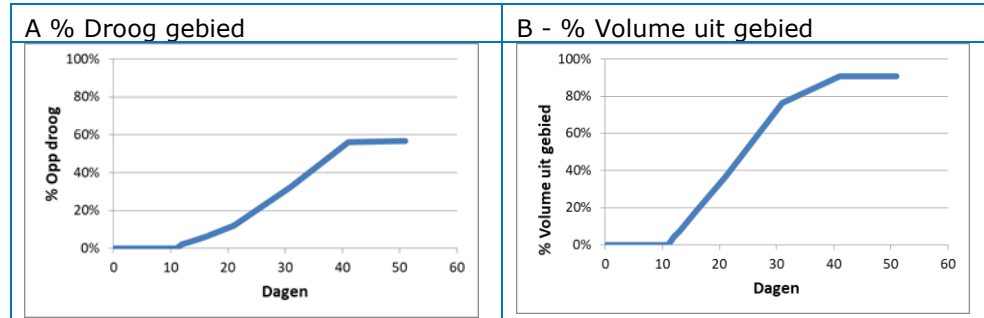
*Figuur 17  
Tijdelijk watervrij  
maken overstroming  
vanuit zee.*



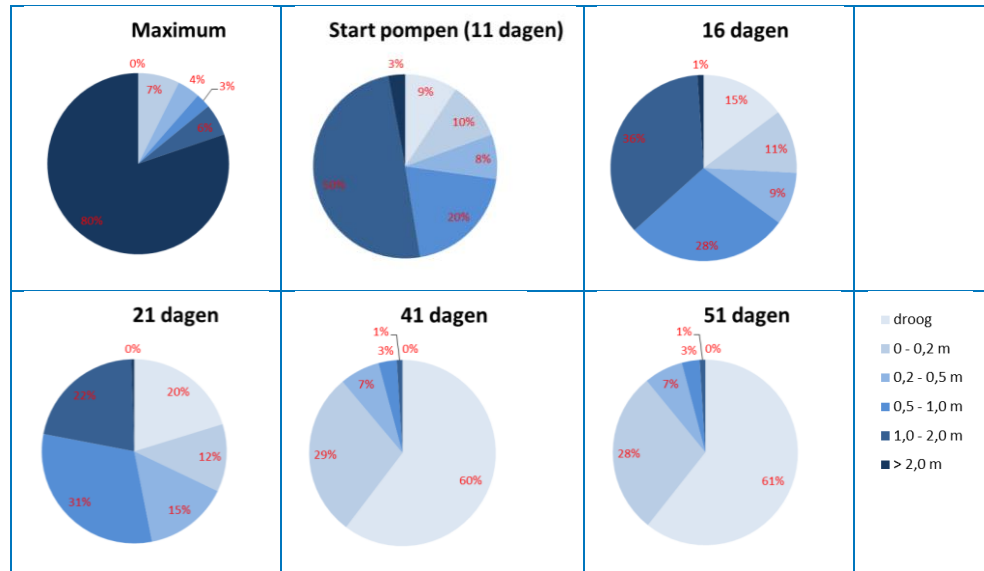
Figuur 18  
Waterdieptebeelden  
casus Ritthem



Figuur 19  
Inschatting % droog  
gebied (A) en %  
volume uit gebied  
(B) bij Ritthem



Figuur 20  
Verdeling  
waterdieptes tijdens  
watervrij Ritthem



### Algemene bevinding type stormvloed

De hoogst gelegen gebieden zijn relatief snel droog. In deze casus ligt bewoning ook in lage delen. Hoewel veel volume kan afwateren blijft lokaal nog water in het gebied. Aanvullende maatregelen zijn nodig om deze gebieden ook watervrij te krijgen.

Voor dit casegebied lag het streefpeil in de polder vrijwel gelijk aan de eb waterstand. Dat betekent dat relatief veel water onder vrij verval geloosd kan worden. Indien gebieden bemalen moeten worden zal de duur flink oplopen.



### 3.3.4

### Regionaal

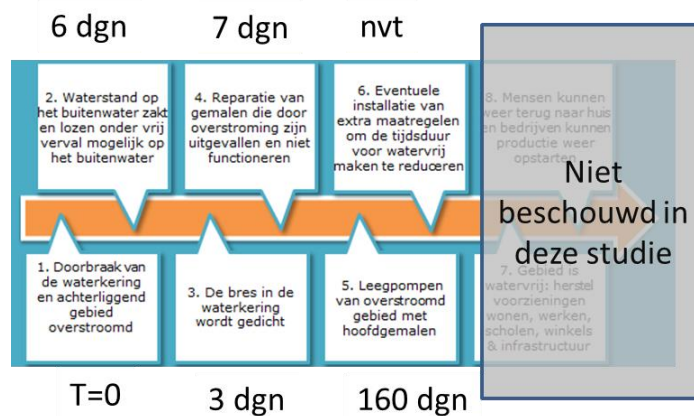
Voor de doorbraak van de regionale waterkering is verondersteld (conform de afleiding van de normering en zoals beschikbaar op LIWO) dat er een evenwichtswatersituatie ontstaat. In het geval van polder Vierambacht betekent dit een waterdiepte van gemiddeld 2,9 m in het gebied. Het duurt ca 6 dagen dat deze waterstand is bereikt<sup>3</sup>. In het scenario is aangenomen dat na deze 6 dagen de instroom (en dus de bres) wordt gedicht.

In Figuur 21 zijn de verschillende tijdsaspecten opgenomen. In Figuur 22 zijn de waterbeelden opgenomen op verschillende momenten. Te zien is dat de waterstand daalt als functie van de tijd. In Figuur 23 is het verloop van het droogvallen als functie van de tijd opgenomen en in Figuur 24 de verdeling over verschillende klassen van inundatiedieptes.

Voor het dichten van de bres is uitgegaan van 3 dagen. Deze duur is korter dan bij een primaire waterkering omdat de omvang (en ontgrondingskuil) nu naar verwachting veel kleiner is. Een periode van 1 week is aangenomen om het gemaal weer inzetbaar te maken of om noodbemaling te plaatsen. Dit kan deels gelijktijdig met het dichten van de bres. Dit betekent dat in deze tijdlijn na circa 13 dagen begonnen kan worden met het leegpompen van het gebied.

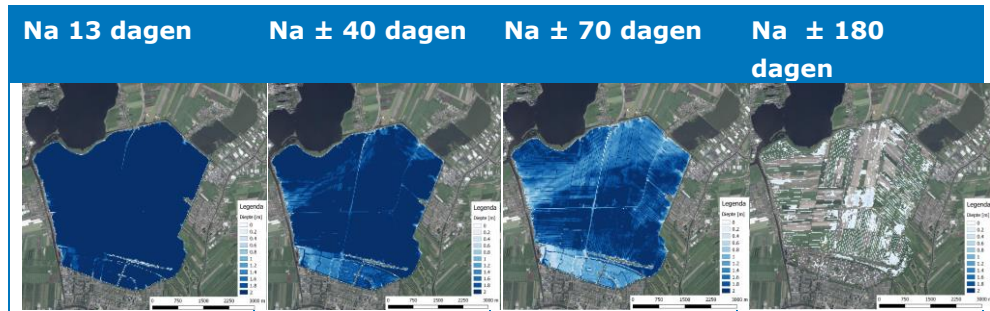
Bij polder Vierambacht is te zien dat het zuidelijk deel van de polder het eerst droogvalt. Dit is het deel wat iets hoger is gelegen en waar in dit geval ook de bewoning is. Wanneer het gebied leeggepompt wordt met de normale gemaalcapaciteit duurt het lang voordat de polder leeg zal zijn. Dit omdat er een waterschijf in de polder staat van bijna 3 m.

