



Werkpakket Wateroverlast en overstrooming 2022

Methodiek voor uitwerken bovenregionale extreme neerslagsscenario's als input voor stresstesten, ruimtelijke ordening, crisisbeheersing en risico analyse.

Datum: 23 december 2022
Versie: definitief

Projectteam:

Bas Kolen (HKV, projectleiding)
Bart Strijker (HKV)
Dorien Honingh (HKV)
Dorien Lugt (HKV)
Marco Hoogvliet (Deltares)
Nanco Dolman (Deltares)
Harm Nomden (Sweco)
Renee Swinkels (Sweco)
Rineke Hulsman (RHDHV)
Sander van den Tillaart (RHDHV)
Jarl Kind (De Waterwerkers)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding voor dit onderzoek	7
1.2 Doelstellingen	8
1.3 Aanpak van het onderzoek	9
1.4 Leeswijzer	9
2 De 'nieuwe' credible bovenregionale extreme gebeurtenis	10
2.1 Al bestaande gebeurtenissen	10
2.2 Nieuwe gebeurtenissen	10
3 Methodiek voor afleiden credible bovenregionale neerslaggebeurtenis	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Procesleidraad	13
3.3 Stap 1 – Gebiedsbeschrijving	14
3.4 Stap 2 - Omgevingsfactoren	14
3.5 Stap 3 – Samenstellingen gebeurtenissen	19
3.6 Stap 4 – Selecteren extreme gebeurtenissen	21
3.7 Stap 5 – Impactbepaling	21
3.8 Stap 6 – Relevante toepassingen	22
3.8.1 Ruimtelijke ordening	22
3.8.2 Risicoanalyse	24
3.8.3 Crisisbeheersing	26
4 Verdieping op bepaling bovenregionale effecten	27
4.1 Wat verstaan we onder schade	27
4.2 Uitval van kritieke infrastructuur bij extreme regenval	29
4.3 Schade door uitval vitale en kwetsbare functies in schademodellen	32
4.3.1 Beschikbare schademodellen	32
4.3.2 Vitale en kwetsbare infrastructuur	37
4.3.3 Elektriciteit	39
4.3.4 Gas	41
4.3.5 Uitval verkeer	41
4.4 Grotere effecten door langere duur overlast en grotere omvang van de overlast	43
4.4.1 Landbouw	43
4.4.2 Inzet hulpverlening	45
4.5 Voorstel voor praktijk	46
4.5.1 Verbeteren schademodellen	46
4.5.2 Meenemen van impact die niet door de schademodellen wordt beschreven	48
5 Toepassing methode in cases	49
5.1 Den Bosch inclusief De Aa en De Dommel	49
5.1.1 Stap 1: gebieds- en systeembeschrijving	49

5.1.2	Stap 2: omgevingsfactoren in beeld brengen	50
5.1.3	Stap 3 samenstellen credible bovenregionale scenario's	50
5.1.4	Stap 4 selecteren credible bovenregionale scenario's	50
5.1.5	Stap 5: Gebeurtenis uitwerken met overstromingskaarten plus bepalen impact ..	52
5.1.6	Stap 6: Relevante toepassingen	54
5.1.7	Reflectie op de aanpak	56
5.2	ARK NZK en polderboezemsysteem van Waternet	56
5.2.1	Stap 1: gebieds- en systeembeschrijving	57
5.2.2	Stap 2: omgevingsfactoren in beeld brengen	58
5.2.3	Stap 3 samenstellen credible bovenregionale scenario's	59
5.2.4	Stap 4 selecteren credible bovenregionale scenario's	60
5.2.5	Stap 5: Gebeurtenis uitwerken met overstromingskaarten plus bepalen impact ..	61
5.2.6	Stap 6: Relevante toepassingen	64
5.2.7	Reflectie op de aanpak met beheerders	67
6	Samenhang tussen testen en gebruik van de uitkomsten	68
6.1	Context: bruikbaarheid en evaluatie standaard stresstest DPRA	68
6.2	Verschillen en interactie tussen testen	69
6.2.1	Kenmerken standaard stresstest DPRA	69
6.2.2	Kenmerken bovenregionale stresstest	71
6.2.3	Integrale risicodialoog?	73
6.3	Aanbevelingen voor gebruik uitkomsten	78
6.3.1	In watersysteembeheer	79
6.3.2	Bij ruimtelijke ordening, inrichting en bouw	82
6.3.3	Bij crisisbeheersing en herstel	89
6.4	Reflectie op 'risico's in perspectief' voor risicodialoog	90
7	Beschouwing en aanbevelingen	93
	Referenties	97
	Bijlage A: Overzicht normeringen watersystemen	99
	Overige mechanismen.	100
	Bijlage B: Kritische uitvalhoogtes	105
	Bijlage C: Case Den Bosch	107
	Bijlage D: Case ARK/NZK	109

Samenvatting

In juli 2021 werden grote delen van Limburg, Duitsland en België getroffen door extreme regenval en overstromingen. Het gevolg was een watercrisis die ongekend was in deze periode van het jaar. Het ging hierbij niet zozeer om het volume neerslag maar de combinatie van factoren die tegelijkertijd optrad. Het weerpatroon, de hoeveelheid neerslag, de omvang van het gebied waarin deze neerslag viel en het gebied waarin de neerslag viel maakte deze gebeurtenis uniek. Deze gebeurtenis kan als nieuw worden beschouwd. Nieuw in termen van mogelijke gevolgen die niet onderkend zijn. Nieuw omdat deze gebeurtenis niet is voorzien in statistieken die ten grondslag liggen aan het normeren en beoordelen van stedelijke en regionale watersystemen, en van regionale en primaire waterkeringen. En ook nieuw omdat deze gebeurtenis niet in de klimaatstresstesten wordt beschouwd.

In dit NKWK onderzoek is een methode opgesteld om voor deze extreme neerslag bovenregionale credible gebeurtenissen samen te stellen. Hierin wordt gebruik gemaakt van statistische informatie en expertschattingen. De methode is zo opgesteld dat de uitkomsten kunnen worden vergeleken met de bestaande statistieken en scenario's die al worden gebruikt. Daardoor kan met deze methode voor een gebied worden bepaald of deze 'nieuwe' gebeurtenis relevant is voor beleidskeuzes en operationeel beheer. Het gaat hierbij om vraagstukken over risico analyses voor het ontwerpen en dimensioneren van watersystemen en waterkeringen, ruimtelijke vraagstukken zoals locatiekeuzes en ontwerpkeuzes (w.o. invulling geven aan water en bodem sturend principes), en om crisisbeheersing en herstel. De methode is ontwikkeld en getest met behulp van twee cases. De eerste case was rondom Den Bosch, waarbij ook gekeken is naar de interactie met de Maas en het effect op de Aa en de Dommel. De tweede case was het Amsterdam Rijn-Kanaal en NoordZeeKanaal systeem (ARK/NZK). De resultaten zijn praktische bouwstenen voor de opzet van een bovenregionale stresstest, en zijn bruikbaar bij de verdere uitwerking van de adviezen van de beleidstafel wateroverlast.

Een nieuwe gebeurtenis

Op basis van normeringstudies en voor diverse water(keringen)systemen uit het verleden en stresstesten is al veel informatie beschikbaar over wateroverlast bij overbelasting van deze water(keringen)systemen. We spreken over 'nieuwe' gebeurtenissen als deze gebeurtenissen zelf niet voorkomen in de bestaande statistieken. De zomergebeurtenis van 2021 kan worden gezien als een dergelijke nieuwe gebeurtenis. De enorme (bovenregionale) omvang in combinatie met de koude put in de zomer is niet een gebeurtenis die onderdeel was van de statistieken. Wel is het beeld van experts dat deze ook elders in Nederland voor kan komen, en dat het impact kan hebben op het watersysteem, de ruimtelijke inrichting en de crisisbeheersing. De term *credible* is in dit onderzoek gekozen om te duiden dat het gaat om nog realistische en voorstelbare extreme gebeurtenissen, die het ontwerp van het systeem te boven gaan. Het begrip *bovenregionaal* geeft aan dat het gaat om gebeurtenissen die een grote omvang hebben en dus in een groot gebied kans bestaat op wateroverlast. Credible bovenregionale gebeurtenissen zijn extremer (in intensiteit en omvang) dan tot op heden in veiligheidsanalyses zijn beschouwd. Hierdoor kunnen (cascades van) effecten optreden die niet eerder zijn geïdentificeerd. De vraag of deze nieuwe gebeurtenissen leiden tot nieuwe inzichten over risico's en gevolgbeperking, is afhankelijk van andere, reeds bekende oorzaken en gevolgen van wateroverlast en overstromingen. Daarnaast verschilt de relevantie van de bovenregionale credible scenario's voor verschillende vraagstukken. Wat die relevantie is, volgt uit de analyse van de scenario's. In dit onderzoek hebben we gekeken naar voorname vraagstukken die horen bij het ontwerpen van water(kering)systemen op basis van een risico analyse, ruimtelijke vraagstukken als de locatiekeuze van objecten en ontwerpkeuzes en crisisbeheersing.

Procesleidraad






In het onderzoek is een procesleidraad opgesteld om bovenregionale credible scenario's voor een gebied op te stellen. Deze aanpak combineert probabilistisch denken op basis van bestaande statistieken en het denken in mogelijkheden op basis van de (expert)kennis van mogelijke klimaatverandering en extremen.

De experts (een combinatie van hydrologen, rioleurs, waterkeringexperts en experts van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing) werken gezamenlijk deze extreme gebeurtenissen uit op basis van een combinatie van omgevingsfactoren die bijdragen aan deze wateroverlast. De procesleidraad onderscheidt de volgende stappen:

1. Opstellen gebiedsbeschrijving;
2. In kaart brengen van omgevingsfactoren die bijdragen aan ernst en omvang wateroverlast;
3. Samenstellen van groslijst mogelijke gebeurtenissen;
4. Selectie van representatieve bovenregionale credible gebeurtenissen;
5. Impact bepaling van deze gebeurtenissen met schademodelen en op basis van expertschattingen voor nieuwe (cascade)schades;
6. Bepalen relevantie van deze gebeurtenis voor het beslisprobleem en in relatie tot andere oorzaken van wateroverlast of overstromingen.

De methode is succesvol toegepast in twee cases: rondom Den Bosch waar de neerslag-gebeurtenis van de zomer van 2021 is vertaald naar credible extreme gebeurtenissen voor de stroomgebieden van de Aa en de Dommel (en de Maas) en het ARK/NZK-systeem. De toepassing op deze twee cases heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van de voorgestelde methode.

In de onderstaande tabel is als voorbeeld een overzicht opgenomen van de opgestelde bovenregionale *credible* scenario's voor het ARK/NZK-systeem, waaruit volgt welke omgevingsfactoren de ernst en omvang sterk kunnen beïnvloeden. Deze credible scenario's zijn geselecteerd om de bandbreedte van de ernst en omvang in kaart te brengen. Samen met de experts van het waterschap heeft een voorverkenning van de gevolgen plaatsgevonden. De beoordeling zelf, of een effect of risico wel of niet acceptabel is, is niet uitgevoerd. In een risicodialoog, op basis van uitkomsten van stresstesten, kunnen deze oordelen bijvoorbeeld worden gevormd.

	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Herhalingsklasse
1	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	T300-T1000 (laag)
2	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Geen bres	T300-T1000 (hoog)
3	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	T1000-T3.000 (laag)
4	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Eén bres	T1000-T3.000 (hoog)
5	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg	Geen bres	>T3.000 (laag)
6	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg + uitval 15% poldergemalen + geen inzet Ronde Hoep	Eén bres	>T3.000 (hoog)

Tabel 1 Overzicht van de credible bovenregionale scenario's ARK/NZK systeem met focus op de Amstellandboezem

Impact

In het onderzoek is ook gekeken naar de mogelijke impact van een bovenregionale credible gebeurtenis, en vooral naar impact die nu nog niet volgt uit de schademodelen. Allereerst zal de bovenregionale credible gebeurtenis leiden tot een hogere schade dan neerslaggebeurtenissen die al in beeld waren (maar een lagere schade dan bij de meeste doorbraken van primaire waterkeringen). Deze grotere schade ontstaat vooral omdat een groter gebied wordt getroffen door de neerslag.

Verschillende schademodelen zijn beschikbaar en toepasbaar. Hierin zijn wel verbeteringen mogelijk. Indirecte schade en ontbrekende schadetypen kunnen worden meegenomen via een

opslagfactor (zoals in SSM). Dit wordt echter nog niet in alle schademodelen toegepast. Daarnaast kunnen elektriciteitsuitval, gasstoring en verkeersschade beter en explicieter worden gemodelleerd. Schaarste bij hulpverleningscapaciteit en de impact op landbouw zal in algemene zin niet leiden tot grote extra schade op een bepaalde plaats.

De vraag is echter of de grotere omvang van het getroffen gebied ook leidt tot extra schades door bijvoorbeeld een langere duur of een grotere waterdiepte door de interactie van watersystemen. Deze effecten zijn nu nog niet aangetoond. Dat betekent niet dat deze er niet zijn, per situatie zal hier aandacht aan moeten worden besteed of er blinde vlekken zijn. Schaarste bij hulpverleningscapaciteit is al een feit, denk bijvoorbeeld aan zandzakken en noodpompen. Schade kan niet worden voorkomen, wel kunnen vitale objecten beter worden beschermd door keuzes over inzet van mens en materiaal dat al beschikbaar is. Tegelijk wordt opgemerkt dat de bijdrage van deze schades aan de totale schade vaak beperkt is, zoals ook blijkt uit Limburg. Daarbij is er de vraag hoe impact kan worden meegenomen die nu nog niet in de modellen zit. Deze impact bestaat uit gevolgen die niet in de huidige schadefuncties zitten, en zijn alleen relevant als ze significant zijn. Hiervoor zijn in het onderzoek handreikingen opgesteld. Voor gebieden met veel vitale of speciale objecten is de kans groter dat deze leiden tot extra schade. Ook is een inventarisatie uitgevoerd naar de beschikbare kennis over kritische uitvalhoogtes van allerlei functies. Geadviseerd wordt hiernaar, en naar de invloed van netwerkbeheer op de impact, vervolgonderzoek te doen en de uitkomsten daarvan toegankelijk te maken voor overheden en uitvoerders van stresstesten.

Aanbevelingen

Voor de verdere uitwerking van de bovenregionale stresstest methodiek, komen wij tot de volgende aanbevelingen:

- Ontwikkel de stresstest bovenregionale credible gebeurtenissen als een aanvulling op de reeds bestaande stresstesten. Werk aan standaardisatie en uniformiteit in de aanpak. Stel hierbij niet de kans op neerslag centraal, maar de kans op wateroverlast die volgt uit de combinatie van de nieuwe meteorologische gebeurtenis en andere omgevingsfactoren. Bekijk per scenario of er extra aandacht moeten worden besteed aan mogelijke blinde vlekken in de impact.
- Of de bovenregionale scenario's dan een significante rol spelen in besluitvorming is afhankelijk van het beslisprobleem (risico analyse, adaptatie, crisisbeheersing) en onherroepelijk verbonden aan de andere oorzaken van wateroverlast en daaraan verbonden afwegingen over kosten en baten. Deze afwegingen en keuzes worden gemaakt in een risicodialoog. Aanbevolen wordt om voor de risico analyse een afwegingskader op te stellen dat aansluit bij de normeringen.
- Voor gevolgen voor verschillende sectoren wordt aanbevolen om hier op drie manieren naar te kijken. Het eerste niveau is op basis van een scenario de gevolgen voor functies in kaart te brengen (bijv. de bereikbaarheid van een ziekenhuis of de uitval van een snelweg). Het tweede niveau is dat voor de functie wordt beoordeeld welke oorzaken nog meer leiden tot functieverlies en wat de relatieve bijdrage van wateroverlast aan het risico is. Het derde niveau is de vraag of extreme gebeurtenissen met grote gevolgen zwaarder wegen dan de gevolgen van kleinere gebeurtenissen die vaker voorkomen.

Een aanbeveling voor vervolg is om waterschappen, gemeenten en provincies te ondersteunen bij hun eerste stresstesten met deze nieuwe bovenregionale credible gebeurtenissen. Deze ondersteuning is dan ten minste gericht op overdracht van kennis en ervaringen over de toepassing van de methodiek en het geven van een impuls aan het gebruik van uitkomsten in de risicodialoog.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor dit onderzoek

De doelstelling van het NKWK Programma Klimaatbestendige Stad is om vraaggestuurd¹ en praktijkgericht² onderzoek uit te voeren. Voor het onderwerp 'wateroverlast en hoogwater' ligt de focus op de betekenis van de grootschalige hoogwatergebeurtenis uit de zomer van 2021 voor de risico's van wateroverlast en hoogwater in geheel Nederland.

In juli 2021 werden grote delen van Limburg, Duitsland en België getroffen door extreme regenval en overstromingen. Het gevolg was een watercrisis die ongekend was in deze periode van het jaar. De impact in Nederland was kleiner dan in Duitsland en België, omdat in deze landen nog meer neerslag viel, en omdat deze gebieden nog meer hellend zijn dan in Nederland.



Figuur 1: Overstromingen in Limburg (bron ENW 2021)

De hoeveelheid neerslag die in Nederland viel was extreem maar niet uniek. Deze neerslaghoeveelheden komen vaker voor, zoals blijkt bij andere wateroverlastgebeurtenissen uit het recente verleden (denk aan de wateroverlast in 1998 in Delfland en Oost-Nederland). Wat de gebeurtenis van de zomer van 2021 echter bijzonder maakt is de combinatie van factoren die tegelijkertijd optrad: de hoeveelheid neerslag, de omvang van het gebied waarin deze neerslag viel, het jaargetijde en de karakteristieken van het gebied waarin de neerslag viel.

¹ Vraaggestuurd betekent dat het programma wordt gestuurd door de kennisvragen van de verantwoordelijke decentrale overheden en andere belanghebbende partijen ('de partijen': gemeenten, waterschappen, provincies) en daarnaast, afhankelijk van het thema, woningcorporaties, departementen van de Rijksoverheid, GGD's, veiligheidsregio's, bedrijventerreinen). Voor het voorstel 'wateroverlast en overstromingen' is ook de beleidstafel wateroverlast belangrijk. Met dit onderzoek leveren we kennis op voor de invulling van de opgestelde aanbevelingen, die vervolgens (door de beleidstafel en de betrokken partijen) benut kunnen worden voor de ontwikkeling van methode om in de praktijk toe te passen.

² Praktijkgericht betekent dat de producten en resultaten bruikbaar moeten zijn in de praktijk van de deze partijen.

Er was allereerst sprake van een koude put in de zomer, waarbij een lage drukgebied ingeklemd wordt tussen hogedrukgebieden, en dat dit lage drukgebied zich nauwelijks verplaatste. Alhoewel een koude put vaker voor in de omgeving was de combinatie met de aanvoer van vochtige lucht uit de omgeving en een voorafgaande hittegolf in het Baltisch gebied bijzonder (ENW 2021). Ook de omvang was uitzonderlijk groot, veel groter dan de eerdere neerslaggebeurtenissen in Nederland. Als het buiensysteem volledig boven Nederland was gepositioneerd, in plaats van grotendeels boven België en Duitsland, dan had de helft van Nederland te maken gehad met deze neerslag. Daarnaast was in Nederland het samenspel tussen beken in het Limburgse Heuvelland en de Maas uniek (IenW 2022). De kans van voorkomen van deze grootschalige gebeurtenis is nog onbekend en van meerdere factoren afhankelijk dan alleen neerslag.

Dat extreme gebeurtenissen voor kunnen komen wordt overigens wel onderkend. Bij het ontwerp van het regionale watersysteem zijn er normen die beschrijven hoe vaak wateroverlast voor een bepaald type grondgebruik acceptabel is. Daarnaast bestaat er vanuit Ruimtelijke Adaptatie een stresstest waarbij voor piekbuien en regionale watersystemen afzonderlijk wordt gekeken naar de impact van een 1/1.000 jaar neerslaggebeurtenis. Deze stresstest wordt opgevolgd door een risicodialoog tussen de betrokken stakeholders waarin afspraken worden gemaakt over maatregelen of acceptatie van het risico.

De extreme gebeurtenis zoals gevallen in Limburg is echter 'nieuw'. Nieuw in termen van mogelijk gevolgen die niet onderkend worden vanwege de grote omvang en duur van de gebeurtenis (De Bruijn en Slager 2021), en nieuw omdat deze gebeurtenis niet is voorzien in statistieken die ten grondslag liggen aan het normeren en beoordelen van stedelijke en regionale watersystemen, regionale en primaire waterkeringen (ENW 2021) en ook niet in de stresstesten worden beschouwd.

De vraag is of deze 'nieuwe' gebeurtenis relevant is voor beleids- en operationele keuzes in Nederland. Het gaat hierbij om vraagstukken over:

- Het ontwerpen en dimensioneren van watersystemen en waterkeringen. Aan de normen van deze watersystemen en waterkeringen ligt veelal een risico analyse te grondslag;
- Ruimtelijke inrichting waarbij de vraag is of deze gebeurtenissen relevant zijn voor de locatiekeuze van nieuwe ontwikkelingen en het maken van ontwerpen op een locatie;
- Crisisbeheersing en operationeel waterbeheer.

In het eerste advies van de beleidstafel zijn al punten benoemd en gekoppeld aan de meerlaagsveiligheidsbenadering. Dit rapport is een bouwsteen voor aanbeveling 21 van de beleidstafel wateroverlast "Kom met een aanpak voor een landelijk beeld van regionale knelpunten als gevolg van wateroverlast en problemen rond waterveiligheid". Daarbij speelt de vraag hoe deze 'nieuwe' gebeurtenis mee te nemen in de stresstesten.

1.2 Doelstellingen

Het doel van het uitgevoerde onderzoek en dit daaruit volgende rapport is:

1. Het beschrijven van een methodiek voor het definiëren van deze 'nieuwe' mogelijke extreme - credible - gebeurtenissen als aanvulling op de bestaande statistieken en risico analyses.
2. Het beschrijven van bouwstenen hoe we de impact en vervolgens relevantie van deze nieuwe gebeurtenissen kunnen bepalen voor toepassing in de risicoanalyse (en dimensionering van het watersysteem en waterkeringen), bij ruimtelijke inrichting en bij crisisbeheersing.
3. Het adviseren over hoe deze nieuwe gebeurtenissen meegenomen kunnen worden in de uitvoering van (bovenregionale) stresstesten en risicodialogen.

1.3 Aanpak van het onderzoek

Dit onderzoek is uitgevoerd door een team van HKV, Deltares, Sweco, RHDHV en De Waterwerkers. In het onderzoek zijn twee cases (rondom Den Bosch met de Dommel en de Aa en het ARK/NZK gebied met een focus op Waternet) uitgevoerd, waarbij is samengewerkt met hydrologen, waterkeringenexperts en adaptatie specialisten. In deze cases zijn de ontwikkelde methodes toegepast en besproken met experts.

Het onderzoek is begeleid door een begeleidingscommissie samengesteld NKWK. In deze begeleidingscommissie zaten IenW, Rijkswaterstaat, STOWA, staf Deltaprogramma, Unie van Waterschappen, Waterschap Aa en Maas, Waternet, Gemeente 's-Hertogenbosch, gemeente Amsterdam, gemeente Amstelveen en STOWA.

1.4 Leeswijzer

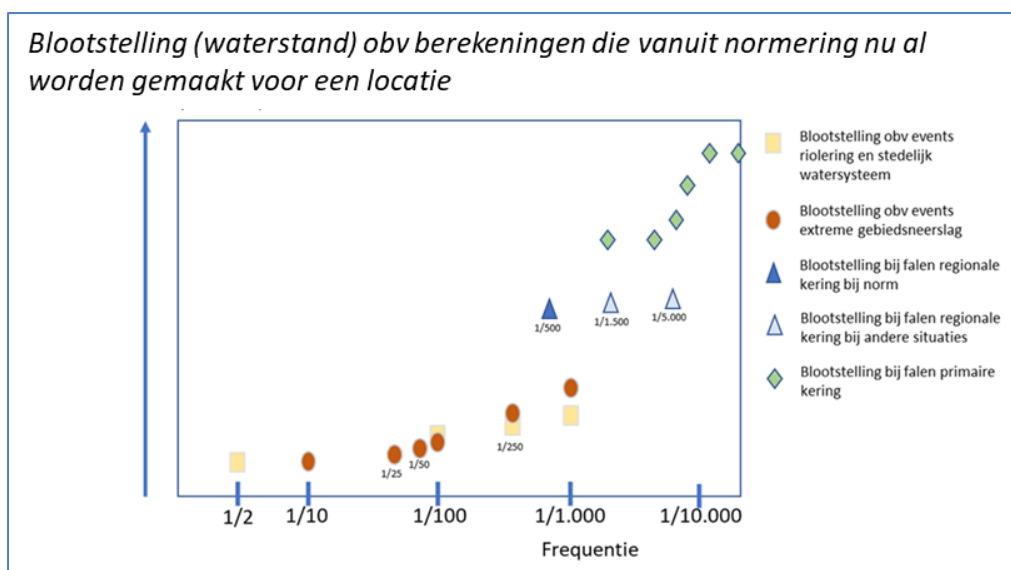
Hoofdstuk 1 bevat de aanleiding en doelstelling van de werkzaamheden. In hoofdstuk 2 is dieper ingegaan op wat onder de nieuwe gebeurtenis wordt verstaan en hoe die zich verhoudt tot de bestaande statistieken. De methodiek om een bovenregionale extreme (credible) gebeurtenis af te leiden is beschreven in hoofdstuk 3, in hoofdstuk vier is verder ingegaan op de impact en de schademodellering. Cases voor het gebied rondom het Amsterdam Rijnkanaal en Noordzeekanaal, en in het gebied rondom 's-Hertogenbosch met daarbij de interactie tussen de beken en de Maas, zijn beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 is een doorkijk gegeven naar de doorwerking van de resultaten in de opzet van stresstesten en het toepassen van de resultaten hiervan in een risicodialoog, bij ruimtelijke ordening en crisisbeheersing. Hoofdstuk 7 bevat een beschouwing op de resultaten en aanbevelingen voor vervolgstappen.

2 De 'nieuwe' credible bovenregionale extreme gebeurtenis

2.1 Al bestaande gebeurtenissen

Op basis van normeringstudies en voor diverse water(keringen)systemen uit het verleden is al veel informatie beschikbaar over de kans op wateroverlast bij overbelasting van deze water(keringen)systemen. Bij het normeren en beoordelen van watersystemen en waterkeringen en bij stresstesten wordt al gebruik gemaakt van deze kennis zoals bijvoorbeeld de neerslagstatistiek die in 2019 door STOWA zijn opgesteld voor normeringen en stresstesten (Beersma et al. 2019). In Bijlage A is een overzicht opgenomen van de verschillende normeringen, dat is eerder is verschenen in een uitgave STOWA over de integrale risico analyse (Kolen et al. 2022). De gebeurtenissen die worden beschouwd zijn samengesteld uit neerslag en allerlei andere omgevingsfactoren die samen leiden tot neerslag-afvoerprocessen en mogelijke inundaties. Deze inundaties kunnen optreden door beperkte afvoercapaciteit en berging van riolen en watergangen, door oppervlakkige afstroming en doorbreken van waterkeringen. Ook voor ruimtelijke vraagstukken en crisisbeheersing wordt deze informatie gebruikt. Zo is er een gestandaardiseerde stresstest opgesteld waarin neerslaggebeurtenissen tot een terugkeertijd van 1000 jaar zijn gedefinieerd voor zowel piekbuien als regionale neerslag.

In Figuur 2 is een illustratie opgenomen van de blootstelling op een locatie ergens in Nederland. In deze figuur zijn verschillende gebeurtenissen opgenomen zoals die nu al in de huidige aanpak worden beschouwd. De iconen in deze figuur geven aan wat de oorzaak is van de wateroverlast.



Figuur 2: Blootstelling als gevolg van diverse oorzaken van wateroverlast bij gebeurtenissen die in de huidige praktijk al worden beschouwd bij normeringen, systeemanalyses en stresstesten (Kolen et al. 2022).

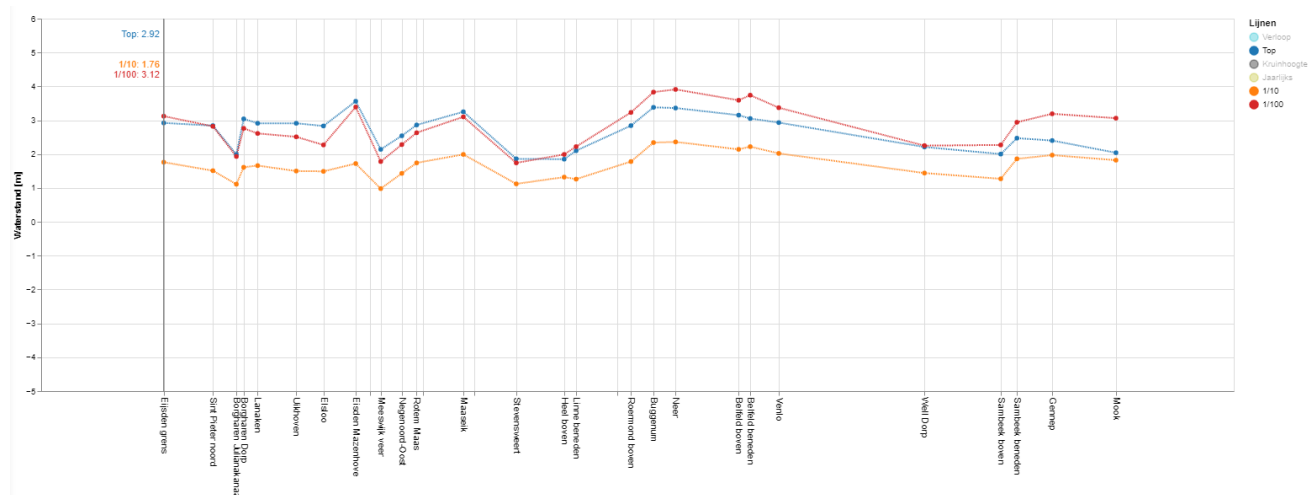
2.2 Nieuwe gebeurtenissen

De terugkeertijd van de gebeurtenis kan op allerlei manieren worden uitgedrukt, en zo kunnen dus ook diverse terugkeertijden (en records) worden benoemd. Denk aan:

- De hoeveelheid neerslag in het gehele getroffen gebied of op een punt bijvoorbeeld in Valkenburg;
- De waterstand in Valkenburg of Meerssen of de afvoer op de beken;
- De waterstand op de Maas bij Maastricht en Venlo heeft een duidelijke andere terugkeertijd door vervorming van de afvoergolf.

In Figuur 3 is voor de Maas de piekwaterstand van bovenstrooms naar benedenstrooms afgezet tegen de piekwaterstanden met een terugkeertijd van 10 (oranje) en 100 (rood) jaar. Duidelijk is in deze figuur de vervlakkening van de steile afvoergolf te zien.

In dit onderzoek gaat het om de kans van optreden van wateroverlast, dus de kans op een bepaalde mate van blootstelling.



Figuur 3: Afvlakking piekwaterstand op de Maas (HKV 201, <https://hoogwater2021.hkvservices.nl/>)

We spreken over 'nieuwe' gebeurtenissen als deze gebeurtenissen niet voorkomen in de bestaande statistieken, zoals de neerslagstatistieken van 2019 zoals opgesteld door de STOWA of in de tijdreeksen van Grade waarmee de hoogwaters op de rivieren worden doorgerekend.

De zomer gebeurtenis van 2021 is zo'n nieuwe gebeurtenis. De enorme (bovenregionale) omvang in combinatie met de koude put in de zomer is niet een gebeurtenis die onderdeel was van de statistieken. Wel is het beeld van experts dat deze vaker en elders voor kan komen.

Credible betekent hier dat het gaat om realistische en voorstelbare extreme gebeurtenissen die het ontwerp van het systeem te boven gaan. De term 'credible' is in het verleden ook gebruikt om extreme overstroomingsgebeurtenissen voor te bereiden die nog zinvol zijn om mee te nemen voor de crisisbeheersing (Ten Brinke et al. 2010). Het begrip *bovenregionaal* geeft aan dat het gaat om gebeurtenissen waarbij een groot gebied wordt blootgesteld aan wateroverlast. Credible bovenregionale gebeurtenissen zijn extremer (in intensiteit en omvang) dan tot op heden in veiligheidsanalyses zijn beschouwd. Het watersysteem wordt bovennormatief belast, waardoor het functioneren van het watersysteem met omliggende infrastructuur kan afwijken van waar rekening mee wordt gehouden.

De vraag voor dit onderzoek was hoe deze nieuwe gebeurtenissen samengesteld kunnen worden ten behoeve van analyses. Idealiter worden deze onderdeel gemaakt van de reguliere benaderingen waarbij de gebeurtenis meegenomen kan worden in tijdreeksanalyses of probabilistische benaderingen. Dit vereist echter dat de kans op deze gebeurtenis bekend moet zijn, wat nu nog niet het geval is (de kans op de gebeurtenis als in de zomer van 2021 wordt vooralsnog geschat op ergens tussen de 1/300 en 1/1.000 per jaar).

De mate van wateroverlast als gevolg van deze gebeurtenis is ook afhankelijk van de omgeving waarin deze plaatsvindt. Het is van belang rekening te houden met een samenloop van verschillende effecten in een groot gebied. Zo zagen we in de zomer van 2021 dat naast de extreme afvoer uit de beken in het Heuvelland er ook veel water via de Maas naar Nederland kwam. Ook in andere gebieden zijn allerlei combinaties mogelijk door interactie tussen rivier en zijlopen, maar ook door bijvoorbeeld beperking van spui mogelijkheden en het falen van gemalen.

Om toch nieuwe bovenregionale gebeurtenissen te kunnen definiëren volgen we de aanpak die is gebruikt voor de 'worst credible floods'. De bovenregionale 'gebeurtenissen' (een combinatie van extreme neerslag in een gebied en omgevingsfactoren) zijn extreem en grenzen aan wat we nog 'credible' vinden.

Het gaat dus om 'combinaties van neerslag en andere factoren die samen kunnen optreden en extreem zijn, maar niet zo extreem dat ze onrealistisch zijn. Deze aanpak maakt dus gebruik van kennis en informatie over het watersysteem en neerslagstatistieken. Deze zit bij verschillende experts van de verschillende organisaties die tegelijkertijd met het grootschalige event te maken krijgen.

De experts (een combinatie van hydrologen, rioleurs, waterkeringexperts en experts van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing) stellen gezamenlijk de extreme gebeurtenis samen. De bestaande kennis en inzichten in het watersysteem worden gebundeld en besproken met experts in een Delphi sessie. Hierbij wordt eerst eigenstandig een beeld van de situatie gevormd, wat vervolgens wordt besproken. Vervolgens wordt aangestuurd op consensus en wordt de gebeurtenis gedefinieerd.

Per beslisprobleem kan worden nagegaan of deze gebeurtenissen relevant zijn om mee te nemen:

- Voor risico analyses kunnen de gevolgen worden bepaald, combineren met de kans inschatting levert de bijdrage aan het risico. Afhankelijk van deze bijdrage kan bepaald worden of deze significant is of niet;
- Voor de ruimtelijke inrichting (locatiekeuze, ontwerpkeuzes) kan worden nagegaan of deze extra gebeurtenis leidt tot een andere overschrijdingsfrequentie van de waterdiepte op verschillende locaties. De gebeurtenis is daarvoor relevant als een bepaalde mate van wateroverlast door deze credible gebeurtenis veel vaker optreedt. Als dezelfde mate van wateroverlast al vaker optreedt gegeven de werking van het watersysteem of de waterkeringen is de gebeurtenis niet relevant;
- Voor crisisbeheersing (en operationeel waterbeheer) kan worden nagegaan of deze gebeurtenis zou leiden tot een andere aanpak. Het is ondoenbaar om voor ieder mogelijke gebeurtenis een apart plan te maken. Wel kan nagegaan worden het deze gebeurtenissen leiden tot andere strategische of tactische keuzes.

Omdat het mogelijk is altijd nog meer extreme gebeurtenissen te definiëren, is het ook wenselijk om gebeurtenissen te definiëren waarbij het risico wordt geaccepteerd. Dat betekent dat de gevolgen dus mogen optreden, en niet kunnen worden weggenomen door inrichting van het watersysteem, ruimtelijke keuzes en crisisbeheersing. Met het helder maken van de risico's die worden geaccepteerd is er ook een referentie voor burgers en bedrijven voor zelfredzaamheid en aanvullende eigen keuzes om de impact te beperken.

3 Methodiek voor afleiden credible bovenregionale neerslaggebeurtenis

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een leidraad beschreven hoe bovenregionale credible gebeurtenissen voor een gebied kunnen worden afgeleid. In 3.2 zijn de verschillende stappen beschreven die daarna worden toegelicht in de andere paragrafen.

3.2 Procesleidraad

Voor het opstellen van de credible bovenregionale gebeurtenissen wordt een proces voorgesteld wat gezien kan worden als een helpende hand. De volgende stappen zijn gedefinieerd:

- **Stap 1 - Gebied beschrijven:** het gaat hierbij om de beschrijving van het watersysteem, welke factoren dragen bij aan wateroverlast en waar zitten de bovenregionale afhankelijkheden. Ook moet duidelijk worden welke oorzaken van wateroverlast (piekbuien, inundatie vanuit beken, dijkdoorbraken etc.) er zijn in dit gebied.
- **Stap 2 - Omgevingsfactoren in kaart brengen:** verschillende factoren kunnen bijdragen aan een bovenregionale extreme neerslaggebeurtenis die leiden tot wateroverlast in een gebied. Het vertrekpunt is de extreme neerslaggebeurtenis (de gehele meteorologische gebeurtenis). Vervolgens kunnen ook buitenwaterstanden, initiële condities van de bodem en boezem (en andere waterlopen) of het (niet) functioneren van kunstwerken relevant zijn voor wateroverlast situaties. Deze factoren dienen in kaart gebracht worden.
- **Stap 3 - Samenstellen mogelijke gebeurtenissen:** hier worden verschillende mogelijke extreme gebeurtenissen geschetst. Vervolgens wordt bij de verschillende combinaties van omgevingsfactoren een discussie gevoerd over de waarschijnlijkheid (credability) door hierover te discussiëren. Hierbij is opnieuw de meteorologische gebeurtenis het vertrekpunt. Samen met experts wordt ingeschat of de neerslaggebeurtenis in combinatie met een omgevingsfactor (e.g. 2 dijken breken door of 3 gemalen zijn in onderhoud) leidt tot een andere orde terugkeertijd van de gecombineerde omgevingsfactoren. Hiervoor maken we gebruik van kansklassen, welke een bandbreedte weergeeft van de kans van voorkomen. De werkelijke kansen weten we niet goed, terwijl wel een orde grootte van de kans ingeschat kan worden. Op deze manier kan wel toegewerkt worden naar een beeld van de waarschijnlijkheid van een gebeurtenis.
- **Stap 4 - Selecteren van extreme gebeurtenissen:** Na het samenstellen van mogelijke extreme gebeurtenissen wordt gekozen met welke credible bovenregionale gebeurtenissen verder wordt gegaan om uit te werken. Hierbij wil je per kans klasse een hoog en laag scenario hebben om een bandbreedte binnen een kansklasse te verkrijgen. De uitkomsten zijn op voorhand onzeker en deze bandbreedte geeft een genuanceerder beeld dan één enkel scenario. Binnen de selectie wordt ook besproken hoeveel kans klassen er nodig zijn, waarbij een minimum van 2 wordt gehanteerd. De keuze hangt af van de toepassing binnen ruimtelijke ordening, crisis beheersing of risico analyse (dit wordt verder behandeld in hoofdstuk 4).
- **Stap 5 - Impact bepaling:** de laatste stap is het genereren van overstromingskaarten voor de geselecteerde gebeurtenissen en het bepalen van de impact als gevolg van deze scenario's. Hier valt ook de schadeberekeningen en impactbepaling onder, evenals een analyse of bepaalde schadeposten worden onderschat vanwege de omvang en duur van de overlast.
- **Stap 6 – Relevante gebeurtenis bepalen:** Op basis van de bepaalde scenario's en de impact wordt in de stap bepaald of deze gebeurtenissen relevant zijn voor de risico analyse, ruimtelijke ordening en crisisbeheersing. De vraag is telkens of het wel of niet meenemen van deze gebeurtenissen zal leiden tot andere beslissingen.

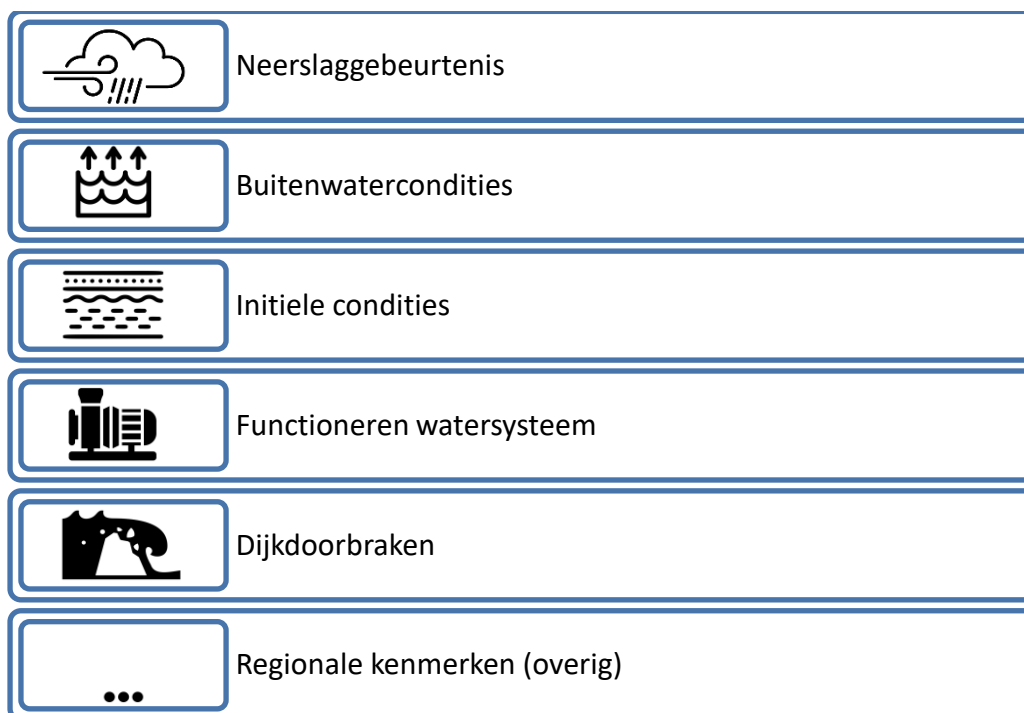
Buiten het beslisprobleem zelf zal dan ook rekening moeten worden gehouden met andere oorzaken van wateroverlast, op basis van de al bekende statistieken. Het heeft immers niet zoveel zin om alleen de gevolgen van wateroverlast te voorkomen als dezelfde gebeurtenis kan leiden tot een dijkdoorbraak met veel grotere gevolgen.

3.3 Stap 1 – Gebiedsbeschrijving

Het doel van deze stap is het gebied te beschrijven. Het gaat hierbij om de werking van het watersysteem met de onderlinge interacties inclusief de tijdlijnen van de response op neerslag. Veel van deze onderdelen van deze watersystemen zijn al beschreven, echter vaak nog niet vanuit een integrale bril. Deze integrale bril is nodig om de interacties en afhankelijkheden tussen deze systemen in kaart te brengen en om de verschillende statistieken een plaats te geven. Denk hierbij bijvoorbeeld en de situatie met de koude put. Het is onwaarschijnlijk dat het bij een dergelijke gebeurtenis zal stormen. Beperkingen in spuumogelijkheden zijn dan ook niet waarschijnlijk waarbij die in andere situaties wel relevant zouden kunnen zijn.

3.4 Stap 2 - Omgevingsfactoren

Een credible bovenregionale gebeurtenis is een combinatie van een extreme neerslaggebeurtenis en andere omgevingsfactoren. Hiervoor hebben we een groslijst van factoren gemaakt die kunnen bijdragen aan wateroverlast en overstroomingen, zie Figuur 4. Deze omgevingsfactoren samen vormen de gebeurtenissen die worden doorgerekend. Dit is onderdeel van **stap 2** van de procesleidraad.



Figuur 4 De meteorologische neerslaggebeurtenis en verschillende omgevingsfactoren die gezamenlijk de credible bovenregionale gebeurtenis maken.

In deze paragraaf worden deze factoren behandeld, waarbij het belang van de factor wordt beschreven evenals de beschikbare informatie en een richting om tot onderbouwde en credible gebeurtenis te komen. De groslijst vormt een basis voor heel Nederland en geeft handvaten voor het uitwerken van credible bovenregionale gebeurtenissen in een bepaald gebied. De lijst eindigt met een factor regionale kenmerken (overig), waarbij we stimuleren dat voor elk gebied nagedacht wordt of er aanvullende factoren van belang zijn voor wateroverlast en overstroomingen.

Neerslaggebeurtenis (inclusief gehele meteorologische gebeurtenis)

Bij de neerslaggebeurtenis is de oorsprong van wateroverlast, maar er wordt breder gekeken naar een meteorologische gebeurtenis waar het gaat over neerslag en wind.

Een neerslaggebeurtenis wordt veelal gekenmerkt door een neerslaghoeveelheid (volume) dat valt binnen een bepaalde tijdsduur. Voor stedelijke watersystemen leiden veelal andere type neerslaggebeurtenissen tot overlast dan bij regionale watersystemen. Dit komt door snel/traagheid/bergend vermogen van de watersystemen. Aanvullend op de hoeveelheid en tijdsduur is ook de ruimtelijke omvang, neerslagpatroon en verloop/timing met andere randvoorwaarden van belang. De wind is ook onderdeel van de gebeurtenis, omdat deze ook van belang is voor optredende waterstanden en resulterende wateroverlast. Neerslag en wind zijn beiden onderdeel van eenzelfde weerfenomeen dat langs trekt en het samenvallen (of niet) van een grote hoeveelheid neerslag en hoge windsnelheden kunnen een afhankelijkheid hebben.

Voor de meteorologische gebeurtenis is het vertrekpunt het weerfenomeen dat juli 2021 over het Maas- & Rijnstroomgebied trok, waarna wateroverlast en overstromingen in meerdere Europese landen optraden. Ten tijde van de zware regenval rond 13 en 14 juli bevond zich een zogenoemde 'koudeput' in de omgeving, een lagedrukgebied met een koude luchtbel in de bovenlucht. In de bovenlucht snoerde deze koudeput zich af van de straalstroom, waarbij het als het ware een op zichzelf staand systeem met grote temperatuurverschillen is tussen het oppervlak en de bovenlucht, die energie levert voor sterke convectie en neerslagvorming. Doordat het systeem is afgesneden van de straalstroom wordt het alleen nog voortbewogen door (relatief langzame) luchtstroming in de onderste luchtlagen, waardoor de depressie als het ware kwam vast te liggen. De grootste neerslagsommen in Belgische Ardennen vielen in een gebied van ca 50 x 50km² gemiddeld ongeveer 175 mm neerslag in 2 dagen, met uitschieters tot 200 mm. Een dergelijke gebiedsgrootte is interessant, want het is een representatieve maat voor de Nederlandse regionale watersystemen.

De neerslag gebeurtenis die wordt gebruikt voor de credible bovenregionale gebeurtenis wordt gehomogeniseerd over het gehele gebied, zodat de discussie met betrekking tot waar het centrum van de bui precies moet komen te liggen wordt vermeden. Er wordt gekeken naar één meteorologische gebeurtenis om landelijke uniformiteit te bereiken en discussies over herhalingstijden te voorkomen. Kenmerkend voor deze gebeurtenis is:

- Er moet niet alleen naar de 2 dagen met de hoogste neerslaghoeveelheid gekeken worden, maar naar een langere periode van (bijvoorbeeld) 7 dagen voor en na de piek om de voorgeschiedenis en naloop behorend bij het weerfenomeen te beschouwen;
- Ook moet bij dit weerfenomeen rekening gehouden worden met de bijbehorende lage windsnelheden rond de periode van hevige neerslag. Voorafgaand of na afloop kan het wel waaien, maar tijdens de hoge neerslaghoeveelheden is het zeer onwaarschijnlijk dat het hard waait boven het gebied, omdat anders geen hoge neerslaghoeveelheden kunnen plaatsvinden.

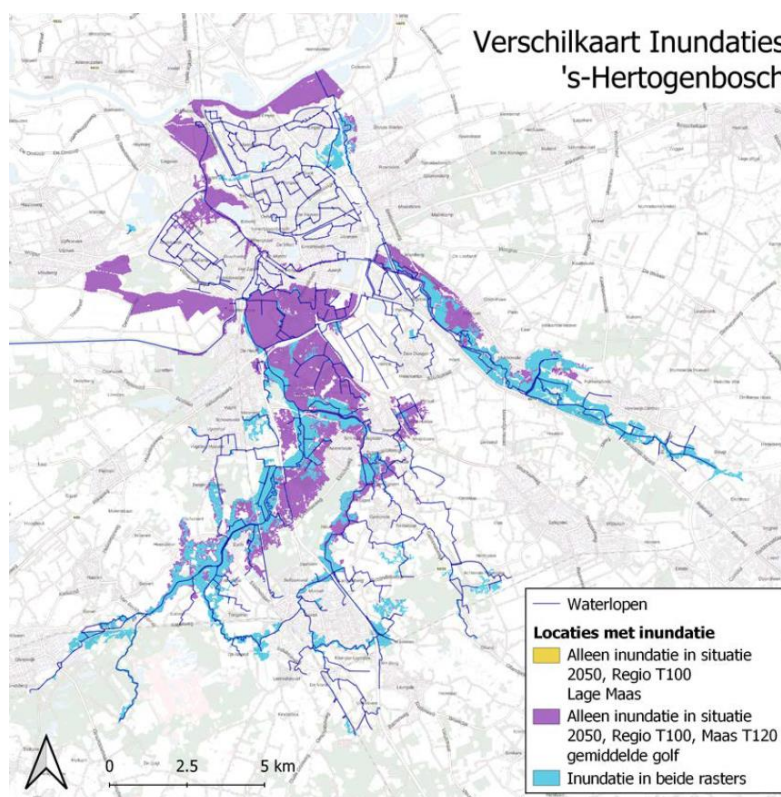
Aanbeveling: maak een kwantitatieve vereenvoudigde beschrijving van de Juli 2021 bui inclusief de meteorologische gebeurtenis, ook wel "de Limburgbui", zodat het vertrekpunt van bovenregionale stresstesten eenduidig is en ook de interacties met andere weerfenomenen meegenomen kan worden.

Buitenwatercondities

De gevallen neerslag stroomt af over het maaiveld of via de ondergrond (bodem of riool) richting poldersloten of regionale wateren. Uiteindelijk moet het water afgevoerd worden naar de primaire wateren (grote rivieren, zeeën, estuaria of meren), natuurlijke wijze of via spuisluizen of gemalen. De buitenwaterstanden zijn in veel gevallen belangrijk voor het afvoeren van water uit een gebied. Zo kan bij hoogtij het neerslagwater het boezem-poldersystemen in West- en Noord-Nederland beperkt afgevoerd worden, omdat het spuien gestremd is door hoge buitenwaterstanden (buitenwater is hoger dan binnenwater) en het water (afhankelijk van de opvoerhoogte) alleen gepompt kan worden. Het water wordt dan in het regionale watersysteem geborgen wat kan leiden tot wateroverlast. De buitenwaterstanden worden beïnvloed door o.a. wind, afvoer en getij, afhankelijk van de locatie in Nederland. Voor buitenwatercondities gaat het naast maximale waterstanden ook om de duur dat een bepaalde waterstand wordt overschreden. Dit is in veel gevallen voor het afvoeren belangrijker dan de maximale waterstand die optreedt.

Voorbeeld

Bij 's-Hertogenbosch is de mate van wateroverlast, als gevolg van hoge afvoeren (door neerslag in het relatief kleine stroomgebied) op de Dommel en Aa, sterk afhankelijk de spuismogelijkheden bij richting de Maas. De waterstanden op de Maas bepalen de afvoermogelijkheden en zijn hierdoor van belang voor wateroverlastsituaties. In onderstaande kaart uit een studie Hoogwaterbescherming 's-Hertogenbosch (HKV, 2022) is in paars het verschil in inundatiepatronen weergegeven waarbij de Maas hoge waterstanden heeft ten opzichte van een berekening met lage Maaswaterstanden. Hierbij komt duidelijk het belang van de buitenwaterstanden naar voren.



Figuur 5 Verschilkaart inundaties Den Bosch

Initiële condities water- en bodemsysteem

De onverzadigde en verzadigde zone in de grond kan wel tot enkele honderden millimeters neerslag bergen. Of deze berging ook beschikbaar is tijdens de neerslaggebeurtenis is onzeker. De uitgangspunten zijn wel van belang voor wateroverlast en overstromingen en hiervoor dienen keuzes gemaakt worden.