*Figuur 21  
Tijdelijk watervrij  
maken overstrooming  
vanuit boezemkade*

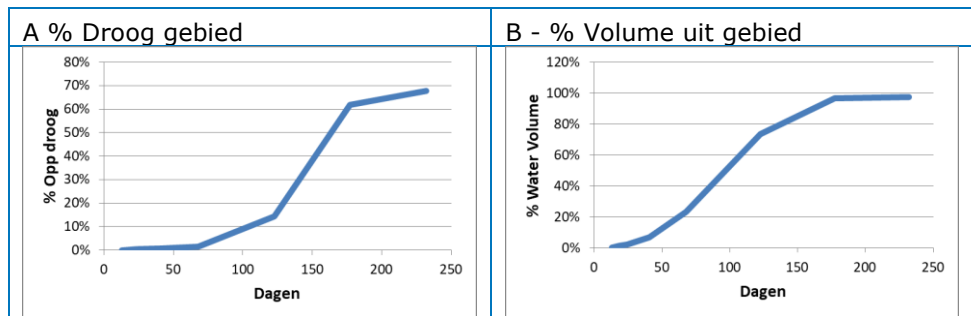


<sup>3</sup> Deze duur is echter een bovengrens. Naar verwachting kan de instroom eerder gestopt worden door de toevoer naar het kanaal te blokkeren in combinatie met het dichten van de bres. In de impactanalyse van de veiligheidsregio is uitgegaan van een instroom van 48 uur. Het effect op de duur van het watervrij maken kan bepaald door op basis van het verschil in waterdiepte en een capaciteit van 15 mm per dag.

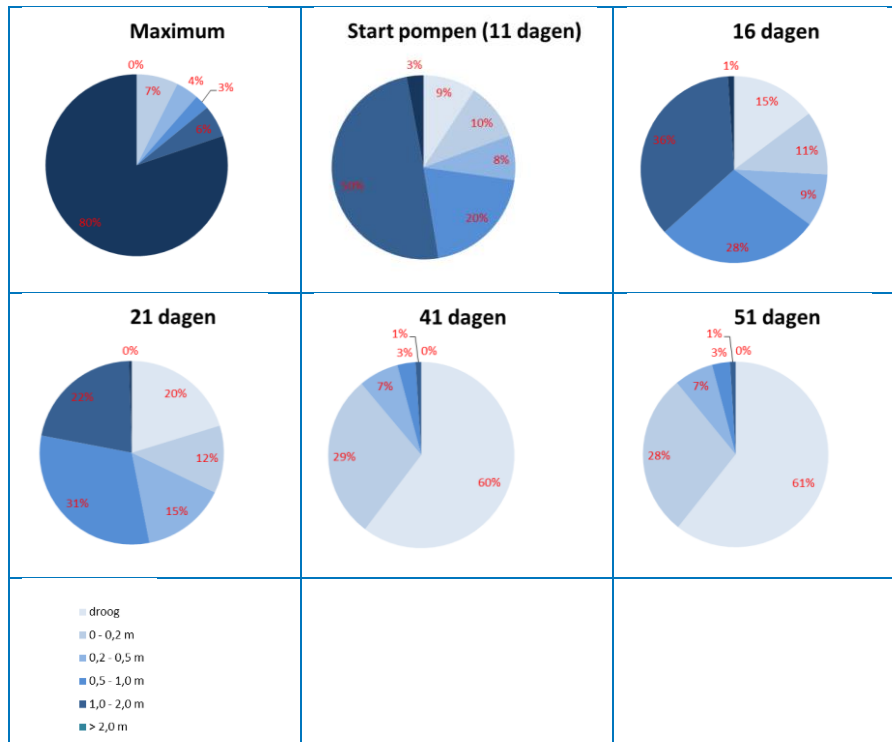
*Figuur 22  
Waterdieptebeelden  
casus Vierambacht*



*Figuur 23  
Inschatting % droog  
gebied (A) en %  
volume uit gebied  
(B) - Vierambacht*



*Figuur 24  
Verdeling  
waterdieptes tijdens  
watervrij Ritthem*



Voor de duur van het waterdijf maken zijn diverse keuzes gemaakt. Met uitzondering van het vrij afwaterende rivierengebied waar de duur van het hoogwater bepalend is, is de periode met inzet van (nood)bemaling de belangrijkste post voor de duur van het waterdijf maken. In de gevoeligheidsanalyse is hier dan ook op ingegaan.

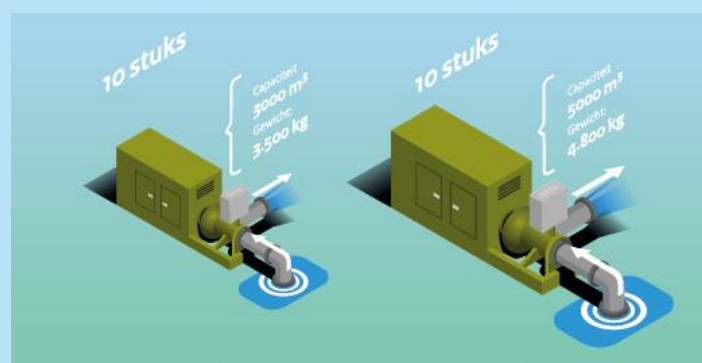
Let op, het gaat hierbij de duur voor het grootschalig waterdijf maken waarbij water op 1 punt van het gebied naar buitenwater wordt geloosd. Nadat dit niet meer mogelijk is zullen op heel veel plaatsen lokaal maatregelen noodzakelijk zijn (zie ook Figuur 12). Hier zijn noodpompen natuurlijk bijzonder effectief omdat de volumes water kleiner zijn. Echter hierbij zal wel een keuze noodzakelijk zijn waar deze pompen in te zetten. In onderstaand kader zijn de uitgangspunten opgenomen die voor de berekening van de inzet van noodpompen zijn gehanteerd.

Het DCC van IenW heeft noodpompen die kunnen worden ingezet (zie [Figuur 25](#)). Het DCC heeft 20 mobiele met een totaal capaciteit van ca 22 m<sup>3</sup>/s. Daarnaast beschikken de waterschappen ook over noodpompen (UvW, 2016). De capaciteit van de waterschappen is:

- 31 pompen met 30-54 m<sup>3</sup>/min (aangedreven door trekkers). Trekkers moeten hierbij nog geregeld worden, bij het transport kan het leverend waterschap helpen.
- 21 dieselpompen met 30-84 m<sup>3</sup>/min. Leidingwerk is hiervoor beschikbaar en opvoerhoogtes gaan tot 5 meter. Wel voldoende brandstof noodzakelijk en de opstellocaties moet bereikbaar zijn met zwaar materieel.
- 22 elektrische pompen met 30-170 m<sup>3</sup>/min. Leidingwerk is hiervoor beschikbaar en opvoerhoogtes gaan tot 5 meter. Wel voldoende brandstof noodzakelijk. Naast de pomp is een generator noodzakelijk als een besturingseenheid.

Daarnaast beschikken de waterschappen nog over kleinere pompen.

In de gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van een capaciteit van 25m<sup>3</sup>/s waarmee de bestaande (na een overstroming resterende) capaciteit kan worden vergroot. Deze 25m<sup>3</sup>/s is een combinatie van de capaciteit van de noodpompen van het DCC en de waterschappen waarbij er ook nog enige restcapaciteit is die elders kan worden ingezet. Voor het regionaal gebied is deze capaciteit verdeeld over de polder en het boezemsysteem. Immers bij een boezemwatersysteem moet het water ook uit de boezem kunnen worden gepompt. Daarnaast is de pompcapaciteit die kan worden geplaatst niet oneindig, zo zal ook rekening moeten worden gehouden met de stabiliteit van boezemkades



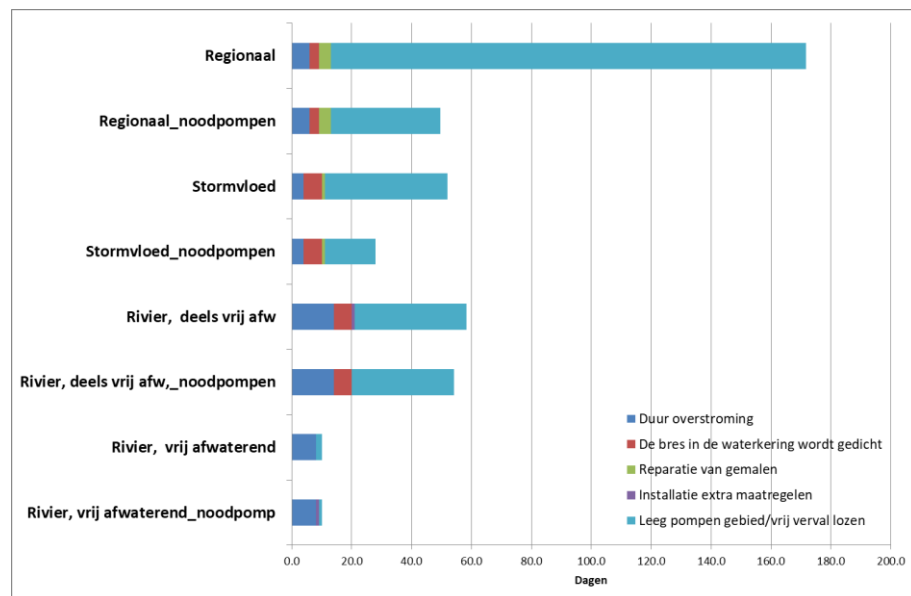
Figuur 25: Noodpompen (infographic DCC IenW)

Figuur 26 geeft een overzicht van de resultaten. Hierin is te zien dat met name bij een doorbraak van een regionale kering de inzet van noodpompen de tijdlijn aanzienlijk verkort. Hier is een significante verhoging van de capaciteit door inzet van noodpompen en is het volume water 'beperkt'.