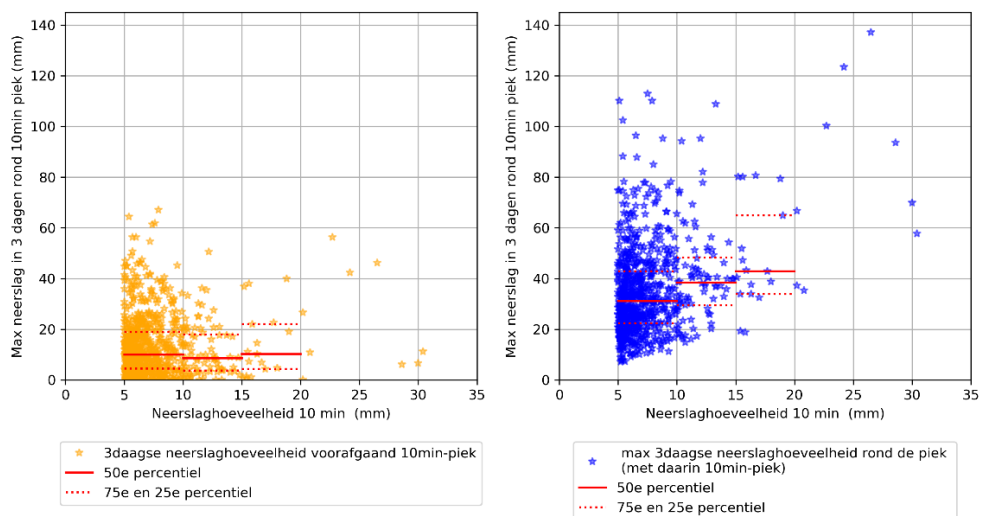
In technische termen wordt veelal gesproken over de initiële vulling van de reservoirs in het hydrologische model. De vulling van de reservoirs kan worden bepaald op basis van de uitkomsten van de langjarige tijdreeksanalyse of berekening van een bepaald gebied, waarbij bijvoorbeeld een droog, gemiddeld en nat initiële conditie aangenomen kan worden. Ook deze informatie is vaak beschikbaar uit watersysteemanalyses.

Functioneren watersysteem

Naast de initiële condities is het functioneren van het watersysteem van belang om wateroverlast te voorkomen. Onder het watersystemen vallen o.a. kunstwerken (bijvoorbeeld gemalen, spuisluizen en overstorten), waterlopen, boezems, sloten, meren en waterbergingsgebieden. Gemalen kunnen in onderhoud zijn of falen tijdens hoogwatersituaties en waterbergingsgebieden kunnen overlopen. Ook kunnen noodmaatregelen onderdeel zijn van het watersysteem wanneer het waterschap hier plannen voor heeft, zoals noodpompen of compartimenteren. Tal van elementen in het watersysteem kunnen falen wanneer deze boven ontwerpcondities belast worden. Welke elementen falen is arbitrair, maar de relevante elementen worden gekozen door te kijken naar storingsgevoelige objecten en of deze objecten een belangrijke rol spelen voor wateroverlastsituaties. De keuze van welke objecten (stap 3 en 4) moeten gemaakt worden in het licht van de toepassing Samen met deskundigen moet nagedacht worden over wat de impact is op de wateroverlastsituatie en de kans inschatting van het falen van een object.

Ook is de interactie tussen de verschillende watersystemen van belang. Overstorten zijn bedoeld als noodventiel wanneer het rioolsysteem het water in stedelijke gebieden niet kan afvoeren. Het water wordt via de overstorten onder vrij verval afgevoerd richting het regionale watersysteem. Wanneer de waterstanden in het regionale watersysteem ook hoog zijn, kan het zijn dat overstorten niet meer functioneren en er overlast in het stedelijk gebied ontstaat. Of het samenvallen van hoge belastingen in beide systemen relevant is, moet bekeken worden per gebied en is afhankelijk van lokale en regionale kenmerken. Hierbij gaat het zowel om samenvallen van neerslaggebeurtenissen (Figuur 6) als de traagheid van de verschillende watersystemen.

Samenvallen van 10min neerslag en 3daagse neerslaghoeveelheid



Figuur 6 Samenvallen neerslagpieken van korte en lange duur gegeven gebeurtenissen waarbij de piekneerslag wel of geen onderdeel vormt van de gebeurtenis. De linker grafiek toont de 3 daagse neerslaghoeveelheid voorafgaand aan een korte duur piek en rechts naar de 3 daagse neerslaghoeveelheid rond de korte duur piek (korte duur is ook onderdeel van de lange duur). Een grote langdurige neerslaghoeveelheid, voorafgaand aan een hoge korte duur neerslaghoeveelheid, is onwaarschijnlijk (Kolen et al. 2020).

Dijkdoorbraken

Regionale of primaire waterkeringen kunnen falen, onder andere als gevolg van hoge waterstanden en hevige neerslag. Door hevige neerslag kunnen hoge waterstanden ontstaan op rivieren en boezemsystemen. Waterstanden zijn in sommige regionale watersystemen beheersbaar, waarbij maalstops de ophoop van waterstanden doet stoppen. In vrij afwaterende gebieden zijn de waterstanden onbeheersbaar. Regionale waterkeringen kunnen verzadigd raken door hevige neerslag wat de stabiliteit verslechtert en de kans op dijkdoorbraken vergroot. Bij credible bovenregionale gebeurtenissen kunnen regionale dijkdoorbraken relevanter zijn dan primaire dijkdoorbraken, omdat bij primaire keringen mogelijk andere type neerslaggebeurtenissen (langdurigere neerslag elders in het stroomgebied) nodig zijn om tot hoge belastingsituaties te komen. Echter, er zijn ook gebieden denkbaar waarbij ook het gevaar van primaire dijkdoorbraken relevant kunnen zijn, zoals de Maas, de Overijsselse Vecht of het merengebied met de Eem.

Voor het definiëren van gebeurtenis moet gekozen worden of er geen, één of meerdere breslocatie ontstaan. De breslocatie zelf is onzeker. De lengte van regionale keringen binnen een watersysteem kan honderden kilometers en de keuze voor de breslocatie(s) leidt tot een andere blootstelling. Bij de keuze van de breslocatie moet stilgestaan worden of de blootstelling groter wordt dan reeds wordt beschouwd bij normeringstudies. Dit kan het geval zijn, wanneer de waterstanden hoger zijn of er ook al wateroverlast is in een polder als gevolg van neerslag.

Regionale kenmerken (overig)

De bovenstaande factoren zijn aspecten die in het algemeen in oogschouw moeten worden genomen bij het bepalen van credible bovenregionale gebeurtenissen. In een gebied kunnen aanvullende regionale kenmerken van belang zijn voor wateroverlast en overstroomingen die hier niet binnen vallen.

3.5 Stap 3 – Samenstellingen gebeurtenissen

Wanneer de verschillende omgevingsfactoren in kaart zijn gebracht, kunnen deze worden gecombineerd wat leidt tot verschillende mogelijke extreme gebeurtenissen (zie als voorbeeld Tabel 2). Dit leidt tot vele mogelijke extreme gebeurtenissen.

Tabel 2 Het combineren van verschillende omgevingsfactoren leidt tot vele mogelijke extreme gebeurtenissen

	Meteo	Buitenwater	Initieel	Functioneren	Bressen
Gebeurtenis 1	Koude put met Limburg bui (200mm)	Gemiddeld getij	Verzadigde bodem en streef waterstanden	Alles functioneert	2 bressen
Gebeurtenis 2	Koude put met Limburg bui (200mm)	Gemiddeld getij	Verzadigde bodem en streef waterstanden	2 boezemgemalen in onderhoud	2 bressen
Gebeurtenis 3	Koude put met Limburg bui (200mm)	Hoogtij	Verzadigde bodem en streef waterstanden	Alles functioneert	2 bressen
Gebeurtenis 4	Koude put met Limburg bui (200mm)	Hoogtij	Verzadigde bodem en streef waterstanden	2 boezemgemalen in onderhoud	2 bressen
...

Voor elke mogelijke extreme gebeurtenis wordt de waarschijnlijkheid ingeschat. Hierbij vormt de meteorologische gebeurtenis de basis en vervolgens wordt gekeken of deze gebeurtenis in combinatie met een omgevingsfactor leidt tot een andere orde grootte van de kans. Hierbij wordt gebruik gemaakt van kansklassen, waarbij de boven en ondergrens van een kansklasse een factor drie verschillen.

Het toekennen van een kansklasse aan een gebeurtenis, is van belang voor de samenhang met andere oorzaken van wateroverlast en overstrooming. Met de onzekerheid rond de kans inschatting wordt de gehomogeniseerde Limburgbui in een kansklasse 1:300 – 1:1.000 geplaatst. Vervolgens kan kwalitatief voor de andere omgevingsfactoren ingeschat worden of de totale gebeurtenis (combinatie van de meteorologische gebeurtenis en omgevingsfactoren) in een extremere kansklasse belandt.

Tabel 3 De onder- en bovengrenzen van verschillende kansklassen.

Ondergrens	1:300	1:1.000	1:3.000	1:10.000	1:30.000	...
Bovengrens	1:1.000	1:3.000	1:10.000	1:30.000	1:100.000	...

In

Tabel 4 is een voorbeeld gegeven van de kans inschatting van de extreme gebeurtenis. Het betreft een fictief polder-boezemsysteem dat water afvoert naar de kust. Bij de Limburgbui is het waarschijnlijk dat er gemiddeld getij buiten plaats vindt, waardoor de kansklasse van de gebeurtenis niet extremer wordt. Ook een verzadigde bodem in combinatie met streefpeilen in het oppervlakte watersysteem leidt niet tot een extremere kansklasse. In deze combinatie zijn 2 boezemgemalen in onderhoud, wat ertoe leidt dat de kans op deze gebeurtenis een klasse opschuift/verhoogd. Vervolgens is het waarschijnlijk geacht dat met deze hoeveelheid neerslag 2 bressen ontstaan. Door nu alle omgevingsfactoren samen te nemen, valt deze gebeurtenis in een kansklasse van 1/1.000 – 1:3.000 per jaar.

Tabel 4 Een voorbeeld van een credible bovenregionale gebeurtenis voor een regionaal watersysteem dat water afvoert naar zee. De kans inschatting van de neerslaggebeurtenis is een kans per jaar. Voor de andere omgevingsfactoren wordt ingeschat of er een kans verhoging is wanneer dit optreedt in combinatie met de meteorologische gebeurtenis.

	Meteo	Buitenwater	Initieel	Functioneren	Bressen
Gebeurtenis 1	Koude put met Limburg bui (200mm)	Gemiddeld getij	Verzadigde bodem en streef waterstanden	2 boezemgemalen in onderhoud	2 bressen
Kans inschatting	1/300 – 1/1.000 [kans per jaar]	-	-	Extremere kansklasse	-

Voor de zeewaterstanden is statistiek van maximale waterstanden beschikbaar via Hydra-NL om inzicht te hebben in de waarschijnlijkheid van hoge waterstanden. Per gebied moet nagedacht worden of deze statistiek gebruikt wordt of dat de keuze rond de waarschijnlijkheid op andere informatie wordt gebaseerd. Verder heeft dit ook relatie tot de meteorologische gebeurtenis, waarbij zowel de wind als neerslag is gedefinieerd. Ook bij beoordelingen van watersystemen zou informatie over samenvallen van hoge buitenwaterstanden en grote hoeveelheid neerslag beschikbaar moeten zijn.

3.6 Stap 4 – Selecteren extreme gebeurtenissen

Uit stap 3 volgt een lijst met mogelijke gebeurtenissen, waarvan de kansklasse is ingeschat. Per kansklasse ga je op zoek naar twee gebeurtenissen die een beeld geven van de bandbreedte binnen de kansklasse: een hoge en laag scenario. Voor het kiezen van deze scenario's per kansklasse is het van belang dat de keuzes gedragen worden door een organisatie: dat mensen deze scenario's credible achten en gebruiken voor verschillende toepassingen (ruimtelijke ordening, crisisbeheersing en risicoanalyse). Hiervoor is het van belang dat er voldoende experts van waterschappen/veiligheidsregio betrokken zijn, zoals hydrologen, adviseurs/beheerders van waterkeringen en watersystemen (stedelijk en landelijk gebied) en expertise vanuit crisisbeheersing en gevolgbeperking. Zij moeten het hebben over de samengestelde gebeurtenissen en vervolgens de kansinschattingen van deze gebeurtenissen.

Een mogelijke vorm om deze experts te laten samenwerken is in de vorm van een **Delphi-sessie**. Bij deze sessie moet ook voldoende expertise aanwezig zijn welke op elkaar kunnen reageren. De Delphi sessie gaat als volgt:

1. A priori maakt iedereen individueel een inschatting na presentatie van de methode;
2. Deze inschattingen worden besproken, waar vragen kunnen worden gesteld waarom en argumenten kunnen worden uitgewisseld;
3. Met deze kennis wordt de eerdere inschatting bijgesteld. Indien er verschillen van inzicht blijven dan is dat ook een resultaat, eventueel zijn ze te gebruiken als boven- en ondergrens.

Het resultaat van deze sessie met de experts is dat de gebeurtenissen zijn gedefinieerd die vervolgens uitgewerkt worden: voor elke kansklasse een hoog en laag scenario.

3.7 Stap 5 – Impactbepaling

De impactbepaling kan opgedeeld worden in verschillende stappen. Het gaat om het bepalen van inundatie- en schadekaarten (stap 5.1 en 5.2) en de reflectie op de schadebedragen en discussie over mogelijk gemiste schade (stap 5.3).

- Stap 5.1: Uitwerken van de gebeurtenis met een model zodat inundatiedieptes en duur kunnen worden bepaald. Om de impact van de duur en omvang te kunnen schatten kan een vergelijking worden gemaakt met de waterdiepte en duur zoals die uit de bestaande statistieken stresstesten zou volgen.

- Stap 5.2: Bepalen van de schade met een schademodel (zie hiervoor meer in hoofdstuk 4).
- Stap 5.3: Bepalen welke schades we missen door grotere omvang en duur. Dit is een 'black box' dus hiervoor kan een Delphi aanpak opnieuw werken. Hierbij moet men gaan bespreken wat mogelijke uitval is, en dan nagaan of het echt zo is en of het relevant is. De schademedellen beschrijven de schades als functie van de waterdiepte, de duur en de kenmerken van een type object. Schaaleffecten door een grote omvang worden niet meegenomen. Unieke objecten of functies zitten vaak niet in de schademedellering. Ook significante maatschappelijke impact wordt hier niet in benoemd.

Het probleem bij deze effecten is dat deze op voorhand vaak ook niet bekend zijn. Immers enerzijds is de neerslagsituatie extreem en is hier weinig ervaring mee, anderzijds is het lastig voorstelbaar dat een object zal uitvallen. Om dit te ondervangen wordt aanbevolen om na het opstellen van de bovenregionale credible scenario's, en na het bepalen van de impact met schademedellen, een extra expertsessie te organiseren om vast te stellen of er significante schade effecten worden gemist. Het gaat hierbij niet om kleine effecten of overlast, maar om significante impact die nog niet is voorzien. Geadviseerd wordt deze expertsessie breed op te zetten zodat vanuit verschillende perspectieven en expertises input kan worden geleverd, maar dat tegelijkertijd kan worden gereflecteerd op de vraag of deze schades significant zijn en ook realistisch zijn gezien het beheer dat vanuit alle sectoren plaatsvindt.

3.8 Stap 6 – Relevante toepassingen

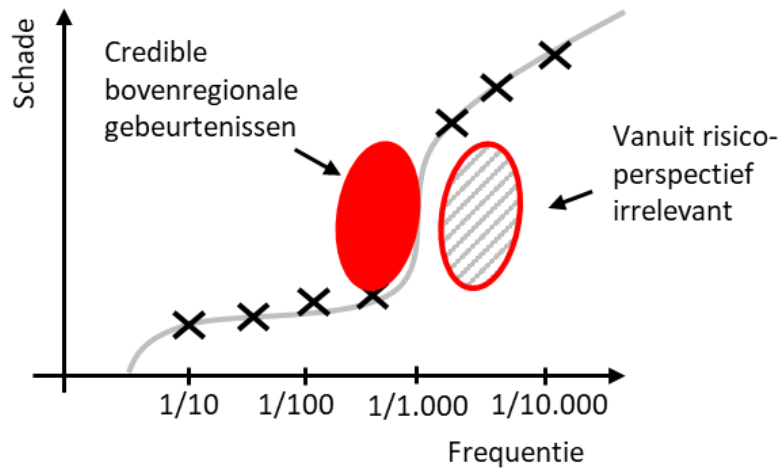
De bovenregionale gebeurtenissen zijn relevant voor 3 toepassingen:

- Ruimtelijke ordening. Het gaat hierbij om keuzes waar en hoe te ontwikkelen. De lat voor wat wel of niet acceptabel is kan afhankelijk zijn van de ontwikkeling. Het gaat om de lokale kans van voorkomen van wateroverlast;
- Risico analyse voor watersysteem. De gevolgen bij deze gebeurtenissen kunnen dermate extreem zijn dat ze significant zijn voor de uitwerking van risico's;
- Crisisbeheersing. Het gaat hierbij om scenario's als input voor planvorming en operationele uitwerking.

3.8.1 Ruimtelijke ordening

Voor beslisproblemen rond ruimtelijke ordening (locatiekeuze en ontwerpkeuzes) is de plaatsgebonden kans op een waterdiepte relevant. De effecten van de bovenregionale scenario's, voor de verschillende klassen, geven dus informatie die gebruikt kan worden of risico's voor bepaalde functies wel of niet acceptabel zijn.

De relevantie van de bovenregionale scenario's blijkt uit een vergelijking met de andere oorzaken die op deze plaats kunnen leiden tot een overstroming. Als blijkt dat door andere oorzaken de waterdiepte al groter is dan biedt het bovenregionale scenario geen extra informatie. Echter zo kan het ook mogelijk zijn dat meerdere bovenregionale scenario's relevant zijn waarbij het verstandig is om altijd een scenario te maken waarin ook duidelijk is dat een bepaald gevolg wordt geaccepteerd (en wat dan input is voor crisisbeheersing). In de volgende figuur is dat gevisualiseerd. De figuur laat zien waar het bovenregionale scenario wel en geen aanvullende informatie geeft.



Figuur 7 De zwarte kruizen en doorgetrokken grijze lijn geven het overstromingsrisicoprofiel in een gebied aan, zoals dat nu binnen richtlijnen en normeringen wordt beschouwd. Het rode gebied illustreert het risico dat met bovenregionale stresstesten geïdentificeerd probeert te worden. Het grijs gearceerde gebied met rode omlijning is vanuit een risico-perspectief irrelevant, omdat door andere oorzaken de waterdiepte/schade al groter is.

Indien er bij de uitwerking van het bovenregionale scenario keuzes worden gemaakt over faalfactoren, is het van belang rekening te houden met het feit dat ook andere keuzes gemaakt hadden kunnen worden, zoals bij dijkdoorbraken of falen van kunstwerken. Wanneer bij de uitwerking een keuze is gemaakt wáár deze falen, moet bedacht worden dat deze keuze ook op x aantal andere locaties had gemaakt kunnen worden.

Voor de plaatsgebonden overstromingskans is het de vraag of deze blootstelling door (in dit voorbeeld) dijkdoorbraken en kunstwerken relevant is. Immers in de getroffen polder is het effect natuurlijk groot, maar de kans van voorkomen is de combinatie van de kansklasse met de conditionele kans die kan worden toegekend aan het falen. Deze conditionele kans is afhankelijk van het aantal mogelijk keuzes die er waren omdat, als één kering faalt, de keringen langs die zelfde boezem worden ontlast. Bij de uitwerking van de plaatsgebonden overstromingskans leidt het in feite tot 2 datapunten:

- Een waterdiepte waarbij de keringen en kunstwerken functioneren als beoogd. De kans hierop is gelijk aan de kansklasse vermenigvuldigd met (1 – conditionele faalkans).
- Een waterdiepte waarbij de keringen en kunstwerken functioneren falen. De kans hierop is gelijk aan de kansklasse vermenigvuldigd met (de conditionele faalkans).

Afhankelijk van de andere oorzaken van wateroverlast zal blijken of deze lokale overstromingsdiepte relevant is voor ruimtelijke inrichting.

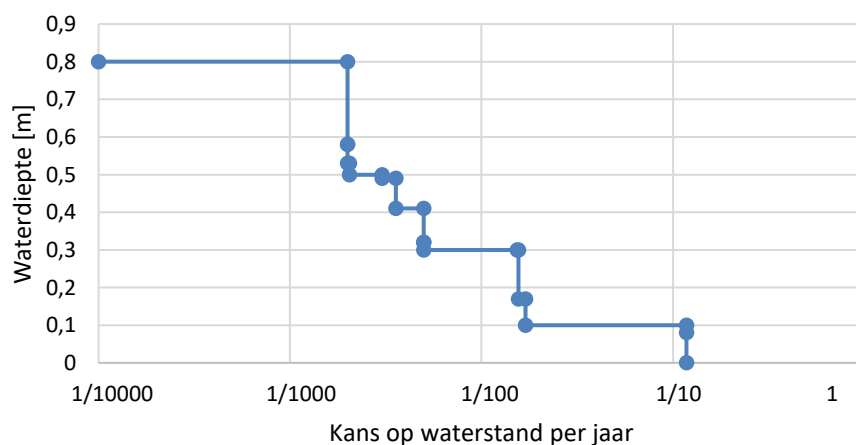
Voorbeeld

In onderstaand figuur is een risicoprofiel voor een locatie ergens in Weesp op basis van data uit <https://mijnwaterrisicoprofiel.nl/>, waarbij is gekeken naar allerlei mogelijke wateroverlast/overstroming gebeurtenissen. Hierbij is rekening gehouden met situaties die leiden tot wateroverlast vanuit stedelijk en regionaal watersysteem en dijkdoorbraken van regionale en primaire keringen. Deze figuren kunnen op iedere plek in NL worden opgesteld op basis van reeds beschikbare data.

De vraag is of een bovenregionale credible gebeurtenis leidt tot een echt ander beeld rond ruimtelijke ordening? In dit geval zal dat waarschijnlijk niet het geval zijn, omdat:

- De credible scenario met de laagste kansklasse ligt in het bereik van 1/300-1/1000 kans per jaar (zowel hoge als laag scenario) vanwege de extremiteit van de neerslag gebeurtenis. De waterdiepte zal enkele decimeters zijn. Een gebeurtenis met een kans van 300-1000 en enkele decimeters zal niet leiden tot een ander risicoprofiel. Bij een terugkeertijd van 1/500 hoort een mogelijke waterdiepte van .79cm als gevolg van een mogelijke regionale dijkdoorbraak.
- Het is mogelijk dat in het credible scenario ook een regionale kering faalt. Als dat in deze polder het geval is zou dat kunnen leiden tot een grotere waterdiepte. De kans op dit scenario is 1/300-1000 wat nog een keer vermenigvuldigd wordt met de conditionele kans dat juist deze regionale kering faalt. Stel dat er keuze is uit 10 regionale keringen die kunnen falen, dan is de kans dus $1/10 * 1/300-1000$ dat dit scenario optreedt met falende kering en $9/10 * 1/300-1000$ zonder falende kering (het zijn dan dus twee gebeurtenissen die we toevoegen). De kans dat de waterdiepte van 0.79 wordt overschreden zal iets stijgen, maar het effect zal miniem zijn.

Waterrisicoprofiel



Figuur 8: Waterrisicoprofiel dat de overschrijdingsfrequentie van de lokale waterdiepte beschrijft.

3.8.2 Risicoanalyse

De bovenregionale stresstesten zijn een toevoeging ten opzichte van de bestaande normeringen en stresstest voor wateroverlast en de bestaande normering voor waterkeringen. Bij de huidige ontwerpmethoden en richtlijnen voor waterkeringen ligt de focus op risicoanalyses, waarbij de gevolgen worden plat geslagen tot één jaarlijks verwachte schadebedrag. Voor het beslisprobleem rond de ontwerpisen (hoe hoog moet mijn dijk zijn of hoeveel berging moet ik in mijn regionale watersysteem hebben) werkt dit goed.

Bij risicoanalyses gaat het om 1) de kans op een gebeurtenis en 2) de schade / impact van de gebeurtenis. Gebeurtenissen met verschillende kansen en schadebedragen kunnen hetzelfde risico hebben. Wanneer de kans op een gebeurtenis een factor 100 kleiner wordt, moet de schade een factor 100 groter worden om hetzelfde risico te houden.

Kans	Schade	Risico
1% kans per jaar	€100.000	€1000,- per jaar
0.01% kans per jaar	€10.000.000	€1000,- per jaar

Tabel 5: Schade bij verschillende scenario's met een gelijk risico

Of de credible bovenregionale gebeurtenissen ook relevant zijn voor risicoanalyses hangt af per gebied en de reeds bestaande in kaart gebrachte risico's. Een bepaalde gebeurtenis kan leiden tot een schade, maar wanneer deze kans heel klein is, kan deze irrelevant zijn vanuit een risico-perspectief. Met irrelevant wordt bedoeld dat de schade in een gebied ook kan komen door andere vormen van wateroverlast of overstromingen die al reeds worden beschouwd en waarvan de kans van voorkomen hoger is.

Rekenvoorbeeld

In onderstaande tabel is een rekenvoorbeeld opgenomen van hoe het totale wateroverlast en overstromingsrisico in een polder kan worden bepaald. Hierbij is de schade door neerslag en dijkdoorbraken op basis van bestaande gebeurtenis en schademodelen bepaald.

Overschrijdings kans per jaar	Schade [€]	Risicobijdrage [€ / jaar]	Type
1/100	200.000	1333	Neerslag
1/300	300.000	700	Neerslag
1/1000	400.000	267	Neerslag
1/3000	10.000.000	2333	Dijkdoorbraak
1/10000	12.000.000	1200	Dijkdoorbraak
		5833	Totaal

Tabel 6 Schade bij verschillende gebeurtenissen die kunnen optreden op 1 locatie

Vanuit credible bovenregionale gebeurtenissen kunnen extra gebeurtenissen toegevoegd worden met een bepaalde kans en schadebedrag in die polder. Hierbij nemen we aan dat de verwachte schade meer dan 50% toenemen ten opzichte van de reeds bestaande gebeurtenissen. Voor deze extra gebeurtenissen geldt ook dat de kans van voorkomen kleiner is. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel. In het geval van deze fictieve bedragen (dit kan in andere gevallen anders zijn!) is de totale risico bijdrage van de nieuwe gebeurtenissen circa 13% ten opzichte van het reeds bekende risico in de polder. Als we dan kijken naar de relevantie kan je je afvragen of het meenemen van deze extremen extra info geeft voor risico analyses.

Overschrijdings kans per jaar	Schade [€]	Risicobijdrage [€ / jaar]	Type
1/1000	600.000	400	Neerslag (bovenregionaal)
1/3000	900.000	210	Neerslag (bovenregionaal)
1/10000	135.0000	135	Neerslag (bovenregionaal)
		745	Extra bovenregionaal

Tabel 7 Extra schade door bovenregionale gebeurtenis

3.8.3 Crisisbeheersing

Deze bovenregionale analyses zijn relevant omdat er maatschappelijke eisen worden gesteld aan voorzorg. Bestuurders en veiligheidsregio's hebben inzicht nodig in wat er kan gebeuren en wat kan worden gedaan. Hiervoor wordt juist verder gekeken naar de ontwerpsituaties. Waarschijnlijk volstaan de uitwerking van scenario's zodat men zicht krijgt op een mogelijke omvang. Deze scenario's kunnen worden gebruikt voor planvorming, regionale risicoprofielen en oefeningen.

4 Verdieping op bepaling bovenregionale effecten

4.1 Wat verstaan we onder schade

Er bestaat geen eenduidige definitie en afbakening van het begrip "overstromingsschade". Wat wel en niet als schade meegerekend wordt, kan afhangen van diverse factoren en verschillende perspectieven. Zo zal een verzekeraar waarschijnlijk in eerste instantie kijken naar de financiële schade aan bezittingen, zoals woningen en inboedel. Een regionale overheid zal waarschijnlijk ook het verlies aan omzet van bedrijven, psychische en lichamelijke effecten en de gevolgen voor natuur, landschap en cultuur meerekenen als schade. En een nationale overheid kijkt tenslotte ook naar de binnenlandse productie en het vestigingsklimaat, en zal in de definitie van schade ook aandacht hebben voor indirecte effecten (effecten buiten het overstroomde gebied) en substitutie-effecten (productie-uitval die door niet-getroffen bedrijven elders wordt gecompenseerd).

De risicoanalyses die gemaakt worden ter voorkoming van wateroverlast en overstromingen, hebben (mede) tot doel het kiezen van de meest efficiënte risico-reducerende maatregel / strategie alsmede de verantwoording van publieke uitgaven. Het instrument dat hierbij veelal gebruik gemaakt wordt, is dat van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) (Romijn en Renes, 2013). Deze MKBA's worden gemaakt vanuit het perspectief van alle ingezetenen. Wat door de ingezetenen als schade ervaren wordt, dient in dat geval als belangrijk richtsnoer voor wat in de MKBA dient te worden verstaan onder schade.

In de MKBA Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21; Kind e.a. 2011), die een belangrijke kennisbasis heeft gelegd voor de economische optimale overstromingskansen als bouwsteen voor nieuwe waterveiligheidsnormen, is gepoogd het begrip schade zo volledig mogelijk vanuit het perspectief van de Nederlandse ingezetenen in te vullen (Gauderis en Kind, 2011). Daarbij is zowel gekeken naar directe- als indirecte schade, als naar geprijsde- en niet-geprijsde effecten (schade), zie

Tabel 8. Ook voor regionale wateroverlast is een MKBA uitgevoerd. Voor het afleiden van deze inundatienormen is in de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw ook gekeken naar een MKBA, al zijn de normen door een bestuurlijke afweging iets strenger geworden zoals beschreven in het Nationaal Bestuursakkoord Water (zie bijlage A). De normen voor regionale wateroverlast zijn vastgelegd uiteindelijk in provinciale verordeningen.

Tabel 8 De verschillende typen overstroomingsschade, met een onderscheid in directe- en indirecte, en geprijste- en niet-geprijsde schade. Vetgedrukt: schade is afdoende in HIS-SSM opgenomen. Vetgedrukt en onderstreept: schade is onvolledig in HIS-SSM opgenomen. Onderstreept: schade is niet in HIS-SSM opgenomen³

	Geprijsd	Niet-geprijsd
Direct	<ul style="list-style-type: none"> • Directe materiële schade aan kapitaalgoederen: <ul style="list-style-type: none"> - Woningen en inboedel - Voertuigen - Kapitaalgoederen van bedrijven - Landbouwgewassen en vee - Infrastructuur - Ruimtelijke inrichting • <u>Materiële schade/kosten van dodelijke slachtoffers en gewonden (medische kosten, productieverlies)</u> • <u>Directe bedrijfsuitval</u> • <u>Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Immateriële schade van slachtoffers (doden, gewonden, evacués, getroffen)</u> • <u>Schade aan landschap, natuur, milieu en cultuurhistorische objecten</u>
Indirect	<ul style="list-style-type: none"> • Indirecte bedrijfsuitval: <ul style="list-style-type: none"> - <u>Schade bij toeleverende en afnemende bedrijven</u> - <u>Substitutie door productie buiten het overstroomde gebied</u> - <u>Vraagimpuls van herstel en wederopbouw</u> - <u>Permanente impact op productiviteit en competitiviteit</u> • <u>Doorsnijding van infrastructuur, nutsleidingen en telecommunicatieverbindingen (lifelines): geprijsde effecten (transportkosten, schade aan bedrijven,...)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Doorsnijding van infrastructuur, nutsleidingen en telecommunicatieverbindingen (lifelines): niet-geprijsde effecten (reistijdverliezen, verlies van leefcomfort,...)</u>

Met 'niet-geprijsd' wordt hier aangegeven dat er geen directe marktprijs voorhanden is om deze effecten in geld te waarderen. Dat wil niet zeggen dat ze 'niet-monetariseerbaar' zijn, zoals bijvoorbeeld staat aangegeven in Tabel 5.1. van het ENW rapport (2021) over de schade in Limburg. In WV21 zijn voor de niet-geprijsde effecten monetaire kengetallen (€ 6,7 miljoen in geval van dodelijke slachtoffers en € 5.000,- per getroffene) en opslagfactoren afgeleid om de niet-geprijsde effecten in geld te kunnen omzetten (dat wil zeggen: te monetariseren).

4.2 Uitval van kritieke infrastructuur bij extreme regenval

Objecten en netwerken kunnen worden blootgesteld aan water, dat betekent niet dat de functie uitvalt. Pas na overschrijden van een kritische waterdiepte zal het object uitvallen en kunnen er ook keteneffecten optreden. Voordat uitval van een functie of netwerk optreedt kunnen nog mitigerende maatregelen worden genomen, denk aan redundantie in het systeem of lokale beschermingsmaatregelen. Pas als deze falen, is er sprake van uitval van de kritieke onderdelen en treden keteneffecten op.

Er is onderzoek gedaan naar de samenhang van functies (zie bijvoorbeeld onderzoek met Circle en <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/>). Er is echter weinig bekend over kritische waterdieptes waarbij uitval optreedt.

³ Met HIS-SSM wordt verwezen naar Kok et al., 2005. In recentere versies van SSM is een (beperkt) deel van de genoemde schadeposten wel of beter opgenomen.

Deze paragraaf geeft een overzicht van de in literatuur beschikbare kennis over uitval van vitale en kwetsbare functies, waarbij in hoofdlijnen de sectoren zoals gedefinieerd in het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) zijn aangehouden. Hierbij is gebruikgemaakt van recente studies, onderzoeken en projecten. Zo is onder andere naar de Pilotstudies van Kennisportaal Klimaat-adaptatie gekeken, dit zijn Vitale & Kwetsbare functies in de IJssel-Vecht delta, Botlek Waterveiligheid, Amsterdam Waterbestendig Westpoort, Meerlaagsveiligheid Eiland van Dordrecht. Een volledig overzicht van de studies is te vinden in de literatuurlijst in bijlage B, aangevuld met een lijst met de geraadpleegde literatuur die niet als bron geland zijn. In bijlage B is ook per sector een uitgebreidere toelichting en overzichtstabel van de verschillende uitvalhoogtes opgenomen.

In deze studie wordt gekeken naar uitval door directe blootstelling aan wateroverlast (neerslag en overstromingen). Netwerkeffecten (ook wel keteneffecten of cascade-effecten) worden enkel benoemd in de analyse, maar deze zijn niet in detail onderzocht of in kaart gebracht. Netwerkeffecten kunnen ervoor zorgen dat een object buiten het getroffen gebied uitvalt door wateroverlast elders (denk aan toevoer van elektriciteit), maar ook door oorzaken als bereikbaarheid, wat er bijvoorbeeld voor kan zorgen dat personeel het object niet kan bereiken.

Elektriciteit, ICT en telecom

Een belangrijke schakel in het netwerk van vitale en kwetsbare functies is het elektriciteitsnetwerk. Dit netwerk, bestaande uit meerdere niveaus, heeft een hoge mate van afhankelijkheid van de telecomsector en visa versa.

Voor elektriciteit is het uitvalgebied bij wateroverlast/overstromingen vrijwel gelijk aan het overstroomd gebied waar de diepte meer is dan 30cm (inclusief eventueel drogere eilanden als deze voor de stroomvoorziening afhankelijk zijn van netwerken over land met gebieden die met meer dan 30cm overstroomd). Verdere uitval komt vrijwel niet voor door redundantie, uitgezonderd enkele lokale gebieden (dit inzicht is ontwikkeld voor een onderzoek in de Betuwe en later gevalideerd bij de uitwerking van bovenregionale scenario's in het programma Wave met de veiligheidsregio's).

Het transport tussen gebieden gaat langer door en kan vaak worden overgenomen door andere stations. Het hoogspanningsnet is vanwege aanrakingsgevaar geïnstalleerd op een minimale hoogte van 2,5 m en is daarmee voor overstromingen het minst kwetsbare onderdeel van het netwerk. Uitval van stations of zonneparken tot onder de 100MWatt leiden naar verwachting ook niet tot problemen omdat die kunnen worden opgevangen door het continue beheer van het netwerk.

Voor zendmasten van telecom wordt ook deze 20cm waterdiepte aangehouden voor uitval. Dit geldt ook voor zowel de publieke aanbieders als de C2000 hulpdienst-communicatielijnen. Zowel het elektriciteitsnetwerk en het telecomnetwerk hebben een hoge redundantie, waardoor er indien een beperkt aantal knooppunten uitvallen het netwerk (deels) kan door functioneren.

Waterhuishouding

In het geval van overstromingen kunnen verschillende elementen in de drinkwaterketen overstroomd en daardoor uitvallen, zoals winningslocaties, voorzuiveringen, productiepompstations, distributiepompstations en aanjagers in het distributienet. Door zetting kunnen ook leidingen breken. Knelpunt hierbij wordt gevormd door de pompstations, die automatisch uitschakelen bij enige vorm van overstroming (>0 cm water afhankelijk van drempelhoogtes). In de afvalwaterketen is de kwetsbaarheid hoog door de lage ligging van rioelgemalen. Deze zijn immers laag gesitueerd doordat zij onder vrij verval het verzamelde water moeten afvoeren of verpompen. Ook gemalen blijken vaak binnendijks op maaiveldniveau geplaatst te zijn, waardoor ze zeer snel uitvallen bij wateroverlast op maaiveld.

Gezondheid en veiligheid

In Nederland liggen ongeveer 75% van de circa 185 ziekenhuislocaties in een gebied waar sprake is van overstromingsrisico. Ziekenhuizen blijken kwetsbaar voor uitval van de stroom- en gasvoorziening en de bijkomende beschikbaarheid en inzetbaarheid van noodaggregaten. Met noodbrandstof kunnen delen van een ziekenhuis enige tijd door-functioneren, na enige tijd zal de brandstof moeten worden aangevuld. Daarnaast zijn de mensen in ziekenhuizen kwetsbaar voor uitval van stroom, de drink- en afvalwatervoorziening en de bereikbaarheid voor personeel, patiënten, bevoorrading met diëten, medicijnen en gassen. Dat betekent dat ziekenhuizen niet alleen afhankelijk zijn van wat er lokaal gebeurt, maar ook van de aanvoerkanalen. Ook evacuatie is niet zonder risico, gezien de kwetsbaarheid van deze mensen en mogelijke beperkte ruimte elders.

Ook buiten ziekenhuizen kunnen (dodelijke) slachtoffers vallen door overstromingen, zoals is gebeurd in de zomer van 2021 in Duitsland en België. Met name in hellende gebieden is het risico hierop verhoogd, vanwege hoge stroomsnelheden. Ondanks dat er in Nederland geen directe dodelijke slachtoffers waren ten gevolge van de overstromingen, blijken er wel indirecte slachtoffers. Zo blijkt er grote oversterfte te zijn in een verzorgingstehuis in Valkenheim, die onder andere kan worden toegewezen aan lange termijn effecten van overplaatsen en gebrek aan continuïteit in de zorg.

Veiligheidsrisico's bij overstromingen door chemische en nucleaire stoffen blijkt in Nederland beperkt. Bij BEVI/BRZO bedrijven is er al veel regelgeving van toepassing, uitval van het bedrijf hoeft niet te leiden tot maatschappelijke impact. In het reguliere beleid staat het beheersen van de impact op de omgeving van de BEVI/BRZO bedrijven centraal. Nu kijken we naar dreigingen van buiten die impact kunnen hebben op de BEVI/BRZO bedrijven, en vervolgens weer impact op de omgeving. Opgemerkt wordt dat schade aan het object zelf ook vooral voor de BEVI/BRZO zelf is en dat er een grote diversiteit is bij deze objecten. De vraag is of de maatregelen die al genomen zijn via het reguliere beleid niet al afdoende zijn.

In sommige gevallen kan dat wel het geval zijn. Daarnaast moeten BRZO bedrijven sinds 2015 maatregelen treffen tegen overstromingsrisico's. Ook vormen bijvoorbeeld laboratoria bij een overstroming een verwaarloosbaar klein risico voor mens en milieu.

Infrastructuur

De Nederlandse infrastructuur is op te delen in vier categorieën: wegverkeer, luchtvaart, spoor, en vaarverkeer. Elk type vervoer blijkt eigen knelpunten te hebben wanneer het aankomt op wateroverlast. Regulier wegverkeer kan al snel niet meer veilig gebruik maken van een weg, al bij minder dan 10cm water op de weg is een weg niet meer veilig begaanbaar (doorzicht, lokale kuilen etc.) en zal iedere weggebruiker bovendien ook zelf de snelheid aanpassen. Calamiteitenverkeer kan indien nodig langer gebruikmaken van de weg, mits deze beschikbaar is.

Ook spoorwegen zijn gevoelig voor wateroverlast. Naast het spoor, dat gevoelig is voor overstromingen door afschuiven en vervuiling, is de verkeerspost gevoelig voor overstroming. Luchtvaart valt ook snel uit bij water op start- en landingsbanen. Het vaarverkeer heeft met name last van hoogwater in verband met beperkte doorvaarthoogtes.

Natuur en landbouw

Buiten bebouwd gebied kunnen overstromingen ook een flinke impact hebben. Voor de landbouw is niet zozeer de inundatiediepte, maar inundatieduur, gewas en timing in het jaar relevant. De veehouder is verantwoordelijk voor het evacueren van zijn vee, maar wordt hierin gefaciliteerd worden door de lokale overheid en de eigen landbouwsector.

In de natuurlijke omgeving hebben overstromingen zowel invloed op water als land, flora en fauna. Vervuiling in de waterlopen geeft risico's voor verstikkingsgevaar voor waterdieren en gebrek aan licht voor waterplanten. Naast effecten in het watersysteem zelf brengt wateroverlast ook flora en fauna op het land in gevaar. Dieren vluchten en planten die normaal hoog en droog staan krijgen ineens natte voeten.

Lering

Op basis van de bekende literatuur blijkt dat slechts voor een beperkt aantal kwetsbare & vitale objecten een eenduidige kritieke uitvaldiepte bekend is. Voorschriften, richtlijnen en inventarisaties zijn vaak slechts omschrijvend. Uitvalhoogtes van bekenden voorbeelden betreft ook vaak unieke situaties waarbij de vraag is hoe representatief die zijn. Voor de objecten waarvoor geen algemene gegevens zijn, wordt op basis van expertinschattingen aangeraden uitval van een object aan te nemen bij een waterdiepte van 20cm. Aanbevolen wordt hier nader onderzoek naar te doen.

4.3 Schade door uitval vitale en kwetsbare functies in schademodellen

4.3.1 Beschikbare schademodellen

Voor het bepalen van de gevolgen/schade van regionale overstromingen/extreme regenbuien zijn er op dit moment in principe twee modellen beschikbaar:

- de Waterschadeschatter (WSS), ontwikkeld door Nelen & Schuurmans en Deltares in opdracht van STOWA (N&S en Deltares, 2019); en
- de Schade en Slachtoffermodule 2017 (SSM), ontwikkeld door Deltares in opdracht van het Ministerie van I&W (Min I&W, 2020). SSM heeft 3 rekenopties: binnendijks, buitendijks en regionaal.

Naast deze schademodellen worden er ook schades door overstroming en wateroverlast berekend ten behoeve van de klimaateffectatlas door de klimaatschadeschatter (KSS, NKWK-KBS, 2020). De berekende schade door overstroming en wateroverlast in de KSS is grotendeels gebaseerd op bovenstaande twee modellen. De KSS is echter geen model waarmee een gebruiker nieuwe/eigen schadeberekeningen kan maken en blijft daarom verder buiten beschouwing.

De WSS en SSM vertonen een aantal overeenkomsten en verschillen.

Tabel 9 laat zien welke typen schade door de twee modellen worden meegenomen. Het belangrijkste verschil is dat de WSS zich richt op wateroverlast als gevolg van neerslag en dat wordt uitgegaan van inundatie-dieptes tot maximaal 0,3 meter (bij grotere waterdieptes blijven de schades in de WSS gelijk). In SSM (binnendijs en regionaal) wordt uitgegaan van een dijk- of kadebreuk en worden inundatiedieptes meegenomen tot 6 meter. Daarnaast is in de WSS ook de duur van de wateroverlast en het seizoen waarin die optreedt een belangrijk gegeven.

Tabel 9 Typen schades die monetair worden meegenomen in WSS en SSM

Type schade	WSS	SSM Regionaal	SSM Binnendijks
Fysieke schade	Ja	Ja	Ja
Bedrijfsuitval binnen overstroomd gebied	Ja ¹⁾	Nee ^{2), 4)}	Ja ²⁾
Bedrijfsuitval buiten overstroomd gebied	Nee	Nee ^{2), 4)}	Ja ³⁾
Effecten uitval/doorsnijden infrastructuur	Ja (alleen mobiliteit)	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)
Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg	Nee	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)
Schade aan LNC en milieu	Nee	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)
Effecten vestigingsklimaat	Nee	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)
Effecten voor huishoudens	Nee	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)
Slachtoffers/psychische schade, etc.	Nee	In fysieke termen	In fysieke termen
Risicoaversie ⁵⁾	Nee	Ja (via opslagfactor)	Ja (via opslagfactor)

¹⁾ In WSS als 'indirect effect' aangeduid

²⁾ In SSM als 'direct effect' aangeduid

³⁾ In SSM als 'indirect effect' aangeduid

⁴⁾ In SSM-Regionaal is geen bedrijfsuitval opgenomen omdat hier tot nu toe uitgegaan is van beperkte overstroomingen vanuit boezemsystemen. Voor extremere neerslaggebeurtenissen zoals in Limburg adviseert het Informatiepunt voor de Leefomgeving (IPLO) deze keuze te heroverwegen.

⁵⁾ Risicoaversie geeft aan de mate waarin individuen afkerig zijn van gebeurtenissen met een negatief gevolg. Naarmate het gevolg groter is, zullen individuen een sterkere afkeer hebben en de risico's zwaarder wegen. Dit komt tot uiting in de risicopremie. Dit is enigszins vergelijkbaar met een (commerciële) verzekering, waarvoor men ook meer premie betaalt dan het bedrag aan verwachte schade (kans maal schade). In SSM is de risicopremie verwerkt als een opslag op de schade. Voor meer achtergrond, zie Gauderis en Kind (2011).

Zoals

Tabel 9 laat zien, wordt in SSM een opslagfactor gebruikt voor verschillende, niet in het model opgenomen effecten, waaronder die van de uitval van infrastructuur. Deze tabel geeft ook de beperkte insteek weer van met name de WSS, waarin slechts enkele typen schades worden geraamd en geen opslagfactor wordt gebruikt. De tabel roept de vraag op, waarom bedrijfsuitval binnen het overstromd gebied in WSS wel, en in SSM regionaal niet wordt meegenomen. Zie ook voetnoot 4 onder

Tabel 9.

Tabel 10 laat de verschillende componenten zien in de toeslagfactor, zoals die geadviseerd wordt in het kader van SSM.

Tabel 10: Toeslagfactor SSM 2017

Kosten van hulpverlening, evacuatie, opruimen en nazorg	Opslag van 10%
Indirecte effecten van doorsnijding van infrastructuur	Opslag van 2% – 14%
Afhandelingskosten, uitval van woningdiensten, doorsnijding nutsleidingen & communicatieverbindingen, lange termijn impact op het investeringsklimaat, LNC-waarden, onbekende posten	Opslag van 14% – 15%
Risicopremie	Opslag van 10%
Totaal (middelpunt)	42%
Opslagfactor	1,42

Bron: Min I&W (2020); op basis van Gauderis en Kind (2011)

Merk op dat de werkwijze met een opslagfactor geenszins uniek is. Een vergelijkbare benadering is onder meer gevolgd door de (eerste) Deltacommissie in 1960, die voor het afleiden van economische optimale overstromingskansen een (beleids-)factor van 2 hanteerde op de direct waardeerbare schade (Dantzig en Kriens, 1960), met als doel om zowel de indirecte schade als imponderabilia mee te nemen. In het Verenigd Koninkrijk wordt door het Environment Agency (EA) in het kader van de Long-term Investment Scenarios (LTIS) voor hoogwaterbescherming een *uplift factor* gehanteerd van (ongeveer) 2 op de met een model berekende schade, om zo onder meer de schade als gevolg van het uitvallen van infrastructuur mee te nemen (Jacobs et al., 2018). Bij het berekenen van de economische optimale overstromingskansen in de MKBA WV21 is een opslagfactor van 1,6 gehanteerd op de uitkomsten van het schademodel HIS-SSM (Kind, 2011), onder meer om de uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur mee te nemen. Voor het huidige SSM wordt nog steeds een van de in WV21 afgeleide factor van 1,42 geadviseerd.

4.3.2 Vitale en kwetsbare infrastructuur

Tabel 4.4 gaat nader in op de fysieke keteneffecten die het gevolg kunnen zijn van de uitval van vitale en kwetsbare functies. Hiervoor is de indeling van DPRA gevolgd. Tevens wordt een toelichting op het effect gegeven en wordt aangegeven in hoeverre deze zijn opgenomen in WSS en SSM.

Tabel 11: Overzicht van vitale en kwetsbare functies volgens DPRA en de wijze waarop deze in WSS en SSM zijn opgenomen

Vitale en kwetsbare functies volgens DPRA	Toelichting effect	In WSS?	In SSM?	Potentiële verbetering eenvoudig mogelijk?
Elektriciteit	Uitval bij bedrijven/overheid	Nee	Via opslagfactor	Ja, VoLL
	Uitval bij huishoudens	Nee	Via opslagfactor	Ja, VoLL
Aardgas	Uitval bij bedrijven/overheid	Nee	Via opslagfactor	Ja, CoDG
	Uitval bij huishoudens	Nee	Via opslagfactor	Ja, CoDG
Olie	Uitval bij bedrijven/overheid	Nee	Via opslagfactor	
	Milieuschade	Nee	Via opslagfactor	
Telecom/ICT voor communicatie tbv respons bij een overstrooming				
Telecom/publiek netwerk	Uitval bij bedrijven/overheid	Nee	Via opslagfactor	
	Uitval publieke dienstverlening	Nee	Via opslagfactor	
	Uitval huishoudens	Nee	Via opslagfactor	
Drinkwater	Winning en zuivering	Nee	Via opslagfactor	
	Distributie (niet aangemerkt als vitaal)	Nee	Via opslagfactor	
Afvalwater	Milieuschade	Nee	Via opslagfactor	
	Hygiëne en gezondheid	Nee	Via opslagfactor	
Gezondheid	Ziekenhuizen	Nee	Via opslagfactor	
Gemalen	Boezemgemalen (onmisbaar voor herstel na een overstrooming)	Nee	Via opslagfactor	
Transport (hoofdinfrastructuur) (NB: vitaal ihkv evacuatie en herstel)	Uitval snelwegen en (aantal) N-wegen	Ja	Via opslagfactor	Ja, op basis van stremmingskosten per wegsegment HWN
	Spoor	Ja	Via opslagfactor	Advies is om de schade van het spoor uit de WSS te halen
	Infrastructuur tbv transport via water en lucht	Nee	Via opslagfactor	
Chemie		Nee	Via opslagfactor	
Nucleair		Nee	Via opslagfactor	
Infectieuze stoffen/genetisch gemodificeerde organismen		Nee	Via opslagfactor	

Zoals

Tabel 11 laat zien, is – met uitzondering van de uitval van transport hoofdinfrastructuur – geen enkele vitale en kwetsbare functie opgenomen in de WSS. In SSM zijn – in principe – alle vitale en kwetsbare functies opgenomen in de schaderaming, door middel van een uniforme opslagfactor. Dit is mede het gevolg van de wel zeer open formulering van de opslagfactor, waarin naast de effecten als gevolg van het doorsnijden van infrastructuur, nutsleidingen en communicatieverbindingen, ook nog “onbekende posten” zijn opgenomen (zie Tabel 4.3).

De laatste kolom geeft aan welke verbeteringen er relatief eenvoudig mogelijk zijn in WSS en SSM. De basis hiervan is een zoektocht op internet en een review van geïdentificeerde literatuur. Deze potentiële verbeteringen worden in de volgende drie paragrafen behandeld. Voor wat betreft het ramen van de effecten van het uitvallen van de overige functies zijn geen verbetermogelijkheden geïdentificeerd.⁴

4.3.3 Elektriciteit

Bij de uitval van elektriciteit gaat het om de niet-geleverde elektriciteit aan huishoudens en bedrijven. Voor het ramen van de economische effecten van elektriciteitsuitval kan het – ter voorkoming van dubbeltellingen – nodig zijn om een onderscheid te maken tussen:

- Bedrijven in overstroomd/ondergelopen gebied. Deze bedrijven hebben tijdens de overstroming mogelijk geen, of een lagere vraag naar elektriciteit als gevolg van bedrijfsuitval;
- Bedrijven in niet-overstroomd gebied, maar zonder elektriciteit als gevolg van de overstroming;
- Huishoudens in overstroomd gebied; en
- Huishoudens in niet-overstroomd gebied, maar zonder elektriciteit als gevolg van de overstroming.