Een aandachtspunt is wel de stabiliteit van keringen, er kan niet te snel water worden weggepompt. Ook bij de casus met een doorbraak vanuit zee vergroot de noodpomp de capaciteit waardoor de tijdlijn wordt verkort. Het gekozen scenario (Ritthem) is een gebied van beperkte omvang. Naarmate het gebied groter wordt zal het effect kleiner zijn.

In een vrij afwaterend gebied als Arcen heeft de inzet van noodpompen vrijwel geen effect op de tijdlijn. Immers vrijwel al het water loost onder vrij verval. Bij het bemalen rivierengebied (als de Betuwe) is het effect ook beperkt. Dit wordt verklaard door de grote hoeveelheid water. Ook is bij de overgang van een grootschalige probleem naar vele lokale problemen nog veel water verspreid in het gebied aanwezig. Dit zal verdere inzet van (lokale) noodpompen vragen. Dit laatste is ook het geval in de casus voor de doorbraak bij de kust door een stormvloed.

*Figuur 26  
Tijdelijnen watervrij maken voor de vier casusgebieden en het effect van inzet van noodpompen op de tijdlijn.*

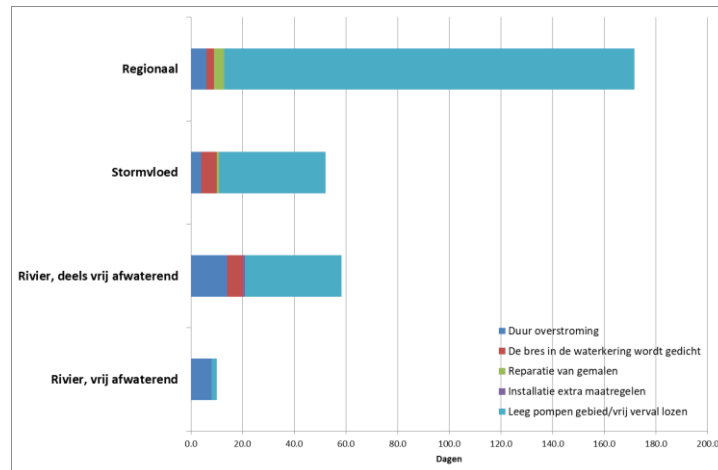


### 3.5

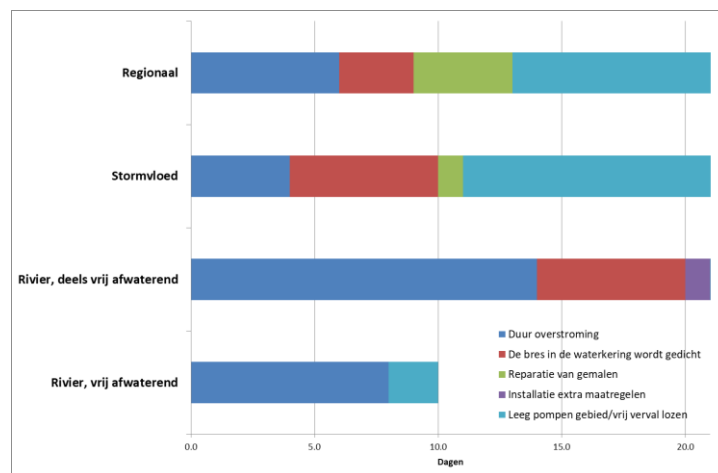
## Bevindingen watervrij maken

Figuur 27 en Figuur 28 geven een overzicht van de tijdlijnen van het watervrij maken voor de vier casusgebieden. Voor de onderdelen van het proces van watervrij maken is nog een keer verwezen naar Figuur 6. Het startpunt voor deze tijdlijnen is het moment van de doorbraak. Bij het inzoomen op de gebieden is veel onderscheid te zien. De tijd voor geheel watervrij maken van een gebied is relatief lang. Naarmate er meer hoogteverschillen in een gebied zijn zullen gaandeweg delen droogvallen. Op deze droge delen kan het herstel al eerder aanvangen.

*Figuur 27  
Tijdelijnen watervrij  
maken vier casus  
gebieden*



*Figuur 28  
Eerste 3 weken  
watervrij maken*



Uit de analyse naar het proces van watervrij maken voor vier gebiedstypologieën worden de volgende algemene conclusies per deelgebied getrokken:

- Geen van de vier gebieden stroomt zomaar leeg. In ieder gebied zijn menselijke ingrepen noodzakelijk.
- Een gebied is niet opeens geheel watervrij maar er is veel ruimtelijk onderscheid (Figuur 12).
  - Een gebied zal geleidelijk watervrij geraken, sommige delen zullen snel droogvallen en andere laten. Op droge delen, mits bereikbaar, kan het herstel plaatsvinden. Ook zal de waterdiepte soms snel afnemen waardoor meer handelingsperspectieven voor redden en vluchten ontstaan.
  - Tijdens het watervrij maken zal er in ieder gebied een omslagpunt zijn waarbij grootschalig watervrij maken overgaat naar een veelvoud aan lokale maatregelen. De duur voor het watervrij maken in Figuur 27 markeert dit omslagpunt. Na verloop van tijd is het grootste deel van het water weggestroomd op basis van vrij verval of weggepompt via hoofdgemalen naar buitenwater. Lokale maatregelen zijn dan van belang waarbij het reguliere watersysteem een grote rol speelt.

Noodmaatregelen kunnen effectief zijn echter keuzes over waar wel en niet in te zetten zullen noodzakelijk zijn. Verder zal het water vaak meerdere keren verpompt moeten worden wil het op buitenwater geraken.

- Effectiviteit aanvullende noodbemaling.  
Naarmate een gebied groter is zal de bijdrage van noodbemaling kleiner zijn. Bij 'regionaal' heeft noodbemaling veel meer effect van bij het type 'rivier bemalen', dat komt door de omvang van de overstroming. Daarna staat er op tal van plaatsen nog water waarvoor lokale maatregelen nodig zijn en het functioneren van het 'normale' afwateringsstelsel van belang is. Het is dan mogelijk om prioriteiten te stellen en noodbemaling zal snel effect opleveren (omdat de opgave ook kleiner is).
- In casusgebied 'regionaal' is de duur voor het geheel watervrij maken het langst. Dit komt omdat in de casus gerekend is met een diepe waterdiepte en de normale gemaalcapaciteit beperkt is. Als vuistregel van normale gemaalcapaciteit geldt een capaciteit van 15 mm/dag (Zethof et al., 2016), bij het ontwerp van poldersystemen is een dergelijke capaciteit veelal het uitgangspunt. Dit komt overeen met de gebruikte capaciteit voor de casus die is gebruikt bij type regionaal. Voor deze polder is geen rekening gehouden met uitval van het gemaal omdat verondersteld is dat relatief eenvoudig een noodvoorziening kan worden geplaatst (gezien de kleine omvang).  
Mogelijkheden om bij een regionale doorbraak de tijdlijn van watervrij maken te verkorten zijn:
  - Het voorkomen van instroom door snel dichten van de bres of belemmeren toevoer in de boezem. tijdens de inundatie dichten van de bres waardoor. In de impactanalyse uitgevoerd door de veiligheidsregio is al rekening gehouden met een kortere duur van instroom, wat zich direct uit in een korte duur voor het watervrij maken.
  - Het vergroten van de pompcapaciteit om het gebied watervrij te krijgen via aanvullende (nood)bemaling.
- In klein vrij afwaterend gebied is de duur van het hoogwater zelf bepalend voor de duur van het watervrij maken. Een groot deel van het water loopt via de bres al terug de rivier in als het water zakt. De inzet van noodpompen is hier dus nauwelijks onderscheidend. Hierbij is er wel van uitgegaan dat benedenstrooms nog een gat in de waterkering wordt gerealiseerd waardoor het water onder vrij verval terug de rivier in kan stromen. Als deze bres niet wordt gerealiseerd zal de duur voor het watervrij maken stijgen en zal een groot deel bemalen moeten worden. Voor 1 gebied is de verwachting dat er voldoende noodcapaciteit aanwezig is. Naarmate het aantal gebieden toeneemt zal de noodcapaciteit dus verdeeld moeten worden.
- De verschillende type gebieden zijn naast de duur voor het wegpompen van water ook duidelijk anders voor de eerste stappen. In Figuur 28 is

ingezoomd op de eerste 3 weken na de doorbraak. Duidelijk blijkt het onderscheid:

- Voor het gebied stormvloed kan vrij snel gestart worden met het dichtten van de bres. De storm gaat orde 1 dag na de doorbraak liggen waarna het water snel daalt. Door eb en vloed kan er nog water door de bres stromen maar deze kan dan ook (provisorisch) worden gedicht.
  - Voor het regionaal gebied zal het watervrij maken pas starten na sluiten van de bres. Voor de overige gebieden kan er al water onder vrij verval worden geloosd door de bres als de buitenwaterstand daalt en de binnenwaterstand hoger is. Door de duur van het hoogwater op de rivieren zal er bij de diepe polders een lange periode van instroom kunnen zijn waarbij het zeer lastig is de bres te dichtten.
  - Verondersteld is dat het dichtten van een bres in een regionale keringen door de omvang eenvoudiger is dan bij een primaire waterkering.
- 
- Meervoudige doorbraken. De historie van overstromingen in Nederland en elders in de wereld laat zien dat er vaak sprake is van meervoudige doorbraken. Met name bij de type gebieden stormvloed en rivieren kan dat het geval zijn. Voor de duur van lozing onder vrij verval zal dit geen andere inzichten opleveren, immers hier zijn nauwelijks middelen voor nodig. Daar waar schaarse middelen verdeeld moeten worden voor sluiten van bressen (of verminderen toestroom naar de bressen) en inzet van noodpompen zullen de beschikbare middelen dus meer verdeeld worden waardoor de uitvoeringstijd zal toenemen.





# 4 Leerpunten voor bestrijding en herstel

## 4.1 Inleiding

Op basis van de tijdlijnen en bevindingen voor het watervrij maken van de vier gebieden zijn leerpunten voor bestrijding en herstel in kaart gebracht. Deze leerpunten zijn in dit hoofdstuk besproken en kunnen worden gebruikt voor regionale planvorming. Voor de bestrijding ligt de focus op het voorkomen van slachtoffers. Hierbij zijn leerpunten gedefinieerd voor evacuatie als voor redding. Voor herstel ligt de focus op het (gedeeltelijk) herstellen van het gebied.

## 4.2 Ervaringen van de cases

In Tabel 6 zijn kentallen voor de verschillende cases opgenomen.

*Tabel 6  
Kenmerken per gebied: Omvang, getroffen en slachtoffers (Bron: Factsheets primaire kering)*

	Rivier, vrij afwaterend	Rivier, bemalen	Stormvloed	Regionaal
Casus	Arcen	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaard	Ritthem	Vierambacht
Omvang	klein	groot	middel	middel
Aantal getroffen (jaar 2011)	2.600	120.000	56.000	14.000
Evacuatiefractie (ondergrens)	82%	56%	20%	20% (gelijk aan stormvloed)
Achterblijvers na evacuatie (jaar 2011)	470	52.800	44.800	11.200
Mortaliteit	0,6%	5,2%	38,8%	-
Aantal slachtoffers (jaar 2011)	1	490	2.100	

In deze tabel zijn het aantal getroffen opgenomen, dit zijn de inwoners die worden blootgesteld aan de overstroming. Een deel van deze inwoners kan worden geëvacueerd, hoeveel mensen dat zijn is situationeel afhankelijk. We hebben het aantal achterblijvers geschat op basis van de kentallen die zijn gebruikt voor de normering van primaire waterkeringen. Hierbij is op basis van een bandbreedte een conservatieve waarde gekozen voor de

evacuatiefractie. De mortaliteit geeft aan hoeveel procent van de achterblijvers komen te overlijden. De mortaliteit is afhankelijk van de waterdiepte, en zeer gevoelig voor de stijgsnelheid van water (als bij Ritthem). Bij deze mortaliteit is geen rekening gehouden met mensen die beschutting zoeken. In de regionale casus is geen mortaliteit bepaald.

#### 4.2.1 Rivieren vrij afwaterend

In dit type gebieden zijn de mogelijkheden tot preventieve evacuatie relatief groot. Ook zijn de afstanden tot veilig gebied na een overstroming relatief kort. Dit geldt vooral als de gebieden aansluiten op hoge gronden. In geval van grote stedelijke kernen kan er sprake zijn van een wat hogere complexiteit, echter de waterhuishoudkundige situatie levert op zichzelf geen zeer groot slachtofferrisico. Slachtoffers zijn echter niet uit te sluiten, vooral veroorzaakt door eigen handelingen.

Naarmate de situatie extremer wordt op de Maas of de rivieren zullen meerdere kleine gebieden getroffen worden. Hierdoor zal hulp van buiten verdeeld moeten worden. De omvang van de reddingsopgave is echter relatief klein, met name ook door de goede vluchtmogelijkheden.

Er is doorgaans een redelijke voorspeltijd van hoge waterstanden. Veel van de Maaskades zijn overstroombaar. Dit mechanisme is relatief goed voorspelbaar omdat het gekoppeld is aan de waterstand. Het doorbreken van waterkeringen is lastiger te voorspellen, waarbij opgemerkt wordt dat een Maaskade relatief klein is en dus ook een eventueel lengte effect relatief klein is<sup>4</sup>. Omdat de benodigde tijd voor het uitvoeren van handelingen door de te overbruggen afstand tot veilig gebied relatief kort is zijn de nadelen van de onzekerheid in het moment van doorbreken van de keringen minder groot.

Ook is de afstand om naar veilig gebied te gaan na een overstroming relatief kort, de hoge gronde zijn nabij. De omvang van de reddingsopgave na een overstroming is naar verwachting klein. Naar verwachting zijn er dan voldoende middelen om deze reddingsopgave uit te voeren.

De volgende lessen zijn gedefinieerd:

- Vrijwel iedereen zal tijdig het gebied kunnen verlaten indien men dat wil. De afstand tot veilig gebied is kort en er is geen belemmering vanwege de storm. Zet in op zelfredzaamheid waarbij mensen tijdens de hoogwatergolf (mits nog aanwezig in het gebied) wachten tot ze kunnen vluchten.
- Inzet reddingsteam op maat, al tijdens de hoogwaterperiode na de doorbraak.
- In de Maaskades met stedelijke kernen zal de complexiteit groter zijn (echter ook de vluchtmogelijkheden in gebouwen zijn groter).

<sup>4</sup> Door het lengte effect kan een relatief kleine faalkans voor een dijkvak voor een groter traject nog leiden tot aanzienlijke faalkansen omdat het simpelweg heel veel vakken zijn.

## 4.2.2

### Rivieren bemalen

In grote rivierengebieden is de preventieve evacuatie relatief succesvol, het aantal achterblijvers is beperkt. Echter de omvang van de overstroming is groot waardoor de absolute omvang van de achterblijvers ook aanzienlijk kan zijn. Extra complicerend voor dit type gebieden zijn de grote waterdieptes en de relatief lange afstanden tot droog gebied. Om combinatie met het weer tijdens dit soort situaties is er ook relatief meer risico op onderkoeling. Daar waarbij een stormvloed droge delen (binnen het overstroomd gebied, stukjes waterkeringen, hoge wegen etc) vaak nabij zijn is het in het rivierengebied niet zo. Voor de reddingsoperatie heeft dit tot gevolg dat de vaartijden lang zijn, en dat redding door middel van trucks lastig is. Ook zijn de beschikbare middelen relatief beperkt door de grote opgave.