Bijvoet (2003) geeft een goed vertrekpunt hoe de economische effecten door elektriciteitsstoring als gevolg van overstroming berekend zouden kunnen worden.⁵ Volgens deze studie is de waarde van stroomstoring overdag in de Randstad € 102 miljoen per uur, terwijl de waarde van de niet geleverde stroom slechts € 2,3 miljoen per uur is. Het aandeel van de waarde van verloren vrije tijd voor huishoudens is hierin ongeveer even groot als het aandeel van de productieverliezen voor bedrijven.

De schade per niet geleverde eenheid elektriciteit in Nederland als geheel wordt geschat op € 12,1 per kWh. Deze grootte wordt in de internationale literatuur aangeduid als de “value of lost load” (VoLL). Voor huishoudens is deze waarde relatief hoog (€ 23,1 per kWh) vergeleken met de waarde bij bedrijven en overheid (€ 8,5 per kWh). In de industrie wordt per eenheid elektriciteitsgebruik relatief weinig geproduceerd (€ 2,7 per kWh). Volgens het Rathenau instituut (geciteerd in Bijvoet) nemen de maatschappelijke gevolgen van een stroomstoring per eenheid niet-geleverde energie eerst af en daarna weer toe. Dit is weergegeven in Figuur 9.

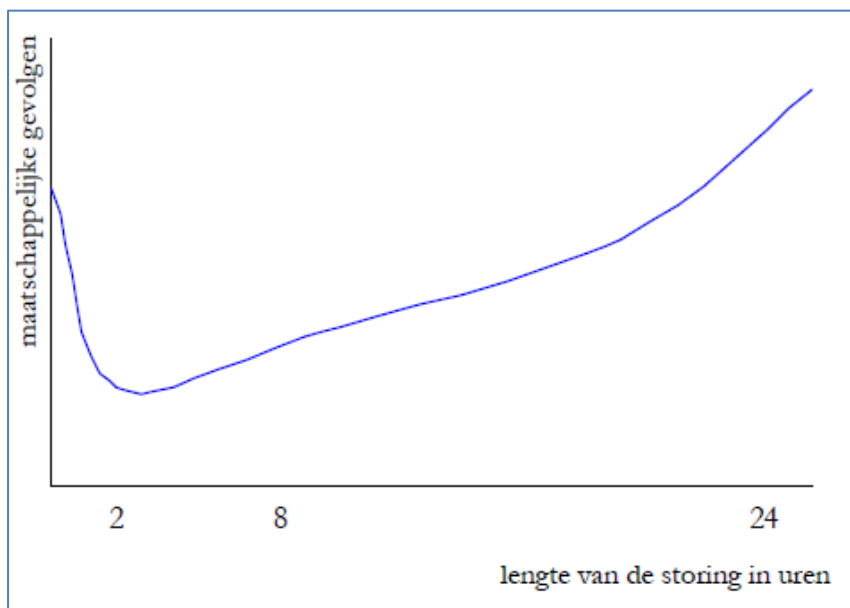
Rekenvoorbeeld: een gemiddeld huishouden gebruikt 2479 kWh elektriciteit per jaar, ofwel 6,8 kWh per dag. Tegen € 23,1 per kWh kunnen de maatschappelijke gevolgen van een stroomstoring geraamd worden op een bedrag van € 157 per huishouden per dag. Ook voor bedrijven en overheid kunnen bedragen voor stroomstoringen (bijv. per werknemer of m² landgebruik) worden afgeleid op een vergelijkbare wijze (zie Figuur 9 uit Bijvoet, 2003).

⁴ Het ramen van de effecten van de uitval van een specifiek object is soms wel mogelijk. De hier gemelde verbeteringen moeten echter generiek in een schademodel toepasbaar zijn. Dat betekent dat generieke ruimtelijke informatie, schadefuncties en schadebedragen beschikbaar moeten kunnen worden gemaakt.

⁵ Deze studie is gedateerd. De oorspronkelijke waarden in het rapport van Bijvoet zijn voor 2001. In deze tekst zijn de waarden voor 2021 vermeld, door gebruik te maken van de CPI indexcijfers van het CBS (2001=78,17 en 2021=110,39). Dat betekent dat in deze tekst de waarden van Bijvoet met een factor 1,41 vermenigvuldigd zijn.

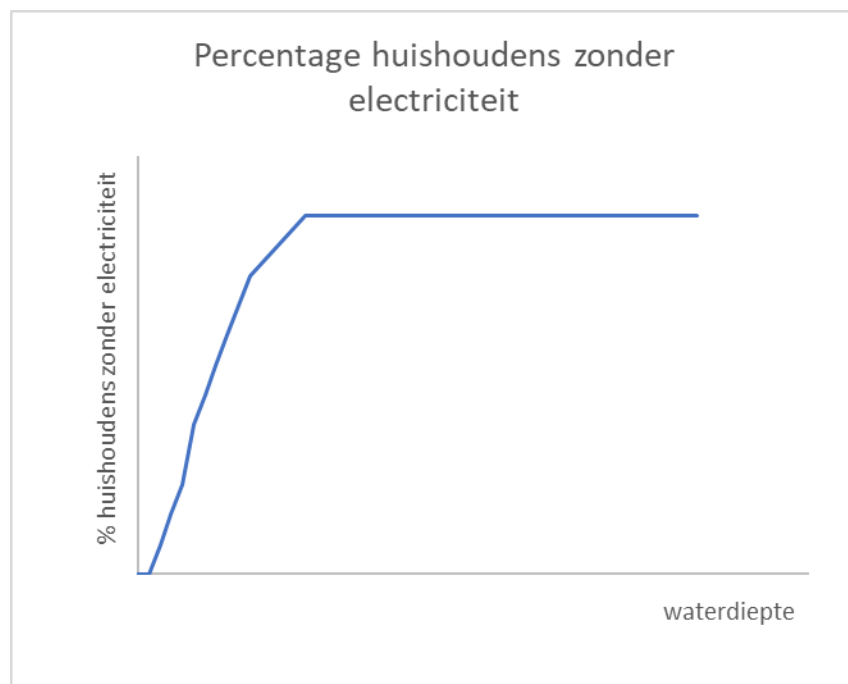
Deze bedragen kunnen dan in combinatie met overstromingskaarten, schadefuncties en veronderstellingen ten aanzien van de duur van de uitval worden opgenomen in het schademodel.

Voor het ramen van de kosten van elektriciteitsuitval is ook een 'schadefunctie' nodig die een relatie legt tussen de waterdiepte en het percentage van de huishoudens en bedrijven die geen elektriciteit meer geleverd krijgen. Indien ook huishoudens/bedrijven met elektriciteitsuitval buiten het overstroomde gebied meegenomen worden, zou dit percentage meer dan 100 kunnen bedragen.⁶ Deze functies zouden op basis van expertkennis ontwikkeld kunnen worden. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 10.



Figuur 9: Maatschappelijke gevolgen en de duur van een stroomstoring (bron: Bijvoet, 2003)

⁶ Volgens ENW (2021) zijn als gevolg van de overstromingen in Limburg tussen 2360 en 3000 woningen getroffen, terwijl 6000 tot 7000 huishoudens te maken kregen met de uitval van elektriciteit.



Figuur 10: relatie tussen waterdiepte en % huishoudens zonder elektriciteit. Fictief.

4.3.4 Gas

In zijn algemeenheid geldt dat huishoudens, en veel (maar niet alle) bedrijven, minder gevoelig zijn voor een gasstoring dan voor elektriciteitsuitval. Huishoudens gebruiken gas voor koken, verwarming en warm water. In het kader van de energietransitie wordt voor deze doelen ook steeds vaker elektriciteit gebruikt. Ook in geval van een gasonderbreking kunnen in veel gevallen elektrische apparaten (een deel van) de functionaliteit van de gasapparaten (tijdelijk) vervangen (elektrische kachels, waterkokers en dergelijke).

Het gebruikelijke waarderingsconcept in de gasector is de Cost of Disruption of Gas (CoDG). Een goede literatuurbron is het rapport van Kantor en Eca (2018) geschreven voor ACER. In deze studie wordt de CoDG (in €/MWh) gerelateerd aan de kosten van een alternatieve energiebronnen – met name elektriciteit.

Een m³ aardgas is equivalent aan 9,76 kWh. Als we uitgaan van een prijs voor elektriciteit van € 0,20 per kWh en voor aardgas van € 0,65 per m³ (€ 0,07 per kWh) (prijzen die globaal geldig waren voor de inval in Oekraïne door Rusland (februari 2022), dan volgt dat elektriciteit gemiddeld circa 3x zo duur is als gas.

Rekenvoorbeeld: Het gemiddeld gebruik van gas is 1169 m³ gas per huishouden per jaar, dat is 3,2 m³ per dag. Stel dat een huishouden 1 dag geen gas krijgt en dit in zijn geheel vervangt voor elektriciteit, dan zijn de extra kosten voor het huishouden gelijk aan $3,2 \times 9,76 \times (\text{€ } 0,20 - \text{€ } 0,07) = \text{€ } 4,06$ per huishouden per dag.

Net als bij elektriciteit dient een 'schadefunctie' opgesteld te worden, die aangeeft hoeveel huishoudens te maken krijgen met een gasstoring bij verschillende waterdieptes. Ook de duur van de gasstoring kan in deze functie verwerkt worden.

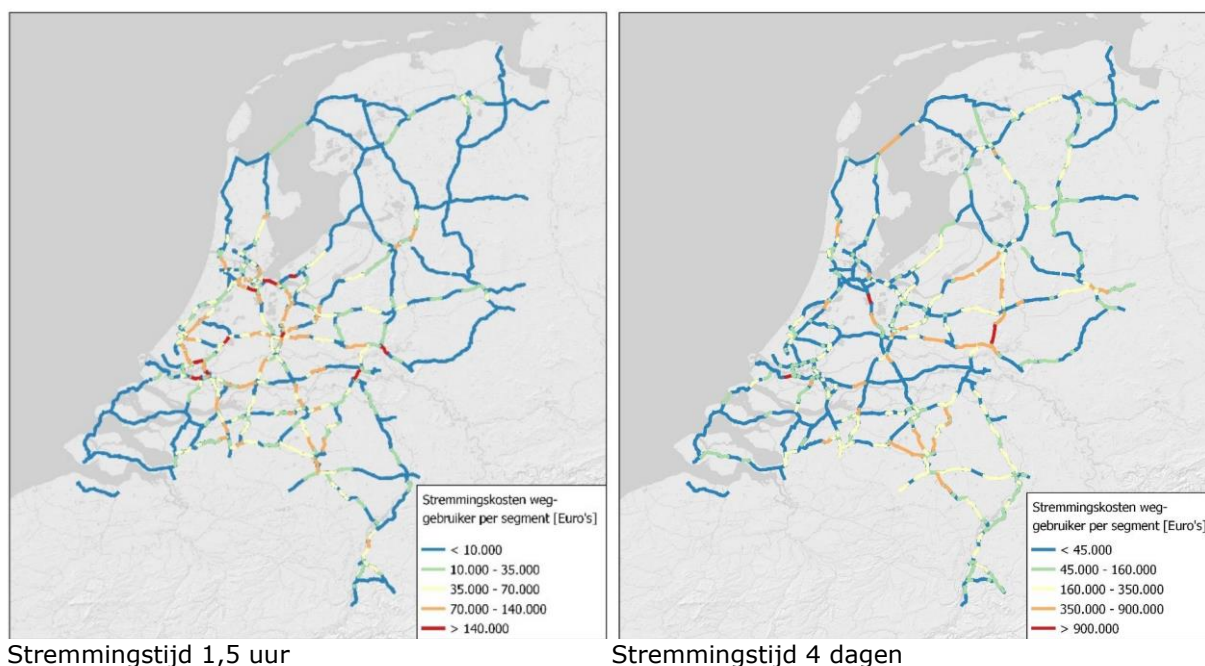
4.3.5 Uitval verkeer

In de Waterschadeschatter is mobiliteitsschade (uitval van wegen en spoorlijnen) gebaseerd op resultaten van 2 casestudies uit 2007, waarbij uitgegaan is van grootschalige overstroomingen (dijk- en duindoорbraken) nabij 's-Hertogenbosch (uitval A2) en Katwijk en Monster (uitval A4; A44 en A20). Deze doorbraken zijn destijds (in het kader van WV21) zo gekozen, dat ze belangrijke verbindingen treffen met gevolgen voor het hele landelijke verkeerssysteem. Voor extreme neerslagevents zijn deze scenario's niet representatief.

In de praktijk worden de met de WSS berekende mobiliteitsschades dan ook als (onrealistisch) hoog ervaren en door gebruikers van de WSS uit de berekende schade uitkomsten verwijderd.

In het kader van de Landelijke Klimaatstresstest van het Hoofdwegenet (HWN) heeft Deltares in samenwerking met TNO een prima werkbaar aanpak voorgesteld voor het ramen van de stremmingskosten van hoofdwegen als gevolg van neerslagevents (Deltares, 2019). De duur van de stremmingen, als gevolg van wateroverlast, varieert tussen 30 minuten en 4 dagen, waarbij uitgegaan wordt dat 50% van de wegcapaciteit behouden kan blijven.

De stremmingskosten zijn gebaseerd op de extra voertuigverliesuren als gevolg van files en omrijden. Bij een langere duur van de stremming wordt rekening gehouden met het aanpassen van het gedrag van de weggebruikers, waardoor de voertuigverliesuren beperkt blijven.



Figuur 11: Stremmingskosten per wegsegment voor extreme neerslag (Bron: Deltares, 2019)

Figuur 4.2. Toepassing op het hoogwater in Limburg

In ENW (2021) wordt een eerste inschatting gegeven van de schade door extreme neerslag in Limburg in de zomer van 2021. De totale schade aan woningen, bedrijven, gewassen, recreatie en infrastructuur is ingeschat op een bedrag van tussen € 350 miljoen en € 600 miljoen. Op het hoofdwegennet zijn verschillende locaties voor kortere of langere duur gestremd geweest. De duur van de stremming, voor zover bekend, varieert van een aantal uur (bijvoorbeeld de A2 tussen knooppunten Kerensheide en Kruisdonk) tot een aantal dagen (op de A79); zie Figuur 12.



Figuur 12 Stremmingen op het hoofdwegennet in Limburg op 15 juli 2021 als gevolg van extreme neerslag (bron: ENW 2021)

Gebruiken we de hoge schattingen van de stremmingskosten per segment uit de studie van Deltares (2019), die gebaseerd zijn op 4 dagen, als een eerste indicatie, dan zou de stremmingschade van de trajecten getoond in Figuur 12 in de orde van € 1 miljoen uit kunnen komen.⁷ Ten opzichte van de raming van de totale schade van € 350 miljoen - € 600 miljoen is de bijdrage van deze schade beperkt (<1%).

Tijdens het hoogwater zijn de stroomvoorziening en vooral vaste internet-, bel- en televisieverbindingen zijn op verschillende locaties uitgevallen. Een geschat aantal van 6000 tot 7000 huishoudens is hierdoor getroffen. Binnen enkele dagen is de stroomvoorziening door Enexis en de telecomaandieners weer hersteld (ENW, 2021). Als we uitgaan van 6500 huishoudens x 2 dagen x € 157 per huishouden (zie 4.3.3), dan is de schade als gevolg van stroomstoring voor huishoudens orde € 2 miljoen. Ook dat is een gering bedrag ten opzichte van de totale geraamde schade van tussen € 350 miljoen en € 600 miljoen (<1%).

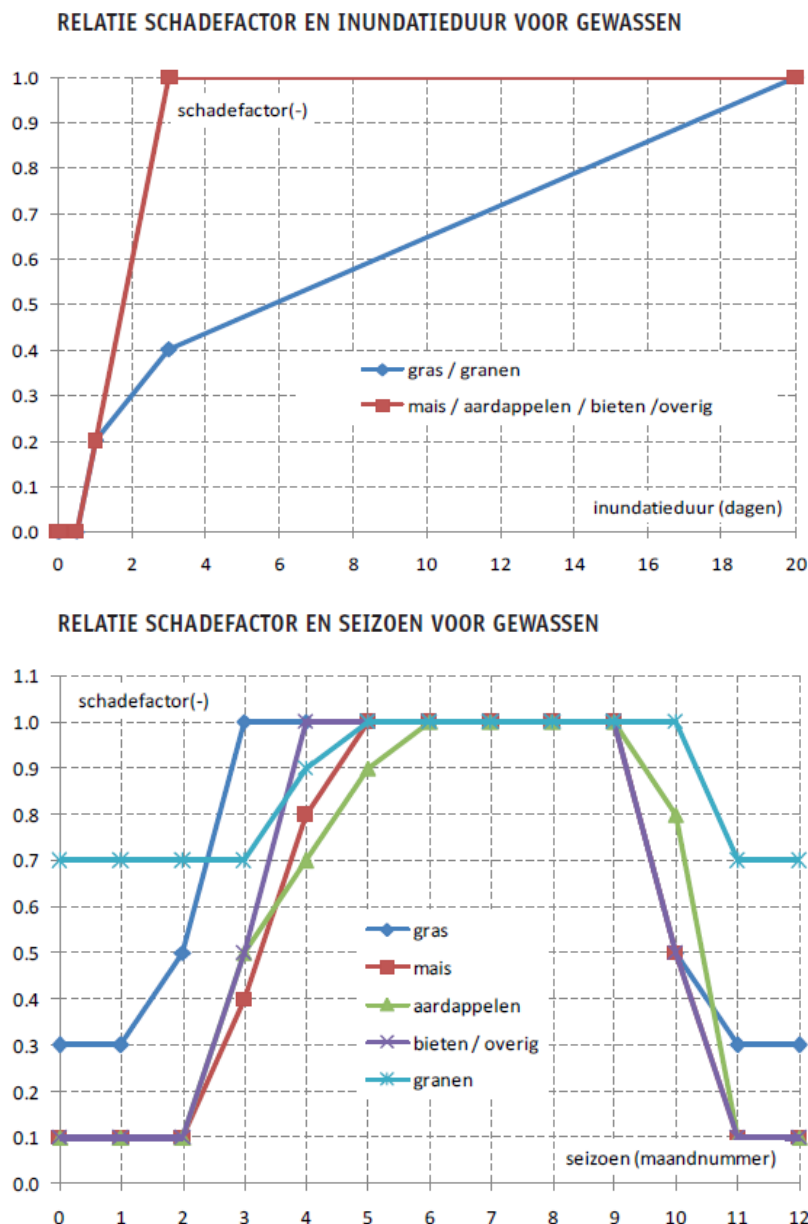
4.4 Grotere effecten door langere duur overlast en grotere omvang van de overlast

4.4.1 Landbouw

Voor de landbouw is de combinatie tussen de waterdiepte, duur, gewastype en timing in het jaar relevant. Waterdiepte blijkt in vergelijking tot de andere factoren van minder belang voor de ontstane schade.

⁷ Op zich is deze werkwijze niet helemaal juist. De schades van de segmenten in Figuur 4.2 mogen niet bij elkaar opgeteld mogen worden. Deels omdat het dezelfde gebruikers betreft, en deels omdat het overstroomen van meerdere segmenten van invloed is op de mogelijkheden van weggebruikers om om te rijden en zo stremmingen te vermijden.

Bij de schadeberekening wordt onderscheid gemaakt in type gewas. De maximale schade voor gras en granen wordt bijvoorbeeld pas na 20 dagen bereikt (de oogst is dan volledig mislukt), terwijl de schade aan mais, aardappelen, bieten en overige gewassen al na 3 dagen onder water te hebben gestaan maximaal is. Naast het type gewas is ook het moment in het jaar relevant voor de schade, aangezien een overstroming in de wintermaanden een veelal beperkte impact heeft ten opzichte van het voorjaar en de zomer. (Hoes, Nelen, & van Leeuwen, 2013; Bolt & Kok, 2000).



Figuur 4.13 Effect van overstromingsduur en tijdstip van overstroming in het jaar (Hoes, Nelen & van Leeuwen, 2013).

Figuur 4.13 toont dat bij een extreme neerslag in de zomermaanden (bij het event dat Limburg trof in 2021 was dat midden in juli), de schade aan akkerbouwgewassen al snel maximaal is. Het verkorten van de overstromingsduur door inzet van noodmaatregelen, van bijvoorbeeld 7 naar 3 dagen, heeft in dat geval voor gewassen anders dan gras en granen, weinig schade beperkende effecten.

De schade voor vee teelt wordt bepaald door de waterdiepte en evacuatiemogelijkheden naar hoger gelegen gebieden (Deltares, 15 augustus 2014). De zorgplicht voor vee en daarmee voor het evacueren van vee, ligt primair bij de veehouder zelf. Echter moet de veehouder hierin gefaciliteerd worden door de lokale/regionale overheid, waarvoor de procedure in gemeentelijke draaiboeken vastgelegd moeten worden (Min. I&W, 2020). De grote schaal van het neerslag-event, en daarmee de hoeveelheid getroffen vee, zal de evacuatiemogelijkheden sterk beperken.

4.4.2 Inzet hulpverlening

Bij dreigende of opgetreden wateroverlast kan hulpverlening worden ingezet. De verschillende overheden als waterschappen, politie, brandweer, gemeenten, defensie, Rijkswaterstaat en de vitale partners hebben allemaal een crisisorganisatie op operationele diensten. Soms zijn er ook convenanten met marktpartijen, bijvoorbeeld voor het inzetten van pompen. De manier van samenwerken is beschreven in rampenplannen.

Tijdens het hoogwater in Limburg zagen we ook dat veel inwoners, geholpen door buurtbewoners, familie en vrienden, zelf zandzakken gingen plaatsen (ENW 2021). Dit kan gezien worden als een extra capaciteit ten opzichte van de hulpdiensten. Ook bij het redden van mensen is de verwachting dat veel mensen zichzelf redden of gered worden door andere mensen, en slechts een deel door hulpdiensten (HKV 2017, WAVE 2020).

De inzet van de hulpverleners en bijbehorende interventies kan:

- Voor optreden van de gebeurtenis worden ingezet op basis van verwachtingen van extreem weer en waterstanden. Voorbeelden zijn het voormalen zodat er extra bergingscapaciteit aanwezig is, het aanbieden van zandzakken, het openen van shelters en strategisch opstellen van reddingsboten en plannen van evacuatie;
- Na (en tijdens) de gebeurtenis worden ingezet om water weg te pompen, dijken te inspecteren, objecten te beschermen of mensen te helpen om in veiligheid te komen.

Omdat de focus hier ligt op zeer extreme neerslagsituaties in een groot gebied. Vanwege het extreme neerslagvolume kan worden aangenomen dat het regionale watersysteem plus de boezemsystemen al maximaal zijn belast als de neerslag is gevallen en er dus overlast op is getreden. Bij de wateroverlast van juni 2021 in HHNK was het watersysteem al bijna geheel gevuld en konden maalstops nauwelijks worden voorkomen (HHNK 2021). Wateroverlast in regionale systemen kan dan niet worden voorkomen maar wel anders worden verdeeld. Stel dat water uit een polder of woning wordt weggepompt zal die elders via het watersysteem leiden tot nieuwe wateroverlast.

Wel kan de duur van overlast worden verkort door de inzet van noodpompen. De huidige poldersystemen zijn ontworpen op een afvoer van grofweg 15 mm/dag. Bij een neerslagevent van 150mm onder aanname dat alles wordt afgevoerd betekent een maalstop van 1 dag dus dat de overlast ook 1 dag langer zal duren. Gezien de hoeveelheid neerslag die er valt is de vraag of deze extra dag leidt tot een significante stijging van de directe schade.

Alhoewel de omvang van de overlast vrijwel niet kunnen worden verkleind kan de impact wel worden verkleind. Zo kan ervoor gekozen worden om vitale objecten te beschermen ten faveure van andere objecten. Hiervoor is coördinatie van belang, en kunnen de (beperkt) beschikbare middelen hier worden ingezet. Naarmate meer capaciteit beschikbaar is kunnen ook meer objecten worden beschermd. Tegelijkertijd kan vanwege de grote omvang minder worden gerekend op hulp van anderen. Mensen en gezinnen zijn al getroffen als privépersoon, en organisatie zullen minder geneigd zijn capaciteit af te staan als ze zelf getroffen zijn.

De omvang van de benodigde coördinatie en inzet van hulpverleners is echter bij neerslag-gebeurtenissen wel kleiner dan bij overstromingen. Dat betekent dat bij neerslag indien nodig van de voorbereiding bij overstromingen gebruik kan worden gemaakt voor de prioritering van inzet van mensen en middelen.

Qua impact zal de overbelasting van de hulpverlening op de impact beperkt zijn. Enerzijds zal de hulpverlening zich altijd richten op de meest belangrijke uitval. Indien prioritering van inzet nodig is, zal de impact dus vooral groter worden op minder schade gevoelige delen. Daarnaast is de capaciteit van burgers ook aanzienlijk, als de hulpverleners niet ter plaatse zijn wil dat dus niet zeggen dat er geen hulp wordt verleend. Anderzijds kan door de schaarste in hulpverlening in combinatie met de duur en omvang van de gebeurtenis het langer duren voordat hulp ter plaatse is. Omdat dit niet leidt tot een grotere waterdiepte, maar vooral een (iets) langere periode van wateroverlast, zal de impact meevallen. De vraag is ook in welke mate de toename van de duur significant is ten opzichte van de duur van de overlast bij een lokale bui met een gelijke terugkeertijd.

4.5 Voorstel voor praktijk

4.5.1 Verbeteren schademodellen

De belangrijkste aanbevelingen voor het verbeteren van de schade modellering, zijn:

- Neem voor het berekenen van de schade van extreme neerslagevents ook de schade als gevolg van bedrijfsuitval mee, conform het advies van IPLO. Deze worden momenteel wel in WSS en SSM-binnendijks, maar niet in SSM-regionaal meegenomen;
- Verwijder uit de WSS de schade als gevolg van het uitvallen van snelwegen, N-wegen en spoorinfrastructuur;
- Bij het gebruik van WSS dient een opslagfactor voor ontbrekende schadeposten te worden toegevoegd, vergelijkbaar met SSM;
- Er zijn goede mogelijkheden om de schade als gevolg van elektriciteitsuitval, gasstoring en verkeersschade beter en explicieter te modelleren dan nu het geval is. Het voorbeeld uit Limburg geeft wel aan dat het maar zeer de vraag is of de bijdrage van deze schadetypen aan de totale schade significant is.

De opslagfactor zoals gebruikt in SSM geeft een pragmatische aanpak en is ook vanuit internationaal perspectief een voor de hand liggende aanpak. Er is echter wel het risico dat er in gebieden met weinig schade maar veel kritieke infrastructuurelementen, de schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur wordt onderschat. Een eenvoudige methodiek waarbij de aanwezige infrastructuurelementen worden geteld en worden gerelateerd aan berekende schades, is daarom aan te bevelen. Dit helpt aandachtsgebieden te identificeren waar nader naar gekeken dient te worden. Zie het voorbeeld in Tekstbox 4.2 voor het gebied van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden.

Tekstbox 4.2: Vitale in kwetsbare infrastructuur in DPRD

In DPRD is per "normtraject" (een gebied waarvoor een wettelijke waterveiligheidsnorm is afgegeven) een relatie gelegd tussen de met SSM berekende schade⁸ en het aantal vitale en kwetsbare infrastructuurobjecten die overstroomd worden bij bovenmaatgevende overstromingsscenario's. De resultaten daarvan zijn samengevat in Tabel 12 (De Bruijn, Kind en De Grave, 2019). Door de oogharen heen lijkt de hoogte van de schade in lijn te zijn met de hoeveelheid aanwezige kwetsbare en vitale infrastructuur: normtrajecten met de meeste infrastructuur hebben de hoogste berekende schade (met name dijkringen 14, 15 en 16) en vice versa. Maar er valt ook een aantal zaken op die vanuit vitaal en kwetsbaar van belang zijn:

- 17-1: dit normtraject heeft een relatief lage schade, terwijl hier relatief veel olie- en gasleidingen doorheen lopen, de Betuweroute het gebied snijdt en er 3 snelwegen door het gebied lopen;
- 20-2 en 20-3: relatief lage schade, relatief veel belangrijke onderdelen van het hoofdelektricitetsnetwerk van TenneT en relatief veel olie- en gasleidingen;
- 21-1 en 21-2: lage schade, relatief veel olie- en gasleidingen;
- 34-1: relatief lage schade, relatief veel belangrijke onderdelen van het hoofdelektricitetsnetwerk en relatief veel snelwegen;
- 35-1: relatief lage schade, relatief veel olie- en gasleidingen en relatief veel IPCC bedrijven.

Vanuit de (met SSM) berekende schade zullen deze gebieden relatief onbelicht blijven, terwijl ze vanuit vitale en kwetsbare infrastructuur aandacht behoeven. Vergelijkbare exercities kunnen waardevol zijn voor extreme wateroverlast situaties.

Tabel 12 Opslag op de schade door uitval vitale en kwetsbare infrastructuur en inventarisatie van vitale en kwetsbare functies voor normtrajecten in het DPRD gebied.

Nr.	Naam	Min. opslag op schade (M Euro)		Max. opslag op schade (M Euro)		Functies											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10.1	10.2	10.3	10.4	11	12	
14-1	Hollandse IJssel dkr14	0,3	5,2	5	13	4	0	3	1	33	2	6	0	1	11	0	
14-2	Zuid-Holland - Nieuwe Maas	0,1	2,4	3	10	4	0	0	1	11	2	6	0	0	2	1	
14-3	Zuid-Holland - Nieuwe Waterweg	0,0	0,3	2	1	1	0	0	1	11	0	3	0	0	2	0	
15-1	Lopiker-en Krimpenerwaard - Oost	0,4	6,2	5	25	3	7	28	1	137	5	27	0	1	56	0	
15-2	Lopiker-en Krimpenerwaard - West	0,2	3,9	5	25	3	7	28	1	137	5	27	0	0	56	0	
16-1	Albw./Vijfj.landen - Merwede	0,4	5,9	3	16	1	3	17	1	61	3	9	1	0	16	0	
16-2	Albw./Vijfj.landen - Merwede/Noord/Lek	0,2	2,6	3	9	1	2	8	1	47	2	7	1	0	8	0	
16-3	Albw./Vijfj.landen - Lek-West	0,3	4,5	3	15	1	3	12	1	53	3	10	1	0	15	0	
16-4	Albw./Vijfj.landen - Lek-Oost	0,3	4,7	3	15	1	3	12	1	55	3	10	1	0	16	0	
17-1	IJsselmonde - Zuid	0,0	0,2	2	13	0	0	0	1	4	3	1	0	0	2	0	
17-2	IJsselmonde - Noord-West	0,0	0,5	2	5	0	0	0	1	3	2	1	0	0	2	0	
17-3	IJsselmonde - Noord-Oost	0,1	2,2	2	12	0	1	1	1	6	2	1	0	0	1	0	
18-1	Pernis	0,0	0,0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
19-1	Rozenburg	0,0	0,2	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
20-1	Voorne-Putten duin	0,0	0,6	3	7	0	0	3	0	2	0	5	0	0	3	0	
20-2	Voorne-Putten 1	0,0	0,6	4	14	0	0	5	1	9	0	6	0	0	3	0	
20-3	Voorne-Putten 2	0,1	1,1	4	18	0	0	6	1	11	0	6	0	0	3	0	
21-1	Hoekse Waard 1	0,0	0,2	1	17	0	0	3	0	17	1	4	0	0	3	0	
21-2	Hoekse Waard 2	0,0	0,0	1	11	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0	0	
22-1	Eiland van Dordrecht 1	0,0	0,4	1	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	
22-2	Eiland van Dordrecht 2	0,1	1,1	3	5	0	0	0	1	9	1	2	0	0	0	0	
24-1	Land van Altena 1	0,0	0,5	0	4	0	1	6	0	1	1	4	0	0	3	0	
24-2	Land van Altena 2	0,0	0,1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	
24-3	Land van Altena 3	0,1	1,3	0	4	0	1	6	0	3	1	4	0	0	4	0	
25-1	Goeree-Overflakkee Noordzee	0,0	0,2	0	0	0	0	1	1	3	0	2	0	0	0	0	
25-2	Goeree-Overflakkee Haringvliet	0,0	0,0	2	1	0	0	0	0	4	0	2	0	0	4	0	
34-1	West-Brabant 1	0,0	0,1	4	2	0	0	1	0	5	2	1	0	0	2	0	
34a-1	Geertruidenberg	0,0	0,1	2	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
35-1	Donge 1	0,0	0,5	0	12	0	0	4	0	8	1	2	0	0	15	0	

⁸ In de tabel staat de minimale en maximale opslag op de schade vanwege de uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur, maar omdat de opslag hier vaste percentages van de schade betreft (2-33%), is het feitelijk een relatie tussen schade enerzijds en vitale en kwetsbare infrastructuur anderzijds.

4.5.2 Meenemen van impact die niet door de schademodellen wordt beschreven

De schademodellen beschrijven de schades als functie van de waterdiepte, de duur en de kenmerken van een type object. Schaaffecten door een grote omvang worden niet meegenomen. Unieke objecten of functies zitten vaak niet in de schademodellering. Ook significante maatschappelijke impact en imagoschade wordt hier niet in benoemd. Het probleem bij deze effecten is dat deze op voorhand vaak ook niet bekend zijn. Immers enerzijds is de neerslagsituatie extreem en is hier weinig ervaring mee, anderzijds is het lastig voorstelbaar dat een object zal uitvallen.

Om dit te ondervangen wordt aanbevolen om na het opstellen van de bovenregionale credible scenario's, en na het bepalen van de impact met schademodellen, een extra expertsessie te organiseren om vast te stellen of er significante schade effecten worden gemist. Het gaat hierbij niet om kleine effecten of overlast, maar om significante impact die nog niet is voorzien. Geadviseerd wordt deze expertsessie breed op te zetten zodat vanuit verschillende perspectieven en expertises input kan worden geleverd, maar dat tegelijkertijd kan worden gereflecteerd op de vraag of deze schades significant zijn en ook realistisch zijn gezien het beheer dat vanuit alle sectoren plaatsvindt.

5 Toepassing methode in cases

De toepassing van de methode is uitgewerkt in twee cases. Dit zijn Den Bosch (inclusief de beekdalen Aa en Dommel) en het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal (inclusief het polderboezemsysteem van Waternet). Het doel van de twee cases was om inzicht op te doen in de werking van de methodiek. In dit hoofdstuk worden de uitkomsten kort aangestipt: Case Den Bosch in paragraaf 5.1 en Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal in 5.2. De uitwerking van de cases is gedaan aan hand van de stappen in de methodiek; achtereenvolgens:

- Stap 1: Gebieds- en systeembeschrijving;
 - Stap 2: Omgevingsfactoren in beeld brengen;
 - Stap 3: Samenstellen credible bovenregionale scenario's;
 - Stap 4: Selecteren credible bovenregionale scenario's;
 - Stap 5: Gebeurtenis uitwerken met overstromingskaarten plus bepalen impact;
 - Stap 6: Relevante toepassingen (Ruimtelijke ordening, risicoanalyse en crisisbeheersing).
- Als laatste is een reflectie gegeven op de aanpak.

In de bijlage is per casus een uitgebreide PowerPoint te vinden met de bevindingen.

5.1 Den Bosch inclusief De Aa en De Dommel

5.1.1 Stap 1: gebieds- en systeembeschrijving

De rivieren Dommel en Aa komen samen in de Dieze in Den Bosch (Figuur 14). De Dieze stroomt uit in de Maas via Spuisluis Crèvecoeur. De Dommel en ook de Aa kunnen daarnaast ook via het Drongelens Kanaal afwateren richting de Maas via de Bovenlandse Sluis. De Zuid-Willemsvaart en Máximkanaal hebben scheepvaart als belangrijkste functie, en in mindere mate de functie van water aan- en afvoer.



Figuur 14: Systeembeschrijving Den Bosch, beken en de Maas

Hoogwatersituatie bij Den Bosch is als volgt gedefinieerd:

- Spuisluis Crèvecoeur wordt gesloten bij $> +4,84$ mNAP op de Maas;
- Afvoer via de Bovenlandse Sluis is gestremd bij $> +4,04$ mNAP op de Maas (verval);
- Er is een aantal bergingsgebieden aangewezen rondom Den Bosch, die gestuurd water kunnen bergen bij hoge afvoeren in Dommel en/of Aa: bij Bossche Broek en het Vughtse Gement. De bergingsgebieden worden ingezet vanaf $> +4,90$ mNAP gemeten in De Dommel (Vughterstuw).

De beekdalen zijn gedefinieerd bovenstrooms van Den Bosch. Het beeld bij gebiedskenners is dat er rondom Den Bosch weinig problemen te verwachten zijn zo lang er vanuit de Aa en Dommel afgevoerd kan worden richting de Maas (via Crèvecoeur danwel Bovenlandse Sluis). In geval van stremming van de Maas is er effect tot Esch (Dommel) en Heeswijk-Dinther (Aa). De stremming van de Maas heeft vrijwel geen invloed op de beekdalen bovenstrooms van deze locaties (zie Figuur 5 en Figuur 16). Begroeiing en initiële bodemvochtgehalten hebben dat wel.

5.1.2 Stap 2: omgevingsfactoren in beeld brengen

Voor het definiëren van credible bovenregionale scenario's is eerst een groslijst opgesteld met allerlei omgevingsfactoren die van invloed kunnen zijn op het ontstaan van wateroverlast in en rondom 's-Hertogenbosch en de beekdalen (Tabel 13). Deze lijst is nagelopen en compleet gemaakt in een overleg met medewerkers van de Gemeente 's-Hertogenbosch en de waterschappen Dommel en Aa en Maas. De groslijst is te zien in onderstaande tabel. In de kolom 's-Hertogenbosch staan omgevingsfactoren die vooral te maken hebben met het niet (meer) kunnen afvoeren op de Maas. Zoals uit de systeembeschrijving blijkt, worden voornamelijk problemen in de stad verwacht op het moment dat er stremming plaatsvindt vanuit de Maas; door hoge waterstanden op de Maas of het falen van kunstwerken.

Tabel 13: Omgevingsfactoren case 's-Hertogenbosch

's-Hertogenbosch	Beekdalen
<ul style="list-style-type: none"> - Crèvecoeur / Bovenlandse Sluis voeren niet af <ul style="list-style-type: none"> • Hoge Maaswaterstand • Storing besturing / elektra / internet • Fysiek niet bereikbaar • Hack - Bergingsgebieden functioneren niet <ul style="list-style-type: none"> • Inlaatwerken niet bereikbaar met kraan • Te vroeg inzetten -> geen berging bij hoogtepunt - Sturende kunstwerken niet te bedienen <ul style="list-style-type: none"> • Storing besturing / elektra / internet • Fysiek niet bereikbaar • Hack - Menselijk handelen: De sturing van in- en uitlaten bij de Aa / Zuid Willemsvaart - Falen regionale keringen - Boot vaart tegen kunstwerk 	<ul style="list-style-type: none"> - Bergingsgebieden functioneren niet: <ul style="list-style-type: none"> • Inlaatwerken niet bereikbaar met kraan • Te vroeg inzetten -> geen berging bij hoogtepunt - Opstopping kunstwerken (sifons onder Máximakanaal of de Vughterstuw) - Sturende kunstwerken niet te bedienen <ul style="list-style-type: none"> • Storing besturing / elektra / internet • Fysiek niet bereikbaar • Hack - Menselijk handelen: sturing van in- en uitlaten - Falen regionale keringen - Boot vaart tegen kunstwerk - Beheer en onderhoud: dicht begroeide watergangen

5.1.3 Stap 3 samenstellen credible bovenregionale scenario's

Vervolgens zijn in een vervolgoverleg op 22 september 2022 met Waterschap Aa en Maas de mogelijke bovenregionale scenario's verkend (de gemeente 's-Hertogenbosch en De Dommel konden hierbij helaas niet aanwezig zijn). Deze scenario's bevatten combinaties van omgevingsfactoren uit de groslijst, in combinatie met het optreden van de 'Limburgbui'.

Ook zijn gezamenlijke inschattingen gemaakt van de kans van voorkomen van bepaalde factoren, en de kans op samenvallen van omgevingsfactoren. Bij het overleg waren een hydroloog, beleidsmedewerker en specialist waterveiligheid aanwezig. In deze sessie heeft de focus zowel op 's-Hertogenbosch als op de beekdalen gelegen.

5.1.4 Stap 4 selecteren credible bovenregionale scenario's






Op 3 oktober 2022 heeft er een vervolgoverleg plaatsgevonden met dezelfde personen van Waterschap Aa en Maas. Dit overleg stond de selectie van een lijst credible bovenregionale scenario's centraal. Dit heeft geleid tot een lijst van in totaal 8 credible scenario's (Tabel 14):

- Scenario 1a en 1b, met herhalingstijd van tussen de T=300 en T=1000 jaar in het gehele gebied;
- Scenario 2a en 2b, met herhalingstijd tussen T=3.000 en T=10.000 jaar;
 - twee scenario's specifiek voor 's-Hertogenbosch;
 - twee scenario's specifiek voor de beekdalen.

- Scenario 3a en 3b, met herhalingstijd van $>T=30.000$ jaar.

De scenario's met herhalingstijden zijn gepresenteerd in onderstaande tabel.

Tabel 14: Gebeurtenissen case Den Bosch ('s-Hertogenbosch)

#	Impact	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiële condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Herhalingstijd
1a	Hele systeem	'Limburgbui'	Geen stremming Crèvecoeur	Droog en gemiddelde zomerweerstand	-		300-1.000 (laag)
1b				Nat en gemaaid			300-1.000 (hoog)
2a	Den Bosch	'Limburgbui'	Stremming CC 2-3 dagen	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Gecontroleerde inundaties		3.000-10.000 (laag)
2b							Niet-gecontrol. inundaties
2a	Beekdalen	'Limburgbui'	Geen stremming Crèvecoeur	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Sifons Máximakanaal of sifons/duikers beekdalen geblokkeerd		3.000-10.000 (laag)
2b				Nat en gemaaid			3.000-10.000 (hoog)
3a	Den Bosch	'Limburgbui'	Hoge Maas 2-3 dagen	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Crèvecoeur sluit niet	Eén bres	>30.000 (laag)
3b			Stremming CC 2-3 dagen		Crèvecoeur opent niet na golf		>30.000 (laag)

Scenario 1a en 1b (T300-T1.000)

Uitgangspunt is dat een bovenregionale blokbui over het gehele gebied valt: zowel in de beekdalen als in 's-Hertogenbosch. De buitenwatercondities worden bepaald door de Maas. Bij scenario 1a en 1b is de buitenwaterconditie van de Maas (nog) niet verhoogd, waardoor afvoer via Crèvecoeur en de Bovenlandse Sluis plaats kan vinden.

De bandbreedte in initiële conditie is in overleg met het waterschap vastgesteld op 'droog en gemiddelde zomerweerstand' en 'nat en gemaaid'. Daarbij geldt 'droog en gemiddelde zomerweerstand' als het scenario met lage impact in de beekdalen binnen deze kansklasse en 'nat en gemaaid' als het scenario met hoge impact in de beekdalen binnen deze kansklasse. Naar verwachting is de impact in 's-Hertogenbosch mogelijk juist andersom, dus hoger wanneer de initiële condities 'droog en gemiddelde zomerweerstand' zijn en lager wanneer de initiële condities 'nat en gemaaid' zijn. Dit zou komen omdat er meer water in de beekdalen wordt vastgehouden.

De combinatie 'nat en niet gemaaid', zou naar verwachting tot een nog hogere impact in de beekdalen leiden. De kans dat dit voorkomt is door als zeer klein ingeschat, omdat het waterschap het mairegime aanpast en kwetsbare punten eerder of extra maait.

De herhalingstijd van deze scenario's is $T=300$ tot $T=1.000$ jaar, omdat de herhalingstijd van de 'Limburgbui' in deze bandbreedte valt en de initiële condities jaarlijks voorkomen. Onderscheid in 'lage' of 'hoge' impact zit in de initiële condities.

Scenario 2a en 2b (T3.000-T10.000)

Zoals aangegeven, wordt er onderscheid gemaakt in scenario's in Den Bosch en in de beekdalen:

- In scenario 2a en 2b voor **Den Bosch** is de Maas dusdanig hoog dat Crèvecoeur voor 2-3 dagen gesloten wordt. De kans dat een verhoogde Maas voorkomt samen met een 'Limburgbui' is hier ingeschat op 1 op 10, waardoor de herhalingstijd opschuift naar de bandbreedte T3.000-T10.000. In het watersysteem worden gecontroleerde inundaties ingezet, welke een lage impact hebben. De hoge impact vindt plaats als er niet-gecontroleerd inundaties ontstaan.
- In scenario 2a en 2b in de **beekdalen** heeft de stremming van de Maas geen impact. Hier is in deze kansklasse gekozen voor het falen van belangrijke kunstwerken zoals sifons. Een voorbeeld zijn de sifons onder het Máximakanaal die een belangrijke afvoerende functie hebben. De kans van optreden in combinatie met een 'Limburgbui' wordt ingeschat op ongeveer 1 op 10. Het onderscheid tussen een lage of hoge impact in deze kansklasse voor de beekdalen wordt bepaald door de initiële condities, zoals beschreven voor scenario 1a en 1b.

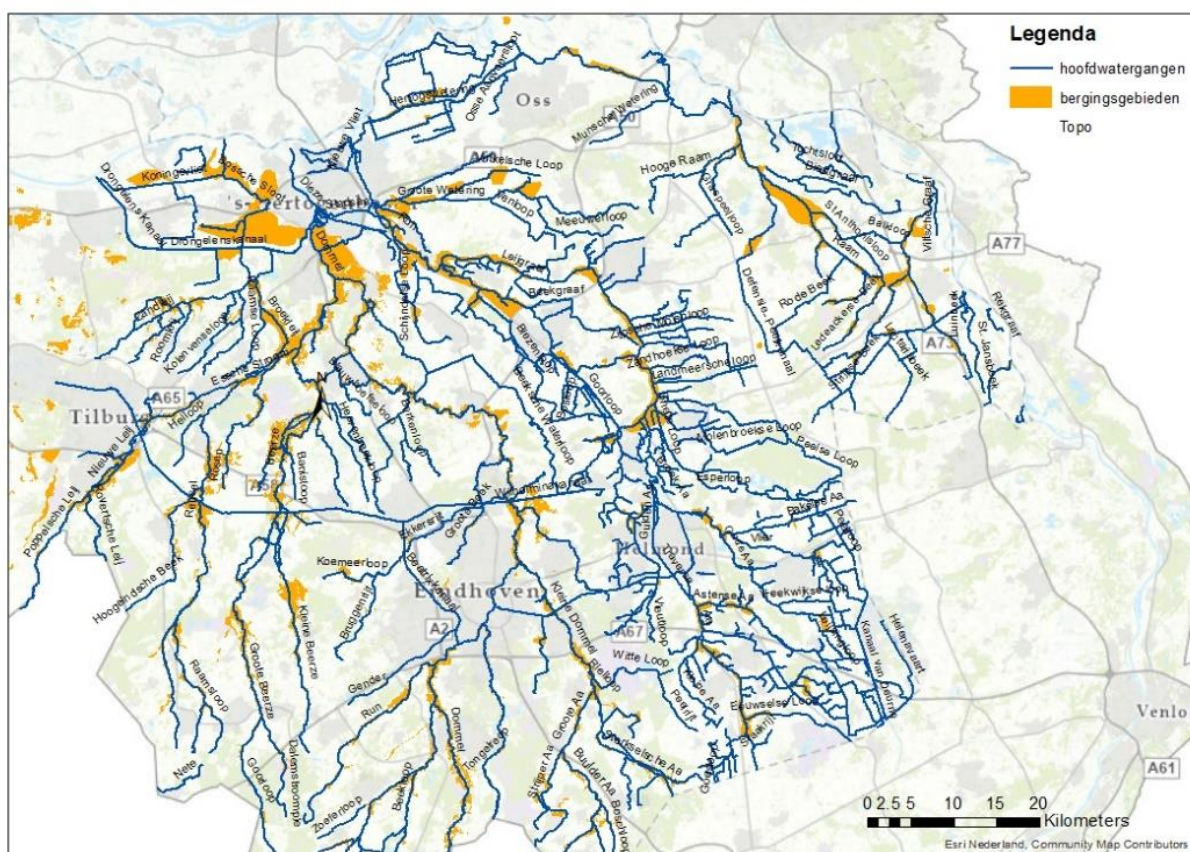
Scenario 3a en 3b (>T30.000)

In scenario 3 is het falen van Crèvecoeur bekeken. Deze kans is zeer klein, zeker in combinatie met het optreden van een 'Limburgbui' (T>30.000). Scenario 3a houdt in dat Crèvecoeur niet sluit bij een hoge Maaswaterstand. Bij scenario 3b gaat Crèvecoeur na een sluiting niet meer open. Als zo'n situatie zich voordoet, is een bres een logisch gevolg alleen is het onzeker waar deze bres zal optreden.

In een laatste sessie over de impact van de gevolgen is de conclusie getrokken dat falen van Crèvecoeur bij een hoge Maaswaterstand en niet wil sluiten een kleine impact zal hebben. Het watersysteem is volledig gevuld vanuit de beekdalen waardoor de tegendruk groot is. Het falen van Crèvecoeur dat het kunstwerk niet meer opent na sluiting heeft een grotere impact, maar wordt niet credible geacht. Het waterschap zal op allerlei manieren ervoor zorgen dat het watersysteem alsnog kan lozen (hetzij via de vistrap, ofwel via een forcering van het kunstwerk).

5.1.5 Stap 5: Gebeurtenis uitwerken met overstroomingskaarten plus bepalen impact

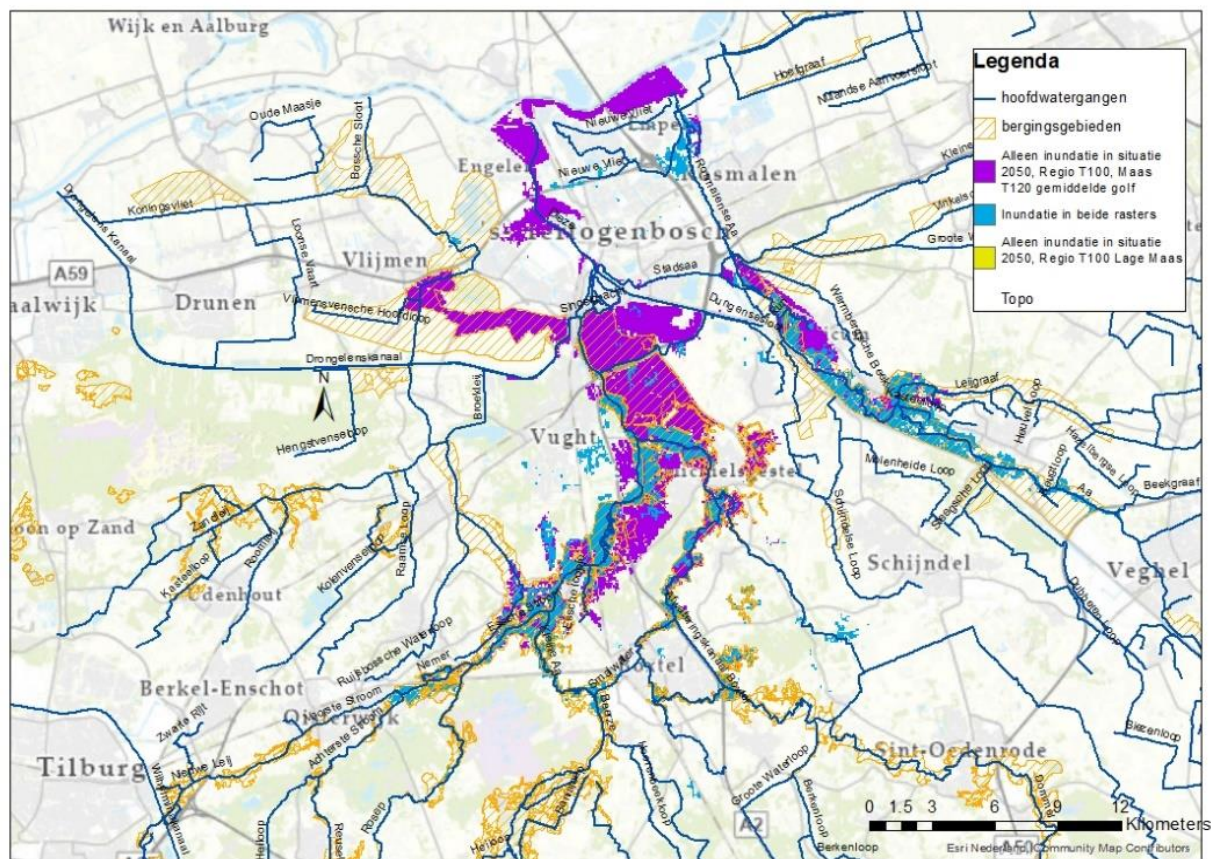
In overleg met het waterschap zijn kaarten opgenomen die het risico op wateroverlast laten zien n.a.v. een regionale blokbui en geen vlekkenkaarten. Voor alle kernen geldt dat er een groot risico van 'water-op straat' is (). Algemeen is het beeld dat er ten opzichte van de gebeurtenissen die nu al worden doorgerekend (normeringen/stresstesten) niet direct extra wateroverlast locaties bij komen, maar dat de overstroomingsduur en -diepte toeneemt. Deze conclusie is genomen op basis van verkennende berekeningen die het waterschap zelf heeft uitgevoerd met blokbuien van 150 mm/3 dagen en 200 mm/3 dagen.