Alhoewel de waterstand op de rivieren relatief goed te voorspellen is, is het falen van waterkeringen minder goed te voorspellen. Naast de kans op falen is ook het moment van falen van belang. Gedurende lange tijd is er zeer hoogwater waarbij de dijk kan falen. Hierbij is er vanwege de omvang van de gebieden ook sprake van een lengte effect.

De volgende lessen zijn gedefinieerd:

- Concentreer achterblijvers zoveel mogelijk op locaties nabij verdere vluchtmogelijkheden (om de logistiek te versimpelen) of schuillocaties waar men enige tijd kan verblijven.
- De onzekerheid in de beschikbare tijd tot een doorbraak (door onzekerheid in het moment van falen) kan aanleiding zijn voor een voorzichtige aanpak bij de evacuatie. De effecten van iets te lang doorgaan met evacueren zijn veel groter dan die van iets te vroeg stoppen. In combinatie met onzekerheid in het moment van falen is dit een bevestiging van de noodzaak om tijd te starten met evacuatie.
- Zet de reddingsvloot in op strategische locaties die lang diep blijven. Stel deze op zoveel mogelijk voor de doorbraak zodat ze snel inzetbaar zijn.

## 4.2.3

### Stormvloed

In kustgebieden zijn de preventieve evacuatiemogelijkheden veelal beperkt door de combinatie van onzekerheid in de verwachting en de veelheid aan mensen. Daarnaast beperkt de storm de mogelijkheden voor verplaatsen. De overstromingen zijn doorgaans wel van enige omvang. Dit betekent dat de omvang van de reddingsopgave naar verwachting groot is. De beschikbare middelen om de reddingsopgave uit te voeren zijn naar verwachting beperkt.

Echter in de overstromingsscenario's is ook te zien dat het water zich verspreid door het gebied en de waterstand na een aantal dagen vaak (veel) kleiner is dan de maximale waterstand. Dat betekent dat er binnen het gebied getroffen door een stormvloed veel onderscheid kan zijn in de mate van blootstelling.

De waterstanden die leiden tot falen zijn extremer dan in 1953. In de dag voor falen zal er sprake moeten zijn van zeer extreme wind uit het Noordwesten in combinatie met springtij. Deze onzekerheid in de voorspellingen is groot. Het moment van falen zal echter wel redelijk nauwkeurig bepaald kunnen worden omdat het beperkt blijkt tot de 1 a 2 periodes met hoogtij. Hiervoor moet de waterstand opbouwen, hierna weer gaan liggen<sup>5</sup>.

De kans op slachtoffers wordt bepaald met name de waterdiepte in combinatie met de stijg- en stroomsnelheid en de locatie waar men wordt blootgesteld. Bij een blootstelling tijdens de evacuatie is men het meest kwetsbaar en is de mortaliteit het hoogst. Bij een stormvloed maakt de locatie waar de achterblijvers veel uit voor het proces van redden. In de diepere gebieden zal men over water het gebeid moeten verlaten. In gebieden met lagere waterdieptes, mits bereikbaar, kunnen ook vrachtwagens worden ingezet.

De volgende lessen zijn gedefinieerd:

- Concentreer achterblijvers zoveel mogelijk op gebieden met lagere waterdieptes. Hier zijn de vluchtmogelijkheden groter, maar kan men naast vloten ook gebruik maken van vrachtwagens voor redding.
- Zet de reddingsvloot in op strategische locaties die lang diep blijven. Stel deze op zoveel mogelijk voor de doorbraak zodat ze snel inzetbaar zijn.

#### 4.2.4

#### Regionaal

Doorbraken van regionale keringen kennen vaak een beperkte tot nauwelijks geen waarschuwingstijd als de aanleiding grootschalige wateroverlast is. De hoge waterstanden op de boezem zijn vaak maar beperkte stijgen ten opzichte van streefpeil. Bij andere oorzaken kan het wel mogelijk zijn iedereen tijdig te evacueren. Voor deze studie is uitgegaan van plotselinge gebeurtenissen.

De beschikbare hulpmiddelen in geval van een doorbraak van een regionale kering zijn naar verwachting groot. Immers de omvang van de overstroming is relatief klein, het risico op slachtoffers is ook (veel) kleiner dan bij primaire keringen. Ook de kans op meerdere doorbraken tegelijk is klein omdat omliggende polders direct worden 'ontlast' door een doorbraak. Wel kan er aanzienlijke schade optreden aan boezemsystemen.

Gezien de kleine omvang van een overstroming en dat landelijk de concurrentie om mensen en middelen veel kleiner zal zijn is de verwachting dat de mensen snel gered kunnen worden. Een reactieve benadering is hierbij prima waarbij het uitgangspunt is dat de reddingsvloot snel kan worden ingezet.

---

<sup>5</sup> Let op, voor de meren is dat veel minder het geval daar kan in enkele uren gedurende een storm de vereiste scheefstand ontstaan.

De volgende lessen zijn gedefinieerd:

- Het slachtofferrisico is relatief beperkt
- De redding van mensen zal veelal reactief zijn, wat relatief makkelijk uitvoerbaar is.

## 4.3 Bestrijding (redden en vluchten)

### 4.3.1 Op hoofdlijnen

In geval dat niet iedereen het gebied voor de doorbraak kan verlaten is er sprake van achterblijvers en dus een reddingsopgave. We spreken over vluchten als mensen op eigen kracht, of met hulp van anderen (samenredzaamheid) het gebied verlaten. We spreken over redden als mensen onder begeleiding van hulpverleners het gebied verlaten. Mensen kunnen gered worden via vaartuigen (in diepere delen) of met vrachtwagen in delen die maar beperkt onder water staan en bereikbaar zijn.

Het redden en vluchten start na de overstroming, veelal als de weer- en watersituatie is gestabiliseerd. Bij een stormvloed zal eerst de wind moeten gaan liggen wil men zich buiten kunnen verplaatsen. Daarnaast zal als het water nog snel stroomt en stijgt het verplaatsen ook risicovol zijn<sup>6</sup>.

In Tabel 7 zijn op hoofdlijnen kentallen gegeven voor de type gebieden. Per gebied is vervolgens ingegaan op leerpunten.

*Tabel 7  
Kentallen voor  
redden op  
hoofdlijnen*

	Opgave (omvang)	Beschikbare middelen
Kustgebied	Groot. Vrijwel de hele Nederlands kust is bedreigd. Grote delen van de kust kunnen daadwerkelijk worden getroffen (meerdere dijkdoorbraken).	Beperkt door de omvang van het gebied, ook zijn veel hulpverleners zelf ook getroffen. Daarnaast zal de wind veel schade veroorzaken.
Polder (regionale kering)	Beperkt door de veelal kleine omvang van de polders en beheersmaatregelen die de instroom stoppen. Wel is het zo dat deze situaties zich veelal vrij plotseling aandoen.	Groot. Maar een klein gebied is getroffen waardoor er veel hulpverleningsmiddelen en hulpverleners kunnen worden gemobiliseerd.
Rivieren-gebied grote gebieden	Groot tot Redelijk. Tijden de dreigingsfase (evacuatie) zijn grote delen bedreigd, echter het aantal doorbraken zal beperkt zijn. Daarnaast zijn de evacuatiemogelijkheden relatief goed en zijn er geen belemmeringen door wind waardoor na een doorbraak ook	Beperkt tot Gemiddeld. Flinke gebieden kunnen worden getroffen. Echter de wind leidt niet tot schade. Relatief veel mensen hebben het overstroomd gebied alsnog kunnen vertalen.

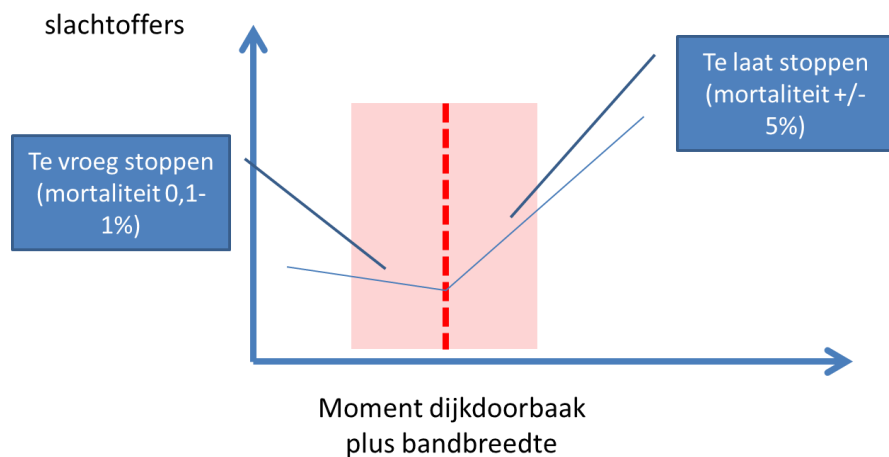
<sup>6</sup> Buiten de normale risico's op onderkoeling en verdrinking in geval van een verplaatsing over water na een overstroming.

	nog mensen het gebied kunnen verlaten.	
Rivieren-gebied kleine gebieden (Maas plus kleine gebieden)	Beperkt. Alhoewel veel kleine gebieden tegelijk kunnen overstroomd is de afstand tot veilig gebied ook beperkt.	Groot. De totale omvang van de overstroming is beperkt, evenals het aantal achterblijvers. Veel middelen kunnen worden gemobiliseerd.

Het succes van de preventieve evacuatie is wel sterk van invloed op de reddingsopgave. De preventieve evacuatie is direct gekoppeld aan het aantal achterblijvers. Het is echter ook mogelijk dat een groep mensen die onderweg wordt getroffen in uiterst nadelige omstandigheden belanden.

In Figuur 29 is een schematische weergave opgenomen van de gevoeligheid van het slachtofferrisico ten opzichte van de beschikbare tijd. Deze beschikbare tijd is onzeker omdat zowel het dijkfalen zelf als het moment van falen onzeker is. Zo zal in het rivierengebied zal de bandbreedte groter zijn dan langs de kust vanwege het verschil in duur van de hoogwatergolf. Bij te vroeg stoppen zullen er meer achterblijvers zijn. Bij te laat stoppen zijn een fractie meer mensen uit het gebied. Echter een deel zal ook blootgesteld worden tijdens de overstroming waarbij de mortaliteit veel hoger is. Deze tijd kan dus een rol spelen bij de keuzes voor evacueren.

Figuur 29  
Slachtofferrisico



Het redden van mensen is erg afhankelijk van het succes van de evacuatie. De tijd voor redding is ook afhankelijk van:

- De effectiviteit van de reddingsvloot hangt af van de snelheid van inzet, en vervolgens van de tijd nodig voor het zoeken en op en neer varen. Als ze in een schuillocaties zitten kan het zoekproces worden verkort en op de heenweg kunnen (levens)middelen worden meegenomen om een langere duur van schuilen mogelijk te maken.
- Verplaatsingen door de buitenlucht verhogen het risico op onderkoeling. Juist door de blootstelling aan lucht en water gedurende het transport is het risico voor onderkoeling groot. In een shelter zelf is het risico op onderkoeling veel kleiner (hetzelfde geldt voor verdrinking).

- Hoe langer de vaarweg des te groter de kans dat iets misgaat (zeker als mensen zelf vluchten met drijvend materiaal). Het is verleidelijk om te veronderstellen dat bij een bepaalde waterdiepte men door het gebied kan varen of met een vrachtwagen kan rijden. Echter in het water ligt ook allerlei puin, daarnaast kan verkeersmeubilair nog allerlei obstructies veroorzaken. Deze obstructies zijn lastig te zien omdat het water niet doorzichtig is.
- Mensen die nu al kwetsbaar zijn, zijn dat bij een overstroming ook. Ouderen, kinderen en mensen die afhankelijk zijn van zorg zullen dan bij een overstroming ook het meest kwetsbaar zijn (zoals ook blijkt uit statistieken over slachtoffers).
- Door ondiepere delen, mits bereikbaar, kunnen ook vrachtwagens worden ingezet voor redding. In de diepere delen kan alleen varend materiaal worden ingezet wat beperkt beschikbaar is (evenals helikopters).

### 4.3.2

#### Beschikbare middelen en capaciteitenmodel

Nederland beschikt over een georganiseerde en geëquipeerde 'Reddingsvloot' van 88 reddingseenheden, deze liggen verspreid over Nederland. Per veiligheidsregio zijn er 4 eenheden. Deze eenheden kunnen in geval van nood continu paraat staan en na activering direct worden ingezet. Eén reddingseenheid bestaat uit een vaartuig op een wegtrailer inclusief motor en inventaris. Per eenheid is er een bemanning van 4 mensen beschikbaar (+ 2 ploegen voor aflossing). De bemanning is opgeleid en getraind en beschikt over de nodige persoonlijke beschermingsmiddelen en communicatiemiddelen.

Naast deze Reddingsvloot beschikken regionale reddingsbrigades over meerdere boten en mensen. Deze vloot wordt de 'Grijze Vloot' genoemd. De 'Grijze Vloot' is minder professional geëquipeerd dan de eenheden in de Reddingsvloot. In geval van een overstroming kunnen deze ook nog worden ingezet, maar zal dit minder efficiënt gebeuren. Naar schatting kunnen er op deze manier nog enkele honderden boten beschikbaar zijn. Daarnaast kan deze grijze vloot nog worden aangevuld met boten in privé eigendom. De eenheden van de Reddingsvloot kunnen deze grijze boten ook onder hun hoede nemen, door de eenheden te begeleiden of te combineren met eenheden van de Reddingsvloot. Op deze manier kan zelfs ook burgerinitiatief in de operatie worden 'ingebed' waardoor de effectiviteit nog verder kan worden vergroot voor het redden van mensen uit het gebied. Kolen et al 2016 bevat een overzicht opgenomen van beschikbaar hulpverleningsmaterieel bij de overheid en burgers zelf.

Middels een rekenkundige capaciteitanalyse kunnen ook schattingen worden opgesteld van de duur van de reddingsoperatie.

- Voor de reddingsvloot: gaan we uit van een vaarsnelheid van 5 km per uur (heen en terug), een in- en uitstaptijd van 15 minuten en 5 evacuees per vaarbeweging. Het aantal eenheden dat kan worden ingezet is afhankelijk van de omvang van de ramp en de mate waarin deze vooraf al zijn opgesteld. Als afstanden groter worden, of als mensen meer

verspreid zitten en gezocht moeten worden zal de duur toenemen. Daarnaast is continue inzet van alle eenheden niet mogelijk vanwege benodigde rust en er zullen ook enkele pechgevallen zijn.

- Voor de 'Grijze Vloot' is het reëel te veronderstellen dat er meer voorbereidingstijd nodig is voordat deze 'Grijze Vloot' inzetbaar is. Ook zal deze grijze vloot minder effectief zijn (langere vaartijd bijvoorbeeld) maar door de kwantiteit wel flink kunnen bijdragen.

Bij het uitwerken van dit capaciteitenmodel adviseren we te werken met bandbreedtes. Immers gezien de onzekerheid in de kentallen blijkt dan de spreiding. Deze analyse kan worden uitgevoerd op twee manieren:

1. Hoeveel capaciteit en mensen hebben we nodig als we de operatie in een bepaald aantal dagen willen afronden?
2. Hoe lang gaat de operatie duren bij een bepaalde beschikbare capaciteit.

### 4.3.3

#### Leerpunten voor verbetering redden en vluchten

De kennis van het verloop van de overstroming in de eerste week na de overstroming kan benut worden door voor redden en vluchten (hierna is de verwachting dat alle mensen het gebied hebben verlaten en de focus ligt op herstel in het algemeen):

- Het strategisch opstellen van de reddingsvloot tijdens de dreigingsfase. Voor met name de type gebieden 'stormvloed' en 'de grote (bemalen) dijkkringen in het rivierengebied' is dit relevant omdat voor de andere gebieden er veel meer handelingsperspectief is. Naast het strategisch opstellen is een prioritering voor inzet van belang voor de reddingsfase. De prioritering wordt belangrijker naarmate de opgave groter is. In deze studie gaan we uit van enkelvoudige bressen. Met name als gevolg van stormvloed maar ook op de rivieren zijn doorbraken op meerdere dijktrajecten (of dijkkringen) niet uitgesloten.
- Slimmer evacueren. Evacueren is primair gericht op het minimaliseren van het aantal slachtoffers waarbij er een mix kan zijn op basis van preventief en verticaal evacueren. In geval van verticaal evacueren worden de overlevingskansen bepaald door de blootstelling aan water en de afstand tot veilig gebied en de wijze van redding. Voor de blootstelling aan water is de locatie en omstandigheden van blootstelling van belang, het gaat hier dus om het type gebouw. Voor de afstand tot veilig gebied en de wijze van redding is met name het transport in de buitenlucht over water van belang. Er is dan een verhoogde kans op verdrinking en onderkoeling.