Figuur 15: Hoofdwatersysteem Aa en Maas en De Dommel met bergingsgebieden (oranje)

Bovenstaande figuur laat in het oranje de huidige bergingsgebieden zien. Bij een bovenregionale blokbui wordt verwacht dat in de bovenstroomse beekdalen waar nu geen of weinig berging aanwezig is, wateroverlast kan optreden langs de beek. Bij een natte voorgeschiedenis zal de impact groter zijn dan bij een droge voorgeschiedenis.

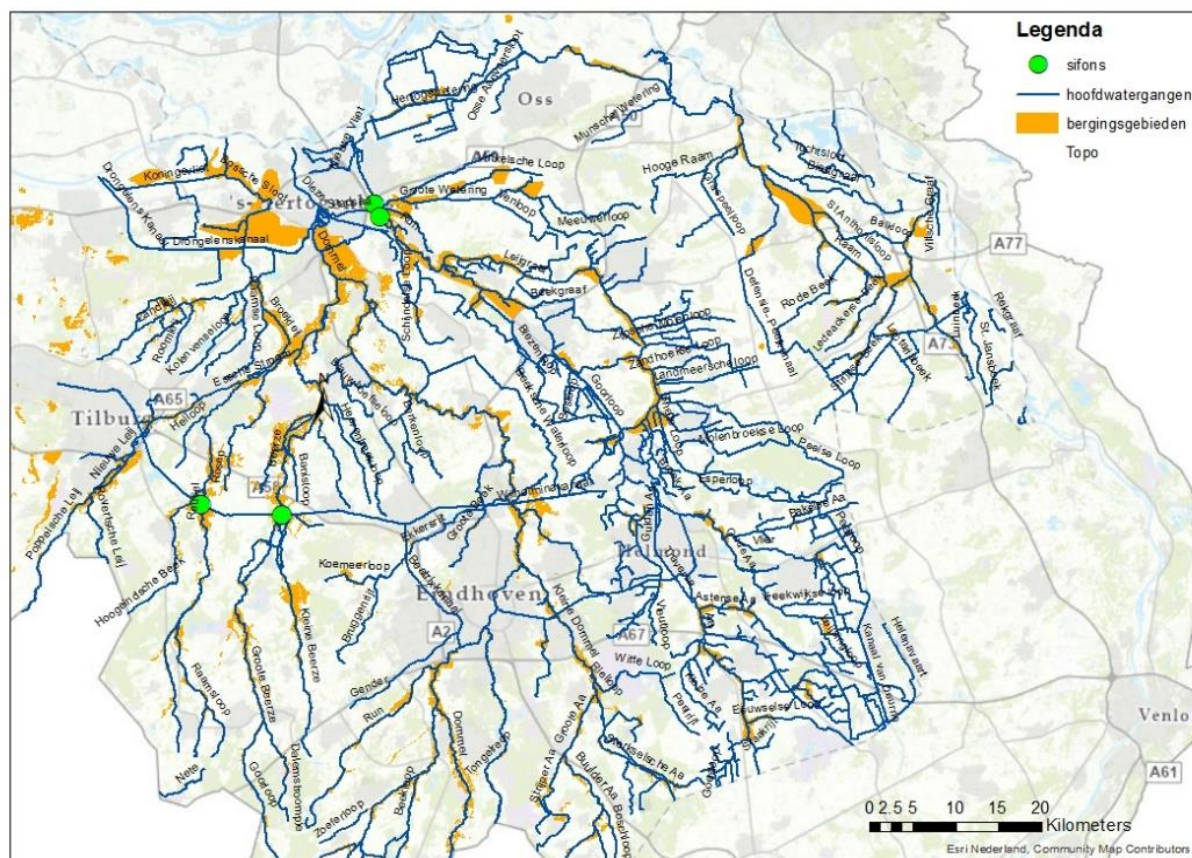
In scenario 2a en 2b voor Den Bosch is gebruikgemaakt van beschikbare berekeningen uitgevoerd binnen de IRM-pilot (HKV 2022). In Figuur 16 zijn deze inundatielocaties vergeleken met de beschikbare waterberging (oranje gearceerd). Dit geeft een goed beeld waar de grootste risico's op wateroverlast zijn. Dit is bijvoorbeeld in het zuiden en noorden van de stad.



Figuur 16: Inundaties (IRM pilot, HKV 2002) en beschikbare bergingsgebieden

In scenario 2a en 2b voor de beekdalen is de locatie van de verstopte sifons cruciaal waar de overlast zal optreden.

In Figuur 17 zijn een viertal locaties waar sifons aanwezig zijn weergegeven met groene stippen.



Figuur 17: mogelijke locaties geblokkeerde sifons (groen) met beschikbare berging (oranje)

Wanneer bijvoorbeeld de sifons onder het Máximakanaal geblokkeerd raken zal de impact lager zijn dan wanneer de sifons onder het Wilhelminakanaal geblokkeerd raken. Dit omdat er bovenstrooms van het Máximakanaal meer berging (in de vorm van reserveringsgebieden) gerealiseerd is dan bovenstrooms van het Wilhelminakanaal. Dit is slechts een voorbeeldsituatie.

5.1.6 Stap 6: Relevante toepassingen

De bovenregionale gebeurtenissen zijn relevant voor drie toepassingen:

1. Risicoanalyse: eisen voor het watersysteem;
2. Ruimtelijke ordening: waar zijn kansen voor ontwikkeling?;
3. Crisisbeheersing: input voor planvorming en operationele uitwerking.

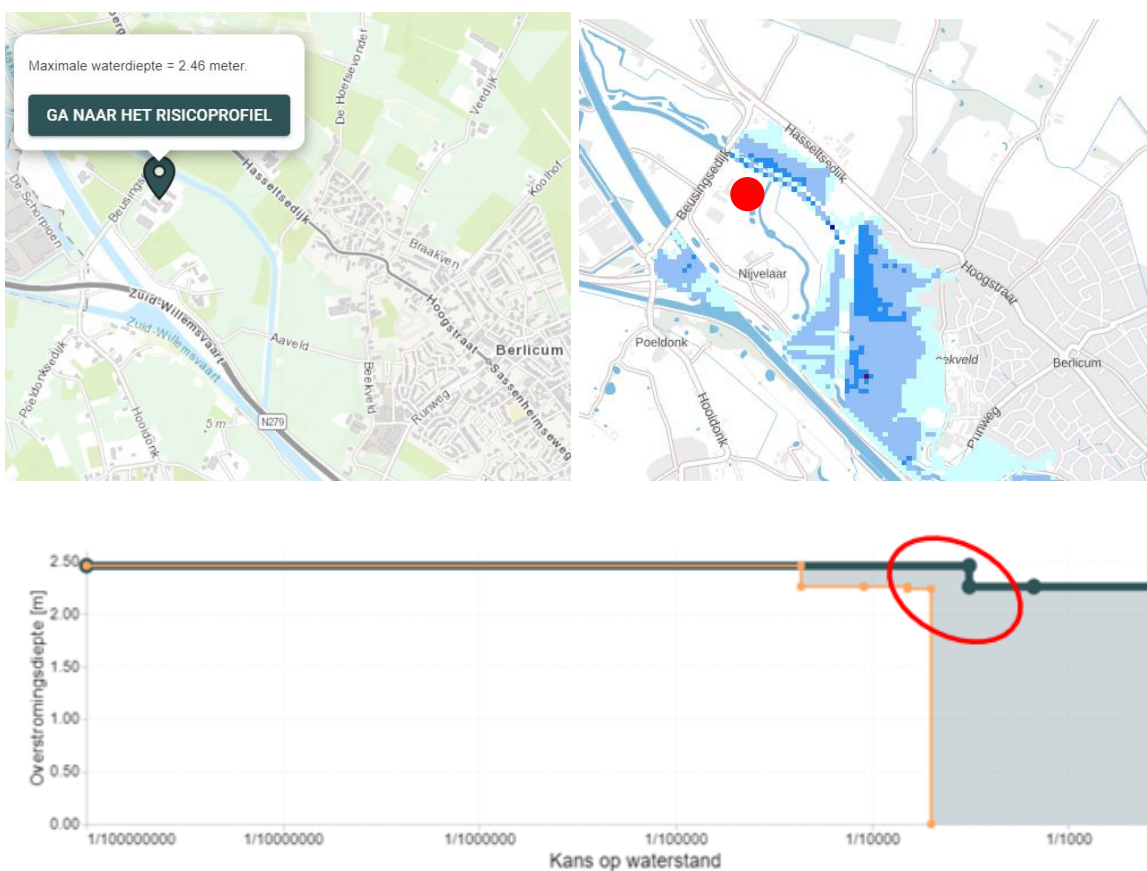
Hieronder zijn deze toepassingen uitgewerkt voor de casus 's-Hertogenbosch. Omdat er geen modelberekeningen van impact en schade zijn uitgevoerd, is het niet mogelijk eenduidig antwoord te geven op de drie afzonderlijke vragen, voor de case Den Bosch. Daarom is een kwalitatieve beschouwing per toepassing gegeven. Als deze methode uiteindelijk toegepast wordt inclusief modelberekeningen, kunnen deze vragen beantwoord worden.

Vraag 1: zijn de credible scenario's relevant voor de risicoanalyse?

Bij risicoanalyse gaat het om 1) de kans van voorkomen op een gebeurtenis en 2) de schade / impact. Of credible bovenregionale gebeurtenissen ook relevant zijn voor de risicoanalyse hangt af van de reeds bestaande in kaart gebrachte risico's. Een bepaalde gebeurtenis kan leiden tot een schade, maar wanneer deze kans heel klein is, kan deze irrelevant zijn vanuit een risico-perspectief.

Omdat voor deze case niet gemodelleerd is en de schade niet gekwantificeerd is, is het niet mogelijk om de risicoanalyse nauwkeurig uit te voeren.

- De verwachting is dat scenario 1a en 1b wel extra impact in de beekdalen hebben ten opzichte van bestaande studies (zoals watersysteemstudies met herhalingstijden tussen de 10 en 100 jaar). De extra schade die optreedt, is niet een factor 10 groter; de kans van optreden wel (orde grootte). Vanuit risicoperspectief zijn deze scenario's dus waarschijnlijk niet relevant.
- Scenario's 2a en 2b (beekdalen) zorgen voor een hogere impact dan bestaande inzichten. Hier is de Limburgbui gecombineerd met het blokkeren van sifons/duikers. De schade die hier optreedt is relatief hoog; zonder het blokkeren zou de impact nihil zijn. Daarom zijn deze scenario's vanuit risicoperspectief waarschijnlijk relevant. Figuur 18 toont een voorbeeld risicoprofiel van een locatie die in de huidige onderzoeken minder kwetsbaar is voor overstrooming (huidige situatie in oranje). De rode cirkel geeft aan waar dit scenario geprojecteerd kan worden.



Figuur 18 Een voorbeeldlocatie bij Berlicum waarin het overstroomingsprofiel is opgevraagd via mijnwaterrisicoprofiel.nl. Met de rode cirkel is weergegeven in welke zone de gevolgen van de credible bovenregionale scenario's geprojecteerd zouden worden.

- Het onderscheid tussen scenario's 2a en 2b (Den Bosch) is interessant, omdat gecontroleerde inundaties juist gedaan worden om de impact te minimaliseren (2a). Dit scenario is waarschijnlijk vanuit risicoperspectief niet interessant, omdat de impact laag is. Niet-gecontroleerde inundaties (2b) zorgen voor hoge impact, zeker in de stad 's-Hertogenbosch. Hier zal de schade fors hoog zijn (>factor 10) ten opzichte van de Limburgbui zonder inundatie, terwijl de kans daarop 10 keer aangenomen is dan de Limburgbui. Deze situatie is wel van belang voor risicoanalyse.

- Gedurende de werksessies is geconcludeerd dat scenario 3a: het niet sluiten van Crèvecoeur bij een hoge Maaswaterstand, geen hogere impact in 's-Hertogenbosch heeft dan bestaande inzichten. De reden daarvoor is dat de Maaswaterstanden in deze kansklasse niet zó hoog zijn dat er grotere overstromingen te verwachten zijn. Vanuit risico-perspectief is deze situatie dus niet relevant.

Vraag 2: zijn de credible scenario's relevant voor de ruimtelijke ordening?

Voor ruimtelijke ordening zijn sommige scenario's minder relevant, namelijk als de impact bij een bepaalde kansklasse niet hoger is dan de impact bij al bestaande normeringen en stresstesten. Deze afweging zo per specifieke locatie uitgevoerd moeten worden door het opstellen van een lokaal risicoprofiel, waarin bestaande inzichten zijn verwerkt (kans versus impact) en daarin het credible scenario toe te voegen. Voor de cases is dat niet mogelijk, omdat er geen inzicht is in lokale impact per scenario.

- De verwachting is dat scenario 1a en 1b wel extra impact hebben in de beekdalen en dus relevant zijn. De intensiteit is extremer dan bestaande normering, waardoor de impact relevant is. Zeker wanneer het uitgangspunt 'nat en gemaaid' is, wordt wat extra overstroming verwacht in de beekdalen. Zoals in de systeembeschrijving te zien is, worden in 's-Hertogenbosch weinig problemen verwacht zo lang de Maas niet gestremd wordt. Hier zal de impact dus niet toenemen ten opzichte van bestaande inzichten.
- Scenario's 2a en 2b zijn relevant, omdat ze zorgen voor een hogere impact dan bestaande inzichten, omdat hier de Limburgbui gecombineerd wordt met de al dan niet gecontroleerde inundaties (voor 's-Hertogenbosch) of het blokkeren van sifons/duikers (beekdalen). Hierdoor neemt de impact toe.
- Gedurende de werksessies is geconcludeerd dat scenario 3a: het niet sluiten van Crèvecoeur bij een hoge Maaswaterstand, geen hogere impact in 's-Hertogenbosch heeft dan bestaande inzichten. De reden daarvoor is dat de Maaswaterstanden in deze kansklasse niet zó hoog zijn dat er grotere overstromingen te verwachten zijn.

Vraag 3: zijn de credible scenario's relevant voor de crisisbeheersing?

Voor crisisbeheersing zijn de credible scenario's relevant als ze een grote impact hebben, aangezien bestuurders en veiligheidsregio's inzicht nodig hebben wat er kan gebeuren bij een dergelijk event, en welke handelingsperspectieven er op dat moment zijn.

Voor de case 's-Hertogenbosch zou het scenario, waarbij Crèvecoeur niet opent na een Maasgolf (3b), het meest geschikte scenario zijn om uit te werken.

5.1.7 Reflectie op de aanpak

Als deze aanpak wordt uitgevoerd, is het raadzaam om wel modelberekeningen uit te voeren om de impact te bepalen. Echter: het vaststellen van de credible scenario's is een iteratief proces waarbij de impact invloed heeft op het bepalen of een scenario credible is. Het is dus goed om over de mogelijk impact na te denken in expertsessies en op basis van beschikbare informatie, vóórdat er gerekend gaat worden met een model. Mogelijk dat er dan een scenario als niet credible wordt geacht of toch een lage impact blijkt te hebben en er daardoor geen significante extra impact optreedt.

5.2 ARK NZK en polderboezemsysteem van Waternet

Voor deze case is intensief samengewerkt met Waternet met ook input vanuit waterschap HHNK (vanwege leerpunten wateroverlast juni 2021). Om een goed beeld te krijgen van het systeem en lokale input te borgen zijn er meerdere sessies georganiseerd:

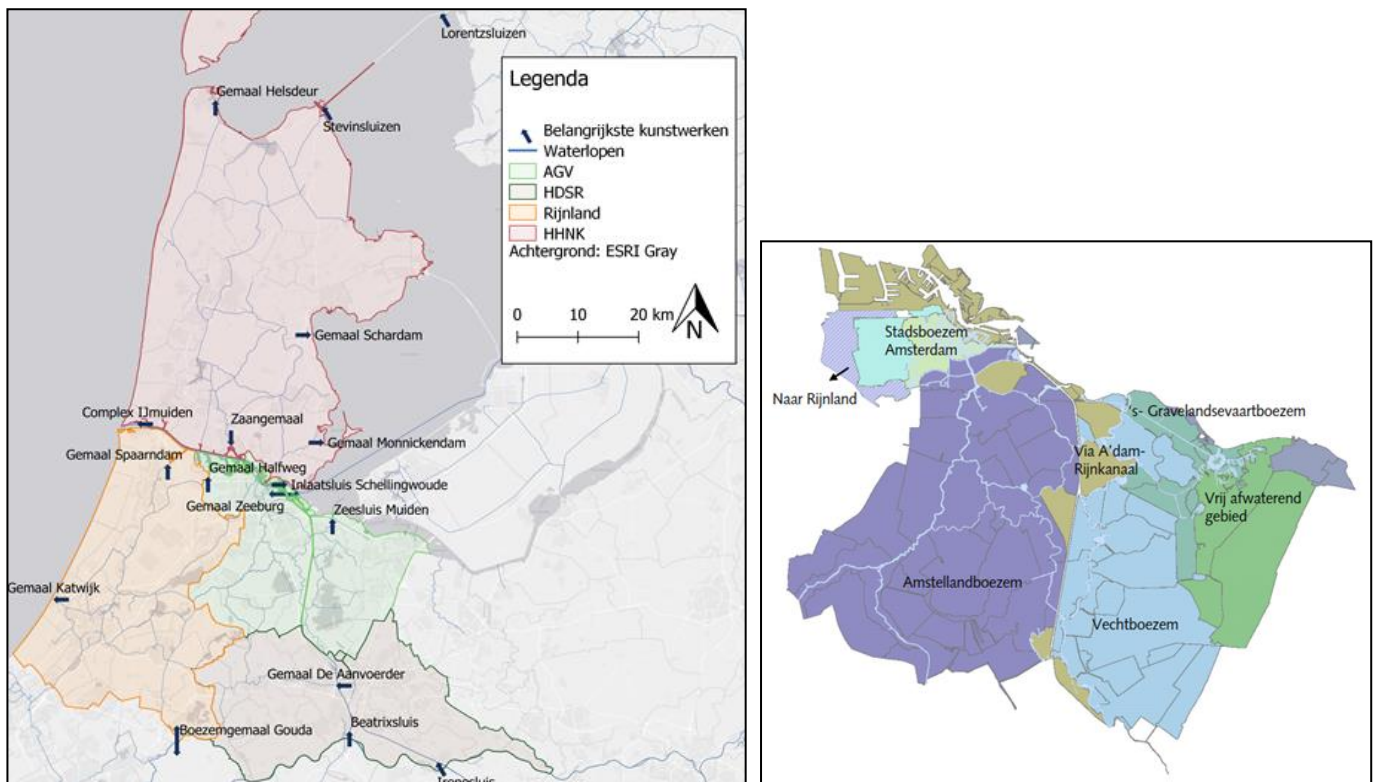
- Voorbesprekingen met hydrologische experts van Waternet en HHNK;
- Expertsessie gericht op definiëren omgevingsfactoren en scenario's;
- Expertsessie gericht op gevolgen en impact (thema's ruimtelijke ordening, risico's, crisismanagement).

5.2.1 Stap 1: gebieds- en systeembeschrijving Systeem Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal (ARK/NZK)

Het watersysteem van het ARK/NZK zit aan zijn grenzen wat betreft zowel wateraanvoer als waterafvoer en kent een grote wateropgave voor de toekomst. Het ARK/NZK watersysteem wordt beheerd door Rijkswaterstaat WNN en MN. De omliggende gebieden die afvoeren op het ARK/NZK worden beheerd door HHNK, AGV, HHR en HDSR. Met spui- en gemaalcomplex IJmuiden zorgen de waterbeheerders via het ARK/NZK voor (een deel van) de afvoer van het overtollige water uit de omliggende waterschappen.

De spuicapaciteit bij IJmuiden is afhankelijk van het waterstandsverschil tussen de binnen en buitenzijde, waarbij het verschil in de toekomst afneemt door zeespiegelstijging. De maximale spuicapaciteit bij IJmuiden is 500 m³/s onder normale omstandigheden (wordt in de praktijk een enkele keer gehaald, voornamelijk bij langdurige wind uit het Oosten) en in uitzonderlijke gevallen bij hoogwater op het NZK kan tot maximaal 700 m³/s worden gespuid. Bij onvoldoende spuicapaciteit kan het water worden uitgemaal met een maximale capaciteit van 260 m³/s. De daadwerkelijke pompcapaciteit is afhankelijk van de waterstanden en het onderhoud aan de pompen. In het zomerhalfjaar is meestal 1 pomp in onderhoud en is de maximale pompcapaciteit 210-220 m³/s.

Een groot deel van het ARK/NZK-gebied bestaat uit polders. Via poldergemalen wordt het overtollige water afgevoerd naar een boezem. Via gemalen wordt boezemwater afgevoerd naar de kanalen, een ander hoofdwater of het buitenwater. Een deel van het gebied, het boezemland, ligt hoger dan de boezem en watert af onder vrij verval. De poldergemalen zijn ontworpen op een bepaalde afvoer gebaseerd op bodemtype en landgebruik: dit ligt tussen 10 en 20mm/dag. Iedere poldergemaal heeft zijn eigen maalstopniveau, welke zo zijn gedefinieerd dat sommige poldergemalen voorrang krijgen boven anderen. Figuur 19 Gebied ARK/NZK (links) en de boezems van waterschap AGV laat het gebied van het ARK/NZK, en de boezems van waterschap AGV zien.



Figuur 19 Gebied ARK/NZK (links) en de boezems van waterschap AGV

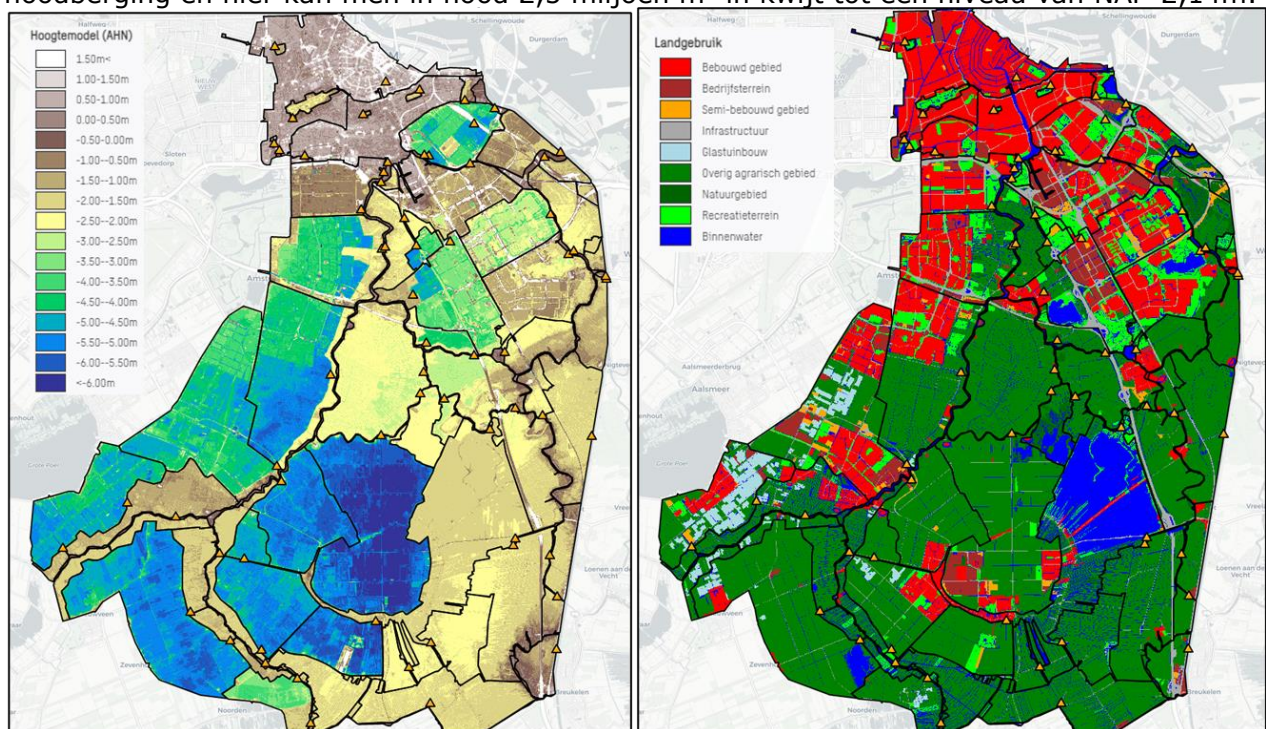
Amstellandboezem inclusief stadsboezem Amsterdam

In dit project is gekozen om alleen naar de Amstellandboezem en de stadsboezem van Amsterdam te kijken, waarbij wel de randvoorwaarden vanuit het ARK/NZK systeem worden meegenomen. In Figuur 20 zijn voor beide boezems zowel de hoogte van het maaiveld (+wateroppervlak) en het landgebruik weergegeven. Duidelijk zichtbaar is het verschil in maaiveldhoogte tussen Amsterdam centrum en de polders, maar ook tussen de verschillende polders kunnen er grote verschillen zijn.

Ten aanzien van hoge waterstanden op het ARK/NZK zijn er vier kritische peilen te benoemen voor het ARK/NZK. Dit zijn:

- **NAP-0,30 m:** Hierbij wordt van een hoogwaterregime gesproken;
- **NAP-0,20 m:** IJ-front en ARK-front worden gesloten;
- **NAP-0,15 m:** Water stroomt het riool van Amsterdam in;
- **NAP+0,00 m:** Kritische grens voor waterveiligheid, omdat alle dijken op deze kritische waterstand zijn gedimensioneerd. Bij deze waterstand mag/gaat Rijkswaterstaat een maalstop opleggen aan de aanliggende waterschappen.

De boezems voeren af richting het ARK/NZK en bij sluiten van het IJ-front (Stadsboezem) en het ARK-front (Amstellandboezem) bij NAP-0,20m kan alleen afgevoerd worden via gemaal Zeeburg dat een capaciteit heeft van 57 m³/s. Ronde Hoep (de polder in het midden) vormt een noodberging en hier kan men in nood 2,5 miljoen m³ in kwijt tot een niveau van NAP-2,14m.








Figuur 20: Hoogtemodel van maaiveld/wateroppervlak (AHN) en Landgebruik van de Amstellandboezem en Stadsboezem Amsterdam

5.2.2 Stap 2: omgevingsfactoren in beeld brengen

Voor het definiëren van credible bovenregionale scenario's is eerst een groslijst opgesteld met allerlei omgevingsfactoren die van invloed kunnen zijn op de mate van wateroverlast in het ARK/NZK-systeem.

Deze lijst is nagelopen en compleet gemaakt in een overleg met medewerkers van Waternet en input vanuit waterschap HHNK. In Figuur 21 zijn de omgevingsfactoren voor de credible scenario's weergegeven: 1) neerslaggebeurtenis, 2) buitenwatercondities, 3) initiële condities, 4) functioneren watersysteem en 5) dijkdoorbraken.

 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken
'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden Stremming spuisluis IJmuiden (na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien Nat en niet gemaaid	Gedeeltelijke uitval Poldergemalen Niet/beperkt-functioneren waterberging Ronde Hoep Niet/beperkt-functioneren gemaal IJmuiden Niet/beperkt-functioneren gemaal Zeeburg Niet/beperkt-functioneren sluiting IJfront	Geen bres 1 bres 2 of meer bressen

Figuur 21 Aspecten van credible bovenregionale scenario

Voor de omgevingsfactoren zijn onderstaande aandachtspunten meegenomen:

1. **Neerslaggebeurtenis:** De bui met in totaal 200mm in 48 uur vindt plaats over een gebied zo groot als alle afvoerende gebieden richting ARK/NZK inclusief het Markermeer. Het gaat om een persistente weergebeurtenis, een koudeput binnen een warme luchtlaag. De totale duur (met aanloop) is 7 dagen en heeft een herhalingstijdsklasse van T300-T1000.
2. **Buitenwatercondities:** We gaan er van uit dat tijdens een koude front behorende bij de Limburgbui die langere tijd op de zelfde positie blijft hangen geen stormcondities op zee voorkomen. Hierdoor kan er met regelmaat voldoende gespuid bij IJmuiden kan worden, en ontstaan er geen waterstandsproblematiek op het ARK/NZK. Er zullen dus geen maalstops optreden.
Wel is het mogelijk dat na afloop van een koude front een stormopzet op zee kan ontstaan. Aangezien het bemalen van de polders na deze gebeurtenis minimaal 10 dagen duurt (~15mm/dag), kan dit tot een beperking leiden en dus een langere inundatieduur.
3. **Initiële condities:** Middels goede voorspellingen kan er 2-3 voor de neerslaggebeurtenis begonnen worden met voormalen en voorspuien. Hierdoor kunnen zowel polders, als boezems en het ARK/NZK meer water bergen.
4. **Functioneren watersysteem:**
 - o Functioneren poldergemalen: evaluatie van de neerslaggebeurtenis in juni 2021 in het gebied van HHNK laat zien dat ~15% van de gemalen niet werkten (HHNK, 2021)
 - o Functioneren waterbergingen: evaluatie van de neerslaggebeurtenis in juni 2021 in het gebied van HHNK laat zien dat ~25% van de noodbergingen niet 100% functioneerden (HHNK, 2021). Voor de Amstellandboezem kan dan bijvoorbeeld het niet functioneren van noodberging Ronde Hoep een rol spelen.
 - o Niet functioneren gemaal IJmuiden: De neerslaggebeurtenis vindt plaats in de zomer, waarbij 1 pomp in ieder geval in langdurig onderhoud is. Er kan daarnaast verdere uitval plaatsvinden.
 - o Niet functioneren gemaal Zeeburg: Er kan gedeeltelijke of gehele uitval plaatsvinden waardoor de capaciteit van 57m³/s niet gehaald wordt.
 - o Niet functioneren sluiting IJ-front: In het geval spuien bij IJmuiden beperkt wordt kan de waterstand op het ARK/NZK stijgen en dan is sluiting IJfront wel essentieel.
5. **Dijkdoorbraken:** Volgens de data van LIWO zijn er diverse polders die een kans hebben op inundatie door een dijkdoorbraak. In feite zijn alle primaire en regionale keringen ontworpen op minstens NAP+0,00m, maar toch kan het ,binnen deze extreme neerslaggebeurtenis, voorkomen dat waterstanden in de boezem en het ARK/NZK langdurig verhoogd zijn. Deze bres kan op verschillende locaties ontstaan en dus kunnen hiervoor verschillende scenario's voor worden opgesteld.

5.2.3 Stap 3 samenstellen credible bovenregionale scenario's

Tijdens de vooroverleggen is een aanzet gedaan van een hele lijst aan bovenregionale scenario's, die daarnaast bekeken zijn of ze 'credible' genoeg zijn. Bij de eerste expertsessie op 8-9-2022 zijn de credible bovenregionale scenario's vastgesteld. Hierbij waren experts van zowel Waternet als HHNK zijn aanwezig.

Deze scenario's bevatten combinaties van omgevingsfactoren uit de groslijst, waarbij de basis wordt gelegd met de 'Limburgbui'. Ook zijn gezamenlijke inschattingen gemaakt van de kans van voorkomen van bepaalde omgevingsfactoren, en de kans op dat deze factoren met anderen omgevingsfactoren samenvallen. Bij het overleg waren vooral hydrologen aanwezig die veel kennis van het systeem hadden en veel ervaring met stresstesten en risicoberekeningen.

5.2.4 Stap 4 selecteren credible bovenregionale scenario's






Uit de longlist van credible bovenregionale scenario's is gekeken of men per herhalingstijds-klasse 2 scenario's kan selecteren die zowel de hoge als de lage impact weergeven. Tabel 15 laat een overzicht van de scenario's zien.

Het onderscheid in herhalingstijdsclassen wordt voornamelijk gemaakt door:

- Geen stremming spuisluis IJmuiden: herhalingstijd puur afhankelijk van de 'Limburgbui', resulterend in T300-T1000. Dan kan er vrij en nagenoeg ongelimiteerd afgevoerd worden vanuit de Amstellandboezem naar het ARK/NZK;
- Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na de bui): Kans op stremming en daarmee sluiting van IJ-front en ARK-front (NAP-0,2m) wordt ingeschat op een herhalingstijd van 15 jaar in de zomer. Echter met 1 pomp in onderhoud is dit vaker. Combinatie met de 'Limburgbui' komen we dan op een herhalingstijd van T1000-T3000, waarbij er gedurende 2 dagen niet afgevoerd kan worden via het ARK/NZK, maar alleen via gemaal Zeeburg (capaciteit 57m³/s);
- Stremming spuisluis IJmuiden + (tijdelijk) falen of niet functioneren van gemaal Zeeburg: In dit geval kan er tijdens de stormopzet van 2 dagen niet afgevoerd worden vanuit de Amstellandboezem en de Stadsboezem Amsterdam, niet naar ARK/NZK en niet via gemaal Zeeburg.

Het verschil in lage en hoge impact binnen een herhalingstijdsklasse wordt voornamelijk gemaakt door:

- Initiële condities: Droge voorgeschiedenis in combinatie met goede voorspellingen en daarop voorsorteren middels voormalen en voorspuien, levert een lage impact op, terwijl een natte voorgeschiedenis en niet vooraf anticiperen, leidt tot hogere waterstanden in de polders;
- Dijkdoorbraken: Een bres in een regionale keringen kan voorkomen binnen deze neerslaggebeurtenis binnen de herhalingstijdsclassen boven de T1000. Eén bres tegelijkertijd is nog credible zeker omdat de waterstand in de boezem voor langere tijd hoog blijft. De kans op voorkomen en de gevolgen van een bres kunnen sterk wisselen per polder, zowel in inundatieoppervlak, inundatiediepte, als daaropvolgende schade.

	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Herhalingstijdsklasse
1	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	T300-T1000 (laag)
2	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Geen bres	T300-T1000 (hoog)
3	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	T1000-T3.000 (laag)
4	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Eén bres	T1000-T3.000 (hoog)
5	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg	Geen bres	>T3.000 (laag)
6	'Limburgbui' (200mm/48uur)	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg + uitval 15% poldergemalen + geen inzet Ronde Hoep	Eén bres	>T3.000 (hoog)

Tabel 15 Overzicht van de credible bovenregionale scenario's

5.2.5 Stap 5: Gebeurtenis uitwerken met overstromingskaarten plus bepalen impact

Basis-inundatiekaart

Een basis-inundatiekaart is gemaakt voor de Amstellandboezem (zie Figuur 22). Hiervoor is uitgegaan van de maximale waterlast van 200mm aan neerslag over het gehele gebied, waarbij er geen infiltratie meer optreedt (is al volledig verzadigd). Per polder wordt aan de hand van het hoogtemodel bepaald welk deel inundeert als dit watervolume wordt geborgen in het diepste deel van de polder.

Uitgangspunt is dat, voor dit neerslagevent, dit qua inundatiebeeld het meest representatief is. De neerslagintensiteit is namelijk veel lager (200mm over 48uur is gemiddeld ~4mm/uur) dan bij de piekbuien die worden gebruikt in de lokale stresstesten (bijvoorbeeld 60mm/uur). Hierdoor is vooral het effect van de accumulatie van het (grotere) watervolume in de diepste delen onderscheidend.

Aangezien de stadsboezem en de boezem Amstelland-West boven NAP liggen en daarmee afwatering en afvoer tijdens deze gebeurtenis dus altijd kan (en prioriteit krijgt), wordt hier nu uit gegaan van NAP+0,00 als representatief inundatieniveau, ook al is dit al erg hoog (maximale hoogte regionale keringen en bij dat niveau stroomt al water terug het riool in).

(Eerste) reactie van beheerders op basis-inundatiekaart

De inundatie kaart geeft volgens de experts van Waternet een globaal beeld van de impact van een dergelijke gebeurtenis. Uit de tweede sessie met Waternet kwam naar voren dat een genuanceerder kaartbeeld wenselijk is om de daadwerkelijke impact op gebiedsniveau te bepalen. Daarmee kan een meer gedifferentieerd beeld worden geschept en worden bepaald welke (delen van polders) kritiek zijn.

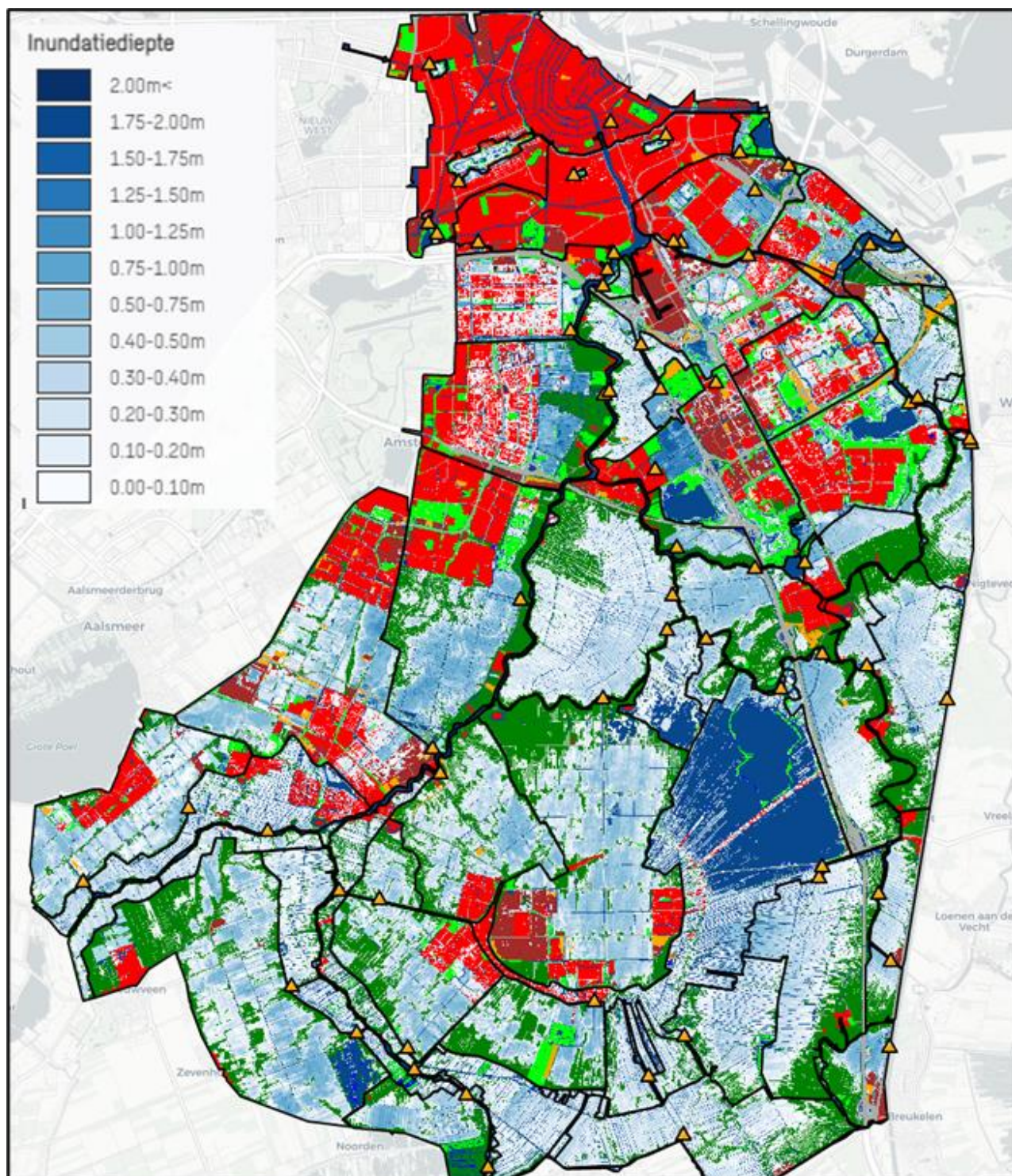
Kaarten kunnen worden aangescherpt door:

- weergeven hoe de waterdieptes verdeeld zijn over polders;
- basisgegevens per polder toevoegen (streefpeil, gemiddelde maaiveld hoogte).

Voor aanvullende analyses zijn meer gegevens en uitwerkingen nodig, die ook verwerkt kunnen worden in de resultaten, voorbeelden hiervan zijn:

- Capaciteit van stedelijke en landelijke poldergemalen. Er werden voorbeelden genoemd waar de capaciteit van de poldergemalen veel hoger is;
- Peilvakken binnen polders toevoegen leidend tot verschil;
- Hoogte en kwetsbaarheden van vitale objecten moet in kaart gebracht worden;
- Wisselwerking met omliggende beheergebieden van andere waterschappen.

Waternet is momenteel van een nieuw model voor het complete systeem met alle wateren en polders, waarmee dit soort gebeurtenissen goed/beter gesimuleerd kunnen worden. Daarin worden dan ook alle data van kunstwerken/gemalen opgenomen. Daarnaast zijn er veel kaarten en data aanwezig vanuit de NBW Wrap-Up kaart (2018), Stresstest 2019 en de aankomende stresstest 2022.



Figuur 22 Basis-inundatiekaart uitgaande van AHN3 en 200mm neerslag dat op het maaiveld (of wateroppervlak) wordt geborgen in de diepste delen van de polders. Bestaand wateroppervlak is donkerblauw gemaakt.

Verschillen scenario's ten opzichte van basis-inundatiekaart

Het systeem, van Amstellandboezem en de Stadsboezem Amsterdam samen, bestaat uit landelijke en stedelijke polders. De verschillen zitten vooral in het landgebruik en daarmee de waarde van het gebied en de daarmee samenhangende schade in geval van inundatie. In Tabel 16 is ook een grove verdeling weergegeven tussen stedelijke en landelijke polders. Er wordt vanuit gegaan dat er een verschil is in pompcapaciteit van de poldergemalen tussen landelijke polders (~14mm/dag) en stedelijke polders (~21mm/dag).

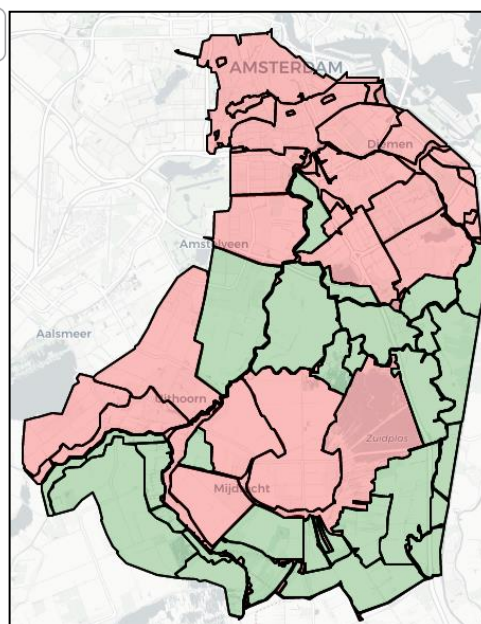
Aan de hand van die pompcapaciteiten kan voor ieder scenario grofweg bepaald worden:

- wat de maximale waterlast zal zijn aan het eind van bui. Door uit te gaan van mogelijke infiltratie (droge voorgeschiedenis) en malen/spuien voor en tijdens de bui, kan deze maximale waterlast verlaagd worden. Hierbij speelt ook nog een rol wat een droge voorgeschiedenis kan bijdragen. Voor vooral landelijke polders met veel graslanden, zorgt dit voor meer infiltratie, terwijl stedelijke gebieden door de grote oppervlaktes aan verharding hier minder bij gebaat zijn;
- wat de duur van de inundatie (van einde van de neerslaggebeurtenis tot weer terug naar streefpeil) bepaald worden met de bijbehorende verschillen tussen de scenario's (2 dagen stormopzet en wel of niet functioneren gemaal Zeeburg).

Tabel 16 laat een eerste grove schatting zien van verschillen in maximale waterlast (volume water dat geborgen wordt op maaiveld uitgedrukt in mm). Er zijn duidelijk verschillen tussen de scenario's in zowel waterlast (inundatievolume) als inundatieduur. Scenario 6 heeft een maximale waterlast gelijk aan de basis-inundatiekaart (200mm), terwijl scenario 1 een 25% lagere waterlast heeft. De inundatieduur verschilt ook ongeveer 25%.

Bij scenario 4 en 6 is er sprake van een bres. Er wordt hier uitgegaan van het voorkomen van 1 bres tegelijkertijd, er komt dus 1 polder onder water te staan met een inundatiediepte van 2-5 meter, wat 2-6 maanden gaat duren om deze polder leeg te malen. Natuurlijk verschillen kans op een bres (afhankelijk van sterkte en lengte keringen), gevolgen (waterdiepte, duur) en impact (directe en indirecte schade) erg veel per polder.

Herhalingstijdklasse	Waterlast na bui (incl. voormalen)	Duur inundatie
1	T300-T1000 (laag) — Stedelijk: 150mm Landelijk: 150mm	Stedelijk: 10d Landelijk: 15d
2	T300-T1000 (hoog) — Stedelijk: 170mm Landelijk: 170mm	Stedelijk: 12d Landelijk: 17d
3	T1000-T3.000 (laag) — Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm	Stedelijk: 10d Landelijk: 16d
4*	T1000-T3.000 (hoog) — Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm	Stedelijk: 12d Landelijk: 19d
5	>T3.000 (laag) — Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm	Stedelijk: 12d Landelijk: 18d
6*	>T3.000 (hoog) — Stedelijk: 200mm Landelijk: 200mm	Stedelijk: 13d Landelijk: 20d



*Bij een bres (scen. 4 en 6) geldt voor 1 polder: Waterlast na bui (incl. voormalen): 2000-5000mm (1polder) Duur inundatie: 2-6 maanden (1 polder)

Tabel 16: Gevolgen van de 6 credible bovenregionale scenario's kijkend naar de totale waterlast en duur van inundatie. Een eerste onderscheid wordt gemaakt tussen landelijke (groen) en stedelijke polders (rood).

5.2.6 Stap 6: Relevante toepassingen

De bovenregionale gebeurtenissen zijn relevant voor drie toepassingen:

1. Risicoanalyse: eisen voor het watersysteem;
2. Ruimtelijke ordening: waar zijn kansen voor ontwikkeling?;
3. Crisisbeheersing: input voor planvorming en operationele uitwerking.

Hieronder zijn deze toepassingen uitgewerkt voor de casus ARK/NZK. Omdat er geen modelberekeningen van impact en schade zijn uitgevoerd, is een kwalitatieve beschouwing per toepassing gegeven.

Vraag 1: zijn de credible scenario's relevant voor de risicoanalyse?

Bij risico-analyse gaat het om 1) de kans van voorkomen op een gebeurtenis en 2) de schade / impact. Of credible bovenregionale gebeurtenissen ook relevant zijn voor de risicoanalyse hangt af van de reeds bestaande in kaart gebrachte risico's. Een bepaalde gebeurtenis kan leiden tot een schade, maar wanneer deze kans heel klein is, kan deze irrelevant zijn vanuit een risico-perspectief.

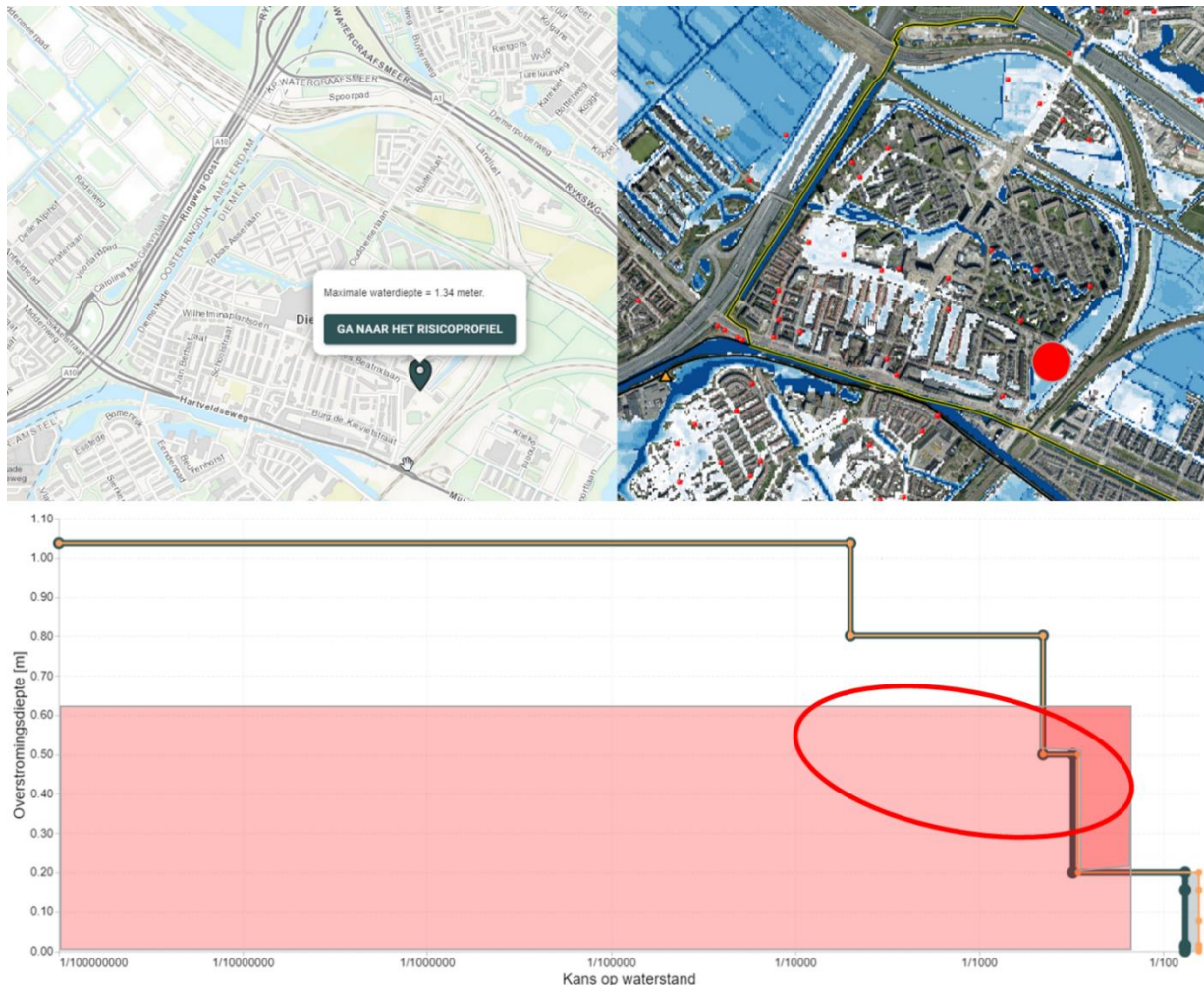
Vergelijking inundatiediepte

Na het analyseren van verschillende locaties en polders zien we dat de credible bovenregionale scenario's zeker relevant kunnen zijn binnen de herhalingstijdsclassen T300-T1000 en eventueel zelfs bij T1000-T3000. Vergelijking met de bestaande veiligheidsprofielen

(via mijnrisicoprofiel.nl) laat zien dat dit wel varieert per locatie:

- De resulterende inundatiedieptes van de credible bovenregionale scenario's in de polders waar het water zich verzamelt in de diepe delen, zijn hoger dan de waterdiepte op diezelfde locatie op basis van de lokale stresstesten met <T300;
- Een bres in regionale keringen resulteert echter tot hogere inundatiedieptes, dus is het afhankelijk van de herhalingstijden die hierbij horen. De veiligheidsclassen van de regionale keringen varieert: III (norm 1/100), VI (1/300) en V (1/1000).

Het is dus vooral afhankelijk van de kans op een bres in de regionale keringen rondom een polder. In Figuur 29 is een voorbeeld gegeven van een locatie waar de credible bovenregionale scenario's relevant kunnen zijn binnen de herhalingstijdsklasse T300-T1000, omdat de kans op een bres in de regionale kering ligt op T500 en T5000.