Door slimmer te evacueren worden schuilplaatsen benut waarbij het reddingsproces makkelijker kan worden uitgevoerd. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Bij waterdieptes tussen de 0,5 en 1,5 meter is het vervoer door overstroomd gebied lastig. Bij kleinere waterdieptes kunnen vrachtwagen door het water rijden. Echter die moeten er wel kunnen



komen en ook weer vertrekken. Bij grotere waterdieptes kan er goed gevaren worden. tussen de 0,5 en 1,5 m waterdiepte kan men ook varen maar is het risico op obstakels groot. In de uitwerking per case is inzichtelijk gemaakt wat het areaal is van het overstroomd gebied met een bepaalde waterdiepte.

- Alhoewel bij een stormvloed mogelijk meer mensen achter blijven zijn in het 'rivierengebied bemalen' de afstanden groter.
- Het creëren van duidelijke verwachtingen (bewustzijn) bij mensen als basis voor zelfredzaamheid en wat niet te doen. Daar waar er handelingen zijn die de veiligheid kunnen vergroten zijn er ook handelingen die je eigenveiligheid verkleinen. Een klassiek voorbeeld zijn mensen die nog even de auto weg willen zetten. Tijdens orkaan Harvey zijn ook veel slachtoffers gevallen toen ze zichzelf in veiligheid wilde brengen. Indien men bewust is van de mogelijke gevaren (onderkoeling, verdrinking) kan men zich beter voorbereiden.

## 4.4 Herstel

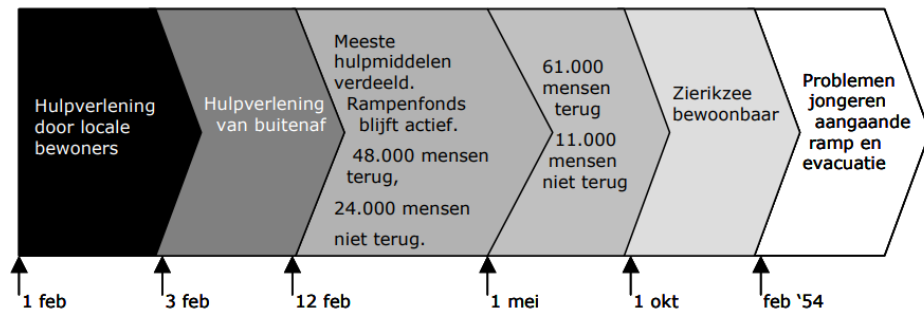
### 4.4.1 Op hoofdlijnen

In geval een dreigende overstroming is er veel onzekerheid of, waar en hoe de waterkeringen zullen falen. Deze onzekerheid heeft ook grote invloed op het overstromingsverloop. Ieder overstromingsscenario is gebaseerd op (de best denkbare) veronderstellingen voor het moment van falen, bresgroei en de inzet en standzekerheid van waterkerende elementen (als regionale waterkeringen, duikers, spoorwegen etc.). Pas uren tot dagen na een dijkdoorbraak ontstaat er echte duidelijkheid over het getroffen gebied en de impact. De impact van de overstroming is ook afhankelijk van de maatregelen die vooraf worden genomen. De focus zal vooral liggen op het redden van mens en dier, hierna komen de overige factoren aan bod. Dat betekent dat er na een doorbraak ook enige tijd is om herstelwerkzaamheden te plannen, waarbij het voordeel is dat dan bekend is wat de impact is.

Tegelijkertijd kunnen keuzes die gemaakt worden in de dreigingsfase kunnen echter wel aanzienlijke invloed hebben op het herstel. Veel van deze keuzes worden ook uitgevoerd door mensen die niet betrokken zijn bij het proces van evacueren of redden (maar mogelijk wel zelf moeten evacueren). Hier ligt dus een aangrijpingspunt om zorg te dragen voor betere aangrijpingspunten voor de herstelfase.

In het programma evacueren kun je leren zijn al checklisten ontwikkeld voor de nafase op basis van ervaringen van overstromingsrampen in het verleden. In Figuur 30 is een voorbeeld opgenomen van een tijdlijn van herstel is gereconstrueerd voor Zeeland (Vermeij et al 2008).

*Figuur 30  
Tijdelijk herstel  
Zeeland na de ramp  
in 1953*



Deze checklisten maken onderscheid in zowel het fysieke herstel van een gebied als de psychosociale nazorg. De benoemde activiteiten in de checklisten voor herstel, wederopbouw en nazorg, zijn onderverdeeld in vijf hoofdcategorieën:

- a. Herstelorganisatie; deze organisatie volgt uit de crisisorganisatie met een focus op herstel in plaats van hulpverlening.
- b. Opvang van getroffenen; deze heeft betrekking op de evacuatie, redding en de lange termijn opvang). Leerpunten hiervoor zijn al benoemd in paragraaf 4.2.
- c. Tijdelijke voorzieningen (deze hebben betrekking op stap 3, 4, 6 van Figuur 4)
- d. Watervrij maken van het overstroomd gebied (deze heeft betrekking op stap 2 en 5 van Figuur 4).
- e. Wederopbouw (stap 7 en 8 van Figuur 4).

#### 4.4.2

#### Leerpunten voor herstel

In dit rapport ligt de focus op het fysieke herstel van een gebied en de relatie tussen het watervrij maken en de wederopbouw.

- Ruimtelijke fasering. Voor alle type gebieden is te zien dat een overstroomd gebied gefaseerd droogvalt. Het belang van maatwerk binnen deze gebieden is van groot belang. In de case voor 'regionaal' is te zien dat bijvoorbeeld de bebouwing iets hoger ligt dan de omliggende landerijen. Dit inzicht is niet generiek toepasbaar maar hangt af van de maaiveldhoogtes, de ligging van bebouwing en waterkerende elementen.
- Prioritering. Het ligt voor de hand dat het herstel ook ruimtelijk gefaseerd wordt uitgevoerd (volgend op gebieden die watervrij zijn gemaakt maar ook vanwege de schaarse beschikbaarheid van herstelmiddelen). Voor start van het herstel is het noodzakelijk dat een gebied definitief watervrij is. Dat betekent dat ook de lokale wateroverlast (de laatste fase van het droogmaken) is verholpen. Omdat de beschikbare noodmiddelen schaars zijn is het wenselijk om hiervoor een strategie of prioritering te maken waar deze middelen eerst worden ingezet en waar later. In de huidige studie is gekeken naar enkelvoudige bressen, als er meerdere doorbraken zijn in verschillende gebieden wordt de prioritering dus belangrijker.

- Verminder instroom. De duur van het watervrij maken wordt in gebieden die bemalen moeten gedomineerd door de noodzakelijk duur van deze bemaling. Daarnaast zal meer water in een gebied ook leiden tot meer schade. Tijdens de beginfase van de overstroming (als het nog hoogwater is) is een zeer belangrijke maatregelen om extra schade te voorkomen het verkleinen van de instroom. Het direct sluiten van een bres is lastig zeker als de stroomsnelheid nog hoog is. Wel kan mogelijk de doorstroming worden verkleind door maatregel te nemen in een (ruime) cirkel om de bres. Direct na de dijkdoorbaak zal naast het redden van mens en dier het verminderen van de instroom dus de belangrijkste maatregel zijn om de duur van de herstelfase te verkorten (omdat er minder kapot is).  
Om deze maatregel snel in te kunnen zetten is het aan te bevelen om al tijdens de dreigingsfase teams en middelen klaar te zetten.



## 5 Referenties

### **Kolen, B en G. Rongen, 2016.**

Reddingsvloot bij overstromingen – Nut en noodzaak. In opdracht van Programma Water en Evacuatie. PR3327.10.

### **Kolen, B, Zethof M, Rongen G en Bierens JJLM, 2016.**

Storylines voor het redden en vluchten na een overstroming. HKV en Joost Bierens in opdracht van Project Water en Evacuatie in samenwerking met Gemeente Dordrecht

### **Nieuwenhuis , R en R. Cové, 2019**

Impactanalyse hoogwater polderclusters VRHM – Programma waterveiligheid VRHM, 7 mei 2019. 44 blz.