Figuur 23 Een voorbeeldlocatie in de Diempolder waarin het overstromingsprofiel is opgevraagd via mijnrisicoprofiel.nl. Met een rood blok weergegeven wat de inundatiediepte conform de basis-inundatiekaart. Met de rode cirkel is weergegeven in welke zone de gevolgen van de 6 credible bovenregionale scenario's geprojecteerd zouden worden.

Vergelijking gevolgschade

Schadeberekeningen worden niet gedaan binnen deze case, maar er wordt vanuit gegaan dat die eenzelfde beeld geven als de vergelijking van inundatiedieptes. Natuurlijk spelen hier een hogere waterdiepte en daarmee ook een langere inundatieduur een rol.

Vanwege het bovenregionale karakter van deze extreme neerslaggebeurtenis kan verwacht worden dat het watersysteem in de complete regio overbelast wordt, er overal problemen ontstaan, er beperkte capaciteit is voor het oplossen van de problemen (zowel mensen als middelen). Dit zorgt voor langere herstelduur en dus meer gevolgschade.

Vraag 2: zijn de credible scenario's relevant voor de ruimtelijke ordening?

Er is veel behoefte om de resultaten van de bovenregionale stresstest verder uit te werken op gebiedsniveau en in een context te plaatsen (bijvoorbeeld ten opzichte van bestaande normen). De bovenregionale scenario's kunnen meegenomen worden in de risicodialogen, om zo optimale adaptatiemaatregelen te definiëren en te kunnen meekoppelen met bestaande maatregelen en ontwikkelingen. De impact van de bovenregionale scenario's zijn groter, maar de maatregelen die kunnen worden genomen zijn lokaal gezien dezelfde orde grootte.

Uit de tweede expert-sessie bleek wel dat de beschreven inundatiekaart een algemeen beeld creëert over de impact van een bovenregionale bui op het gebied, maar ook dat er duidelijk veel verschillen zijn tussen de polders. Dit algemene beeld roept ook veel vragen op: 1) over de precieze impact op lokaal niveau en 2) of en hoe goed alle (technische) factoren zijn meegenomen en de invloed daarvan op de werkelijke schade en impact.

Aangeraden wordt om:

- Met behulp van gedetailleerdere modellering en betere data van het waterschap. Zo zijn de pompcapaciteiten erg bepalend en dient beter in kaart te worden gebracht waar noodpompen mogelijk zijn. Op basis van het risico en geschatte gevolgen kan men prioriteit geven aan bepaalde polders en daarmee met het inzetten van de beschikbare noodpompen concentreren;
- Daarnaast kan er per deelgebied of polder voor verschillende neerslaghoeveelheden in kaart worden gebracht welke delen onderstromen en hoeveel schade er op treedt. Met de schadecurves per polder kan dan bepaald worden welke handelingsperspectieven er zijn en waar ingrepen kunnen helpen om de impact/schade te verlagen.

Dit kan mogelijk ook binnen een lokale stresstest, waar per deelgebied of polder een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd, waarbij men de bovenregionale randvoorwaarden meeneemt.

Vraag 3: zijn de credible scenario's relevant voor de crisisbeheersing?

Voor crisisbeheersing zijn de credible scenario's relevant als ze een grote impact hebben, aangezien bestuurders en veiligheidsregio's inzicht nodig hebben wat er kan gebeuren bij een dergelijk event, en welke handelingsperspectieven er op dat moment zijn. Tijdens de tweede expertsessie over gevolgen en impacts zijn de volgende punten benoemd:

Organisatie en personeel

Een gebeurtenis van deze schaal en intensiteit zal een grote impact hebben op de organisatie van bijvoorbeeld Waternet. De 48 uur zelf zijn al overweldigend voor iedereen, maar daarna begint het in feite pas, omdat dan de omvang van de situatie waarschijnlijk duidelijk wordt en gedurende een periode van 10-20 dagen of zelfs meer veel gedaan moet worden overal in het gebied, zowel in landelijk als stedelijk gebied. Dit vraagt veel van alle mensen en de organisatie.

Benodigdheden en maatregelen

Op basis van de scenario's is een inventarisatie nodig naar het maximale handelingsperspectief van het waterschap tijdens en na de bui. Hierin moet de vragen worden beantwoord: bij welke neerslaghoeveelheden (of waterpeilen of bergingsvolumes) moeten we maatregelen nemen, en welke maatregelen kunnen dan genomen worden. Wat voor materieel en manschappen is hiervoor nodig. Er zijn enkele maatregelen besproken:

- inzetten van noodpompen (waar en hoeveel beschikbaar/nodig);
- inzetten overlooppolders (overhevelen van ene naar andere polder);
- het voorrang geven van polders ten opzicht van anderen (bijvoorbeeld stedelijke polders voorrang op landelijke polders).

Daarnaast moet in het handelingsperspectief specifiek de impact van duur worden meegenomen in de analyses, om zo ook cascade effecten (bijvoorbeeld mobiliteit en economie) in beeld te krijgen.

Controle en overzicht

Het moet duidelijk zijn dat er tijdens de neerslaggebeurtenis geen goed overzicht is en dat men ook geen controle heeft. Uit de evaluatie van HHNK over de wateroverlast in juni 2021 bleek dit ook zo te zijn, terwijl er in het veld door de gebiedsbeheerders wel veel werk (vooral ook veel goede dingen) verzet is (HHNK, 2021). Omdat iedereen overal bezig is en er mogelijk veel problemen bij komen als gevolg van de wateroverlast, zal het lastig zijn om goed overzicht te houden. Daarnaast mist mogelijk de controle: de wateroverlast bij HHNK liet zien dat ook vrijwilligers (boeren) zelf noodpompen inschakelen, wat het lastig maakt om zelf overzicht en controle te houden.

Communicatie

In de inventarisatie van handelingsperspectief is communicatie met externe organisaties/hulpdiensten en andere stakeholders belangrijk. Op basis van de scenario's kunnen partijen worden voorbereid en kunnen eventuele werkafspraken gemaakt worden.

Tijdens het evenement is communicatie naar bewoners van groot belang via eigen communicatielijnen of andere media voorzien van gegevens. Op basis van de scenario's kan al worden nagedacht over een eerste communicatieplan tijdens een dergelijk evenement.

5.2.7 Reflectie op de aanpak met beheerders

De stappen die gevolgd zijn in de methodiek volgen elkaar duidelijk op. Het is belangrijk om duidelijk experts hierin te betrekken die en het gebied goed kennen en ervaring hebben met risicoanalyses. Wel is het aan te raden dat betrokken experts gedurende het gehele traject betrokken worden, zodat men tijd heeft om de context te begrijpen en goed input te leveren.

Beschikbaarheid van data en goede modellen en hoogtedata van vitale objecten en schade-functies voor zowel objecten als voor deelgebieden/polders, wordt wel als belangrijk ervaren voor zowel gevolgen als impact. Dit vooral voor het bepalen van het handelingsperspectief tijdens en na een dergelijke bovenregionale neerslaggebeurtenis.

6 Samenhang tussen testen en gebruik van de uitkomsten

Dit hoofdstuk geeft adviezen over en suggesties voor het gebruik van de uitkomsten van de bovenregionale stresstest, door verschillende (samenwerkende) partijen en voor verschillende doeleinden. Daarvoor is het allereerst zinnig om te duiden hoe de bovenregionale stresstest zich verhoudt tot de reeds bestaande standaard stresstest DPRA. Spoiler: de uitkomsten van beide testen zijn complementair. Tezamen geven ze op verschillende schaalniveaus inzicht in de kwetsbaarheden van een gebied, van het watersysteem en van functies.

Doel van dit hoofdstuk is mede om uitkomsten van het onderzoek te kunnen laten doorwerken in de voorbereiding van de volgende ronde klimaatstresstesten en risicodialogen. Daarin worden naast de standaard analyses ook de bovenregionale analyses van belang. En er zal – via Water Bodem Sturend principes - naar verwachting meer aandacht worden besteed aan hoe ruimtelijke ordening en inrichting bij kunnen dragen aan een klimaatbestendig en waterrobuust Nederland. Welke uitkomsten van een bovenregionale stresstest daarvoor kunnen worden benut, is in dit hoofdstuk (geïllustreerd met kaartvoorbeelden) op een rij gezet.

6.1 Context: bruikbaarheid en evaluatie standaard stresstest DPRA

Begin 2022 heeft de Beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater⁹ een serie strategische en operationele aanbevelingen gedaan. Het NKWK werkpakket is aan de slag gegaan met aanbeveling 21: “Kom met een aanpak voor een landelijk beeld van regionale knelpunten als gevolg van wateroverlast en problemen rond waterveiligheid”.

De aanbeveling om deze aanpak te ontwikkelen, kwam mede voort uit de constatering van de Beleidstafel dat de ‘standaard stresstest DPRA’ die overheden tot nog toe uitvoeren, niet bruikbaar is om de effecten van een grootschalig neerslagevent tot uiting te brengen. Daarnaast heeft de Beleidstafel andere punten benoemd waarop de uitgevoerde stresstesten te wensen overlaten, met name het gebrek aan uniformiteit in de aanpak en in de vorm van de resultaten.

De ‘Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest’¹⁰ is in 2018 klaargezet om uniformiteit en kwaliteit zoveel mogelijk te stimuleren, door het bieden van generiek toepasbare informatie, analysemethoden, uitgangspunten voor modellering en advies over maatwerk. Voor wateroverlast is de aanpak klaargezet in een achtergrondrapport van de Bijsluiter, ‘Standaarden voor de stresstest wateroverlast’ (Rioned/Stowa, 2020). Maar niet elke overheid heeft de Bijsluiter gevolgd (overheden zijn tot dusver vrij om zelf te bepalen hoe ze een stresstest uitvoeren) en sommige overheden hadden al een stresstest uitgevoerd voordat de Bijsluiter was gepubliceerd. De uit deze situatie voortkomende heterogeniteit aan stresstesten en uitkomsten is een aanleiding geweest voor aanbeveling 20 van de Beleidstafel ‘Zorg voor uniforme stresstesten’. Op basis van deze studie voegen we een extra aanbeveling toe voor de volgende generatie van de stresstesten: stel niet de kans op een neerslaggebeurtenis centraal maar de kans op wateroverlast waardoor je rekening houdt met alle omgevingsfactoren die leiden tot wateroverlast. Bij het beoordelen van regionale watersystemen staat wel de kans op wateroverlast centraal (Velner en Spijker 2011), en niet de kans op een bepaalde hoeveelheid neerslag. Het ligt dan ook voor de hand om de stresstesten veel meer als verlengstuk van normeringen en beoordelingen te zien.

⁹ De Beleidstafel wateroverlast en hoogwater is na de overstromingen en wateroverlast in Limburg, Duitsland, België en Luxemburg in 2021, ingesteld door de minister van Infrastructuur en Waterstaat en heeft tot doel te leren van de opgetreden situatie om vervolgens ook op andere plekken in Nederland, nu en in de toekomst, beter gesteld te staan voor de effecten van een periode van grootschalige extreme neerslag.

¹⁰ <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/>

Meer uniformiteit in de lokale stresstesten, zodat uitkomsten voor aangrenzende gebieden beter met elkaar corresponderen, zal echter nog niet de keteneffecten tot uiting brengen die kunnen optreden bij een grootschalige neerslaggebeurtenis. Dat is uit discussies in de cases van voorliggend onderzoek en in het PZH onderzoek van Deltares (Deltares, December 2022 in prep.) gebleken. Bij zo'n grootschalige gebeurtenis hoort ook een grootschalige analyse, waarin meerdere (waterbeherende) partijen met elkaar aan de slag moeten, over elkaars grenzen kijken en grensoverschrijdend modelleren en analyseren.

Die samenwerking en afstemming ontbreekt veelal bij de lokalere standaard stresstest DPRA, omdat deze niet strikt noodzakelijk is om de effecten van lokale extreme gebeurtenissen te onderzoeken, en het de (organisatie van het) onderzoek kan compliceren. Denk daarbij bijvoorbeeld aan het op elkaar laten aansluiten van verschillende rekenmodellen, die werken op verschillende schalen. Meer uniformiteit in de uitvoering van de standaard stresstest, of het meenemen van het bovenregionaal neerslagscenario hierin, leidt daarom niet tot stukken waarmee een bovenregionale puzzel kan worden gelegd.

Uniformiteit in lokale stresstesten is desalniettemin gewenst. Mede vanuit het oogpunt van kwaliteitsborging, vergelijkbaarheid van resultaten en om te kunnen monitoren of de klimaatbestendigheid van Nederland verbetert.

6.2 Verschillen en interactie tussen testen

Het grootschalige neerslagevent dat Duitsland, België en Limburg trof, was tijdens het maken van de standaard stresstest DPRA buiten beeld. Toen het voorstel werd gedaan om voor een bovenregionaal event een stresstestmethode te ontwikkelen, rees dan ook automatisch de vraag of de aanpak van deze test naast de bestaande standaard stresstest DPRA kon komen te staan of dat de aanpak (de Bijsluiter) van de standaard stresstest DPRA moest worden uitgebreid. Beiden zijn mogelijk. Zonder een voorkeur uit te spreken, wordt in deze paragraaf gewezen op punten van verschil en punten van samenhang tussen de testen, die van bruikbaar zijn om te komen tot een up-to-date aanpak voor de testen.

6.2.1 Kenmerken standaard stresstest DPRA

Standaard neerslaggebeurtenissen zijn bepalend voor scenario's

De DPRA stresstest richt zich op het in beeld brengen van de blootstelling aan waterdieptes bij zes standaard neerslaggebeurtenissen (Rioned, Stowa, 7 april 2020). Voor de testen op regionale schaal komt daar het maken van onderscheid tussen gemiddelde en natte initiële condities bij (de mate waarin het water- en bodemsysteem al is gevuld met water bij aanvang van de neerslag). Dit levert in totaal zeven standaard door te rekenen gebeurtenissen.

Tabel 17: Overzicht standaard neerslaggebeurtenissen (Rioned, Stowa, 7 april 2020).

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingsstijd [jaar]				Initiële condities
			huidig klimaat	2030	2050	2085	
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	57	
		90	500	370	250	140	
	2 uur	155	>1000	>1000	1000	580	
Regionaal	48 uur	129	270	180	100	50	GG
		129	270	180	100	50	GHG
		149	720	460	250	130	GG
		184	>1000	>1000	1000	450	GG

Ook het gebruik van daadwerkelijk opgetreden buien in de test wordt aangeraden, vanwege de herkenbaarheid van de opgetreden situatie heeft dit meerwaarde in de risicodialoog. Op het moment dat de bruikbaarheid van deze neerslaggebeurtenissen voor een stresstest werd onderzocht moest de gebeurtenis in Limburg nog plaatsvinden.

De standaard wijst daarnaast op andere variabelen (omgevingsfactoren) waarover middels een systeemanalyse, bij de opzet van scenario's onderbouwde keuzes moeten worden gemaakt: omvang van het te modelleren gebied; functioneren (grond)watersysteem; functioneren riool en interactie met oppervlaktewater; opstuwning door wind en geotechnische faalmechanismen. Het staat de uitvoerder vrij om hiermee (of met andere gebiedsspecifieke complicaties) aanvullende scenario's te definiëren en testen.

Geen aanvullende complicaties in standaard scenario's

Een rondgang langs stresstestresultaten van waterschappen en gemeenten leert dat in de praktijk, bij de 1^e stresstestronden, geen aanvullende scenario's met extra complicaties zijn gebruikt, is uitgegaan van een (volgens de norm) functionerend systeem (binnen én buiten het analysegebied) en de doorgerekende scenario's zich alleen van elkaar onderscheiden in de toegepaste neerslaggebeurtenis.

Gevolg hiervan is dat in de uitkomsten de frequentie van optreden van wateroverlast gelijk is gesteld aan de herhalingsstijd van de neerslaggebeurtenissen. Maar in werkelijkheid is die relatie niet 1:1 door bijkomende complicaties. Een 1:100 jaar bui hoeft niet te resulteren in een 1:100 wateroverlastsituatie.

Aanpak modelsimulatie

Gemeenten en waterschappen hebben aangegeven geen behoefte te hebben aan een voorgeschreven standaard rekenmodel. De Bijsluiter geeft daarom richtlijnen (minimumeisen) voor modellering die onafhankelijk van het modelplatform kunnen worden gevolgd. Inzet van modellen moet doelmatig zijn. Er kan bijvoorbeeld een globaal model van een groot grondgebied worden gebruikt dat is gericht op bewustwording of globale kwetsbaarheid van deelgebieden. En een ander hoge resolutie model voor het analyseren van effecten op straatniveau.

Bij de simulatie van waterdiepten in de bebouwde omgeving is de standaard (minimumeis) om tenminste de deelsystemen afstroming over het maaiveld en riolering te simuleren. Daarnaast meldt de Bijsluiter over de interactie tussen stedelijk en regionaal watersysteem: "Het schematiseren van het watersysteem in en rond een gemeente dient in nauw overleg plaats te vinden met specialisten van het waterschap. Het peil van het oppervlaktewater kan het functioneren van overstorten & regenwater uitlaten en daarmee de afvoercapaciteit van de riolering beïnvloeden of zorgen voor het instromen van oppervlaktewater in de riolering". En "Het rekenen met een volledige combinatie van het watersysteem en inliggende stedelijke gebieden is (nog) niet overal nodig en mogelijk, omdat de rekenmodellen dan te groot worden". Dit hoeft echter geen bottleneck te zijn. Goede afstemming (punt 1), mede in de vorm van het combineren van uitkomsten van losse modellen, is een oplossing voor het ontbreken van de mogelijkheid om een groot gebied in één model door te rekenen zoals ook is gedaan in integrale risico analyses van STOWA (punt 2). Die afstemming tussen gemeenten en waterschappen heeft plaatsgevonden, maar uitte zich in de eerste ronde stresstesten veelal in het aan de modelgrenzen toekennen van condities die behoren bij een aan de andere zijde van de grens naar behoren functionerend systeem, zonder additionele complicaties.

Uitkomsten tonen blootstelling en kwetsbaarheden

Uitkomsten tonen kwetsbaarheid via een combinatie van blootstelling (waterdiepte) en de objecten/functies die door het water worden geraakt. Dit levert kaarten van:

- Waterdiepten in de ruimte (systeembenadering);
- Waterdiepten in relatie tot functies en objecten (object benadering):
 - Geraakte gebouwen (water tegen de gevel);
 - Water tegen de ingang van ondergrondse bouwconstructies (o.a. parkeergarages metrostation/buizen);
 - Waterdiepte op wegen, spoorwegen, tramlijnen, tunnels en dergelijke;
 - Waterdiepte en oppervlak ter plaatse van specifiek (agrarische) grondgebruik;
 - Waterdiepte ter plaatse van vitale en kwetsbare functies;

- Kaart van de duur van de optredende waterdiepten;
- Stroomsnelheden (van belang in hellend gebied).

N.B.: Uitkomsten van de 1^e ronde stresstesten tonen meestal geen kaarten van de duur, maar beschrijven dit soms wel in tekst, en meestal alleen voor piekbuien boven stedelijk gebied.

Vertaling naar impact en risico's vindt plaats in risicodialoog

Uit de stresstest blijkt dus of een object of functie wordt blootgesteld aan een bepaalde waterdiepte. De daarbij behorende kans is gelijk aan de kans op de neerslaggebeurtenis. Het classificeren van ernst van de gevolgen, het bepalen of een object faalt en van de schade, is geen onderdeel van de standaard stresstest, maar vindt plaats in de risicodialoog.

In de Bijsluiter van de standaard stresstest DPRA wordt de interactie tussen stresstest en risicodialoog beschreven. Een scherpe scheiding is tussen die twee fasen niet te trekken. Ze volgen een iteratieve cyclus waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. In de dialoog ontstaan inzichten en vragen over kwetsbaarheden en de effectiviteit van maatregelen, die weer input vormen voor een nieuwe test, op meer specifieke punten. Het classificeren van de impact, de vertaling naar overlast en schade, is bij de standaard test altijd onderdeel van de risicodialoog.

6.2.2 Kenmerken bovenregionale stresstest

Bouwstenen voor de bovenregionale stresstest zijn beschreven in hoofdstukken 2 t/m 4. De methodiek zelf zal onder leiding van de Beleidstafel tot stand komen. Prominente kenmerken van de bouwstenen, en verschillen met de huidige standaard stresstest DPRA, zijn hieronder op een rij gezet.

Gebeurtenissen omvatten meer dan alleen neerslag

Input voor de bovenregionale analyse zijn credible bovenregionale extreme gebeurtenissen (zie hoofdstuk 3). De grote schaal van en hoeveelheid neerslag is in die gebeurtenis verpakt. Daarnaast is het op dit grote schaalniveau (waarop sprake is van een lange keten van systeemafhankelijkheden en daarmee grotere kans op cascade effecten) en door de grootte van de neerslaghoeveelheid, van belang te onderzoeken welke schakels in het systeem zullen falen (bijvoorbeeld bereiken maximaal peil in kanalen) of kunnen falen (bijvoorbeeld kadedoorbraken, uitval pompen).

De nadruk van de analyse ligt hiermee op het evalueren van de kans op en risico's van wateroverlast en hoogwater bij een grootschalig event, waarbij die kans niet alleen wordt bepaald door de kans op het neerslag event zelf (die nu ook nog niet goed bekend is).

Bovenregionaal onderzoeksteam

Het organiseren van de analyse is een aanzienlijke procesmatige opgave. Uit ervaring in de cases in het onderzoek, de case van Zuid-Holland (Deltares, December 2022 in prep.) en cases uit de integrale risico analyse (Kolen et al. 2020) volgt dat het alleen mogelijk is als de waterbeheerders op het schaalniveau van de gebeurtenis samenwerken. Een verdere inperking qua schaalniveau is mogelijk als de te beschouwen watersystemen geen interacties hebben met elkaar. De uitvoering van de test ligt dan bij samenwerkende waterschappen en Rijkswaterstaat, die (op naar voren gekomen potentiële knelpunten) gemeenten en private partijen betrekken.

Regie op aanpak modelsimulatie

De uitvoering van de modellering is de voornaamste technische hobbel die verband houdt met de gebiedsgrootte. Gedetailleerde, hoge resolutiemodellen, zijn op dit schaalniveau niet beschikbaar maar de vraag is ook of deze echt noodzakelijk zijn. Het is ook mogelijk om bestaande modellen en uitkomsten te combineren. Hoge resolutiemodellen zijn, afgaand op de ervaringen in de cases, voor het identificeren van de voornaamste knelpunten in het watersysteem niet noodzakelijk.

Die knelpunten kunnen ook met globalere modellen en via kennis/informatie uitwisseling tussen beheerders worden geïdentificeerd. Vervolgens kunnen wel detailmodellen worden gebruikt om op een lokaal schaalniveau de primaire knelpunten beter in beeld te krijgen.

Een doelstelling van de Beleidstafel is om uitkomsten van bovenregionale stresstesten te bundelen in een landsdekkend beeld. Om dit te kunnen doen is een stroomgebieds- of watersysteembenadering geschikt om onderzoeksgebieden af te bakenen en tot resultaten te komen die via een nabewerking kunnen worden gebundeld tot een landsdekkend beeld. Die nabewerking zal dan niet simpelweg bestaan uit het op elkaar stapelen van kaarten. De grenzen tussen stroomgebieden en watersystemen zijn in het Nederlandse systeem niet overal absoluut.

Het instellen van een centraal, regisserend aanspreekpunt voor de analyse, is van belang voor de uitvoering en kwaliteit van de stresstest. In de case Zuid-Holland (Deltares, December 2022. In prep.) bleek de modellering en nabewerking van modelresultaten om tot een bovenregionaal waterbeeld te komen, essentieel maar ook arbeidsintensief te zijn. In deze case zijn door een coördinerende projectgroep SOBEK modelleringen door waterschappen aangestuurd, waarvan de resultaten vervolgens centraal zijn ingezameld en nabewerkt. Het resultaat hiervan is daarna weer getoetst bij de waterschappen. Er is in deze case niet getracht om een softwarematige koppeling tussen modellen van waterschappen tot stand te brengen.

Uitkomsten tonen blootstelling, kwetsbaarheden én impact

In de cases en uit de literatuur is de informatiebehoefte van verschillende partijen naar voren gekomen. Hieronder zijn die behoeften op een rij gezet.

Waterstanden in watersysteem (o.b.v. SOBEK berekening):

- waterstand ten opzichte van maatgevend/maximaal boezempeil;
- stijg-/daalsnelheden in boezem;
- Inzicht in naderen gemaalbeperkingen/-stops;
- Inzicht in gevaar voor overstromen boezemkades.

Gebiedsdekkend waterbeeld (op basis van GIS analyse met SOBEK uitkomsten):

- Kaart van waterschijf (in mm) per peilvak of afwateringsgebied;
- Kaart van waterstanden op het maaiveld ('waterbeeld' of 'dreigingsbeeld');
- (Kaart van) waterstanden in watergangen (ten opzichte van streefpeil en maximaal peil);
- Duur van water op land (bij onbelemmerd functioneren van afvoersysteem);
- In vrij afwaterende gebieden (beekdal) is informatie over stroomsnelheden en stijgsnelheid relevant.

Gevolgen, ernst (op basis van GIS analyse met informatie over objecten/functies/...):

- Locatie getroffen vitale en kwetsbare objecten/functies (water raakt object/functie);
- Locatie verdronken overstorten;
- Locatie van geraakte gebouwen (water raakt gevel);
- Locatie uitgevallen wegsegmenten en daardoor geblokkeerde routes.

Voor bovenstaande punten geldt telkens dat ook bekend moet zijn bij welke waterdiepte of duur daadwerkelijk *impact* optreedt. Bijvoorbeeld bij welke waterdiepte valt een transformatorhuisje/compactstation uit?

Afgeleide kaarten/informatie:

- Mate van 'dreiging' per wijk/peilvak/afwateringsgebied (combinatie van waterdiepte en duur; % van wijk/landbouwgebied/... dat wateroverlast ondervindt);
- Mate waarin waar de NBW norm wordt overschreden (en de samenhang met andere oorzaken van wateroverlast);
- Hectares met overlast, met onderscheid naar landgebruikstypen, per gemeente, waterschap, provincie;
- Risicokaart en verwerking van risico's in waterrisicoprofielen;
- Cascade effecten;

- Indicatie van benodigde waterberging (volume en oppervlak) per peilvak of afwateringsgebied;
- Voorkeurslocaties tijdelijke pompen;
- Kaart van wijken die in meer of mindere mate overlast ondervinden;
- Kaart van gebiedsdelen die verminderd bereikbaar zijn.

De *duur* van de wateroverlast verschilt per plaats. Deze is afhankelijk van het functioneren van het afvoersysteem en, bij overbelasting, van wat technisch mogelijk is (bijvoorbeeld inzet noodpompen) en van keuzes die met de waterbeheerders worden gemaakt over prioritering van droog te maken gebieden. Kaarten van uitkomsten van verschillende keuzes kunnen in de risicodialoog worden gemaakt en kunnen input vormen voor crisisbeheersing en herstel.

Risicodialoog start gedurende stresstest

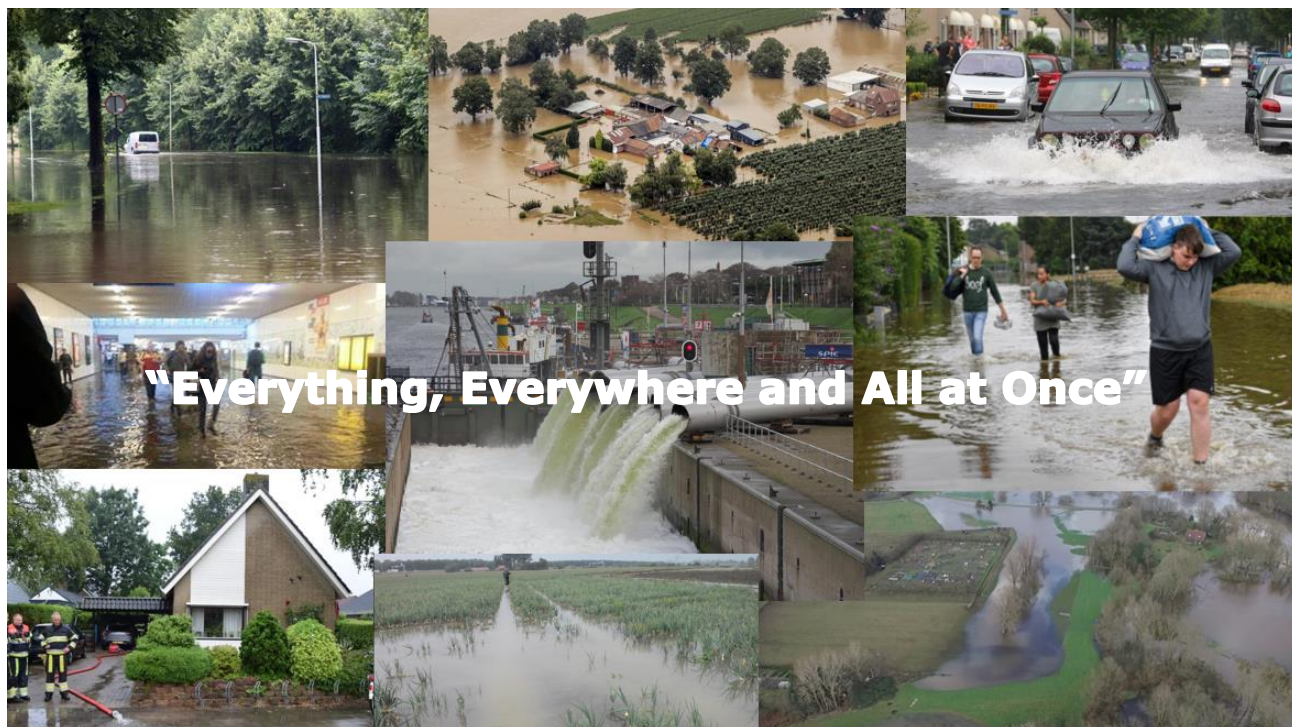
Meer dan bij een standaard stresstest DPRA vindt in een bovenregionale test al een risicodialoog plaats gedurende de uitvoering van de test. Dat begint bij het samenstellen van de credible gebeurtenis, waarin wordt nagegaan welke systeemonderdelen kunnen falen. En in stap 5 van de voorgestelde procesleidraad (hoofdstuk 3), worden de uitkomsten gegeneerd, inclusief het bepalen van impact (w.o. schade). In stap 6 wordt de relevantie van de impact van de gebeurtenis geanalyseerd. Dit raakt de kern van de risicodialoog fase uit de huidige DPRA aanpak.

6.2.3 Integrale risicodialoog?

Het uitzonderlijke karakter van een bovenregionaal neerslag event, de gevolgen hiervan en mogelijke handelingsperspectieven, doen de vraag rijzen of hiervoor een aparte risicodialoog moet worden opgestart. Het event veroorzaakt situaties die variëren van wateroverlast tot overstroming (bijv. in beekdalen en buitendijkse gebied). Onderstaand lijstje vat beknopt samen hoe een bovenregionale stresstest verschilt van de standaard stresstest DPRA:

- Ander neerslag event;
- Groter landschaps-/watersysteem geraakt;
- Rekening houden met falen watersysteem onderdelen;
- Meer partijen (tegelijk) geraakt en betrokken (waaronder crisisbeheersing);
- Andere onderzoeks aanpak (anders organiseren, andere modellen);
- Andere impact;
- Andere opzet van risicodialoog;
- Andere handelingsperspectieven (zie paragraaf 6.3).

Deze verschillen zijn allen een gevolg van de grote schaal van het neerslag event.



“Everything, Everywhere and All at Once”

Figuur 24 Wat maakt een risicodialog over een bovenregionaal event anders?

Eerzijds is het goed om alle partijen en alle informatie uit beide stresstests aan en op tafel te hebben. Anderzijds is het de vraag of zo’n integrale risicodialog te overzien is door de deelnemers en of het wel noodzakelijk is om dit te doen.

Wat alle betrokkenen in ieder geval moeten gaan begrijpen, is dat het gebied anders wordt belast dan bij kleinschalige piekbuien en dat dit tot andere uitkomsten en afwegingen leidt. Op gebiedsniveau gaat het om de optelsom van alle impacts in een gebied. Vele kleinen maken één grote, waardoor de relevantie van het event voor een gebied- of waterbeheerder groot kan zijn. Op objectniveau kan de impact meevallen, en kunnen maatregelen die bij een bescheiden piekbui (met een hogere jaarlijkse kans van optreden) het huis droog houden ook effectief zijn bij een (zeldzamer) grootschalig event.

Wie zit aan tafel

Ambient heeft in 2020 een overzicht gemaakt van de verdeling van verantwoordelijkheden over verschillende overheden en private partijen, bij de verschillende risico’s van extreem weer.

Tabel 18 toont die voor overstroming en wateroverlast. Beide zijn van belang in het geval van een grootschalig neerslag event. Dit geeft meteen een overzicht van de partijen die bij een risicodialoog moeten worden betrokken en vanuit welke verantwoordelijkheid of welk belang zij hieraan deelnemen.

Tabel 18 Verdeling van verantwoordelijkheden en zorgtaken (blauw= overheid, rood= privaat) bij risico's van overstrooming en wateroverlast (bron: Ambient, 19 november 2020)

Fase bescherming		Verminderen blootstelling			Verminderen kwetsbaarheid	
Gebeurtenis	Gebied/systeem	Ontwerpspecificatie systeem	Basis-bescherming	Gebieds-ambitie	Gevolgbeperking (vooraf)	Gevolgbeperking (achteraf)
Overstroming	primaire keringen	RWS, Waterschap	RWS, Waterschap		Eigenaar, Brandweer, Veiligheidsregio, Leger, Gemeente, Provincie, Projectontwikkelaar / Bouwbedrijf	Eigenaar, Brandweer, Veiligheidsregio, Leger (Minister)
	secundaire keringen	Provincie, Waterschap	Provincie, Waterschap		Eigenaar, Brandweer, Gemeente / Veiligheidsregio, Waterschap, Gemeente, Provincie, Projectontwikkelaar / Bouwbedrijf	Eigenaar, Brandweer, Gemeente / Veiligheidsregio Waterschap
Wateroverlast	inrichting watersysteem en landgebruik	RWS, Waterschap Eigenaar	Provincie, Waterschap	Provincie, Waterschap, Gemeente, Eigenaar	Eigenaar / Agrarisch bedrijf, KNMI, Brandweer, Waterschap, Gemeente, Provincie	Eigenaar / Agrarisch bedrijf, Brandweer, Gemeente / Veiligheidsregio, Waterschap
	inrichting openbare ruimte en ontwerp gebouwen	Gemeente, Eigenaar	Gemeente, Eigenaar	Gemeente, Waterschap, Eigenaar	Eigenaar, KNMI Brandweer, Gemeente, Projectontwikkelaar/ Bouwbedrijf	Eigenaar, Brandweer, Gemeente, (Veiligheidsregio)

Van grof naar fijn, en weer terug

Het is mogelijk om de dialoog in behapbare brokken te hakken door informatiestokjes tussen schaalniveaus en partijen aan elkaar over te dragen, en zo een samenhangend beeld te construeren. In dat geval kan (door provincie, waterschappen en Rijkswaterstaat) een separate bovenregionale stresstest worden uitgevoerd die nagaat of en in welke gebieden (grote) risico's ontstaan. Vervolgens levert dit uitgangspunten voor extra scenario's, die in maatwerk voor die gebieden en functies (zoals steden, akkerbouw- en industriegebieden) worden uitgewerkt. Hieruit moet blijken of een bovenregionale neerslaggebeurtenis leidt tot een significant andere impact dan de reeds doorgerekende standaard stresstest buien, en vervolgens of hierop moet worden ingegrepen. Er wordt dan van grof naar fijn gewerkt. Uitkomsten voor de verschillende schaalniveaus worden met elkaar teruggekoppeld, wat weer kan leiden tot de conclusie dat een iteratie nodig is om de systeemwerking scherp te stellen.

Bovenregionale analyse leidt tot betere lokale analyse

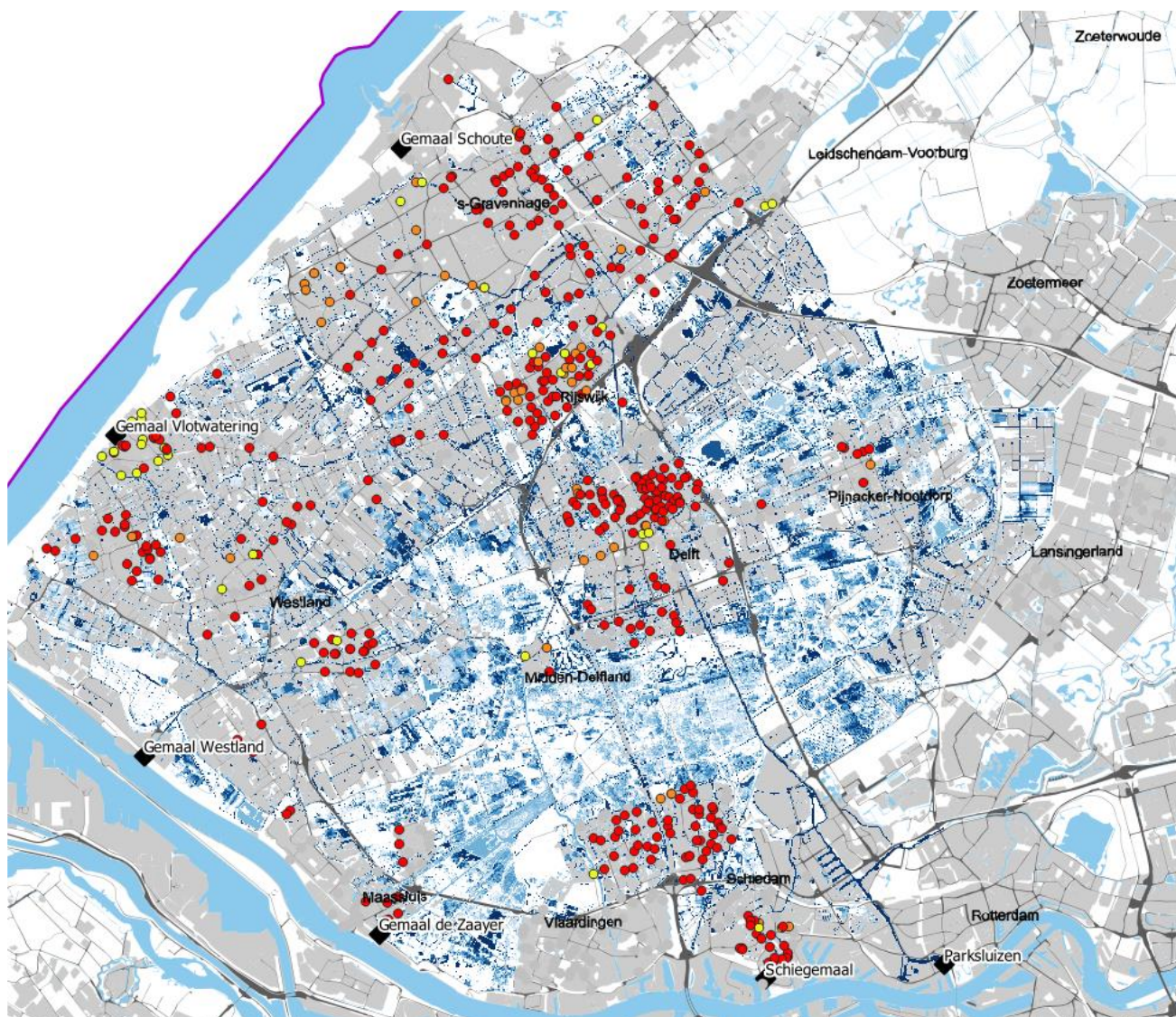
Naar verwachting zal het in de dialogen switchen tussen schaalniveaus onder meer leiden tot de identificatie van onvolkomenheden op de (model)grenzen van de lokale stresstesten, en daarmee tot iteratieve verbeteringen van het inzicht van (en modellering van) de interactie tussen de deelsystemen van de bebouwde kom, het regionaal systeem en het hoofdwater-systeem. Daarmee komt de vergelijkbaarheid, de uniformering van lokale stresstesten ook dichterbij.

Voorbeeld hiervan: één van de voornaamste ervaringen uit de cases is dat aan de grenzen van beheersgebieden, waar meestal ook de grenzen van de modellen liggen, met aannames wordt gewerkt over het functioneren van het watersysteem buiten het eigen gebied. Kort gezegd wordt er vanuit gegaan dat buiten de grenzen alles naar behoren functioneert en dit geen aanvullende knelpunten oplevert in het eigen gebied. Het is daarom lastig om met de individuele modelschematisaties van waterbeheerders (gemeenten, waterschappen en Rijkswaterstaat), die veelal stoppen aan de randen van beheersgebieden en werken met aannames over wat over die grens plaatsvindt, een beeld te krijgen van wat er gebeurt bij een bovenregionaal event.

De nauwkeurigheid van een lokale standaard test is met de beschikbare middelen (modellen, data) niet op een bovenregionaal niveau te halen. Terwijl een analyse van het geheel, een bovenregionale test, inzichten levert die niet naar voren komen in de som der delen (de lokale testen).

Wanneer uit de bovenregionale stresstest lokale knelpunten naar voren komen, is het zinnig om extra scenario's door te rekenen met de methodiek en modellen van de standaard stresstest DPRA. Dit zijn dan scenario's waarin niet alles op en over de grenzen van het gebied naar behoren functioneert, maar juist extra complicaties levert.

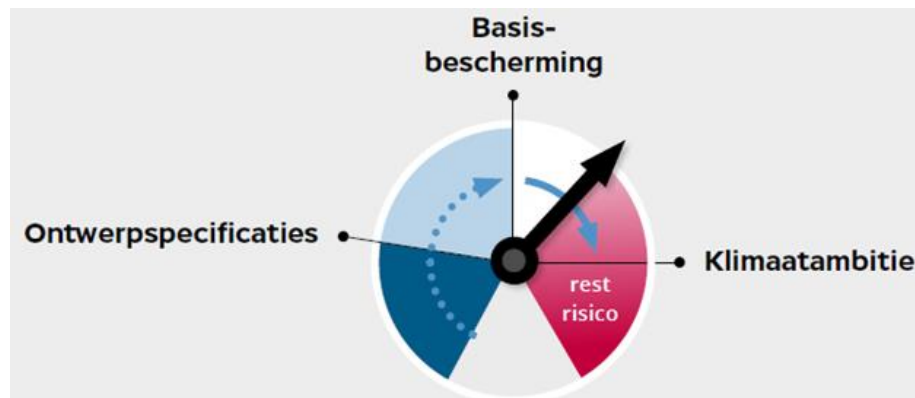
Zo'n complicatie is het verdrinken van stedelijke riool-overstorten door hoge waterstanden in het regionaal watersysteem (waarop ook al wordt gewezen in de Bijsluiter standaard stresstest DPRA, omdat dit tevens bij kleinschaliger buien kan gebeuren). Figuur 25 toont zo'n situatie bij een grootschalig neerslagevent in Delfland. Omdat de neerslagintensiteit van een grootschalig event kleiner is dan waar het riool op is ontworpen, komt bij een modellering van alleen stedelijk gebied geen knelpunt naar voren, terwijl dat er wel blijkt te zijn wanneer de blokkade van afvoermogelijkheden zou zijn meegenomen in het scenario. In dit scenario komt de duur van de situatie ook sterker naar voren dan in een standaard stresstest. Pas wanneer het waterschap de peilen kan laten dalen, wat weer afhankelijk is van de afvoercapaciteiten van het regionaal en hoofdwatersysteem, kan het stedelijk gebied weer afvoeren. Dit kan meerdere dagen duren. Aanzienlijk langer dan bij een lokale piekbui.



Figuur 25 Conceptuele voorbeeldkaart van punten waarop door hoog peil in regionaal oppervlaktewater een stedelijke overstort in mindere mate (oranje bollen) of geheel niet (rode bollen) kan afvoeren (bron: verkennende analyse HH van Delfland. Deltares, December 2022, in prep.).

Bepalen van klimaatambitie

De hoofdmoot van de dialoog gaat over handelingsperspectieven. Wat moet, wat niet, wat willen we en wat kan. Daarbij wordt gewerkt binnen het spectrum van normen, wettelijke verantwoordelijkheden en gezamenlijke klimaatambities. Ambient (19 november 2020) beschrijft dit voor wateroverlast aan de hand van een graadmeter (Figuur 26).



Figuur 26 (ontwerp)normen, klimaatambities en restrisico (naar illustratie Wetterskip Fryslan).

Het donkerblauwe deel omvat de inspanningsverplichting van de overheid om het systeem aan de ontwerpspecificaties te laten voldoen. Het systeem functioneert dan goed onder normale omstandigheden. Inwoners en bedrijven mogen van de overheid verwachten dat het systeem hieraan voldoet. Het lichtblauwe deel doet er een schepje bovenop en omvat de resultaatsverplichting van het waterschap om conform de provinciale normen een basisbescherming tegen wateroverlast vanuit het oppervlaktewater te bieden.

Vervolgens kan het waterschap samen met medeoverheden en gebiedspartners tot een hogere "klimaatambitie" komen voor de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem. Op het moment dat overheden en gebiedspartners deze klimaatambitie met elkaar afspreken en vastleggen, dan mogen inwoners en bedrijven verwachten dat het systeem hieraan (binnen de afgesproken termijn) gaat voldoen.

Het donkerrode deel van het dashboard verbeeldt het restrisico van neerslaggebeurtenissen die normen en klimaatambities te boven gaan. Eigenaren zijn in dit deel van het spectrum zelf aan zet om te overwegen schades te beperken door maatregelen (of te verzekeren). Maar ook de overheid heeft hier een taak, in de vorm van investeringen in het verminderen van de kwetsbaarheid en vanuit haar zorg voor de openbare orde en veiligheid (crisisbeheersing en herstel).

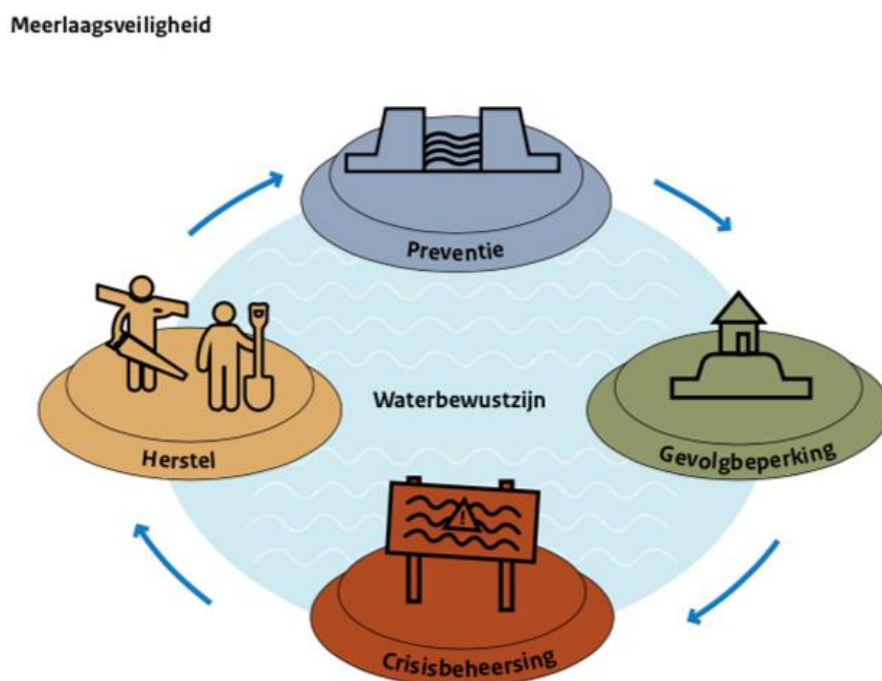
Uit de bovenregionale stresstest zal volgen waar het niveau van basisbescherming wordt overschreden. Vervolgens is het aan de deelnemers aan de dialoog om te bepalen waar (bij welke mate van overlast en in welke deelgebieden) de scheiding tussen klimaatambitie en restrisico wordt gelegd, en of het bovenregionaal event daarvoor wel bepalend is. In sommige gebieden zal de situatie met geen mogelijkheid binnen de perken zijn te houden en zit die automatisch in het restrisico. In andere gebieden is die met bestaande of aangepaste ambities te beheersen. Het niveau van de klimaatambitie, en aan welke zijde van die ambitie het regionaal event valt, vormen dan ook voornamelijk resultaten van de stresstest en dialoog, en spelen een hoofdrol in het gebruik van de uitkomsten.

6.3 Aanbevelingen voor gebruik uitkomsten

In deze paragraaf worden adviezen en suggesties gedaan over het gebruik van de uitkomsten. Deze komen voort uit de ervaringen die in de cases zijn opgedaan en gespreken met de NKWK Begeleidingscommissie.

Hierbij kwamen telkens drie disciplines naar voren: watersysteembeheer; ruimtelijke ordening, gebiedsinrichting en bouw; crisisbeheersing en herstel.

Dezelfde disciplines komen naar voren in de meerlaagsveiligheidsbenadering (MLV). Deze benadering is geïntroduceerd in het Nationaal Waterplan (2009) voor het waterveiligheidsbeleid bij overstroomingen uit het hoofdwatersysteem. MLV gaat uit van een risicobenadering: het gaat om zowel kansen op als mogelijke gevolgen van overstroomingen. Figuur 27 toont welke drie lagen worden onderscheiden inclusief de toevoegingen van de Beleidstafel wateroverlast met herstel en waterbewustzijn.



Figuur 27 Meerlaagsveiligheid

In analogie met gevolgbeperking overstroomingen is MLV ook toe te passen voor wateroverlast. In het project Waterrobuuste Steden, Interreg EUREGIO¹¹ (2022), is de meerlaagse aanpak voor wateroverlast als volgt geformuleerd:

1. Het voorkomen van wateroverlast (voorzieningen in watersysteem);
2. Het beperken van effecten in de inrichting (fysieke leefomgeving) en ruimtelijke ordening;
3. Het adequaat optreden bij extreme wateroverlast (crisisbeheersing).

Voor elke laag worden hieronder aanbevelingen voor gebruik van de stresstest uitkomsten gegeven.

6.3.1 In watersysteembeheer

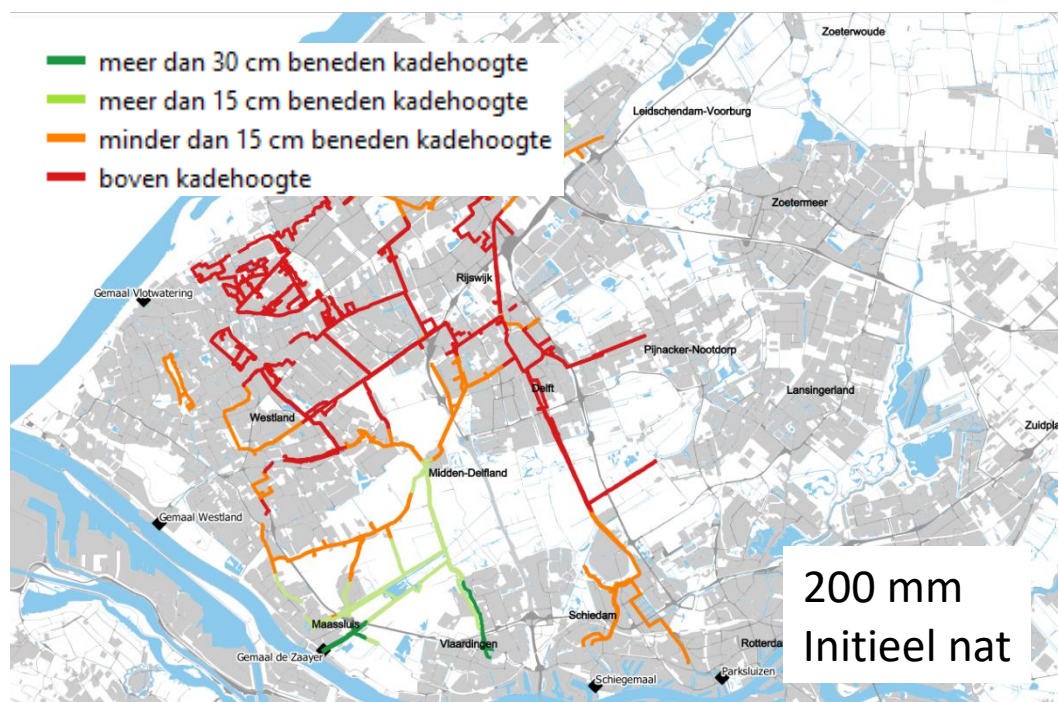
Gebruikers: Rijkswaterstaat, waterschappen, gemeentes.

Het bovenregionale neerslagevent is bovennormatief, wat betekent dat hoewel het watersysteem op orde is (het voldoet aan normen, ontwerpspecificaties en biedt basisbescherming), overlast en schade bij deze gebeurtenis zal optreden. Ook een goed functionerend systeem kan de grote hoeveelheid neerslag niet (overal) verwerken.

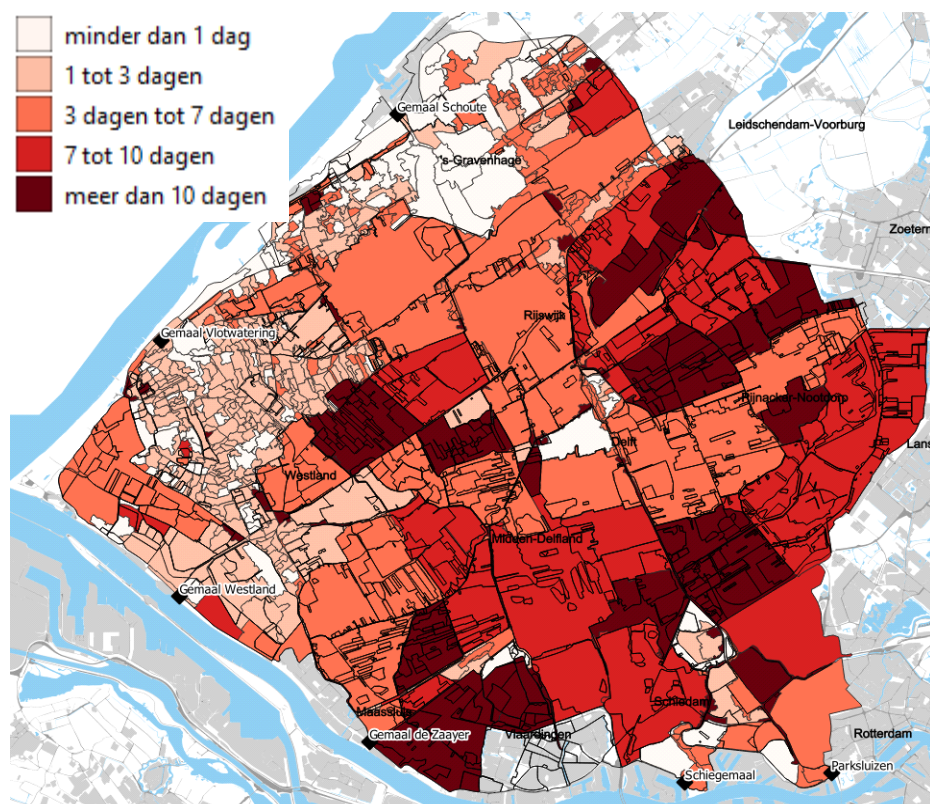
¹¹ <https://www.euregio.eu/actueel/afsluitbijeenkomst-waterrobuuste-steden/>

Het gaat er bij het watersysteembeheer daarom vooral om te zorgen dat de juiste beslissingen op tijd genomen kunnen worden om de impacts zoveel mogelijk te reduceren en de duur van overlast te beperken. Maar toch ook om te onderzoeken of er gevolgen zijn die onacceptabel zijn en vragen om systeemaanpassingen.

Uit de stresstest uitkomsten kan bijvoorbeeld afgeleid worden welke polders/gebieden als eerste een maalstop krijgen, of welke polders/gebieden absoluut geen maalstop zouden moeten krijgen. Informatie die daarbij behulpzaam is bestaat onder meer uit curves waaruit per gebiedsdeel kan worden afgeleid hoeveel schade er bij welke waterdiepte en duur, en wat de bergingscapaciteit (zonder schade) is. Daarnaast is informatie over het verloop van waterstanden in de boezems noodzakelijk (kaarten, grafieken in de tijd) om te beoordelen waar kritische waterstanden worden bereikt (zie Figuur 28) en daardoor de afvoer moet worden beperkt.



Figuur 28 Conceptuele voorbeeldkaart piekwaterstand op boezems t.o.v. kadehoogte, tijdens event (bron: verkennende analyse HH van Delfland. Deltares, December 2022, in prep.).



Figuur 29 Conceptuele voorbeeldkaart van duur wateroverlast per deelgebied, afhankelijk van bemalingsmogelijkheden (bron: verkennende analyse HH van Delfland. Deltares, December 2022. In prep.)

Nagenoeg alle informatie die uit de stresstest kan rollen (zie paragraaf 6.2.2) is voor de waterbeheerder bruikbaar om inzicht te krijgen in de werking van zijn eigen systeem, als onderdeel van het bovenregionale systeem, en vooral waar de zwakke schakels liggen: waar is de kans op falen het grootst en is wat kan daaraan worden gedaan? Volstaan noodmaatregelen tijdens het event of is een systeemaanpassing nodig, zoals het vergroten van afvoer-, pomp- of spuicapaciteit?

Voorbeelden van handelingsperspectieven:

- Na weersvoorspelling gaan voorbereiden om bergingsruimte te maken;
- Maatschappij waarschuwen;
- Kadedorbraken voorkomen door boezempeilen niet te ver te laten stijgen door op tijd maaltstops af te kondigen en de kades te monitoren;
- Water bergen in de polders waar dat niet tot veel overlast leidt zodat de boezemwaterstanden minder kritiek worden;
- Inzet noodpompen;
- Voorkomen dat de riolafvoer wordt belemmerd door (tijdig) laag genoeg houden van oppervlaktewaterpeil bij overstorten;
- Voorkomen dat kritieke objecten, tunnels etc. onderlopen. Brandweer en noodvoorzieningen inzetten op de punten en wegen met grote prioriteit, bijvoorbeeld bij kritieke tunnels en weggedeeltes zodat toegangswegen begaanbaar blijven.

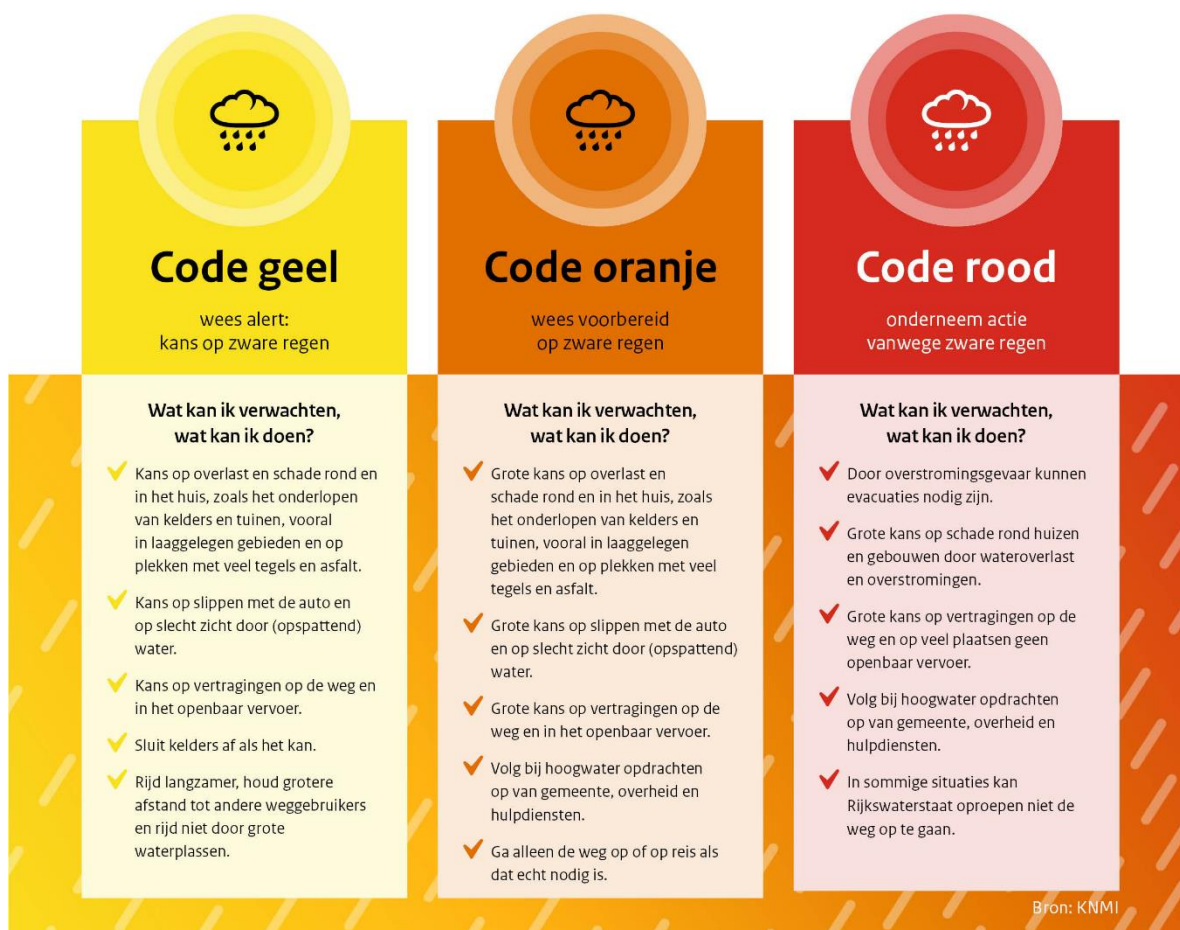
Vragen die in de cases naar voren kwamen, zijn:

- Zijn installaties nog bereikbaar?
- Zijn installaties nog aanstuurbaar?
- In hoeverre blijven RWZI's en rioalgemalen werken?
- Wat is het meest effectief om te doen in de herstelfase, om gebied weer zo snel mogelijk 'up and running' te krijgen?
- Is er voldoende personele capaciteit tijdens het event en het herstel daarvan?

Voorlichting aan de maatschappij over wat kan gebeuren en welke maatregelen kunnen worden getroffen, behoort ook tot de handelingsperspectieven van de beheerder. Zo kan bijvoorbeeld bekend worden gemaakt dat: preventieve maatregelen in het watersysteem geen soelaas bieden, risico's worden geaccepteerd, wordt ingezet op crisisbeheersing, en er schades zullen zijn voor eigenaren van objecten en voor sectoren.

De oorzaak van de duur van overlast is een punt dat benadrukt moet worden in de communicatie in steden: water op straat is misschien acceptabel, maar als dat dagen blijft staan, ook als alweer de zon schijnt, zal dat leiden tot veel onbegrip.

N.B.: Ook het KNMI waarschuwt de samenleving om risico's van het weer te verkleinen en letsel te beperken. Daarvoor is in oktober 2022 een verfijndere weerwaarschuwing uitgebracht, ook voor zware regen. Het grootschalig neerslag dat in de bovenregionale stresstest centraal staat, zal uiteindelijk leiden tot code oranje, en code rood in hard getroffen gebieden. Figuur 30 toont welke adviezen ('ondernem actie') dan voor de maatschappij gelden.



Figuur 30 Weerwaarschuwing van KNMI bij zware regen (bron: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/wat-kan-ik-verwachten-en-wat-kan-ik-doen-bij-een-weerwaarschuwing>)

6.3.2 Bij ruimtelijke ordening, inrichting en bouw

Gebruikers: provincie, gemeenten, ontwikkelaars, eigenaren, beheerders.

In de Nationale Omgevingsvisie is aangeduid dat het beleid ertoe moet leiden dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht.

Bij (her)ontwikkelingen moet worden voorkomen dat het risico op schade en slachtoffers door overstromingen of extreem weer toeneemt, voor zover dat redelijkerwijs haalbaar is. En er dient voldoende ruimte te worden gereserveerd voor toekomstige waterveiligheidsmaatregelen.

Om hieraan invulling te geven, kwamen in de cases de volgende informatiebehoefte ten behoeve van preventie en gevolgbeperking via ruimtelijke ordening, inrichting en bouw naar voren:

- Waar liggen aandachtsgebieden (wijken/polders/gebiedsdelen), waarin blootstelling en risico's relatief groot zijn?
- Waar niet en waar wel geschikt voor bouwen, landbouw, natuur (invulling van Water en Bodem Sturend principes)?
- Op welke plaatsen wordt het watersysteem mogelijk overbelast?
- Waar, hoeveel ruimte reserveren voor piekberging of versterking keringen?
- Waar liggen vitale functies en bij welke waterdiepte vallen die hoe lang uit?
- Zijn er efficiënte en rendabele maatregelen te nemen, gezien de risico's?

Voor stedelijk gebied is er behoefte aan informatie met een hoog detailniveau. Die moet geschikt zijn om risico's en maatregelen te bepalen, en kosten/baten afwegingen te maken op het schaalniveau van een straat of gebouw. Voor nieuwbouw kunnen drie stappen worden onderscheiden waarin uitkomsten van de stresstest en risicodialoog toepasbaar zijn:

1. Locatiekeuze (ordening op gebiedsniveau op basis van geschiktheid);
2. Inrichting van de gekozen locatie;
3. Ontwerp en constructie van de gebouwen, infrastructuur en buitenruimte.

In het geval van herstructurering valt locatiekeuze af. Stresstestuitkomsten worden dan gebruikt om na te gaan waar de adaptatieopgave bij inrichting groter of kleiner is, zodat (indien doelmatig) het ontwerp en de constructie hierop kan worden afgestemd.

Voor het risico op een puntlocatie (bijvoorbeeld een ziekenhuis) kan het belang van grootschalige wateroverlast in het totale risicoplaatje op die locatie beperkt zijn. Een lokale onweersbui met hoge neerslagintensiteit kan tot grotere problemen leiden en daarmee bepalend zijn voor het risicoprofiel en voor de dimensionering van maatregelen. Op het schaalniveau van een geheel gebied, zoals een gemeente, provincie of een stroomgebied van een rivier, zal de impact van een bovenregionaal neerslagevent wel groot zijn, en daarmee van meer belang voor het risicoprofiel van het gehele gebied, dan lokale intense neerslag. Hieronder is daarom het gebruik van uitkomsten gesplitst tussen gebruik op gebiedsniveau en op het schaalniveau van een puntobject.

Gevolgbeperking via ruimtelijk ordening en inrichting

De mate waarin risico's wel of niet acceptabel worden geacht, kan tot uiting worden gebracht in de ruimtelijke ordening en inrichting. De uitkomsten van de stresstest en risicodialoog kunnen daartoe op de eerste plaats worden gebruikt bij het toepassen van de water-en-bodem-stuurt principes. Dat betekent dat risicovollere plekken voor bepaalde functies worden gemeden (en andere functies daar juist op hun plek zijn) of dat die functies daar in een aangepaste vorm moet worden gepositioneerd om de risico's te beperken.

De uitkomsten van de stresstest zijn daarvoor niet meteen geschikt, of alleen indicatief bruikbaar, aangezien de bovenregionale gebeurtenis zeldzaam en zeer extreem is. Erop inrichten is waarschijnlijk kostbaar en daardoor niet overal doelmatig. De uitkomsten van de risicodialoog zouden wel direct bruikbaar moeten zijn, omdat daarin is afgewogen waar risico's wel/niet acceptabel zijn en waar (reserveringen voor) maatregelen zouden moeten liggen.

In de Zuid-Holland case bleek dat voor ruimtelijk beleid 'signaalkaarten' en bijbehorende ordeningsprincipes zijn gewenst. Deze komen tot stand in de dialoog, door interpretatie en evaluatie van de uitkomsten van zowel de bovenregionale stresstest als van de standaard stresstest DPRA.

Voorbeelden van signaalkaarten zijn:

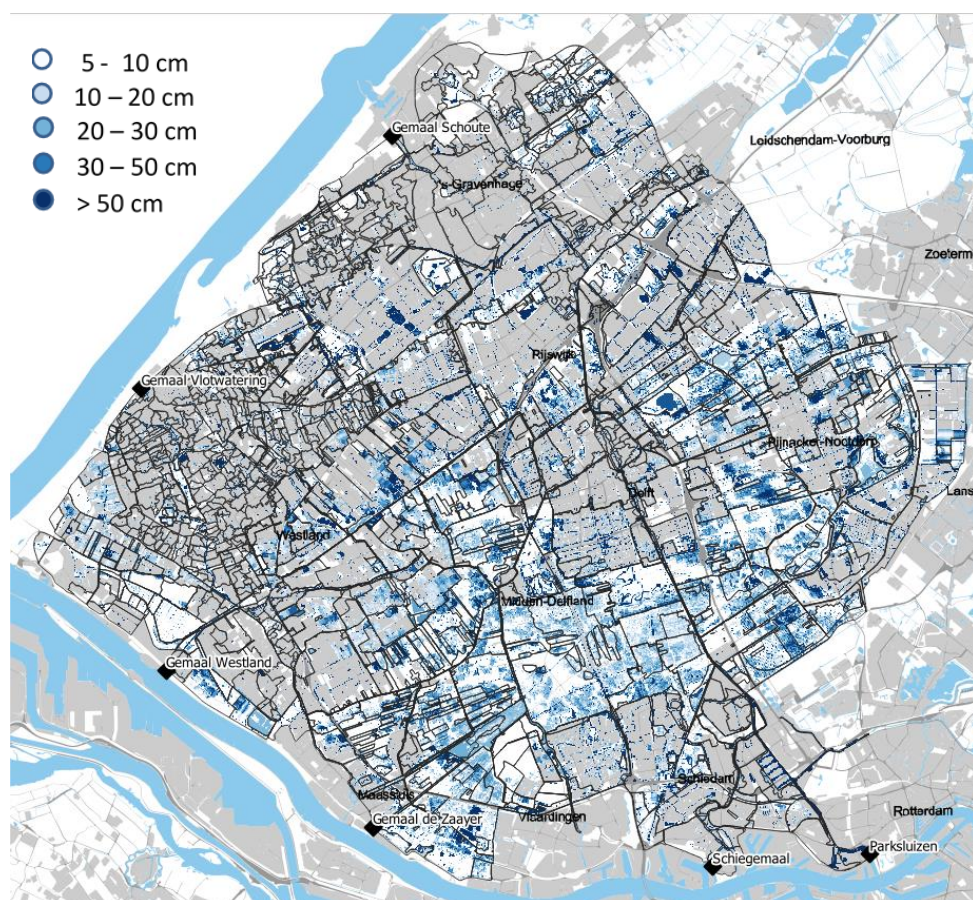
- Zoekgebied waterberging (ruimte voor water);
- Geschiktheid voor grootschalige bebouwing;
- Bestaande woon/werk gebieden met hoog risico.

Voorbeelden van ordeningsprincipes zijn:

- Reserveer 10% van laagste delen van polder/peilvak voor noodwaterberging;
- Reserveer ruimte voor noodpompen naast gemalen;
- Bouw niet of alleen sterk aangepast in gebieden die langdurig wateroverlast ondervinden en/of waar overlast snel overgaat in overstrooming (zoals beekdalen).

Hiervoor klaar te zetten uitkomsten van de bovenregionale test zijn:

- Kaart van waterstanden op het maaiveld ('waterbeeld' of 'dreigingsbeeld');
- Duur van water op land;
- Mate van 'dreiging' per wijk/peilvak/afwateringsgebied (combinatie van waterdiepte en duur; % van wijk/landbouwgebied/... dat wateroverlast ondervindt);
- Hectares met overlast, met onderscheid naar landgebruikstypen, per gemeente, waterschap, provincie;
- In vrij afwaterende gebieden (beekdalen) is informatie over stroomsnelheden en stijgsnelheid relevant;
- Plaatsen waarop knelpunten in het watersysteem optreden (boezems waarin maximaal peil wordt overschreden, ...).



Figuur 31 conceptueel voorbeeld van waterbeeld (waterdiepte op maaiveld) in Delfland bij grootschalig event (Bron: verkennende analyse HH van Delfland. Deltares, December 2022. In prep.).

Onderliggende fundamentele vragen zijn: waar bevinden zich de slechtste plekken (snel en lang nat, moeilijk droog te krijgen) en waar moet ruimte worden gereserveerd voor water of watersysteem maatregelen.

Een aanleiding voor de vraag om signaalkaarten is dat er een aanzienlijke hoeveelheid blootstellings- en risicokaarten in stresstesten worden geproduceerd, waardoor beleidsmakers niet meer weten welke kaart het belangrijkste is. Vandaar de behoefte tot combineren van informatie (waaronder de risico's van verschillende neerslag gebeurtenissen) in enkele signaalkaarten waarop ook zichtbaar is waar welke ordeningsprincipes gelden.

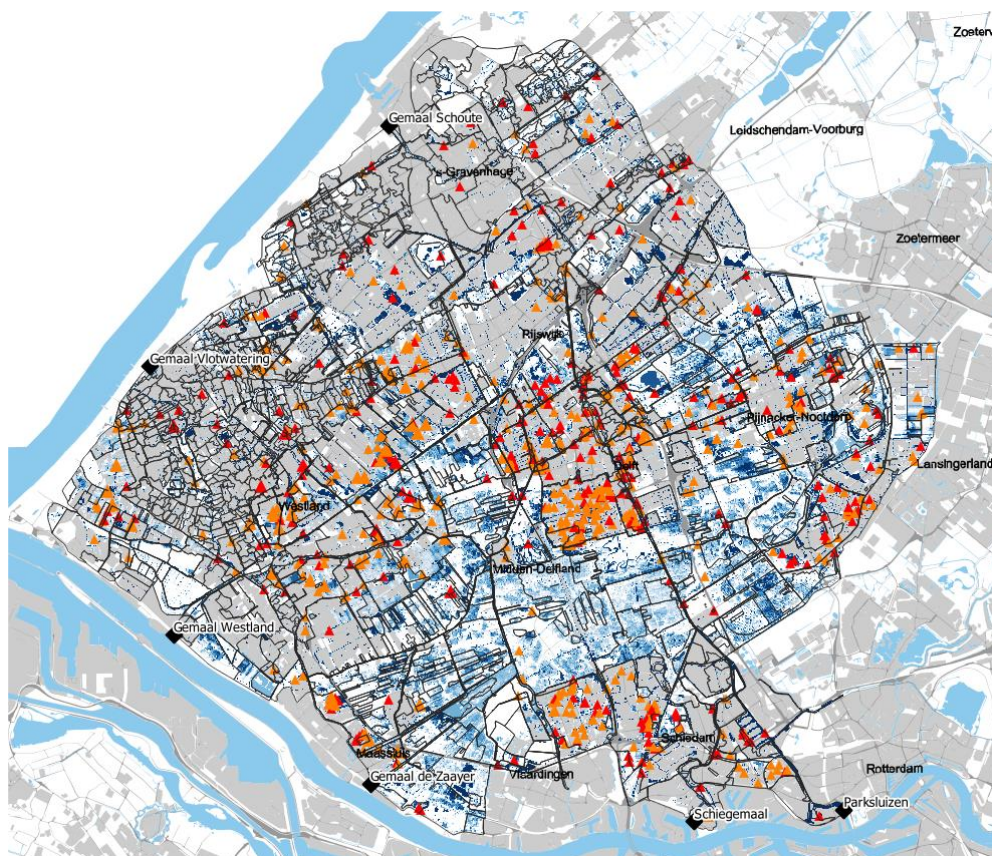
Middelen waarmee gestuurd kan worden op het ruimtelijk beleid zijn bijvoorbeeld bouwrichtlijnen, verordeningen, bouwbesluit en de Maatlat Klimaatadaptief Bouwen.

Gevolgbeperking via (aangepaste) bouwwijze

We scharen hier ook het beperken van gevolgen voor vitale en kwetsbare objecten en functies onder, en het daarmee voorkomen van cascade effecten.

Door in de stresstest de locatie van objecten te combineren met de waterbeelden, wordt duidelijk welke (vitale en kwetsbare) objecten, hoe lang worden blootgesteld. De stresstest levert:

- Locatie getroffen vitale en kwetsbare objecten/functies (water raakt object/functie);
- Locatie verdrinken overstorten;
- Locatie van geraakte gebouwen (water raakt gevel);
- Locatie uitgevallen wegsegmenten en daardoor geblokkeerde routes.



Figuur 32 Conceptuele voorbeeld kaart t.b.v. analyse vitaal en kwetsbaar, locatie van schakelpunten midden en laagspanning (Rood > 0,5 meter waterdiepte op schakelpunt) (bron: verkennende analyse HH van Delfland. Deltares, December 2022. In prep.).

Paragraaf 4.3 biedt bouwstenen voor het bepalen van schades aan verschillende typen vitale en kwetsbare objecten, infrastructuur en functies. Bij de beoordeling van mogelijke schades staan eigenaren en beheerders van objecten en assets voor de keuze: accepteren ze het risico of nemen ze maatregelen?

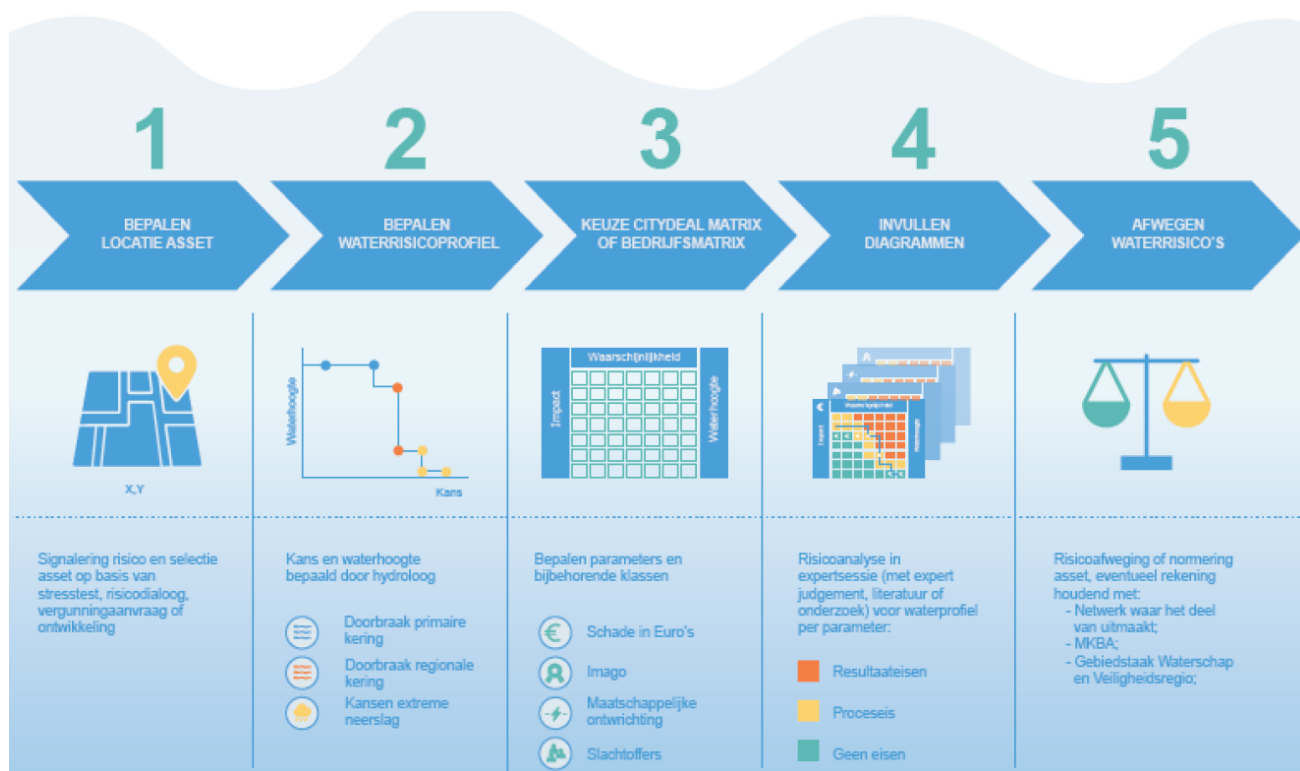
Of adaptatie gewenst is hangt af van:

1. bij welke condities een object schade ondervindt of uitvalt;
2. of het zinnig is om dat te doen voor het risico van het grootschalig neerslag event, wat weer afhangt van:
 - o de impact (schade) van de gebeurtenis op het functieverlies;
 - o de verhouding van het risico van de gebeurtenis ten opzichte van de risico's van functieverlies door andere oorzaken (dit is een relevant en verbredend punt in de afwegingen, waarop paragraaf 6.3.4 nader ingaat).

Voor het eerste punt geldt een informatiehiat: er is behoefte aan meer en nauwkeuriger informatie over gevoeligheid van objecten en infra voor een bepaalde mate van blootstelling (waterdiepte, duur, stroomsnelheid).

Een hulpmiddel bij het maken van de tweede afweging zijn Waterrisicoprofielen en -diagrammen¹². Hiernaar wordt ook verwezen in de Bijsluiters standaard stresstest DPRA, ten behoeve van het bepalen van risico's van vitale en kwetsbare objecten. De methode is een objectbenadering die de impact op en door uitval van een specifiek object centraal stelt (waarvoor toch ook meer informatie over de gevoeligheid van objecten is gewenst). Zo kan voor een specifiek gebouw of locatie een beeld krijgen van de risico's op wateroverlast en de mate van impact als er overlast is. Er wordt dan niet alleen zichtbaar wat de kans is op bijvoorbeeld een overstrooming of een extreme bui, maar ook wat er dan bij een specifiek gebouw of op een bepaalde locatie gebeurt. Zo helpt deze methode beheerders en regelgevers om af te wegen of bij bepaalde risico's maatregelen nodig zijn.

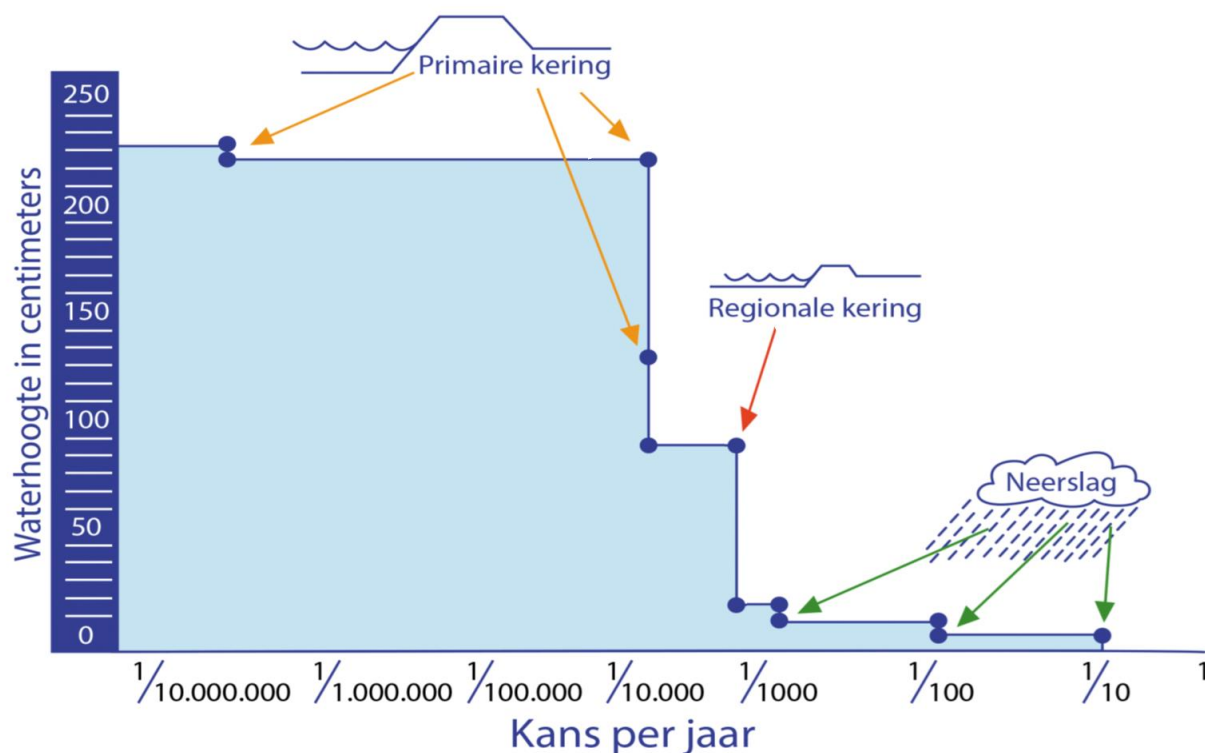
Het rapport 'Waterrisico's bij ruimtelijke ontwikkelingen en assets' (City Deal Klimaatadaptatie, september 2019) beschrijft de methode in detail. Figuur 33 vat dit samen.



Figuur 33 Stappen bij het afwegen van risico's op een locatie met behulp van de waterrisicoprofiel en -diagram methode (bron: City Deal Klimaatadaptatie, september 2019)

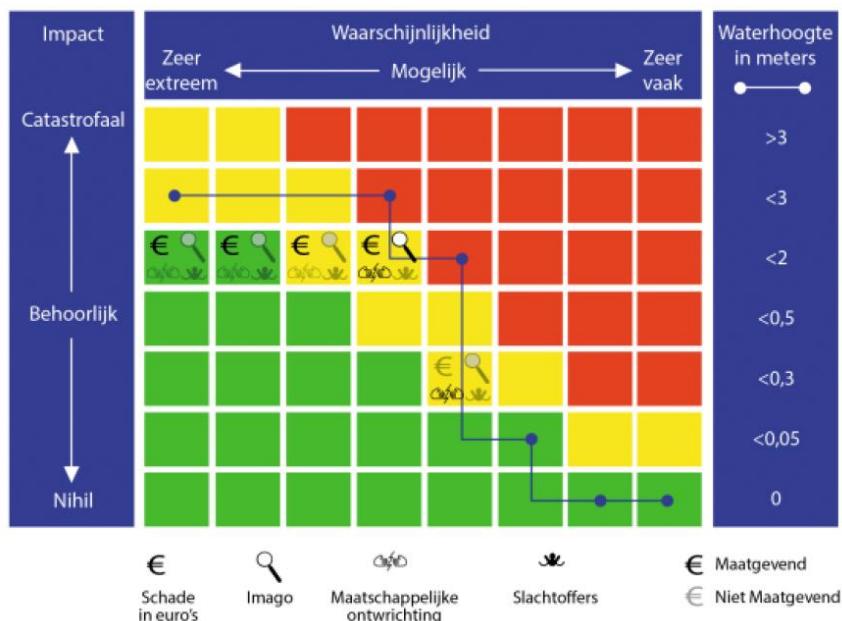
¹² <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/mijn-waterrisicoprofiel>

Figuur 34 toont een waterrisicoprofiel. Dat wordt gemaakt door in de grafiek te tekenen wat op een locatie van een object de waterhoogte is bij verschillende overstroomings- en wateroverlast gebeurtenissen, die elk een bepaalde jaarlijkse kans van optreden hebben. In ons geval worden daarin (ook) de standaard stresstestbuien én de bovenregionale neerslaggebeurtenissen geplaatst.



Figuur 34 Voorbeeld waterrisicoprofiel (City Deal Klimaatadaptatie, september 2019)

Bij het invullen van het waterrisicodiagram (Figuur 35) wordt de impact van elke gebeurtenis bepaald en ergens in het diagram geplaatst. Die impact kan worden berekend (zie paragraaf 4.3) of kwalitatief worden geraamd.



Figuur 35 Voorbeeld watterisicodiagram (City Deal Klimaatadaptatie, september 2019).

Wanneer in het voorbeeld het bovenregionale event in het blauwe vlak van het profiel valt, zijn andere gebeurtenissen die een grotere kans en grotere waterhoogte hebben, en meer schade veroorzaken. Deze zijn dan waarschijnlijk van meer belang in de afweging maatregelen te nemen. Als dat wordt gedaan, zijn de risico's van de grootschalige gebeurtenis ook direct voorkomen.

6.3.3 Bij crisisbeheersing en herstel

Gebruikers: partijen benoemd onder gevolgbeperking vooraf en achteraf.

Vorbereiding is cruciaal om tijdens een bovenregionaal event besluiten te kunnen nemen. Hieraan dragen de stresstest en risicodialoog in hoge mate bij door het leveren van inzichten in wat er kan gebeuren en de afweging van handelingsperspectieven.

De kans dat er een crisissituatie ontstaat, en de Veiligheidsregio aan de slag moet, is groot.

Het kennisinstituut van de Veiligheidsregio's, het NIPV¹³ (voorheen IFV), heeft in 2017 de 'Handreiking impactanalyse overstromingen en ernstige wateroverlast, voor veiligheidsregio's' uitgebracht. De Handreiking is opgesteld voor de veiligheidsregio's en haar partners in de risico- en crisisbeheersing bij ernstige wateroverlast en overstromingsscenario's. Door het toepassen van de handreiking wordt duidelijk waar in de veiligheidsregio tijdens de crisisbeheersing problemen ontstaan. Deze inzichten kunnen vervolgens verankerd worden in de planvorming én benut worden bij besluitvorming over ruimtelijke inrichting.

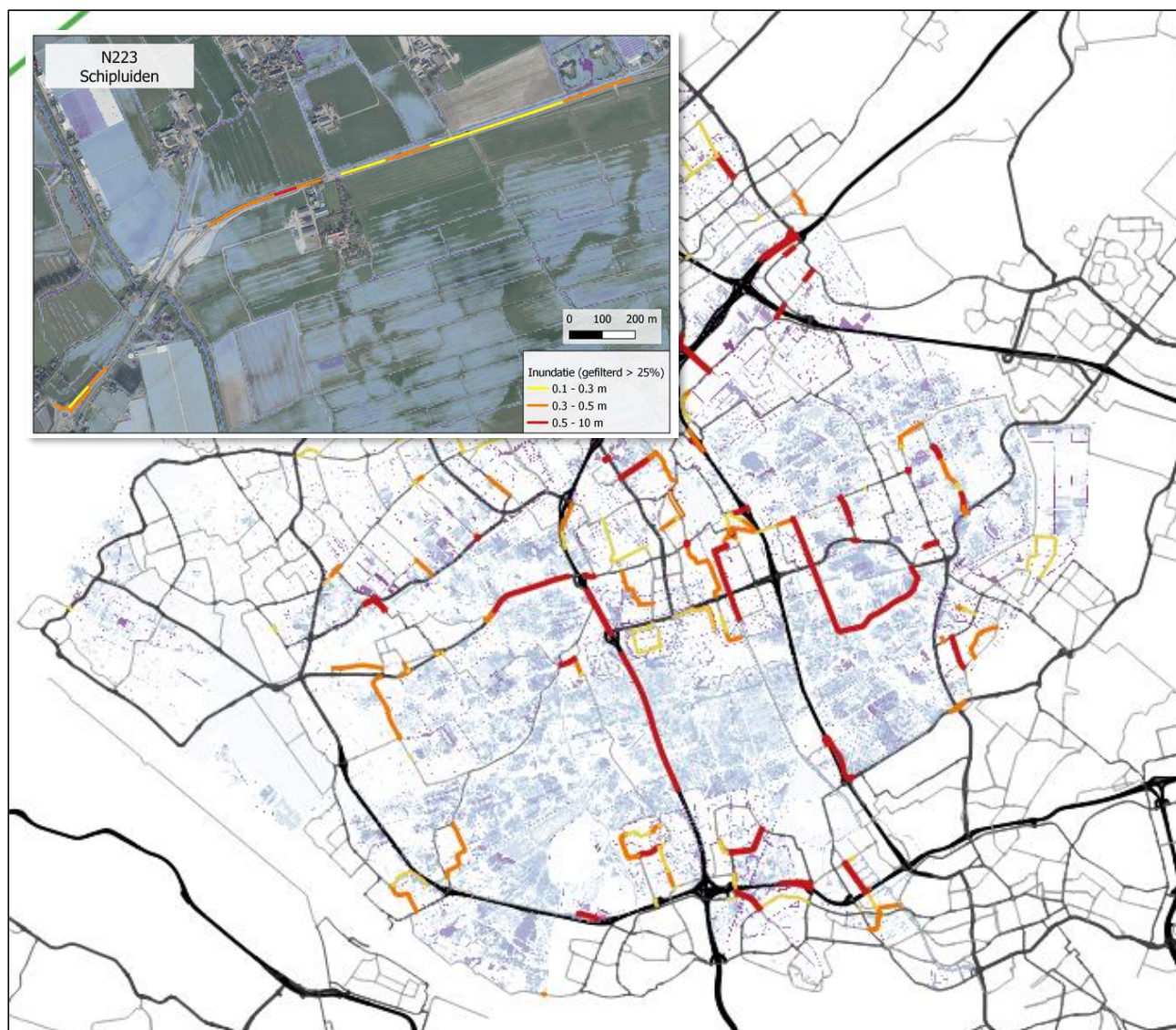
De handreiking is opgebouwd aan de hand van primaire vragen die in de koude en warme fase van een calamiteit spelen:

- Wat kan er gebeuren in welke gebieden?
- Welke partners zijn nodig voor de impactanalyse?
- Wie of wat wordt er getroffen bij welke waterdiepte?
- Bij welke waterdieptes, stroomsnelheden en tijdsduur ontstaat er een probleem?
- Welke keteneffecten kunnen optreden?
- Wat is de benodigde hersteltijd voor vitale infrastructuur/-objecten?
- Hoe leefbaar is het gebied nog bij de betreffende waterdieptes en tijdsduren?
- Welke mogelijkheden voor aanwezigen zijn erom te vluchten/schuilen?
- Wat zijn pijnpunten in het gebied die nadere aandacht nodig hebben?

De in de projectcases naar voren gebracht, gewenste uitkomsten van de bovenregionale stresstest (zie paragraaf 6.1.3) dekken de informatiebehoefte uit bovenstaande vragen grotendeels. Figuur 36 toont bijvoorbeeld een kaart waarop is aangegeven welke wegsegmenten minder of geheel niet bruikbaar zijn.

De risicodialoog is een geëigende plek om antwoorden op de vragen tot stand te brengen. Hier komen immers informatie (uit de stresstest) en betrokken partijen samen. De veiligheidsregio kan hierbij fungeren als de vragensteller en procesleider. Andere betrokkenen zijn in ieder geval de waterbeheerders, beheerders van vitale infrastructuur, kwetsbare objecten en installaties met gevaarlijke stoffen. Het praten over prioriteiten, mogelijke maatregelen en wie wat kan doen in de koude fase is cruciaal voor het kunnen nemen van de juiste beslissingen in de warme fase. Gebruik van de 'Handreiking impactanalyse' in de risicodialoog, wordt aanbevolen.

¹³ <https://nipv.nl/waterveiligheid/>



Figuur 36 Waterdiepte op wegsegmenten (rood > 0,5 meter) bij bovenregionale neerslag (bron: verkennende analyse Delfland. Deltares, December 2022. In prep.).

6.4 Reflectie op 'risico's in perspectief' voor risicodialoog

Wanneer bestuurders de kansen en gevolgen van overstromingen en wateroverlast situaties beschouwen, wordt (logischerwijs) gedacht vanuit een waterveiligheidsperspectief. Bij een overstroming worden slachtoffers en economische schade verwacht en kunnen bepaalde functies van objecten uitvallen. Hierbij moet het overstromingsrisico op een acceptabel niveau zijn, waarbij in waterwet wordt gekeken naar de aspecten basisbeschermingsniveau, MKBA en groepsrisico. Hoe erg is een functieverlies van een object of een vitale proces als gevolg van wateroverlast of overstromingen? Deze vraag is lastig te beantwoorden en door de risico's rond functieverlies in perspectief te plaatsen, proberen we handvaten te beiden voor investeringsafwegingen van een bestuurder.

We stellen we een risico-perspectief beschouwing op waarbij het functieverlies van een object of proces in het perspectief van andere mogelijke oorzaken van functieverlies. Zowel de mate van functieverlies (intensiteit en duur) als de kans op functieverlies wordt bekeken. Verder wordt het groepsrisico in de beschouwing meegenomen, waarbij het gaat over de impact van een calamiteit. Een wateroverlastsituatie kan een groot gebied bestrijken, waardoor meerdere objecten zijn of haar functie kan verliezen. Een bekend voorbeeld voor groepsrisico is de vuurwerkramp in Enschede ten opzichte van jaarlijkse verkeersdoden. De vuurwerkramp in Enschede herinneren velen nog, waarbij meer dan 20 doden vielen.

Maar veel minder mensen kunnen zich concreet iets voorstellen bij meer dan 700 verkeersdoden per jaar, omdat het verschillende kleinere incidenten betreft. Hetzelfde kan ook gelden voor functieverlies van objecten, waarbij 1000 x 5 huizen geen elektriciteit hebben erger kan zijn dan 1 x 1000 huizen.

Deze vraag kan beantwoord worden door te kijken naar drie verschillende perspectieven:

- **Perspectief 1: de gevolgen in beeld** (het kan gebeuren). Dit perspectief laat zien dat een object of proces zijn functie kan verliezen tijdens een wateroverlastsituatie gedurende een bepaalde periode.
- **Perspectief 2: meenemen in de risicosom van de functie** (geheel uit integreren). De kans op een bepaalde mate van functie verlies tijdens een overstroming in perspectief plaatsen van andere oorzaken van functieverlies ieder jaar. Op deze manier wordt duidelijk hoe groot de rol is van functieverlies door een overstroming.
- **Perspectief 3: groepsrisico perspectief**. Bij een overstroming kan de uitval van functies een grote groep treffen in een korte tijdsperiode. Vanuit een maatschappelijk perspectief kan dit onacceptabel gevonden worden.

Op basis van een voorbeeld rond acute zorgvoorziening en bereikbaarheid werken we deze risico beschouwing uit

Voorbeeld: acute zorgvoorziening

Binnen de ambulancezorg geldt een streefnorm dat – onder normale omstandigheden - 95% van de A1-inzetten (Spoedeisende rit in opdracht van de centralist van de MKA in geval van acute bedreiging van de vitale functies van de patiënt en in het geval dat dit gevaar pas na beoordeling door de ambulancebemanning ter plaatse kan worden uitgesloten.) (spoed) binnen 15 minuten (12 minuten rijtijd + 3 minuten meld- en uitruktijd) ter plaatse moet zijn, wanneer de ambulance vertrekt vanaf een ambulancestandplaats. Overschrijdingen ontstaan door een combinatie van factoren zoals onvoldoende beschikbaarheid van ambulances, onvoldoende spreiding van standplaatsen en overmacht zoals slecht weer, verkeerscongestie of een uitzonderlijk grote vraag naar ambulancezorg op een bepaald moment. In 2020 waren 91% van de A1-inzetten binnen 15minuten, waardoor de streefnorm niet wordt behaald.

Perspectief 1: de gevolgen in beeld

Ambulancestandplaats en/of aanrijden kan belemmerd worden tijdens een wateroverlast-situatie. In 2020 zijn circa 600.000 A1-inzetten uitgevoerd door 881 ambulances in 25 RAV-regio's (geografisch zelfde omvang als veiligheidsregio's). Dit betekent dat in een regio gemiddeld circa 65 inzetten per dag plaatsvinden. Bij wateroverlastsituatie in één gehele regio met een duur van 3 dagen betekent dit dat circa 195 inzetten niet kunnen plaatsvinden (aannemend dat alle ritten niet worden uitgevoerd).

Perspectief 2: meenemen in de risicosom van de functie

De norm die gaat over de acute zorgfunctie eist dat 1200 inzetten per jaar langer mogen duren dan 15 minuten. In 2020 waren er 2200 inzetten die niet aan de eis voldeden. De risicobijdrage van 195 inzetten die gemiddeld eens in de 1000 niet kunnen worden uitgevoerd dragen zeer beperkt bij aan het reeds bestaande functieverlies in termen van risico:

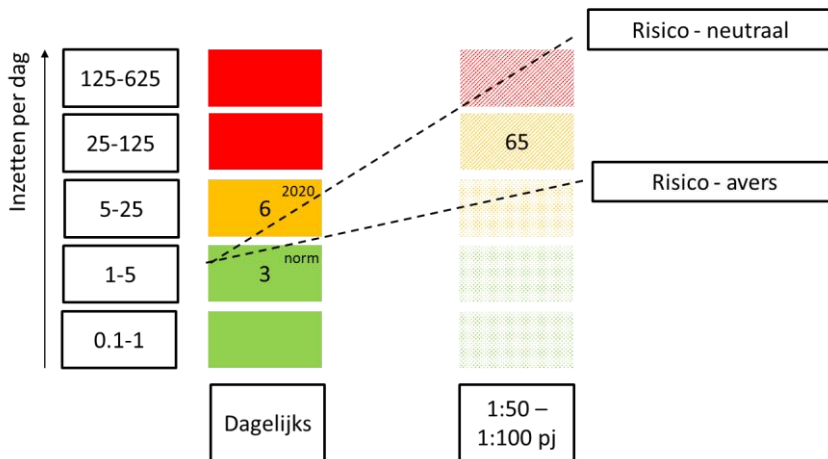
Reeds bestaande risico rond functieverlies in 2020:	2200	inzetten per jaar
Extra functieverlies als gevolg van wateroverlast:	<1	inzet per jaar

Hierbij zijn veel kanttekeningen te plaatsen. Totaal geen acute zorg kunnen verlenen door het onderlopen van een ambulancepost is wat anders dan een paar minuten later bij de patiënt. Tegelijkertijd zullen er bovenregionale ambulanceritten plaats vinden tijdens een wateroverlast situatie (ambulance uit andere regio's) die onuitvoerbare ritten opvangen waar mogelijk.

Jaarlijks zijn er 21.500 (of dagelijks circa 60) spoedeisende bovenregionale of internationale ambulance inzetten (2% van totaal jaarlijkse inzetten), waarbij ambulances naar andere regio's komen voor spoedeisende hulp.

Perspectief 3: groepsrisico perspectief

Het laatste perspectief gaat over het groepsrisico: is het maatschappelijk acceptabel dat tijdens een wateroverlastsituatie 3 dagen lang elke dag 65 patiënten geen/beperkt/vertraagd acute zorgverlening kunnen krijgen? Op dit moment voldoen dagelijks gemiddeld 6 inzetten niet aan de norm wat een aanmerkelijk lager aantal is. Of dit (on)acceptabel is, is een bestuurlijke afweging waarbij de maatschappelijke ontwrichting gewogen moet worden. Vanuit een risico neutraal perspectief is het mogelijk doelmatiger om ander functieverlies te reduceren dan voor wateroverlastsituaties. Wanneer je risico avers bent, kan een andere keuze gemaakt worden.



Figuur 37: groepsrisico perspectief

7 Beschouwing en aanbevelingen

In dit onderzoek is een methode opgesteld voor het definiëren van 'nieuwe' mogelijke extreme - credible - gebeurtenissen als aanvulling op de bestaande statistieken en risico analyses. Deze methode is succesvol toegepast in twee cases voor het ARK/NZK en rondom 's-Hertogenbosch. Met de methode kunnen verschillende wateroverlastgebeurtenissen worden gedefinieerd, en deze gebeurtenissen kunnen in perspectief worden geplaatst voor andere gebeurtenissen die leiden tot wateroverlast. De resultaten kunnen worden gebruikt voor beslisproblemen rondom risico analyses, ruimtelijke ordening en crisisbeheersing.

Belangrijke leerpunten zijn:

- Stel niet de kans op neerslag centraal maar de kans op wateroverlast, volgend uit de nieuwe meteorologische gebeurtenis, waarbij ook andere omgevingsfactoren van belang zijn;
- Combineer en bespreek expertkennis en kennis van het watersysteem en statistieken voor het opstellen van verschillende bovenregionale gebeurtenissen als aanvulling op de bestaande gebeurtenissen;
- Er zijn, afgezien van de grote schaal waarop effecten plaatsvinden en dus ook de totale omvang van de schade, geen significante andere gevolgen geïdentificeerd voor de nieuwe bovenregionale gebeurtenissen vergeleken met de bestaande gebeurtenissen die op basis van bestaande instrumenten nog niet in beeld zijn. Dat betekent niet dat deze er niet zijn, per situatie zal hier aandacht aan moeten worden besteed of er blinde vlekken zijn.

In het onderzoek zijn bouwstenen opgesteld voor het bepalen van de impact en het verbeteren van de schademodelering:

- Impact van uitval en cascade effecten kunnen alleen optreden als er ergens falen optreedt. Zowel bestaande aanleghoogtes van vitale infrastructuur als het beheer van deze netwerken bieden als enige robuustheid. In het onderzoek is geconstateerd dat er nog veel onduidelijkheid is over kritische uitvalhoogtes en de schaal waarop dan cascade effecten optreden. Geadviseerd wordt meer onderzoek te doen naar kritische uitvalhoogtes en de rol van netwerkbeheer en deze kennis vast te leggen en toegankelijk te maken;
- Verschillende schademodelen zijn beschikbaar en toepasbaar. Hierin zijn wel verbeteringen mogelijk. Indirecte schade en ontbrekende schadetypen kunnen worden meegenomen via een opslagfactor (zoals in SSM). Dit wordt echter nog niet in alle schademodelen toegepast. Daarnaast kunnen elektriciteitsuitval, gasstoring en verkeersschade beter en explicieter worden gemodelleerd. Schaarste bij hulpverleningscapaciteit en de impact op landbouw zal in algemene zin niet leiden tot grote extra schade op een bepaalde plaats;
- Geadviseerd wordt na de schadeberekening nog een keer expliciet stil te staan of alle gevolgen daadwerkelijk zijn meegenomen in deze berekening. Daarnaast wordt geadviseerd om te focussen op gebieden waar de schade als gevolg van uitval van vitale objecten relevant kan zijn. Door onderscheid te maken tussen de schade in een gebied en het aantal vitale objecten blijkt welke gebieden (weinig schade, veel objecten) risicovol zijn.