### **Van der Giessen, C. 1989**

De Lingewerken – afvoer inundatiewater. Deelrapport 3 Afvoer van voor de Diefdijk staand inundatiewater, 1989, Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water. 36 blz.

### **Vermeij-Van den Braak, E., Besselink, E. en M. Rooze., 2008.**

Handreiking nafase bij een grootschalige overstroming - Opgesteld in kader van "Van dreigend hoogwater tot en met evacuatie", In opdracht van, PR1115.10

### **VNK2, 2012**

Overstromingsrisico Dijkkring 65 Arcen. Document HB 1838755. de Groot, B., november 2014, 81 blz.

### **VNK2, 2014**

Overstromingsrisico Dijkkring 43 Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden. Document HB 2311021. Vergouwe. R, R.J.M. Huting en P. van der Scheer, mei 2014, 197 blz.

### **VNK2, 2014**

Overstromingsrisico Dijkkring 29 Walcheren. Document HB 2585116. J.C. Bossenbroek, J.C. en J.W. Bardoel, oktober 2014, 127 blz.

### **UvWm 2016**

Handboek inzet calamiteitenmateriaal waterschappen, versie 4 januari 2016, 30 blz.

### **Zethof M, Versteeg, H. en B.Kolen, 2016.**

Nut & noodzaak extra gemealcapaciteit na overstroming. In opdracht van Ministerie van Infrastructuur & Milieu. PR3291.10.



# Bijlagen





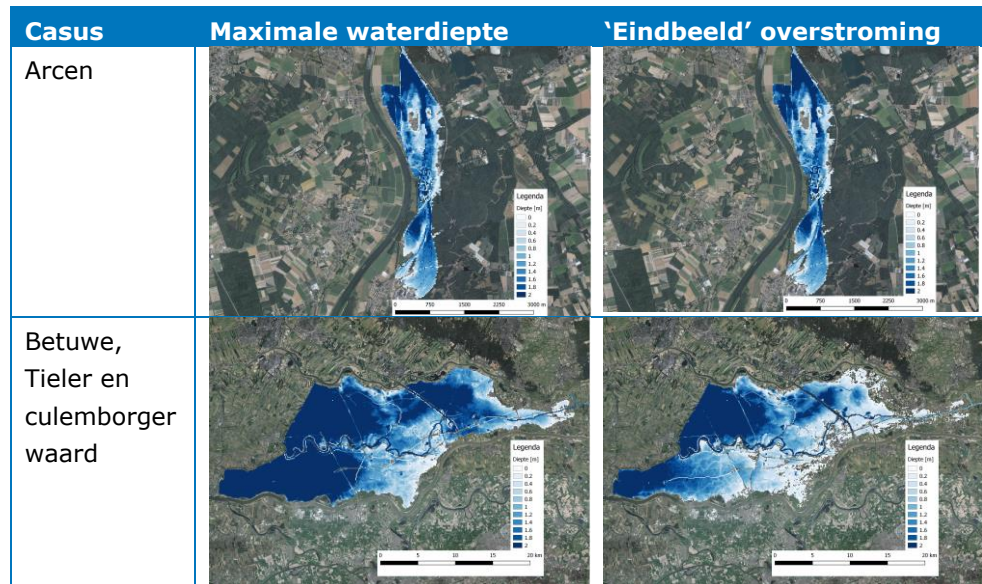
# A

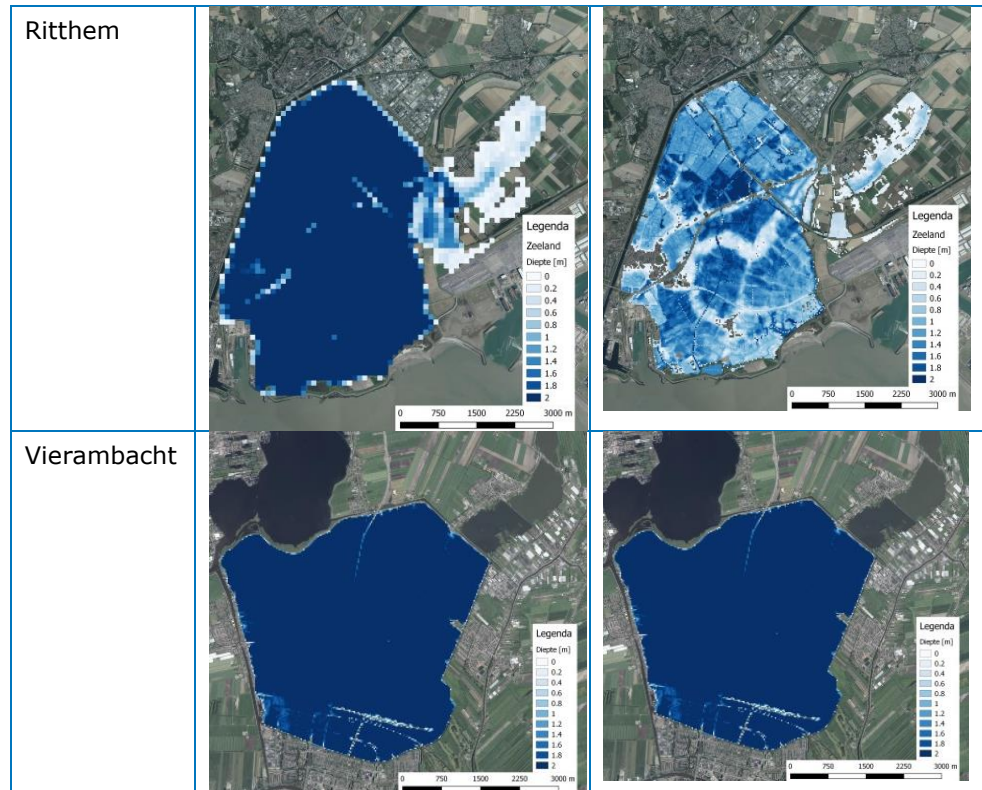
## Verskil maximale waterdiepte en eindbeeld overstroming

In Figuur 31 zijn de kaartbeelden van inundatie te zien voor de scenario's in de casusgebieden die in deze studie zijn beschouwd. De linkerkolom laat het kaartbeeld zien van de maximale waterdiepte die optreedt tijdens de inundatie. De rechterkolom geeft het eindbeeld van de inundatie. De 'eindbeelden' van de scenario's zijn de kaartbeelden van de inundatie op de laatste tijdstip van de scenario's die zijn gebruikt uit de beschikbare overstromingsmodellen. In deze studie wordt het eindbeeld gebruikt zoals afgebeeld in Figuur 31 als startpunt voor de berekening voor het bepalen van de duur voor het waterdrij maken.

In het gebied van Arcen is er een duidelijk verschil te zien tussen de maximale waterdiepte en het eindbeeld. Het eindbeeld is de situatie na 8 dagen; het hoogwater is gezakt en er is al veel water via de bres het gebied weer uit gestroomd.

*Figuur 31  
Waterdieptebeelden  
van maximale  
waterdiepte en  
eindbeeld van  
overstroming in het  
inundatiescenario.*





In het gebied van de Betuwe-, Tieler-en Culemborgerwaard is ook een verschil te zien, niet zo zeer in verschild gebied dat inundeert, maar wel in de waterdiepte. Het eindbeeld in dit scenario is het beeld van 12 dagen na de doorbraak. Voor een overstroming bij Ritthem geldt ook dat de omvang van de overstroming in beide beelden vergelijkbaar is, maar er wel een verschil in waterdiepte is. Het eindbeeld van het scenario bij Ritthem is van 7 dagen na de doorbraak.

Bij polder Vierambacht is er geen verschil in kaartbeelden te zien. Het eindbeeld is gelijk aan het beeld van de maximale waterdiepte. Dit omdat gerekend is met een evenwichtswaterstand.





**Hoofdkantoor**

HKV lijn in water BV  
Botter 11-29  
8232 JN Lelystad

**Nevenvestiging**

Informaticalaan 8  
2628 ZD Delft

0320 294242

[info@hkv.nl](mailto:info@hkv.nl)

[www.hkv.nl](http://www.hkv.nl)