In het onderzoek is ook een advies opgesteld over het gebruik van de bovenregionale scenario's in de stresstesten en risicodialogen. In onze optiek hebben de stresstesten vooral tot doel om bij te dragen aan de oordeelsvorming, en de risicodialogen aan de besluitvorming.

- **Bovenregionale en standaard stresstest vullen elkaar aan**

Ontwikkel de stresstest bovenregionale credible gebeurtenissen als een aanvulling op de reeds bestaande stresstesten. Werk aan standaardisatie en uniformiteit in de aanpak. Stel hierbij niet de kans op neerslag centraal, maar de kans op wateroverlast die volgt uit de combinatie van de nieuwe meteorologische gebeurtenis en andere omgevingsfactoren. Bekijk per scenario of er extra aandacht moeten worden besteed aan mogelijke blinde vlekken in de impact.

In 2018 is gewerkt aan de standaarden voor de stresstest wateroverlast. Deze standaarden focussen op 4 aspecten: Neerslaggebeurtenissen; Basisgegevens; Uitgangspunten simulatie waterdiepten (modellering); Uitvoer en kwetsbaarheid (blootstelling). Een nieuwe methodiek voor een bovenregionale stresstest levert verbeterpunten voor de bestaande bijsluiters.

Het belangrijkste verbeterpunt is door niet de kans op neerslag centraal te stellen maar de kans op wateroverlast, waardoor andere omgevingsfactoren ook worden meegenomen (inclusief de verwachte werking van het watersysteem). De werking van het watersysteem en het schaalniveau van de meteorologische gebeurtenis staan hierbij centraal, niet de bestuurlijke grenzen. De stresstesten kunnen op deze manier veel meer als verlengstuk van de bestaande risicoanalyses en berekeningen voor het ontwerp en beoordelen van watersystemen worden gezien.

De nieuwe methodiek vult vervolgens de bestaande stresstesten nog aan, met: een nieuwe neerslaggebeurtenis; additionele basisgegevens en uitgangspunten (bouwstenen) voor modellering, waaronder bijzondere aandacht voor de duur van de overlastsituatie; vertaling naar kwetsbaarheden die verband houden met cascade effecten en crisismanagement. Ook zal de relatie met het grotere gebied waar de gemeente in ligt belangrijker worden bij dergelijke grootschalige neerslaggebeurtenissen. De betrokkenheid van de waterschappen en provincie bij de uitvoering van de test is daarmee belangrijk.

Welke overheden/partijen samenwerken in de bovenregionale test wordt bepaald door de omvang en begrenzing van het watersysteem dat de neerslag moet verwerken, en de reikwijdte van effecten die zich ook buiten die watersysteemgrenzen kunnen voordoen (denk bijvoorbeeld aan cascade effecten na uitval van elektriciteitsvoorzieningen). Een bovenregionale test puur uitvoeren aan de hand van administratieve grenzen (bijvoorbeeld die van een provincie) is niet doelmatig.

In de volgende ronde stresstesten worden dus naast de standaard analyses ook de bovenregionale analyses van belang. Die combinatie leidt tot de volgende aandachtspunten voor die ronde:

- Het leggen van relaties tussen effecten die op verschillende ruimtelijke schaalniveaus optreden;
- Aandacht voor scenario's waarin onvoorziene gebeurtenissen samenvallen;
- Voorbereiden van open/uitwisselbare datasets voor beheersgebied overschrijdende modellering;
- Inzichtelijk maken van cascade effecten van de ene naar de andere sector;
- Meenemen van herstelvermogen in adaptatie opties;
- Ontwikkel een up-to-date overkoepelend plan van aanpak voor de testen en daarop volgende risicodialoog.

- **Gebruik van uitkomsten in risicodialoog**

Of de bovenregionale scenario's dan een significante rol spelen in besluitvorming is afhankelijk van het beslisprobleem en onherroepelijk verbonden aan de andere oorzaken van wateroverlast en daaraan verbonden afwegingen over kosten en baten. Deze afwegingen en keuzes worden gemaakt in een risicodialoog. Onderscheid kan worden gemaakt in:

- Risico analyse. Is het doelmatig of wenselijk om de kans op wateroverlast (en hiermee) het risico te verkleinen? Extreme gebeurtenissen zijn vanuit risico optiek relevant als de extra schade significant is. De schade bij een bovenregionale gebeurtenis van 300-1000 jaar moet dus sterk toenemen ten opzichte van een lokale bui met een gelijke terugkeertijd. Ook is de vraag wat de risico bijdrage is van andere oorzaken van wateroverlast. We adviseren een (landelijke of bovenregionale) analyse naar de bovenregionale scenario's en bijdrage aan het risico;
- Ruimtelijke ordening. Het gaat hierbij zowel om locatiekeuzes als ontwerpvragestukken waarbij de kans op een bepaalde mate van blootstelling (risicoprofiel) centraal staat. De vraag is of er acceptabele grenzen zijn voor bepaalde functies, of dat per vraagstuk een nieuwe afweging wordt gemaakt. Aanbevolen wordt om criteria op te stellen voor de acceptabele kans op wateroverlast (door alle oorzaken) voor verschillende (gebieds)functies als ondergrens, en vertrekpunt voor een risicodialoog.

Binnen de risicodialoog kunnen dan extra afspraken worden gemaakt in de regio over acceptatie of maatregelen en wie hiervoor verantwoordelijk is. Hiermee wordt tegelijkertijd gezorgd voor een regionale en lokale uitwerking van water-bodem-sturend principes;

- Crisisbeheersing. Voor de crisisbeheersing is het van belang om een beeld te hebben van de mogelijke gevolgen, en een basis te hebben voor prioritering van de inzet van mens en middelen voor meer- en minder extreme situaties. Daarom wordt geadviseerd altijd minstens 1 extremer scenario uit te werken dan waarop de ruimtelijke omgeving wordt ontworpen.

Stel een afwegingskader op

Aanbevolen wordt om voor de beoordeling van de uitkomsten van de bovenregionale stresstest een beoordelingskader te ontwikkelen om afwegingen te maken en tot maatregelen te komen die aanvullend zijn op het (huidige) ontwerp van het watersysteem of eventuele criteria vanuit water en bodem sturend. Het gaat hierbij dus om regionale afwegingen, en dan vooral voor vitale functies. Binnen dit afwegingskaders is het van belang vanuit meerdere perspectieven naar de risico's te kijken:

- Perspectief 1: Het gevolg in beeld bij een scenario. Dit sluit erg aan bij de uitwerking in de stresstesten en de beeldvorming na incidenten in de media. Vanuit dit perspectief kunnen functies (bijvoorbeeld bereikbaarheid van een ziekenhuis of wegen) worden benoemd als knelpunten;
- Perspectief 2: Vanuit de betreffende functie wordt in kaart gebracht welke oorzaken allemaal leiden tot functieverlies, en wat de bijdrage is van de extreme neerslag gebeurtenissen hierin. Het functieverlies kan worden uitgedrukt in de verwachte impact op jaarbasis, en worden vergeleken met de eisen die vanuit deze functie worden gesteld;
- Perspectief 3: In de praktijk wordt soms aan gebeurtenissen waarbij in 1 keer veel gevolgen ontstaan meer waarde gehecht dat aan vaak voorkomende gebeurtenissen met kleinere gevolgen (maar een even groot risico). Ook voor deze extreme neerslaggebeurtenissen is dat de vraag of we deze gelijk waarderen of dat we hier meer risico mijndend zijn.

Ga aan de slag met richtlijn voor modelsimulatie

Een groot deel van de standaard stresstest DPRA voor wateroverlast bestaat uit richtlijnen voor de modellering, om kwaliteit en uniformiteit zoveel mogelijk te borgen. Deze bouwsteen kon binnen het kader van dit project niet worden uitgewerkt. Aanbevolen wordt om hier spoedig aan te gaan werken.

Focus voor vervolgonderzoek NKWK KBS 2023

Niet alle kennisvragen kunnen in NKWK KBS verband worden opgepast. Aanbevolen wordt om het onderzoek in 2023 op twee clusters van vragen te richten.

Het eerste cluster werkt aan een definitie van vitale en kwetsbare objecten in relatie tot de vitale processen en sectoren die binnen DPRA zijn benoemd. De vervolgvraag is wat de kritieke waarden zijn en wanneer uitval daadwerkelijk optreedt (en dus ook redundantie en beheermaatregelen niet meer voorzien) en er een cascade effect op kan treden naar andere gevolgen. De laatste vraag is hoe lang deze uitval zal duren, wat het effect van duur op de schade is en hoe snel er herstel kan plaatsvinden. Bij dit herstel kan onderscheid worden gemaakt in een ideale situatie waarin de omgeving niet is getroffen en kan rekening worden gehouden met de omvang van de gebeurtenis waarbij meerdere objecten zijn getroffen.

Het tweede cluster richt zich op zowel kennisontwikkeling als kennisoverdracht bij de uitwerking van de bovenregionale extreme gebeurtenissen. De beleidstafel wateroverlast adviseert deze extreme gebeurtenissen uit te werken en ontwikkelt een governance structuur om dat te begeleiden. Het aspect kennisoverdracht richt zich op het ondersteunen bij de toepassing van de methode en de vergelijking met andere gebeurtenissen. Het aspect kennisontwikkeling richt zich op de besluitvorming in een risicodialoog.

Deze dialogen worden minder vrijblijvend, het gaat om expliciete keuzes over accepteren of maatregelen nemen. Hierbij is vraag a) in welke mate deze criteria uniform moeten zijn, b) hoe we tot keuzes komen (door ontwikkelen van de reeds benoemde perspectieven bij risicobeoordeling zoals 1) vanuit de gebeurtenis 2) van het functieverlies en 3) onderscheid in gebeurtenissen met kleine kans en groot gevolg en grote kans en klein gevolg), c) hoe deze keuzes doorwerken in de ruimtelijke plannen (hoogtemaatvoering) en d) hoe al deze kennis en kunde toegankelijk gemaakt kan worden zodat deze beschikbaar is voor een volgende fase van stresstesten (lokaal en bovenregionaal).

Referenties

Ambient (19 november 2020). Verantwoordelijkheden bij risico's van extreem weer in een veranderend klimaat. Verkenning verantwoordelijkheden en ontwikkelagenda.

Beersma, Hakvoort, Jilderma, Overeem, Versteeg (2019). Neerslagstatistieken in -reeksen voor het waterbeheer. STOWA, KNMI, HKV.

Bijvoet, C.C.; de Nooij, M.N.; Koopmans, C.C. (2003). Gansch het raderwerk staat stil: de kosten van stroomstoringen

Bolt, F.J.E. van der & Kok, M. (2000). Hoogwaternormering regionale watersystemen. City Deal Klimaatadaptatie (September 2019). Waterrisico's bij ruimtelijke ontwikkelingen en assets. Risico's afwegen met waterrisicoprofielen en waterrisicodiagrammen. Impactproject Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

Dantzig van, D. en J. Kriens (1960), Het economische beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloeden. Rapport van de Deltacommissie, deel 3, Bijlage JI.2

De Bruijn en Slager (2021). Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Deltares.

De Bruijn, Karin, Jarl Kind en Peter de Grave (2019). Waterveiligheidsnormen: achterliggende factoren en relatie met nieuwbouw en vitale infrastructuur. Deltares 11203724-010-BGS-0001. Deltares, 2019.

Deltares (15 Augustus 2014). Feasibility Study / Cost-Benefit Analysis - Adjustment of Intervention Capacities through active Anti-flood Measures.

Deltares (December 2022). Case studie Zuid-Holland: 'analyse grootschalige wateroverlast'. In prep.

ENW (2021). Hoogwater 2021. Feiten en duiding. Expertise Netwerk Waterveiligheid.

Gauderis, J en J. Kind (2011). Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Bijlage D: Bewerking van schadegegevens

HHNK 2021. Evaluatie bestrijding wateroverlast juni 2021

HKV (2017) Storylines voor het redden en vluchten na een overstrooming, Project Water en Evacuatie i.s.m. Gemeente Dordrecht

HKV (2022). Hoogwaterbescherming 's Hertogenbosch.

HKV (2022). Uitval vitale en kwetsbare objecten.

HKV 2021. Hoogwater 2021. <https://hoogwater2021.hkvservices.nl/>

Hoes, O., Nelen, F. & van Leeuwen, E. (2013). Waterschadeschatter (WSS) gebruikshandleiding.

IenW (2021). Eerste advies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat/DGWB Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat/Rijkswaterstaat INFRAM B.V

IFV Instituut Fysieke Veiligheid (23 mei 2017). Handreiking impactanalyse overstromingen en ernstige wateroverlast, voor veiligheidsregio's.

Jacobs e.a. (2018) Long Term Investment Scenarios: Infrastructure Impacts Analysis Technical report. Prepared for Environment Agency.

KANTOR MANAGEMENT CONSULTANTS and Economic Consulting Associates (2018), STUDY ON THE ESTIMATION OF THE COST OF DISRUPTION OF GAS SUPPLY IN EUROPE.

Kind, J. (2011). Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21^e eeuw

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

Kolen Strijker Vreugdenhil en Wegman (2020). Integrale risico analyse. STOWA.

Kolen, Dekker, Honingh, van Hamel (2022). Integrale risico analyse voor wateroverlast, een verkenning. STOWA, HKV, Ambient.

Ministerie I&W (2020). Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen

Ministerie van I&W (2020). Gebruikershandleiding Schade Slachtoffer Module (SSM).

N&S en Deltares (2019). Waterschadeschatter (WSS). Gebruikershandleiding

NKWK-KBS (2020). Klimatschadeschatter. Rapportage 7 december 2020.

Rioned, Stowa (7 april 2020). Standaarden voor de stresstest wateroverlast (herzien o.b.v. nieuwe neerslagstatistiek 2019; eerste versie 2018).

Romijn, G. en G. Renes (2013). Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse

STOWA 2020. De veiligheidsbenadering regionale keringen.

Ten Brinke, W.B.M., Kolen, B., Dollee, A., Van Waveren, H. and Wouters, K. (2010), Contingency Planning for Large-Scale Floods in the Netherlands. Journal of Contingencies and Crisis Management, 18: 55-69.

Velner en Spijker (2011). Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast. STOWA.

WAVE (2020). Handreiking Redden van mens en dier tijdens overstromingen

Bijlage A: Overzicht normeringen watersystemen

Primaire waterkeringen

Zie 'Grondslagen Voor hoogwaterbescherming' (ENW 2017)

Door een doorbraak van een primaire waterkering kan een groot gebied overstromen. In de veiligheidsbenadering die ten grondslag ligt aan de normering van de primaire waterkeringen is rekening gehouden met economische schade, slachtoffers, groepsrisico, vitale objecten en de evacuatiemogelijkheden. De schade na een overstroming (direct, maar ook indirecte schade) is bepaald voor 2050. Bij de bepaling van slachtoffers is rekening gehouden met de mogelijkheden van (preventieve) evacuatie.

Aan de basis van de veiligheidsbenadering ligt het concept van meerlaagsveiligheid en de risicobenadering. Met meerlaagsveiligheid wordt gekeken naar het gecombineerd effect van verkleining van de faalkans (preventie) en maatregelen om de gevolgen te verkleinen via ruimtelijke inrichting of crisisbeheersing. Op basis van de risicobenadering wordt bepaald welke maatregelen nodig zijn. Omdat preventie het meest kosteneffectief is gebleken wordt de waterveiligheid in beginsel geborgd met waterkeringen. Daar waar slimme (en doelmatige) uitwisselingen van dijkversterkingen mogelijk zijn met gevolgbeperkende maatregelen is dat mogelijk. Tegelijkertijd kan er bij ruimtelijke ontwikkelingen rekening worden gehouden met de mogelijke gevolgen van overstromingen, dit wordt wel gestimuleerd maar hiervoor bestaan geen eisen. Ook wordt continu gewerkt aan de verbetering van rampenplannen in programma's als MEGO, Water en Evacuatie en WAVE2020.

De normen voor waterkeringen zijn gebaseerd op:

1. Een lokaal individueel risico van minimaal 1/100.000 per jaar;
2. Economische optimalisatie waarin de kosten van maatregelen (dijkversterking) en de kans op economische schade na een (dreigende) doorbraak (inclusief een economische waardering voor mensenlevens en evacuatie);
3. Groepsrisico en vitale objecten wat kan leiden tot een toeslag in de normklassen. Voor 6 trajecten was op basis van MKBA en LIR nog niet voldaan aan de eis voor het groepsrisico wat heeft geleid tot een toeslag;
4. Een bestuurlijke afweging wat in sommige gevallen nog heeft geleid tot een toeslag, bijvoorbeeld door conservatieve keuzes rondom evacuatie.

De normen (geduid als ondergrens wat de maximaal toelaatbare waarde van de overstromings- of faalkans is, als hieraan wordt voldaan is het Basisbeschermingsniveau gewaarborgd) zijn uitgedrukt in klassen van 1/100 per jaar tot 1/1.000.000 per jaar.

Regionale waterkeringen

Zie 'De veiligheidsbenadering regionale keringen' (STOWA 2020).

Door een doorbraak van een regionale waterkering kan een polder overstromen. In de veiligheidsbenadering die ten grondslag ligt aan de normering van de regionale waterkeringen is rekening gehouden met economische schade. Uiteindelijk is de filosofie gebaseerd op een overgangperiode uit het verleden waarbij er naar economische optimalisatie wordt gekeken voor de normstelling voor waterkeringen. Het gaat hierbij om de kosten van maatregelen (die ook in het watersysteem kunnen zitten) en de kans op schade na een dijkdoorbraak. Slachtoffers zijn hier buiten gelaten, omdat overstromingen na doorbraak van een regionale kering relatief langzaam verlopen en de waterstanden ook niet heel diep worden. De veiligheidsbenadering is gebaseerd op de verwachte uitwerking van de risicobenadering voor primaire waterkeringen.

Dit hoofdstuk is gebaseerd op het STOWA rapport 'De veiligheidsbenadering regionale keringen ontstaan, achtergronden en toepassing van de huidige veiligheidsbenadering voor regionale keringen' (Nieuwjaar 2020).

De norm, uitgedrukt in een overschrijdingskans van de waterstand die is gerelateerd aan een overstromingskans, gaat uit van:

- Economische optimalisatie van de norm (en dus kosten versterking) op basis van de directe economische schade;
- Een breder afwegingskader waarbij aanvullend op de risicobenadering uit punt 1 ook andere maatregelen op en rondom de keringen worden beschouwd omdat bijvoorbeeld peilbeheer of compartimentering ook een grote invloed heeft op de faalkans. Bij het vastleggen van de normen in de provinciale verordening heeft dit vaak nog geleid tot opslagen op de norm.

Bij de implementatie van de veiligheidsbenadering is onderscheid gemaakt in een toetsnorm en een ontwerpnorm. Deze aanpak is eerst opgesteld voor boezemkades, en later toegepast op alle regionale keringen. In de praktijk wordt de ontwerpnorm echter niet gebruikt.

De toetsnorm is gebaseerd op het principe van geen trendbreuk waarbij er niet direct grootschalige versterkingen nodig zijn. De gemiddelde norm is dan een overschrijdingskans van de waterstand van 1/100 per jaar. De faalkans van een kade (overstromingskans) is een factor 5 kleiner. De kering kan falen door:

- Overlopen;
- Geotechnisch falen (macrostabiliteit binnentalud);

Overige mechanismen.

De toetsnorm is gebaseerd op een maximaal toelaatbaar (en geaccepteerd) risico van 0,09 Meuro per jaar waarbij er 5 klassen zijn gedefinieerd:

- I. 1/10 per jaar
- II. 1/30 per jaar
- III. 1/100 per jaar (gemiddelde boezemkade)
- IV. 1/300 per jaar
- V. 1/1.000 per jaar

De ontwerpnorm volgt uit de economische optimalisatie waarbij wordt gericht op de kosten van de maatregelen en de kans op schade door een dijkdoorbraak.

Buitendijks gebied

Het buitendijks gebied is het gebied dat niet beschermd is door primaire waterkeringen of op hoge (niet overstroombare) gronden ligt, dit omvat orde 4% van Nederland. Vaak wonen er weinig mensen in buitendijkse gebieden, maar sommige delen (bijvoorbeeld de Kop van Zuid van Rotterdam) ligt ook buitendijks.

Omdat de risico's klein zijn, en de mogelijkheden voor evacuatie groot, ligt de focus op eigen verantwoordelijkheid. De risico's worden in feite geaccepteerd en mensen, bedrijven en agrariërs zijn zelf verantwoordelijk.

Bij nieuwe ontwikkelingen worden afwegingen gemaakt waar en hoe hoog te ontwikkelen. Deze afwegingen worden regionaal gemaakt door provincies en gemeenten. Verder mogen ontwikkelingen, zeker in het rivierengebied, geen nadelig effect hebben op de waterstand tijdens extreme omstandigheden en de doorstroming.

Provinciale normering wateroverlast

Zie 'Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast' (STOWA 2011).

Extreme gebiedsneerslag heeft vooral betrekking op langdurige extreme neerslag in een gebied wat kan leiden tot wateroverlast. Vaak ging dat over wateroverlast in de herfst of winterperiode. De laatste paar jaar echter is er opvallend veel overlast in zomerperiodes als gevolg van relatief kortdurende buien.

In het regionale waterbeheer wordt gekeken naar het water vast te houden, te bergen en dan pas af te voeren en er zijn normen geïntroduceerd voor wateroverlast die ontstaat als watergangen uit het regionale watersysteem buiten de oevers treden. Deze normen zijn gekoppeld aan het grondgebruik omdat de schade ook afhankelijk is van het grondgebruik. Zo wordt bijvoorbeeld onderscheid gemaakt in grasland, akkerbouw, glastuinbouw en stedelijk gebied.

De normen hebben hun oorsprong na aanleiding van de wateroverlast in 1998 in Delfland en Overijssel, Drenthe en Flevoland is het beleid rondom extreme neerslag herzien. De aanzet voor de normen (als regionale normen met een landelijk minimum) is gegeven door de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw. Bij deze normen is gekeken naar de volgende aspecten:

- Het voorstel biedt een goede aansluiting op huidige bestuurlijke taken;
- De communiceerbaarheid is niet gemakkelijk, men zal op waterrisicokaarten moeten kijken wat de risico's zijn. Wel is er een landelijk minimum;
- In veel gevallen bleek de norm economisch efficiënt (criterium economische optimalisatie);
- De bestuurlijke acceptatie is naar verwachting hoog omdat uitgelegd kan worden hoe de maatregelen zich verhouden tot de kosten;
- De beïnvloeding van andere sectoren is positief. Bijvoorbeeld veranderingen in het waterrisico kunnen de gevolgen en kosten voor waterbeheer worden besproken waarbij de potenties van het watersysteem maximaal benut kunnen worden.

Door de Commissie Dingeman zijn deze normen vertaald naar basisnormen.

Eén van de argumenten voor de huidige uitwerking was de heldere uitlegbaarheid, waarbij opgemerkt is dat hiervoor landelijke uniformiteit wenselijk is. Deze werknormen, uitgedrukt in een minimale kans op wateroverlast per vorm van grondgebruik zijn gebaseerd op:

- Economische optimalisatie waarbij is gekeken naar de kosten van investeringen in maatregelen in het watersysteem (en ruimtelijke omgeving) en de reductie van de kans op schade (het risico). Bij de schade is rekening gehouden met zowel inundatieschade als schade door hoge grondwaterstanden;
- Bestuurlijke overwegingen die ertoe hebben geleid dat de acceptabele kans op wateroverlast hoger (dus een kleinere kans) is gelegd dan uit optimalisaties volgt. In tabel 2 is een overzicht opgenomen van de basisnormen van destijds en de normen die volgen uit economische optimalisatie;
- De verschillende vormen van grondgebruik zijn gekozen om te voorkomen dat ieder gevolg apart beschouwd (en uitgelegd) moet worden.

Voor bijzondere situaties is nog opgemerkt dat er soms een hogere norm opgelegd kan worden. Ook was er ruimte als de investeringen voor maatregelen niet in verhouding stonden tot de baten.

Deze basisnormen zijn vervolgens als werknormen vastgelegd het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) die uiteindelijk zijn vertaald in normen vastgelegd in provinciale verordeningen (invulling wordt gegeven aan de Waterwet waarin is vastgelegd dat de provincies normen bepalen met betrekking tot de gemiddelde kans per jaar op overstromingen die ontstaan door het buiten de oevers treden van regionale wateren).

In 2011 is op basis van evaluaties van de toepassing van de werknormen duidelijk geworden dat het wenselijk was om de toetsingen frequent te herhalen zodat rekening gehouden kan worden met nieuwe kennis, maar ook met klimaatverandering. Later zijn vertaald naar eisen in provinciale verordeningen. In 2011 is ook door de STOWA een werkwijze opgesteld voor de toetsing van watersystemen in de aanpak van waterschappen meer te uniformeren.

Tabel 19 Ontwikkeling normen voor provinciale normering wateroverlast.

Normklassen gerelateerd aan grondgebruikstypen	Minimale norm WB21ste eeuw ¹⁴	Basisnorm [1/jr] Kerngroep Normering Wateroverlast	Werknormen NBW ¹⁵
Grasland	1/1 (0% maaiveldcriterium)	1/10 (5% maaiveldcriterium)	1/10 (5% criterium)
Akkerbouw	1/10	1/25	1/25 (1% criterium)
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1/20	1/50	1/50 (1% criterium)
Glastuinbouw	1/20	1/50	1/50 (1% criterium)
Bebouwd gebied (extensief)	1/50	1/100	1/100
Bebouwd gebied (gemiddeld)		1/500	
Bebouwd gebied (intensief)		1/1000	

Riolering en stedelijk watersysteem

(Zie www.riool.net).

Als er in korte tijd veel neerslag valt, en als dat niet kan worden afgevoerd, kan er overlast ontstaan. Met name in stedelijk gebied kan er zo water op straat, in tunnels en uiteindelijk gebouwen komen te staan.

De riolering heeft tot doel om afvalwater af te voeren maar kan, in samenspel met stedelijk watergangen, ook overtollig regenwater afvoeren. Water op straat wordt gezien als hinderlijk maar acceptabel als nog aan hevige bui het enkele uren op straat staat. De capaciteit van de riolering, en de afstroming via maaiveld naar open water, is dan onvoldoende om dit water af te voeren. Het vergroten van deze afvoercapaciteit vraagt zeer grote investeringen waarbij de baten klein zijn. In de praktijk worden rioleringen ontworpen op basis van een maatgevende bui waarbij ongeveer eens in de 2 jaar water op straat kan komen te staan. De eisen variëren per gemeente en zijn vastgelegd in rioleringsplannen. Deze eisen zijn organisch tot stand gekomen uit het verleden (en daarom ook niet minder logisch). Impliciet is zal hierbij dus een afweging zijn gemaakt over de kosten opwegen tegen de baten, en of we dat als maatschappij ook aanvaardbaar vinden.

De overgang van hinder naar schade ontstaat als water huizen binnen stroomt, als afvalwater uit de riolering uitstroomt op straat en als belangrijke verkeersaders worden geblokkeerd. De eisen worden per gemeente vastgesteld. Er bestaan geen landelijke normen. Dat komt mede omdat de omvang van de hinder of schade ook altijd lokaal is.

¹⁴ Hoogwaternormering regionale watersystemen (juni 2000) in opdracht van de Commissie waterbeheer 21e eeuw (HKV en Alterra, 2000)

¹⁵ <https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130138/nbw-actueeldefinitief2506200.pdf>

In geval van knelpunten kan er wel breed worden gekeken naar oplossingsrichtingen. Zo kan gekeken worden naar het watersysteem en de riolering zelf maar ook naar de omgeving.

Ruimtelijke adaptatie

Zie 'Standaarden voor de stresstest wateroverlast' (DPRA, STOWA, RIONED 2020)

De ruimtelijke adaptatie is op de radar gekomen na aanleiding van klimaatverandering en via Deltaprogramma in beleid verankerd. Door klimaatverandering zien we nu al dat er vaker en meer neerslag valt, en in de toekomst zal dit nog verder toenemen.

De ambities van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA, 2017) zijn bedoeld om de negatieve gevolgen van klimaatverandering inzichtelijk te maken en vervolgens te komen tot een bewuste afweging over het al dan niet accepteren van wateroverlast / schade en een aanpak om met negatieve gevolgen om te gaan. De ambitie is om Nederland klimaatbestendig en waterrobuust in te richten. Wát klimaatbestendig en waterrobuust is is niet vastgelegd in normen, maar is afhankelijk van het proces en de gemaakte afspraken.

Om deze ambitie te realiseren zijn er drie onderdelen:

Een stresstest gericht op het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de leefomgeving en het vergroten van de vergelijkbaarheid. In de stresstest wordt ook gekeken naar de impact van een waterstand op functies en objecten. Er is een aparte stresstest voor wateroverlast (in stedelijk en landelijk gebied) en overstromingen.

- De stresstest voor wateroverlast sluit aan op de standaarden zoals de kennisbank van RIONED en de werkwijze van de NWB normering. In de standaard stresstest zijn enkele maatgevende buien (2 lokale buien van 1 uur en 1 van 2 uur, en 4 regionale buien van 48 uur) en initiële bodemcondities op basis van gemiddeld en gemiddelde hoogste grondwaterstand vormgegeven. Dit betreft een sterke vereenvoudiging van de beschrijving van een werkelijke gebeurtenis en geeft een indruk van de mogelijke overlast maar niet exact de kans van voorkomen van deze overlast (maar alleen van de bui). Dat komt omdat meerdere factoren bepalend zijn voor de mate van overlast. Interactie met doorbraken van regionale keringen is geen onderdeel.
- De stresstest voor overstromingen is niet uitgewerkt, hiervoor zijn wel kaarten beschikbaar.
- Een risicodialoog. Met de betrokken stakeholders (of vertegenwoordigers hiervan) worden de gevolgen besproken. Bepaald wordt welke gevolgen acceptabel zijn en welke niet. Vervolgens worden afspraken gemaakt over maatregelen, wie deze wanneer uitvoert en de financiering van deze maatregelen.
- Een uitvoeringsprogramma. Hierin worden de maatregelen daadwerkelijk gerealiseerd.

Voor de stresstest is een belangrijk uitgangspunt dat deze 'bovennormatief' is. Dat wil zeggen dat het gaat om knelpunten (blootstelling) aan de gevolgen van water terwijl het watersysteem dus voldoet aan de standaarden en normen. De ruimtelijke adaptatie is dus een aanvullend kader (zonder normen) bovenop de eisen die al zijn gesteld. Hiermee kunnen bijzondere objecten beter worden beschermd.

Opgemerkt wordt dat in de normeringen de lat veelal ook al hoger was gelegd dat puur op basis van de economische optimalisatie (en deze normeringen zijn dus het vertrekpunt zijn van ruimtelijke adaptatie). In de normering voor de primaire kering waren bijzondere objecten (kerncentrale, gasrotonde) al aanleiding was voor enkele trajecten om de normstelling te verhogen, en ook voor regionale keringen en regionale gebiedsneerslag zijn de normen vaak hoger bepaald in verordeningen dat 'technisch' uit het schadebeeld bleek.

Voorbeelden van uitwerkingen zijn ambities als in het convenant klimaatadaptief bouwen van de provincie Zuid Holland waarbij geen schade optreedt aan gebouwen en voorzieningen bij een 1/250 per jaar neerslaggebeurtenis. In dit convenant zijn ook eisen opgenomen aan de gevolgen van overstromingen gericht op eisen aan gebouwen, schade voorkomen, vitale objecten en schuilmogelijkheden.

Bij deze eisen is niet gekeken naar de kans van voorkomen, dus zelfs als de kans van voorkomen heel klein is dan zijn deze maatregelen nodig. Hiermee wordt de keuze neergelegd bij het opstellen van de gevolgsenario's, want een extremer gevolg is natuurlijk altijd mogelijk.

Bijlage B: Kritische uitvalhoogtes



Uitval vitale en kwetsbare objecten

Dorien Honingh,
Laura de Vries,
Marit Zethof,
Bas Kolen,
Durk Klopstra

Managementsamenvatting

Voor u ligt een inventarisatie naar de uitval van vitale en kwetsbare functies bij wateroverlast. Deze inventarisatie is uitgevoerd op verzoek van de Beleidstafel Hoogwater en met het NKWK (Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat) in het achterhoofd. Eén van de aanleidingen voor het maken van dit overzicht is het hoogwater van Limburg in 2021 en bijbehorende onderzoeken naar bovenregionale neerslaggebeurtenissen. Dit document geeft een overzicht van (bij ons) beschikbare kennis over uitval van vitale en kwetsbare functies, waarbij in hoofdlijnen de sectoren zoals gedefinieerd in het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) zijn aangehouden. De gebruikte literatuur bestaat uit parate studies, onderzoeken en projecten, waarbij geen uitgebreide aanvullende literatuurstudie is uitgevoerd. Zo is o.a. naar de Pilotstudies van Kennisportaal Klimaat-adaptatie gekeken, dit zijn Vitale & Kwetsbare functies in de IJsselVecht delta, Botlek Waterveiligheid, Amsterdam Waterbestendig Westpoort, Meerlaagsveiligheid Eiland van Dordrecht. Een volledig overzicht van de studies is te vinden in de literatuurlijst, aangevuld met een lijst met de geraadpleegde literatuur die niet als bron geland zijn.

In deze studie wordt gekeken naar uitval door directe blootstelling aan wateroverlast (neerslag en overstromingen). Netwerkeffecten (ook wel keteneffecten of cascade-effecten) worden enkel benoemd in de analyse, maar deze zijn niet in detail onderzocht of in kaart gebracht.

Netwerkeffecten kunnen er voor zorgen dat een object buiten getroffen gebied uitvalt door wateroverlast elders. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan elektriciteitstoevoer en de bereikbaarheid van een ziekenhuis (vitaal object).

Energie, ICT & telecom

Een belangrijke schakel in het netwerk van vitale en kwetsbare functies is het elektriciteitsnetwerk. Dit netwerk, bestaande uit meerdere niveaus, heeft een hoge mate van afhankelijkheid van de telecomsector en visa versa. Voor elektriciteit is het uitvalgebied bij wateroverlast/ overstromingen vrijwel gelijk aan het overstroomd gebied waar de diepte meer is dan 30cm. Verdere uitval komt op enkele lokale uitzonderingen na vrijwel niet voor door redundantie, wat inhoudt dat indien een beperkt aantal knooppunten uitvallen het netwerk (deels) kan door functioneren.

Het hoogspanningsnet is vanwege aanrakingsgevaar geïnstalleerd op een minimale hoogte van 2,5 m en is daarmee voor overstromingen het minst kwetsbare onderdeel van het netwerk.

Voor zendmasten van telecom wordt ook deze 20 cm waterdiepte aangehouden voor uitval. Dit geldt ook voor zowel de publieke aanbieders als de C2000 hulpdienst-communicatielijnen.

Managementsamenvatting

Gezondheid en veiligheid

In Nederland liggen ongeveer 75% van de circa 185 ziekenhuislocaties in een gebied waar sprake is van overstromingsrisico. Ziekenhuizen blijken kwetsbaar voor uitval van de stroom- en gasvoorziening en de bijkomende beschikbaarheid en inzetbaarheid van noodaggregaten. Daarnaast zijn ze kwetsbaar voor uitval van de drink- en afvalwatervoorziening en de bereikbaarheid voor personeel, patiënten, bevoorrading en evacuatie. Ook buiten ziekenhuizen kunnen (dodelijke) slachtoffers vallen door overstromingen, zoals gebeurd in de zomer van 2021 in Duitsland en België. Met name in hellende gebieden is het risico hierop verhoogd, vanwege hoge stroomsnelheden. Ondanks dat er in Nederland geen directe dodelijke slachtoffers waren ten gevolge van de overstromingen, blijken er wel indirecte slachtoffers. Zo blijkt er grote oversterfte te zijn in een verzorgingstehuis in Valkenheim, die o.a. kan worden toegewezen aan lange termijn effecten van overplaatsen en gebrek aan continuïteit in de zorg.

Veiligheidsrisico bij overstromingen door chemische en nucleaire stoffen blijkt in Nederland beperkt. Zo moeten BRZO bedrijven sinds 2015 maatregelen treffen tegen overstromingsrisico's. Ook vormen bijvoorbeeld laboratoria bij een overstroming een verwaarloosbaar klein risico voor mens en milieu.

Waterhuishouding – afvalwater & waterveiligheid

In de afvalwaterketen is de kwetsbaarheid hoog door de lage ligging van rioolgemalen. Deze zijn immers laag gesitueerd doordat zij onder vrij verval het verzamelde water moeten afvoeren of verpompen. Ook gemalen blijken vaak binnendijks op maaiveldniveau geplaatst te zijn, waardoor ze zeer snel uitvallen bij wateroverlast op maaiveld. Het voorkomen van uitval, bijvoorbeeld door het gemaal op de dijk te plaatsen, blijkt doelmatiger dan te investeren in structurele extra capaciteit of noodpompen.

Waterhuishouding – drinkwater

In het geval van overstromingen kunnen verschillende elementen in de drinkwaterketen overstromen en daardoor uitvallen, zoals winningslocaties, voorzuiveringen, productiepompstations, distributiepompstations en aanjagers in het distributienet. Door zetting kunnen ook leidingen breken. Knelpunt hierbij wordt gevormd door de pompstations, die automatisch uitschakelen bij enige vorm van overstroming (>0 cm water).

Managementsamenvatting

Natuur en landbouw

Buiten bebouwd gebied kunnen overstromingen ook een flinke impact hebben. Voor de landbouw is niet zozeer de inundatiediepte, maar inundatieduur, gewas en timing in het jaar relevant. De veehouder is verantwoordelijk voor het evacueren van zijn vee, maar moet hierin gefaciliteerd worden door de lokale overheid.

In de natuurlijke omgeving hebben overstromingen zowel invloed op water als land, flora en fauna. Vervuiling in de waterlopen geeft risico's voor verstikkingsgevaar voor waterdieren en gebrek aan licht voor waterplanten. Naast effecten in het watersysteem zelf brengt wateroverlast ook flora en fauna op het land in gevaar. Dieren vluchten en planten die normaal hoog en droog staan krijgen ineens natte voeten.

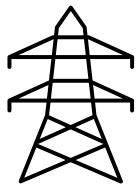
Infrastructuur

De Nederlandse infrastructuur is op te delen in vier categorieën: wegverkeer, luchtvaart, spoor, en vaarverkeer. Elk type vervoer blijkt eigen knelpunten te hebben wanneer het aankomt op wateroverlast. Regulier wegverkeer kan al snel niet meer veilig gebruik maken van een weg, al bij minder dan 10 cm water is een weg niet meer veilig begaanbaar. Calamiteitenverkeer kan indien nodig langer gebruik maken van de weg.

Ook spoorwegen zijn gevoelig voor wateroverlast. Naast het spoor, dat gevoelig is voor overstromingen door afschuiven en vervuiling, is de verkeerspost gevoelig voor overstroming. Luchtvaart valt ook snel uit bij water op start- en landingsbaan. Het vaarverkeer heeft met name last van hoogwater i.v.m. beperkte doorvaarthoogtes.

Lering

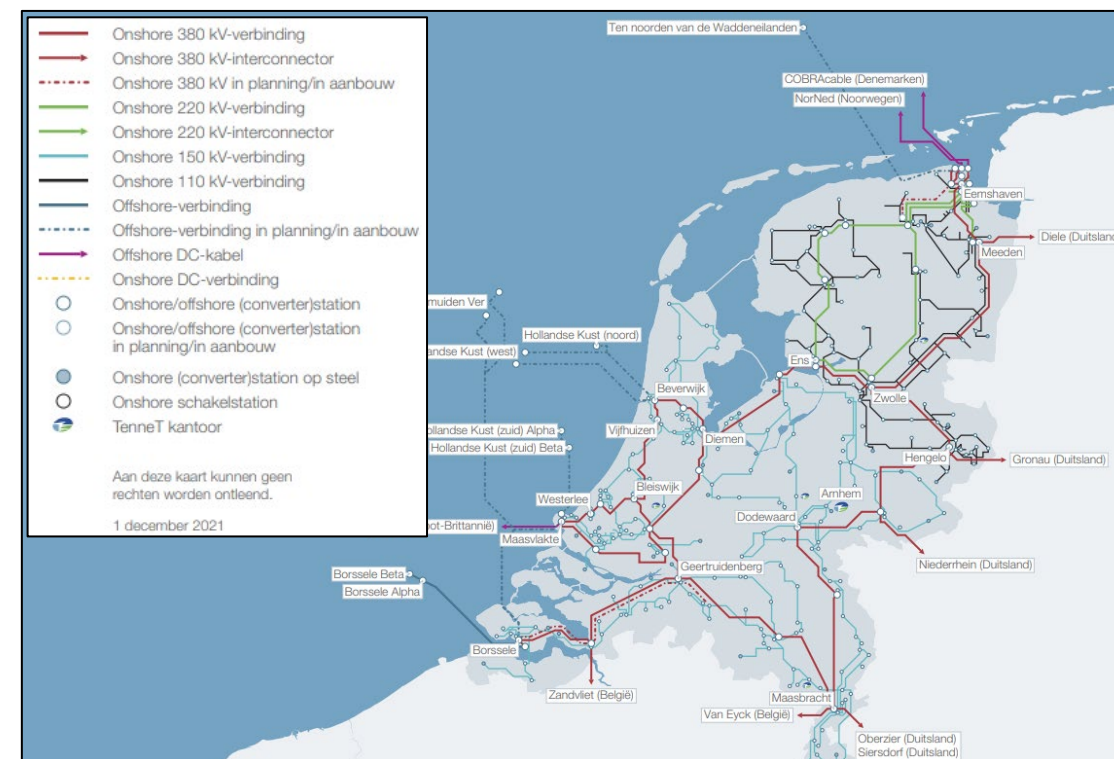
Op basis van de bekende literatuur blijkt dat slechts voor een beperkt aantal kwetsbare & vitale objecten een eenduidige kritieke uitvaldiepte bekend is. Voorschriften, richtlijnen en inventarisaties zijn vaak slechts omschrijvend. Voor de objecten waarvoor geen algemene gegevens zijn, wordt op basis van expertinschattingen aangeraden uitval van een object aan te nemen bij een waterdiepte van 20 cm.

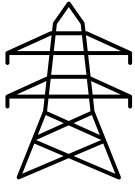


Energie

	Kritieke waterdiepte [m]
Elektriciteit	
Hoogspanningsnet (220 kV & 380 kV)	Minimale hoogte van 2,5 m boven maaiveld
Regionale transportnetwerk (150 kV & 110 kV)	Zeeland: 2,5 m (valt eerder uit vanwege kans op elektrocutie)
Distributienet (10 kV, 20 kV & 50 kV)	Betreft ondergrondse kabels, die alleen kwetsbaar zijn bij de aansluitpunten, wat de onderstaande schakelstations betreft.
Schakelstations	MRA: drempelhoogte > 50 cm Zeeland: 20-80 cm Friesland & Groningen: verdeelstations 150 cm, wijkcentrales 60 cm en wijkkasten 30 cm Deltares (2020): 40 cm
Aardgas	
Compressor-, meet- en regelstations	Maaiveld
Leiding bij onvoldoende druk	30 cm
Gaswinning	1- 1,5 m
Olie	
BRZO-bedrijven	Hoge drempel inrichting

De stroomvoorziening en vaste internet-, bel- en televisieverbindingen zijn tijdens het hoogwater in 2021 in Limburg op verschillende locaties uitgevallen. Dit had impact op circa 6.000-7.000 huishoudens. Binnen enkele dagen was de stroomvoorziening weer hersteld. Naast de vaste aansluiting was er ook een tijdelijke dip in de dekking van het mobiele netwerk. Dit kwam doordat er problemen waren bij vijf masten als gevolg van overstroming of stroomuitval. Door 'tunen' van de overgebleven masten kon de volledige dekking snel weer hersteld worden. (ENW, 2021)





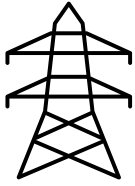
Energie

Elektriciteit

Het transport en distributienetwerk voor elektriciteit bestaat uit het nationale netwerk van Tennet (hoogspanning: 220 kV & 380 kV en bestaand uit hoogspanningsmasten en schakelstations), daarnaast zijn er beheerders waaronder Liander van het regionale netwerk en distributienetwerk (middenspanning: 110 kV & 150 kV en laagspanning: 10 kV, 20 kV & 50 kV bestaande uit kabels, schakelstations en transformatoren). Het open gedeelte van het nationale netwerk van 220 kV & 380 kV (Ministerie I&M, 2011) ligt minimaal op 2.5 m hoogte vanwege aanrakingsgevaar en zijn daardoor niet kwetsbaar voor overstromingen. Overige elementen, waaronder schakelstations, zijn kwetsbaar vanwege zowel de hoogte als de afhankelijkheid van telecomsector en visa versa. (Dassen & Arts, 2017)

Het elektriciteitsnetwerk is bovendien erg redundant. Bij uitval kan de impact worden beperkt door een alternatieve aanvoerroute van stroom. Dit omdat de middenspanning (die kan uitvallen bij een overstroming) meestal is aanlegt in een ring, met voeding via twee kanten. Het station met een probleem kan dan door een "knip" afgekoppeld worden terwijl de rest kan door functioneren. Hierdoor zal stroomuitval veelal beperkt worden tot het overstroomde gebied. (Defacto & Generation Energy, 2019)

Er zijn in verschillende projecten op regionale schaal kritische waterdieptes benoemd. Zo wordt voor elektriciteit binnen de Metropoolregio Amsterdam een drempelhoogte van 50 cm benoemd als minimale droge voeten hoogte (MUST, 2018). Voor Zeeland wordt een kritische diepte voor laagspanningsassets in de range van 20 tot 80 cm benoemd (Nelen & Schuurmans, 2018) en voor secundaire meet- en regeltechniek die zich op een hoogte van 2,5 m bevindt, is de kritische uitvaldiepte lager vanwege een veiligheidsmaatregel omdat zout water stroom geleidt (Terpstra, Heuvel, Papenburg, & Buijs, 2022). In de impact analyse voor vitale en kwetsbare objecten in Friesland en Groningen wordt een kritische uitvalhoogte van 150 cm voor verdeelstations, 30 cm voor wijkkasten, C2000 en telecommasten en 60 cm voor wijkcentrales benoemd (Zethof, Honingh, & Kolen, 2021). Bij deze waardes wordt een onzekerheid van 20 cm benoemd. De overige objecten zijn verondersteld uit te vallen bij 20 cm waterdiepte (Zethof, Honingh, & Kolen, 2021). Binnen Deltares (2020) is verondersteld dat deze drempelwaarde 40 cm betreft.



Energie

Aardgas

Indien een landelijke overstroming dermate groot is dat meer dan 3 cruciale stations van de NAM uitvallen of van de Gasunie van zal de levering van G-Gas (Gronings gas) tot stilstand komen (Compressor stations, export stations, meng stations, stikstof fabrieken etc. Sommige stations hebben een back-up maar het aantal is beperkt (vanwege de kosten) en de installatie van deze back-up vergt tijd). (HKV, 2013)

Het landelijke transport en distributie netwerk bestaat uit:

- leidingen (~15500 km),
- compressorstations en reel stations (22),
- export stations (14),
- mengstations (19),
- meetstations (93),
- gasontvangstations (1300),
- LNG-opslagen (2),
- luchtscheidingsinstallaties (2),
- een ondergrondse gas- en stikstof opslag faciliteit.

De compressor-, meet- en regelstations staan veelal op maaiveld en zijn daardoor kwetsbaar voor overstromingen vanwege veelal elektrische besturing (Dassen & Arts, 2017). De levering van voldoende gas voor huishoudelijk gebruik via het hoofdtransportnetwerk loopt geen gevaar, ook niet als de druk wat afneemt wordt door uitval van enkele compressorstations. De mogelijkheid om het systeem te sturen en te bemeten kan wel uitvallen door uitval van meet- en regelstations.

Het distributienetwerk is zeer kwetsbaar voor overstromingen. Bij meer dan 30 cm water op straat is er kans dat water in de gasleiding (lage druk) loopt en daarmee een waterslot veroorzaakt. Mogelijk moet het leidingennetwerk vervolgens afgeschreven worden. Herstel van het systeem duurt lang, omdat elk huis gecontroleerd moet worden. (Ministerie I&M, 2011)

Tenslotte kan de benodigde energievoorziening voor gaswinning functioneren tot een overstromingsdiepte van 1 tot 1.5 meter. Bij grotere dieptes kan met free-flow nog gas worden gewonnen. De capaciteit van free-flow is echter kleiner, daarnaast is er voorbereidingstijd nodig om de installatie geschikt te maken voor free-flow. (van Veen & Kolen, 2005)

Olie

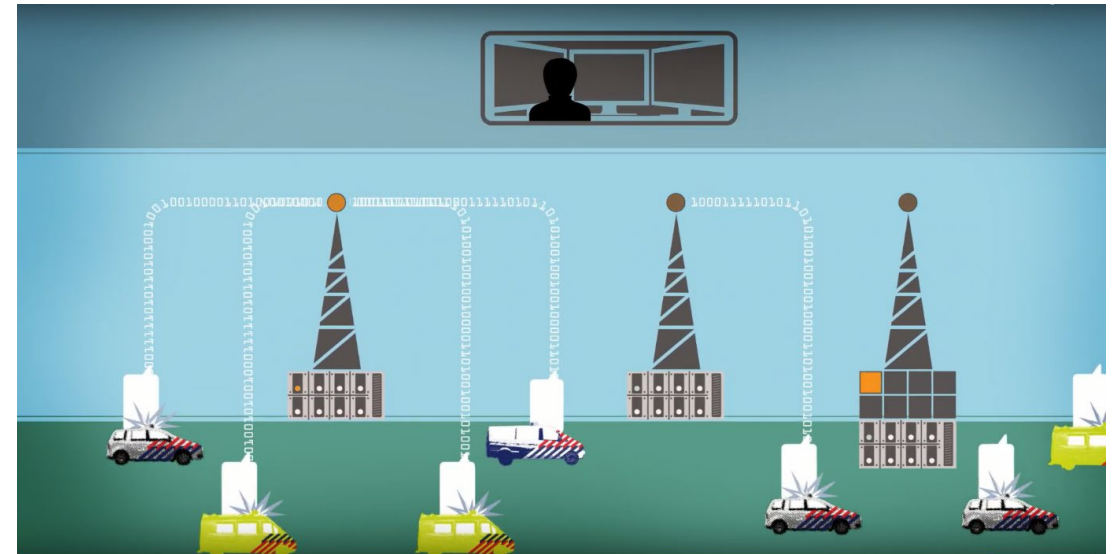
Een deel van de olie bedrijven valt onder BRZO+ (besluit risico's en zware ongevallen) en dient te voldoen aan de BRZO-maatregelen (hoge drempel inrichting). De olievoorziening dient voldoende bedrijfszeker te zijn om bij een overstroming vitale en kwetsbare functies in stand te houden. Doorfunctioneren in overstroomd gebied is niet aan de orde. (Dassen & Arts, 2017)



ICT & Telecom

	Kritieke waterdiepte [m]
Hulpdiensten	
112	Maakt gebruik van publieke netwerk. Ligging op maaiveld, aangenomen uitval bij 20 cm waterdiepte
C2000	
- Zendmasten	Aangenomen uitval bij 20 cm waterdiepte.
- Datacenter	Niet overstroombaar
Publieke netwerk	
Schakelcentrales	Ligging op maaiveld, aangenomen uitval bij 20 cm waterdiepte
Rampenzenders (provinciale omroepen)	Geen specifieke waterdiepte benoemd, maar wel dat 5 a 6 rampenzenders onder NAP gebouwd zijn.
Telecomnetwerk	
Kasten voor straalverbindingen en het gsm-netwerk	Ligging op maaiveld, aangenomen uitval bij 20 cm waterdiepte

De stroomvoorziening en vaste internet-, bel- en televisieverbindingen zijn tijdens het hoogwater in 2021 in Limburg op verschillende locaties uitgevallen. Dit had impact op circa 6.000-7.000 huishoudens. Binnen enkele dagen was de stroomvoorziening weer hersteld. Naast de vaste aansluiting was er ook een tijdelijke dip in de dekking van het mobiele netwerk. Dit kwam doordat er problemen waren bij vijf masten als gevolg van overstroming of stroomuitval. Door 'tunen' van de overgebleven masten kon de volledige dekking snel weer hersteld worden. (ENW, 2021)



AmbulanceZorg (2020)



ICT & Telecom

Hulpdiensten

De communicatie met en tussen hulpdiensten middels 112 en C2000 is bestempeld als vitaal. Het communicatiesysteem C2000 bestaat uit een apart gesloten netwerk van zo'n 600 zendmasten en een datacenter. De locatie van het datacenter is zo gekozen dat deze niet kan overstromen. Bij uitval de stroom toevoer van een zendmast kan deze tijdelijk door functioneren op basis van een batterij (Koninkrijksrelaties, 2009).

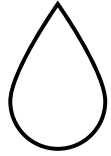
Het communicatiesysteem 112 maakt gebruik van de zendmasten van de publieke aanbieders. Voor de zendmasten geldt hetzelfde als de zendmasten van C2000. De beleidsambitie voor de noodcommunicatie is om 'zo goed' mogelijk door te functioneren met de in die situatie beschikbare capaciteiten en de mogelijkheden en gegeven de op dat moment heersende omstandigheden. (Dassen & Arts, 2017)

Publiek netwerk

Het netwerk zelf bestaat voor het grootste gedeelte uit vaste bekabeling met voor sommige verbindingen tussen zendmasten een draadloos deel. Vooral de schakelcentrales zijn kwetsbaar vanwege de ligging op maaiveldhoogte. Verder kan na een overstroming vervanging van de bekabeling nodig zijn. Vijf a zes rampenzenders zijn onder NAP gebouwd (Ministerie I&M, 2011).

Hulpdiensten

Het telecomnetwerk kent een hoge dichtheid en kent een hoge redundantie doordat het netwerk uit verschillende providers en knooppunten met ringen bestaat. Zolang er een beperkt aantal knooppunten uitvallen, kan het netwerk (deels) door functioneren. Het systeem is afhankelijk van elektriciteit en daarom voorzien van noodaggregaten. De kasten voor straalverbindingen en het gsm-netwerk bevinden zich op maaiveldhoogte, deze zijn wel te vervangen na een overstroming. Deze apparatuur zou in theorie hoger geplaatst kunnen worden, maar vraagt een afwijkend ontwerp (standaard ontwerp voldoet niet). Alleen het laatste deel van het gsm-netwerk is draadloos en de rest van de verbindingen (ook vaste telefonie) is bedraad en valt uit bij een overstroming. Nadat het gebied weer droog is, moet de bekabeling worden vervangen. (Ministerie I&M, 2011)

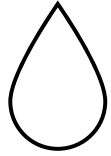


Waterhuishouding

	Kritieke waterdiepte [m]
Waterketen	
Drinkwater	
- Zuiveringen	Mogelijk problemen bij menging met vervuild of zout water.
- Pompstations	Bij waterdieptes >0cm automatisch uitgeschakeld.
Afvalwater	
Leidingen	Uitval door zettingen
Kunstwerken	
Gemalen	Aangenomen uitval bij > 20 cm
Sluizen	
Keringen/kunstwerken	

Na een explosie in de waterzuivering in Raalte kon het afvalwater niet meer worden verwerkt (NOS, 2012), hierdoor was het waterschap genoodzaakt om met tankwagens afvalwater uit de riolering te halen. Ondertussen werd gewerkt aan herstelmaatregelen, waarbij de eerste prioriteit uitging naar het herstel van elektriciteit om het zuiveringsproces weer op te starten. (Transport-online, 2012)

Dit betreft geen situatie met uitval ten gevolge van wateroverlast, maar resulteert wel in vergelijkbare gevolgen en herstelwerkzaamheden. In dit geval blijkt een hoge mate van redundantie.



Waterhuishouding

Waterketen - drinkwater

Kwetsbare objecten in het drinkwater systeem zijn pompstations (inclusief hun stroomvoorziening, o.a. vanwege pompen naar 3^{de} verdieping en hoger) en waterbuffers in gebieden die drinkwater bereiden uit oppervlaktewater (i.v.m. verontreiniging).

Drinkwaterwinning en pompstations hebben onvoldoende capaciteit en zijn onvoldoende met elkaar verbonden om uitval onderling op te kunnen vangen. (Ministerie I&M, 2011)

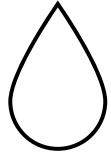
VB. Het innamepunt en mengbekken van Drinkwaterbedrijf Groningen is het enige station van Nederland waar drinkwater uit oppervlaktewater wordt gewonnen.

Drinkwaterbedrijf Groningen heeft aangegeven dat bij een overstroming het innamepunt en mengbekken zeker een aantal maanden buiten bedrijf zal zijn. De drinkwatervoorziening voor Groningen is daarbij niet in geding, omdat ze kunnen overgaan op grondwaterwinning (hoewel een aantal pompstations ook getroffen zullen worden). (HKV, 2022)

Drinkwaterpompstations kunnen op afstand uitgeschakeld worden, maar de automatisering staat op maaiveld en is daarmee kwetsbaar. Daarnaast bevinden schakelkasten zich in veel gevallen op of onder maaiveld (in kelders). Daarmee is het systeem kwetsbaar. (HKV, 2016)

De studie van het RIVM (2018) geeft aan dat pompstations die worden getroffen door een overstromingsdiepte van meer dan 0 cm automatisch uitschakelen. Bovendien wordt er vanuit gegaan dat pompstations elkaars productie niet kunnen overnemen (gebrek aan redundantie). Lokaal is dit op enkele locaties mogelijk, maar hier kan landelijk niet van uit worden gegaan. In praktijk zijn er geen casussen bekend waarbij uitval van een pompstation tot (problematische) uitval van de levering heeft geleid.

In geval van een verstoring (zoals een overstroming) moet het waterleidingbedrijf nooddrinkwater (buiten het net om) leveren op de daartoe aangewezen distributiepunten en/of zich inspannen om noodwater (water dat niet geschikt is om te drinken) te leveren voor een periode van 10 dagen (Dassen & Arts, 2017). Om dat te kunnen garanderen moeten drinkwaterpompstations voor minsten tien dagen van noodstroom worden voorzien (wettelijk vereiste). Daarna kan de toevoer van diesel een probleem zijn door beperkte bereikbaarheid, en valt de noodstroom mogelijk uit. Bij afnemende leidingdruk als gevolg van schade aan netwerkkonderdelen kan nog drinkwater worden geleverd. Er ontstaan echter gezondheidsrisico's wanneer drinkwater besmet raakt door instroom van vervuild water en slib. (Terpstra, Heuvel, Papenburg, & Buijs, 2022)



Waterhuishouding

Waterketen – afvalwater

De kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen is hoog door de lage ligging van rioolgemalen. Deze zijn immers laag gesitueerd doordat zij onder vrij verval het verzamelde water moeten verpompen. Daarnaast zijn afvalwaterzuiveringsinstallaties vaak dicht bij open water gesitueerd, waardoor de kwetsbaarheid toeneemt. Er kan worden aangenomen dat 60% van de ruim 16.000 rioolgemalen en bijna 350 afvalwaterzuiveringen in gebieden met een overstromingsrisico liggen. (Dassen & Arts, 2017)

In de Pilot Amsterdam Waterbestendig Westpoort wordt ook benoemd dat bij een overstroming de zuivering stil komt te liggen o.a. door het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening. Indien dit opgevangen kan worden met boostergemalen, dan zal het afvalwater de haven vervuilen.

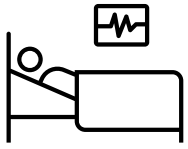
Kustwerken

Kwetsbare objecten in het waterkwantiteitsbeheersysteem zijn de poldergemalen die polderwater op de polderboezems lozen en boezemgemalen die op buitenwater lozen. Met name gemalen die binnendijks (op maaiveldniveau) zijn gebouwd kunnen beschadigd en buiten werking raken bij een overstroming.

Daarnaast worden de meeste gemalen elektrisch aangedreven, waardoor ze afhankelijk zijn van elektriciteit. Wel beschikken de meeste gemalen over een back-up voorziening die op diesel functioneert. (Ministerie I&M, 2011)

Tijdens en na een overstroming is in praktijk een groot deel van de gemaalcapaciteit die het water wegpompt richting het buitenwater niet beschikbaar omdat deze gemalen tijdens de overstroming onder water komen te staan. Alleen de gemalen die zo geplaatst dat deze droog staan (bijvoorbeeld op de dijk) kunnen ten tijde van wateroverlast doorfunctioneren. Het voorkomen van uitval van gemalen is doelmatiger dan het investeren in structurele extra capaciteit of noodpompen (deze zijn moeilijk ter plekke te krijgen). (Dassen & Arts, 2017)

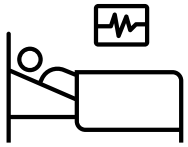
In Zethof, Honingh & Kolen (2021) is vanwege een drempelhoogte voor uitval van gemalen van 20 cm verondersteld.



Gezondheid

	Kritieke waterdiepte [m]
Ziekenhuizen	
Noodaggregaat	Afhankelijk van plaatsing: enkele decimeters.
Cilinders (gasflessen)	Afhankelijk van plaatsing: enkele decimeters.

Leidingen voor stroom, medische gassen, water, etc. zijn bij veel ziekenhuizen laag gelegen. Zo ook in het UMC Groningen, waar deze allemaal in de tunnel (kelder) onder het ziekenhuis door lopen. Ondanks dat de leidingen aan het plafond zijn bevestigd, staan de installaties die deze voeden wel op de grond. Hierbij is rekening gehouden met enig waterbezwaar: de installaties staan op poten en zijn een paar centimeter verhoogd. Dit is daarom vooral waterbezwaar door breken van (interne) waterleidingen. Een hevigere overstroming zullen de installaties niet tegen bestand zijn. Naast het uitvallen van de installaties speelt de tunnel een belangrijke rol in de logistiek van het ziekenhuis. Bovendien ligt de aansturing van de energiecentrale in het diepste punt in de tunnel. Als water in de parkeergarage stroomt kan het ook in de tunnel stromen. De parkeergarage kan met aanvullende maatregelen wel worden ingezet als buffer om de tunnel te beschermen. Hierover zijn nog geen besluiten genomen om dit daadwerkelijk te realiseren. (HKV, Bespreekverslag Quick Scan Overstromingsrisico Ziekenhuizen UMCGroningen, 2017)



Gezondheid

In Nederland liggen ongeveer 75% van de circa 185 ziekenhuislocaties in een gebied waar sprake is van overstromingsrisico (Dassen & Arts, 2017).

Het Ministerie voor I&M (2011) stelt dat ziekenhuizen met name kwetsbaar zijn voor:

- Uitval van de stroom- en gasvoorziening en de bijkomende beschikbaarheid en inzetbaarheid van noodaggregaten.
- Uitval van de drinkwatervoorziening.
- Uitval van de afvalwatervoorziening.
- Bereikbaarheid (Personeel, Patiënten, Bevoorrading, Mogelijkheid tot evacuatie).

De kans op uitval van een ziekenhuis wordt aanzienlijk bepaald door indirecte effecten van overstromingen elders. Hierbij is het belangrijk om te kijken naar: medische voorraden, centra voor sterilisatie, ICT en dataopslag (i.v.m. patiëntendossier), medicijnen en voedsel, medische gassen, aanvoer van energie/nutsvoorzieningen, aansluitmogelijkheden voor diesel voor noodgeneratoren. (HKV, Synthese quick-scan ruimtelijke adaptatie voor ziekenhuizen, 2017)

Regelmatig blijkt dat de noodaggregaat van ziekenhuizen in de kelder is geplaatst. Water zal zich hier verzamelen als het in het gebouw staat. Dat de aggregaat op pootjes staat zal niet veel uitmaken. Mocht de aggregaat niet uitvallen dan is de voorraad brandstof vaak beperkt en is bijvullen lastig omdat een tankwagen de locatie moet bereiken en de aansluiting mogelijk onder water zit. Bij hogergelegen noodaggregaten is plaatsing van het object op pootjes (i.v.m. bluswater) mogelijk wel nuttig.

Naast stroomvoorziening zijn in ziekenhuizen medische gassen zoals zuurstof van belang. De aanvoer en opslag van deze middelen moet gegarandeerd blijven.



Veiligheid

	Kritieke waterdiepte [m]
Chemisch en nucleair	
Chemie	Er worden maatregelen getroffen n.a.v. besluit risico's en zware ongevallen (BRZO)
Nucleair	Waterrobuustheid wettelijk belegd bij de ANVS
Infectieuze stoffen inclusief genetisch gemodificeerde organismen	Verwaarloosbaar risico t.g.v. wet milieubeheer

Op 20 juli 2021 is een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd op de locatie Bergsche Maas waarbij is gekeken naar chemische verontreinigingen, microbiologie en troebelheid ten gevolge van de verontreinigingen door riool overstorten en erosie/afspoeling van landbouwpercelen bij de overstromingen in Limburg in de zomer van 2021. Uit de meetcampagne bleek dat de chemische verontreinigingen van veel stoffen erg laag was vanwege verdunning. (ENW, 2021)

Ook bij orkaan Katrina zijn er geen significante lange termijn effecten op de omgeving geconstateerd (Reible, Haas, Pardue, & Walsh, 2006).

Daarnaast wordt ook voor nucleair gekeken naar de impact, hiervoor is o.a. een vertrouwelijk onderzoek uitgevoerd voor de kerncentrale in Borssele (Horvat, 2022).

Een van de voorbeeld projecten waarin naar vitaal en kwetsbare objecten met veiligheidsbelangen is gekeken is binnen de Kennisportaal Klimaatadaptatie pilot Waterveiligheid Botlek. Hierbij is naar chemische bedrijven, tankopslag, olieraffinaderijen en nutsbedrijven gekeken. Dit is echter een vertrouwelijke rapportage.



Veiligheid

Chemie

In Nederland zijn 400 tot 500 BRZO-bedrijven (besluit risico's en zware ongevallen), voornamelijk gelegen in het Rijnmondgebied en overwegend op NAP+5 m gebouwd (Ministerie I&M, 2011). BRZO+ bedrijven moeten sinds 2015 het risico van een overstroming analyseren en maatregelen treffen om gevolgen te beperken. Hierbij wordt niet gekeken naar het door functioneren, maar naar het voorkomen van een milieuramp. Het toezicht op deze bedrijven verloopt via de omgevingsdiensten. Over het herstel bepaalt het bedrijf zelf. (Dassen & Arts, 2017)

Nucleair

In Nederland bevinden zich zes nucleaire installaties, met als hoofddoel voor beleid nucleaire veiligheid. Het toezicht (waaronder waterrobuustheid) is wettelijk belegd bij de ANVS. (Dassen & Arts, 2017)

Infectieuze stoffen inclusief genetisch gemodificeerde organismen

Uit onderzoek uit 2017 blijkt dat laboratoria bij een overstroming een verwaarloosbaar risico vormen voor mens en milieu. Via de wet milieubeheer is de gemeente toezichthouder. Het huidige beleid en de wet en regelgeving voldoen om ervoor te zorgen dat deze laboratoria waterrobuust opgezet zijn. (Dassen & Arts, 2017)

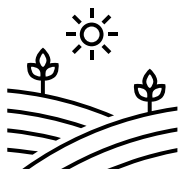
Crisisbeheersing

Lokaal inzet noodpompen indien (tijdig) beschikbaar, deze hebben een gemiddelde capaciteit 15 mm/d. (Zethof, Leenders, & Hagedooren, Impactanalyse Hoogwater Limburg, 2019)

Slachtoffers

De overstromingen in de zomer van 2021 in Limburg, België en Duitsland hebben in Duitsland en België direct tot dodelijke slachtoffers geleid, in Nederland niet. Juist in Limburg is dit bij een vergelijkbaar event niet uitgesloten vanwege het hellende gebied en de grote waterdiepten.

Ondanks dat er in Nederland geen directe dodelijke slachtoffers ten gevolge van de overstromingen waren, zijn er wel indirecte slachtoffers. Zo is bijvoorbeeld in 9 maanden het aantal inwoners van een verzorgingstehuis in Valkenheim van 82 inwoners afgenomen naar 36 bewoners, dit heeft betrekking op oversterfte. Deze oversterfte kan o.a. worden toegewezen aan lange termijn effecten t.g.v. overplaatsen en gebrek aan continue zorgverlening. (RODIN, 2022)

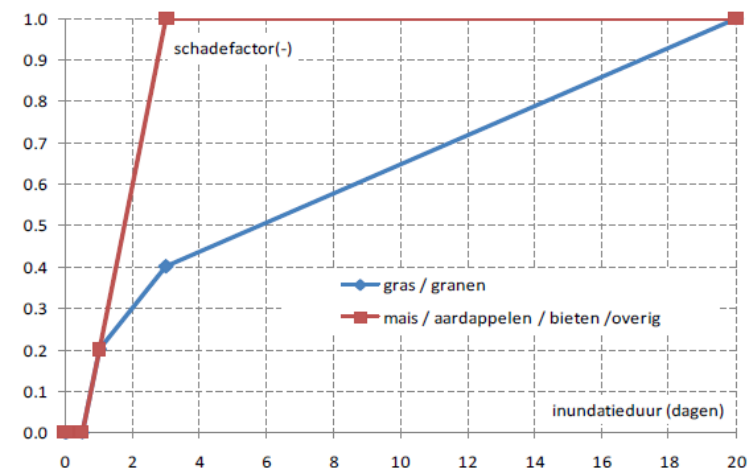


Landbouw

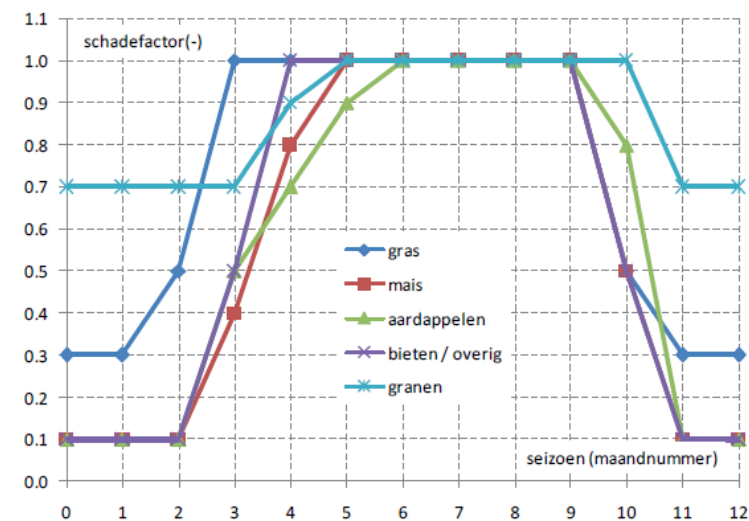
Voor het bepalen van de schade aan gewassen door wateroverlast is zowel inundatieduur als grondwaterstand van belang. Inundatiediepte blijkt een minder relevante factor. Bij de schadeberekening wordt onderscheid gemaakt in type gewas, aangezien de maximale schade voor gras en granen na 20 dagen pas bereikt wordt (volledig mislukte oogst) terwijl mais, aardappelen, bieten en overige gewassen al na 3 dagen de maximale schadefactor vanwege een volledig mislukte oogst bereiken. Naast het type gewas is ook het moment in het jaar relevant voor de schadefactor, aangezien een overstroming in de wintermaanden een veelal beperkte impact heeft ten opzichte van het voorjaar en de zomer. (Hoes, Nelen, & van Leeuwen, 2013; Bolt & Kok, 2000) Deze methode is herzien in STOWA (2018) waarbij juist naar de samenhang tussen grondwaterkarakteristieken en opbrengtdepressies wordt gekeken.

De zorgplicht voor vee en het evacueren van vee ligt primair bij de veehouder zelf. Echter moet de veehouder hierin gefaciliteerd worden door de lokale/ regionale overheid, waarvoor de procedure in gemeentelijke draaiboeken vastgelegd moeten worden. (IenW, 2020)

RELATIE SCHADEFACTOR EN INUNDATIEDUUR VOOR GEWASSEN



RELATIE SCHADEFACTOR EN SEIZOEN VOOR GEWASSEN



(Hoes, Nelen, & van Leeuwen, 2013)



Infrastructuur

	Kritieke waterdiepte [m]
Wegen	Trams en regulier verkeer vallen al uit bij <10 cm; calamiteitenvervoer tot zo'n 30 cm; aangepast verkeer hierboven nog mogelijk (o.a. brandweer niet meer mogelijk bij waterdiepte > 0,5 m).
Spoorwegen	Uitval verkeerspost of waterstand komt boven talud uit en/of afschuivingen en instabiliteiten plus vervuiling zorgen voor stilleggen treinverkeer.
Vaarwegen	Doorvaarhoogte: 9,10 m (oude norm) & 11,35 m (nieuwe norm)
Luchtvaart	>0cm

De maatschappelijke impact van uitval van bijvoorbeeld infrastructuur volgt uit het product van de uitvalduur, het aantal getroffen en de ernstfactor. Het wordt uitgedrukt in (miljoenen) getroffenendagen of uitgevallen gebruiksdagen. De indicator maakt het mogelijk om de impact van verschillende rampen op infrastructuur te vergelijken. (Kolen, Nicolai, Koeze & Valkenburg, 2019)

Daarnaast kunnen routes voor vervoer van hulpdiensten van en naar ziekenhuizen worden beperkt door wateroverlast, bv. doordat een tunnel vol water komt te staan. Er kan echter de afweging worden gemaakt of er extra geïnvesteerd moet worden in het vrijhouden van de tunnel zodat hulpdiensten tijdig bij een persoon in nood kunnen zijn, of dat er beter kan worden geïnvesteerd in aanschaf van extra middelen waarmee er in een 'normale' situatie zonder wateroverlast meer levens gered kunnen worden.

Een van de voorbeeld projecten waarin naar vitaal en kwetsbare infrastructuur is gekeken is binnen de pilot Waterveiligheid Botlek. Hierbij is naar de vitale functie van de A15 gekeken, maar ook naar objecten van regionaal belang zoals de bulkterminals, containeroverslag, stukgoedterminals en distriparken. Dit is echter een vertrouwelijke rapportage.



Infrastructuur

Wegen

Wegen kunnen worden geclassificeerd als 'begaanbaar' als er een maximale waterdiepte is van 10 cm. Bij waterdieptes tussen de 10 en 30 cm zijn wegen slecht tot niet meer begaanbaar voor gewoon verkeer in verband met het ontstaan van gevaarlijke situaties zoals het niet meer kunnen zien van het wegdek. Mits er stapvoets gereden wordt en er geen boeggolf wordt gecreëerd kan calamiteitenverkeer gebruik maken van de weg. Dit gaat zeker op voor de voertuigen van hulpdiensten die hoger op de wielen staan. Wegen met waterdieptes van 30 cm en meer zijn doorgaans onbegaanbaar (o.a. RWS, 2021). Aangepast wegverkeer (zoals vrachtauto's) kan tot maximaal 1 meter water functioneren (Ministerie I&M, 2011) en de brandweer tot 0,5 m (Deltares, 2019).

Luchtvaart

De luchtvaart zal verhinderd zijn als water op de start- en landingsbanen blijft staan. Voor neerslag situaties zijn deze zo ontworpen dat ze goed afwateren. Bij een overstroming geldt dit niet. Ook laden, lossen en bevoorrading moet ongehinderd van wateroverlast kunnen plaatsvinden. Als een ramp dreigt zullen maatschappijen hun toestellen aan de grond houden om schade te voorkomen.

Spoorwegen

Voor de datacenters van ProRail zal de impact van uitval altijd vrij laag zijn door redundantie, de functies kunnen door een ander datacentrum in Nederland worden overgenomen. De verkeerspost (beveiligingsinstallatie in de technische ruimte) kan bij een overstroming uitvallen. In de toekomst kan de kwetsbaarheid minder worden doordat meer van afstand bestuurd kan worden. Momenteel wordt er echter nog veel gebruik gemaakt van relais die lokaal bediend moeten worden. (Kolen, 2019)

Het spoor zelf is zeer kwetsbaar voor overstromingen. Taluds (die niet zijn ontworpen als waterkering) zullen afschuiven en het spoorbed zal vervuild raken. Dit kan ook leiden tot uitval van treinverkeer. Na verloop van tijd zullen alternatieve vervoerstromen tot stand komen. Goederen gaan naar andere havens en vervoer zal over de weg gaan. Ook zal de vraag en aanbod worden beïnvloed door de overstroming. Afhankelijk van de ligging van een getroffen gebied zal de impact van uitval groot zijn. Bijvoorbeeld Zwolle is een kritieke schakel tussen Noord en midden Nederland. (Kolen, 2019)



Infrastructuur

Vaarwegen

Hoogwater op het hoofdvaarwegennet als gevolg van hoge rivierafvoeren en de zeespiegelstijging leidt tot kleinere doorvaarthoogten bij bruggen. Met name containerschepen (die ook nog eens steeds vaker met 'high cube'-containers varen) hebben hier soms bij vaste bruggen last van. Ze kunnen hierdoor minder containers meenemen, wat leidt tot hogere vervoerskosten in de logistieke sector. Bij beweegbare bruggen zijn er vaker brugopeningen nodig, waarbij zowel het scheepvaartverkeer als het weg- en spoorverkeer vertraging oploopt. Dit is een raakvlak tussen het hoofdvaarwegennet en het hoofdwegennet. De hoogwaterproblematiek speelt op alle vaarwegen die niet gereguleerd zijn qua waterpeil. Dit betreft de Rijntakken, de Maas en de Rijn-Maasmonding. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021)

Voor bruggen geldt dat één te lage brug impact heeft op de hele corridor. Bovendien zijn bruggen vaak in dezelfde bouwperiode en onder dezelfde normhoogtes aangelegd, zodat aanpak van slechts één brug vaak niet toereikend is. In 2017 is, mede op verzoek van de binnenvaartsector, onderzocht of het kosten-baten-technisch haalbaar is om op sommige corridors de bruggen te verhogen naar een nieuwe norm: van 9,10 m naar 11,35 m.

Aanleiding is de toename van het aantal (30 cm hogere) high cube-containers in het internationale containervervoer. Uit de daaropvolgende studies is gebleken, dat dit niet haalbaar is en dat 9,10 m de vigerende hoogtenorm blijft. Wel moet nu bij nieuwe hoogwatergevoelige bruggen een 11,35 m-scenario worden onderzocht ten behoeve van een duurzame doorvaarthoogte. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021)

Betreffende de scheepvaart moet de impact enigszins in perspectief worden geplaatst: zelfs in jaren met zeer hoge afvoeren blijft de containervaart doorgang vinden, zij het met minder lagen. Er moet vaker of met meer schepen worden gevaren om dezelfde vervoersprestatie te leveren. Dit betreft circa 6 extra scheepsladingen in een gemiddeld jaar nu, tot maximaal 40 extra scheepsladingen in Wh 2085 (T=50). Dit is een klein risico dat niet in verhouding staat tot de grote investeringen die nodig zouden zijn om bestaande bruggen te verhogen. Dat is dan ook de reden, dat er weinig maatregelen zijn opgenomen voor hoogwater. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021)



Natuur, recreatie erfgoed en toerisme

Natuur

Door overstroming kunnen waterlopen vervuild raken met modder en (organisch) afval. Dit veroorzaakt verstikkingsgevaar voor waterdieren en gebrek aan licht voor waterplanten. Deze effecten komen bovenop eventuele vervuiling door schade aan huizen, fabrieken, etc. Naast effecten in het water / in de waterlopen zelf brengt hoog water ook habitats van flora en fauna op het land in gevaar. Dieren vluchten en planten die normaal hoog en droog staan krijgen ineens natte voeten.

Recreatie

Recreatiegebied kan beschadigd raken door wateroverlast en zo dus (tijdelijk) niet toegankelijk zijn. Daarnaast worden in Amsterdam rondvaartboten en andere recreatievaart beperkt (Groot, Honingh, Huizinga, Oosterhoff & Zandvoort, 2019).

Toerisme

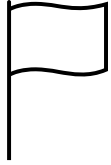
Direct na een ramp kan er sprake zijn van ramptoeurisme, waarna toerisme uitblijft. Na een ramp komt toerisme in een gebied maar langzaam op gang. Dit heeft o.a. gevolgen voor de (lokale) economie. Een voorbeeld hiervan is het hoogwater in Limburg in 2021.

Erfgoed

Erfgoedbeheerders hebben de zorgplicht het erfgoed in een zo goed mogelijke conditie te bewaren voor volgende generaties. Zelfredzaamheid is daarin belangrijk, wat ook betekent dat de beheerder het erfgoed beschermt tegen water door bijvoorbeeld risico verkleinende maatregelen te nemen. (Rijksdienst voor het cultureel erfgoed, 2021)



Vlaams-Brabant (n.d.)



Pitt review – 2007 flood UK (Pitt, 2008)

Overstromingen in de zomer van 2007

Exceptionele overstroming met:

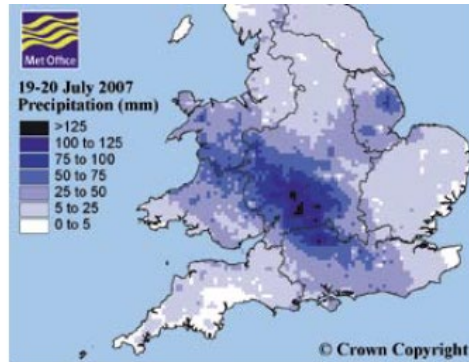
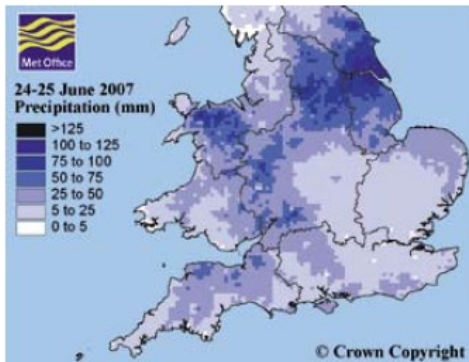
- ~55.000 overstroomde objecten
- ~7.000 mensen die gered zijn door hulpdiensten
- 13 overleden personen
- Geschatte verzekeringskosten van 3 miljard dollar

Weeromstandigheden

Neerslaggebeurtenissen met een langzaam bewegende depressie over UK en Wales waarbij gemiddeld 395 mm viel, voornamelijk op:

- 24&25 juni (linker paneel van onderstaande figuur)
- 19&20 juli (rechter paneel van onderstaande figuur)

Ook hier was de voorafgaande periode nat, waardoor er niet veel bergingsruimte was in zowel de rivier als de grond. Bressen ontstonden in slechts 0,2% van de dijken en daarnaast overstroomde de dijken op veel locaties.



Kritieke infrastructuur

De overstromingen in de zomer van 2007 leiden tot problematiek bij:

- Elektriciteit
 - Risico op uitval
 - ~750.000 mensen
 - Evacuatie discussie als gevolg
 - Daadwerkelijke uitval op deze schaal zou geleid hebben tot chaos en waarschijnlijk dodelijke slachtoffers.
 - Daadwerkelijke uitval
 - Enkele tienduizenden mensen
 - Soms meer dan 2 dagen
 - Drinkwater
 - Uitval bij ~350.000 mensen
 - Duur ~17 dagen
 - 5 drinkwaterzuiveringsinstallaties getroffen
 - Afvalwater
 - 322 afvalwaterzuiveringsinstallaties getroffen
 - Transportnetwerk (wegen en spoorwegen)
 - Gestrande mensen als gevolg
 - 148 overstromingen/afschuivingen bij het spoor
 - Een aantal gesloten snelwegen en veel lokale wegen → herstelkosten 40-60 miljoen dollar
- De impact beperkte zich niet tot het overstroomde gebied.

Literatuur (1)

AmbulanceZorg (2020, 1 29)

Vernieuwd communicatienetwerk C2000 voor hulpverleners in werking getreden.

Opgehaald van

<https://www.ambulancezorgln.nl/nieuws/vernieuwd-communicatienetwerk-c2000-voor-hulpverleners-in-werking-getreden/>

Bolt, F.J.E. van der & Kok, M. (2000)

Hoogwaternormering regionale watersystemen.

Dassen, W. & Arts, S. (2017)

Overzicht van vitale en kwetsbare functies bij overstromingen - inzichten voor uitvoering stresstesten.

Defacto & Generation Energy (2019)

Benutten energietransitie voor vergroten waterveiligheid.

Deltares (2019)

Circle - verslag case Den Haag.

Deltares (2020)

Circle Report.

ENW (2021)

Hoogwater 2021 Feiten en Duiding.

Groot, S., Honingh, D., Huizinga, J., Oosterhoff, C. & Zandvoort, M. (2019)

Watersysteemanalyse ARK/NZK-gebied.

HKV (2013)

Effecten van overstromingen voor Gasinfrastructuur - PR2767.10

HKV (2016)

Impactanalyse Vitens Productielocatie Engelse Werk (PR3172.20)

HKV (2017)

Bespreekverslag Quick Scan Overstromingsrisico Ziekenhuizen UMCGroningen.

HKV (2017)

Synthese quick-scan ruimtelijke adaptatie voor ziekenhuizen.

HKV (2022)

Conceptrapport 'Analyse veiligheidsklasse kering Noord Willems Kanaal'. (PR4649.10)

Hoes, O., Nelen, F. & van Leeuwen, E. (2013)

Waterschadeschatter (WSS) gebruikshandleiding.

Horvat (2022)

Probabilistische beschouwing overstromingsrisico kerncentrale Borssele. Opgehaald van <https://www.horvat.nl/projecten/probabilistische-beschouwing-overstromingsrisico-kerncentrale-borssele/>

Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022a)

Vitale en Kwetsbare functies. Opgehaald van <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/>

Kennisportaal Klimaatadaptatie (2022b)

V&K – Leerpunten uit pilotprojecten. Opgehaald van <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/governance/leerpunten-pilotprojecten/>

Kolen, B. (2019)

Bespreekverslag case ProRail, Waterrisicoprofielen en Waterrisicodiagram City Deal (Impactproject).

Kolen, B., Nicolai, R., Koeze, R., Valkenburg, L. & partners City Deal (2019)

City Deal Klimaatadaptatie - Waterrisico's bij ruimtelijke ontwikkelingen en assets.

Literatuur (2)

Koningrijksrelaties, M. v. (2009)

Eindrapportage expertgroep C2000.

Ministerie I&M. (2011)

Weerbaarheid vitale infrastructuur en objecten - Strategieën in relatie tot overstromingen.

Ministerie I&W (2020)

Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen.

Ministerie I&W (2021)

Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken.

MUST (2018)

Quickscan Kaartenatlas - Klimaatbestendige, vitale en kwetsbare functies Metropoolregio Amsterdam. Amsterdam.

Nelen en Schuurmans (2018)

Waterrobuust Elektriciteit Zeeland. Middelburg: Provincie Zeeland.

NOS (2012, 10 21)

Explosie in waterzuivering Raalte. Opgehaald van NOS Nieuws: <https://nos.nl/l/431658>

NOS (2021)

Hoogwater zomer 2021. Opgehaald van NOS Nieuws: <https://nos.nl/collectie/13869-watersnood>

Pitt (2008)

The Pitt Review: Lessons learned from 2007 floods

Reible, D., Haas, C., Pardue, J. & Walsh, W. (2006)

Toxic and Contaminant Concerns Generated by Hurricane Katrina. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING , 565-566.

Rijksdienst voor het cultureel erfgoed (2021)

Wateroverlast. Opgehaald van Cultureel erfgoed:

<https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/veilig-erfgoed/veiligheidszorg/wateroverlast> Laura de Vries, Dorien Honingh

RIVM (2018)

De impact van overstromingen op de drinkwatervoorziening.

RODIN (2022)

RODIN webinar over pandemische en rampen paraatheid (<https://www.youtube.com/watch?v=2P3TjIpkdtk>).

RWS (2021)

Risicodialoog Klimaatadaptatie: Hoofdwegennet Rijkswaterstaat Noord-Nederland.

Terpstra, Heuvel, Papenburg, & Buijs (2022)

Welke impact zou de overstroming van 1953 tegenwoordig hebben? Een analyse met Vitale Assets. H2O-Online.

Transport-online (2012, 10 21)

Explosie verwoest gebouw rioolwaterzuivering Raalte. Opgehaald van Transport-online: <https://www.transport-online.nl/site/34314/explosie-verwoest-gebouw-rioolwaterzuivering-raalte/>

Veen, C. van, & Kolen, B. (2005)

Vitale objecten in de sector 'keren en beheren van oppervlaktewater' - keteneffecten.

Vlaams Brabant. (n.d.)

Natuur en recreatie. Opgehaald van Vlaams Brabant: <https://www.toerismevlaamsbrabant.be/hoofdthema/natuur-en-recreatie/>

Zethof, M., Honingh, D. & Kolen, B. (2021)

Impactanalyse Friesland en Groningen. HKV.

Zethof, M., Leenders, J. & Hagedooren, H. (2019)

Impactanalyse Hoogwater Limburg. HKV.

Literatuur – bestudeerd, niet “geland”

Bles, T. & Muiswinkel, K. van (2019)

Stress testing the Dutch national highway network.

Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (2017)

De kwetsbaarheid van de afvalwaterketen bij overstromingen

HKV (2017)

Bespreekverslagen Quick Scan Overstromingsrisico Ziekenhuizen: UMC Groningen; Erasmus MC; Maastricht UMC

HKV (2018)

Bespreekverslagen City Deal Klimaatadaptatie: Dordrecht; Amsterdam; Toepassing Gemalen; Toepassing Hoofdwegennet; Toepassing Industrie; Toepassing Enduris; IJsselvechtdelta

Klopstra, D., Gloudemans, E. & Kern, D. (2021)

Extreme neerslag juli 2021

Kolen, B., Groot, S., Bierens, J.L.L.M. (2017)

Synthese quick-scan ruimtelijke adaptatie voor ziekenhuizen

Kromkamp, A. (2021)

Klimaatadaptatie: Hoofdwegennet Rijkwaterstaat Noord Nederland

Luijff, H.A.M. & Oort, S.H. van (2014)

Klimaatadaptatie en de sector ICT

Marle, M. van, Woning, M. & Bel, M. de (2019)

Quantitative Multi-Hazard Risk Assessments for road network.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes nordrhein-Westfalen (2022)

Lernen aus dem Hochwasser – 10-Punkte Arbeitsplan Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels

Projectgroep risicobenadering (2013)

Best Practice: Kwetsbare en vitale infrastructuur.

Terpstra, T. & Leenders, J.K. (2016)

Impactanalyse Isala Klinieken locatie Zwolle

Terpstra, T. & Leenders, J.K. (2016)

Impactanalyse Transformatorstations Zwartsluis

Vossen, J. van & Wols, B. (2018)

Functioneren leidingnet na overstroming

Bijlage C: Case Den Bosch

NKWK-KBS wateroverlast en overstroming

Casus 'sHertogenbosch, Aa en Dommel

Aanleiding en doel

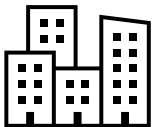
Aanleiding de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland zat qua omvang en intensiteit niet in de bestaande toetsingen.

Doel: Ontwikkeling methodiek voor identificeren van knelpunten bij dergelijke grootschalige, extreme neerslaggebeurtenissen door middel van een bovenregionale stresstest.

We gebruiken **credible bovenregionale gebeurtenissen** waarbij credible erop duidt dat het gaat om nog realistische en voorstelbare extreme gebeurtenissen.

Beoogd resultaat Bijdrage voor de aanbevelingen van de beleidstafel wateroverlast en hoogwater, 2022:

“Kom met een aanpak voor een landelijk beeld van regionale knelpunten als gevolg van wateroverlast en problemen rond waterveiligheid”



Ruimtelijke inrichting



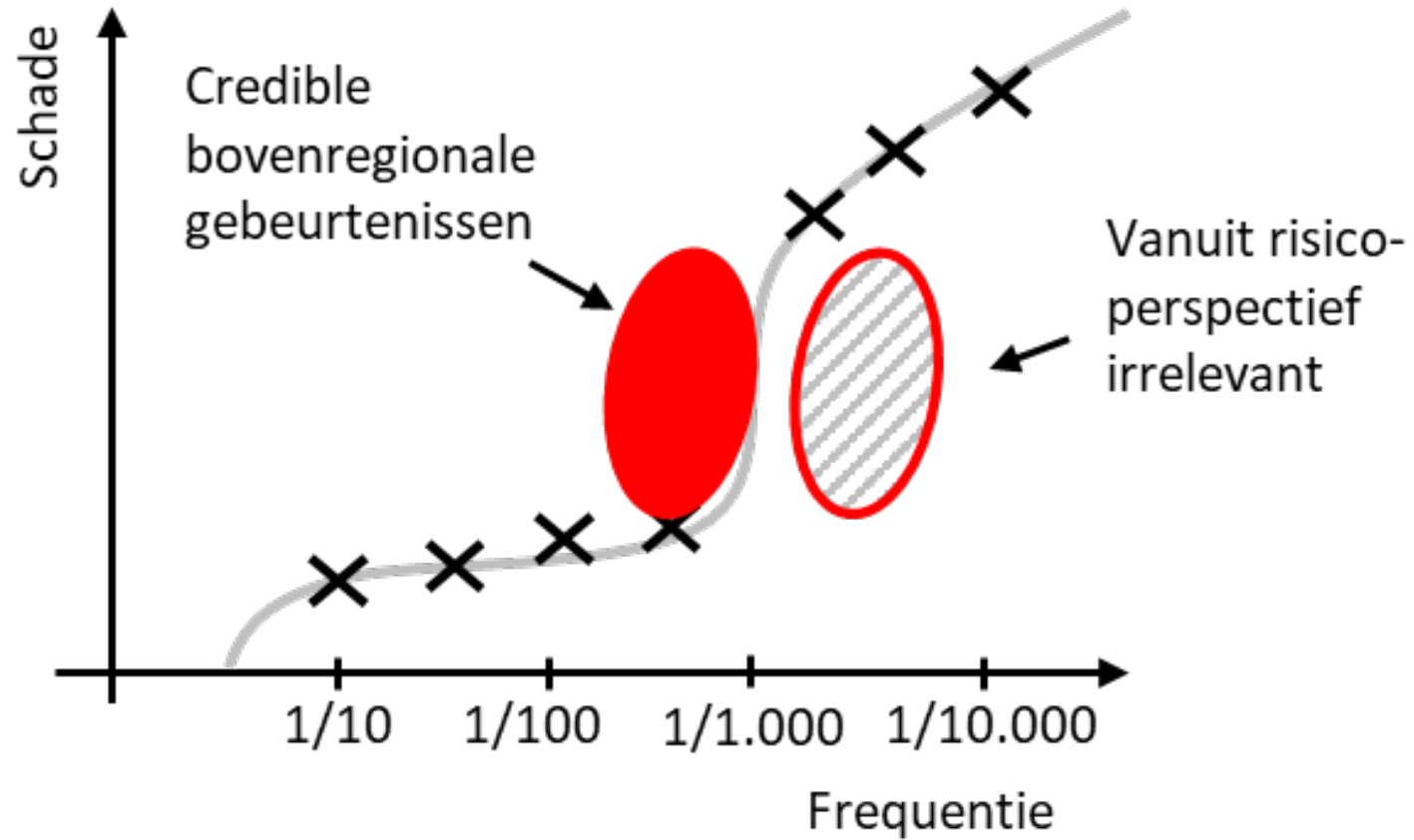
Crisismanagement



Risicoanalyse

Hoofdvraag Leidt een bovenregionale gebeurtenis zoals de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland tot significant andere impact dan reeds bestaande inzichten in wateroverlast?

Voorbeeldresultaat



De methodiek

Hoe stellen we credible bovenregionale gebeurtenissen samen?

1. **Gebied beschrijven** - beschrijving systeem, factoren wateroverlast, bovenregionale afhankelijkheden, oorzaken wateroverlast.
2. **Omgevingsfactoren in kaart brengen** - factoren die bijdragen aan bovenregionale gebeurtenis
3. **Samenstellen mogelijke gebeurtenissen** - discussie over waarschijnlijkheid combinaties van omgevingsfactoren die een gebeurtenis vormen
4. **Selecteren van extreme gebeurtenissen** - selectie van credible bovenregionale gebeurtenissen, één hoge en één lage per kansklasse
5. **Gebeurtenis uitwerken** - genereren van overstromingskaarten voor credible bovenregionale gebeurtenissen, inclusief schadeberekeningen en impactbepaling

1. Gebied beschrijven

Watersysteem rondom Den Bosch

- Rivieren Dommel en Aa komen samen in de Dieze in Den Bosch
- Dieze stroomt uit in de Maas via Spuisluis Crèvecoeur
- Dommel kan ook via Drongelens Kanaal afwateren richting Maas, via de Bovenlandse Sluis



1. Gebied beschrijven

Hoogwatersituaties in Den Bosch

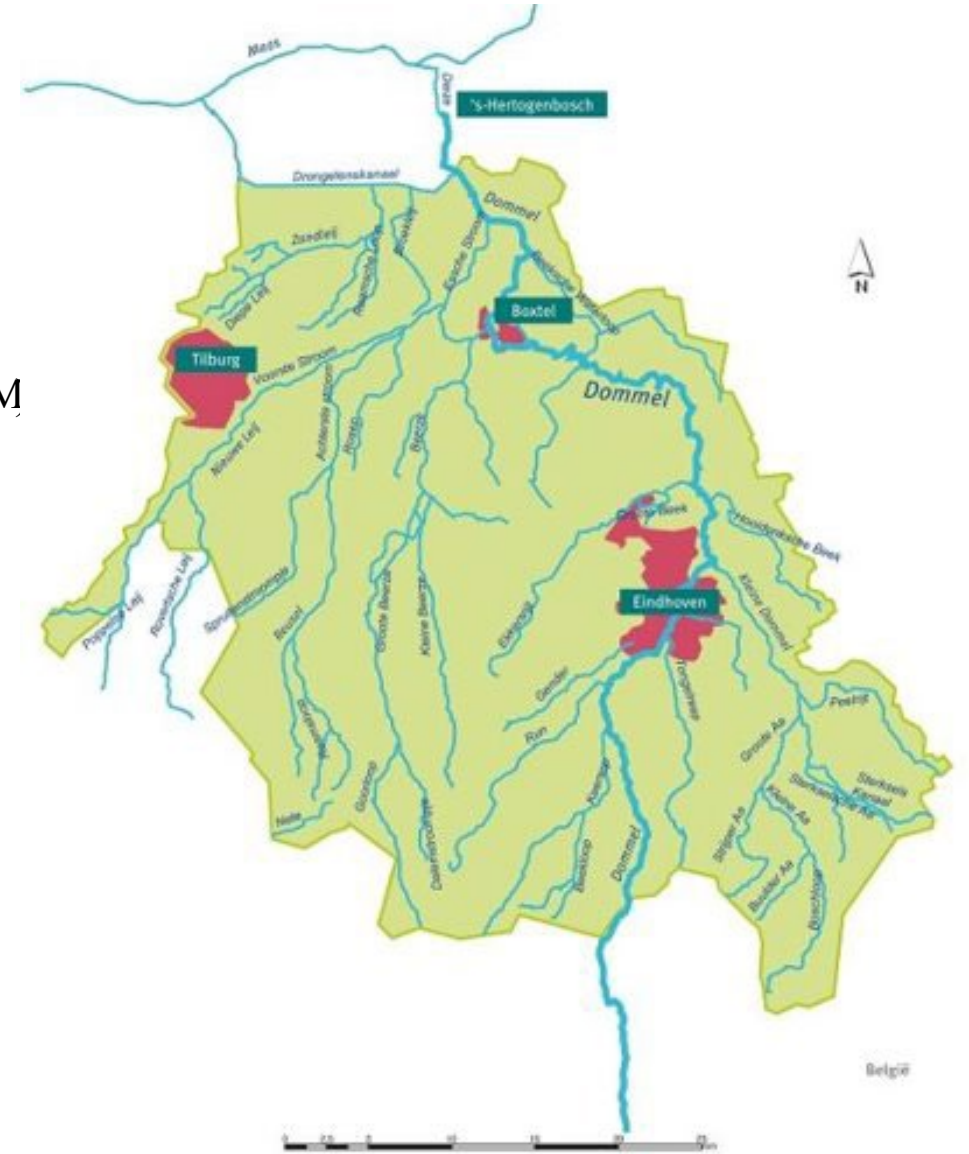
- Crèvecoeur sluiting bij $>4.84\text{m}+\text{NAP}$ op de Maas (spuisluis)
- Bovenlandse Sluis bij $>4.04\text{m}+\text{NAP}$ op de Maas (verval)
- Bergingsgebieden worden ingezet vanaf $+4,90\text{ m NAP}$ en hoger, in de Dommel (Vughterstuw)



1. Gebied beschrijven

Beekdalen bovenstrooms aan Den Bosch

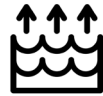
Stremming van de Maas blijkt op beekdalen vrijwel niet van invloed (IRM)
Begroeiing en initiële bodemvochtgehaltes naar verwachting wel



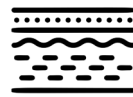
2. Omgevingsfactoren in kaart brengen



Neerslaggebeurtenis



Buitenwatercondities



Initiele condities



Functioneren watersysteem



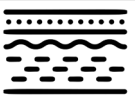





Dijkdoorbraken



Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

Groslijst – uitwerking Den Bosch

- Crèvecoeur / Bovenlandse Sluis voeren niet af:
 - Hoge Maaswaterstand
 - Storing besturing / elektra / internet
 - Fysiek niet bereikbaar
 - Hack
- Bergingsgebieden functioneren niet:
 - Inlaatwerken niet bereikbaar met kraan
 - Te vroeg inzetten -> geen berging bij hoogtepunt
- Sturende kunstwerken niet te bedienen
 - Storing besturing / elektra / internet
 - Fysiek niet bereikbaar
 - Hack
- Menselijk handelen: De sturing van in- en uitlaten bij de Aa / Zuid Willemsvaart
- Falen regionale keringen
- Boot vaart tegen kunstwerk



Groslijst - uitwerking beekdalen

- Bergingsgebieden functioneren niet:
 - Inlaatwerken niet bereikbaar met kraan
 - Te vroeg inzetten -> geen berging bij hoogtepunt
- Opstopping kunstwerken (sifons onder Maximakanaal of de Vugterstuw)
- Sturende kunstwerken niet te bedienen
 - Storing besturing / elektra / internet
 - Fysiek niet bereikbaar
 - Hack
- Menselijk handelen: De sturing van in- en uitlaten
- Falen regionale keringen
- Boot vaart tegen kunstwerk
- Beheer en onderhoud: dicht begroeide watergangen

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

'Limburgbui'

Gebaseerd op Limburg juni 2021

Kenmerken persistent weer, koudeput, warme luchtlaag



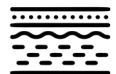


Gebied 50kmx50km

Intensiteit: 200 mm/48hr homogeen op gebied

Duur: 7 dagen

Locatie Afvoergebied Dommel en Aa

Kansklasse T300-T1000

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Maaswaterstand

Stremming bij Crèvecoeur

- Geen stremming bij Crèvecoeur
- Stremming bij Crèvecoeur korte duur (2-3 dagen)
- Stremming bij Crèvecoeur lange duur (7-9 dagen)

Beperking afvoer Bovenlandse Sluis zeer zeldzaam:
buiten beschouwing gelaten.

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Combinatie bodemconditie en maaibeleid relevant voor beekdalen:

Conditie bodem

- Natte bodem
- Droge bodem

Maaibeleid

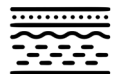
- Waterlopen beekdalen gemaaid
- Waterlopen beekdalen niet gemaaid

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Functioneren watersysteem:

- Crèvecoeur gesloten door falen
- Verstopping Sifons Maximakanaal
- Functioneren Vughterstuw
- Functioneren Bovenlandse Sluis

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Functioneren watersysteem:

- Crèvecœur gesloten door falen
- Niet-functioneren Bovenlandse Sluis
(evt. in combinatie met falen Crèvecœur)
- Aa: Niet-functioneren Sifons Maximakanaal
- Dommel: Niet-functioneren Vughterstuw

NB: Inzet van de bergingsgebieden is niet relevant geacht, capaciteit bergingsgebieden +/- T100 neerslag, daarna slechts (beperkt) vertragende werking.

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Regionale keringen:



Legenda

Faalkans [per jaar]

- Geen significante overstromingskans
- Extreem kleine kans: < 1/30.000 per jaar
- Zeer kleine kans: 1/3.000 tot 1/30.000 per jaar
- Kleine kans: 1/300 tot 1/3.000 per jaar
- Middelgrote kans: 1/30 to 1/300 per jaar
- Grote kans: > 1/30 per jaar
- Ingegraven rijkskanaaldijk

- Neerslaggebeurtenis
- Buitenwatercondities
- Initiele condities
- Functioneren watersysteem
- Dijkdoorbraken**
- Regionale kenmerken (overig)

2. Omgevingsfactoren in kaart brengen

Niet van toepassing

	Neerslaggebeurtenis
	Buitenwatercondities
	Initiele condities
	Functioneren watersysteem
	Dijkdoorbraken
	Regionale kenmerken (overig)

Mentimeter voor inschatten kansen van factoren

Mentimeter: ga naar www.menti.com en gebruik de code 7853961

- Dit levert input voor ons om kansen in te schatten
- Als je een idee hebt van orde grootte kans: deel het vooral

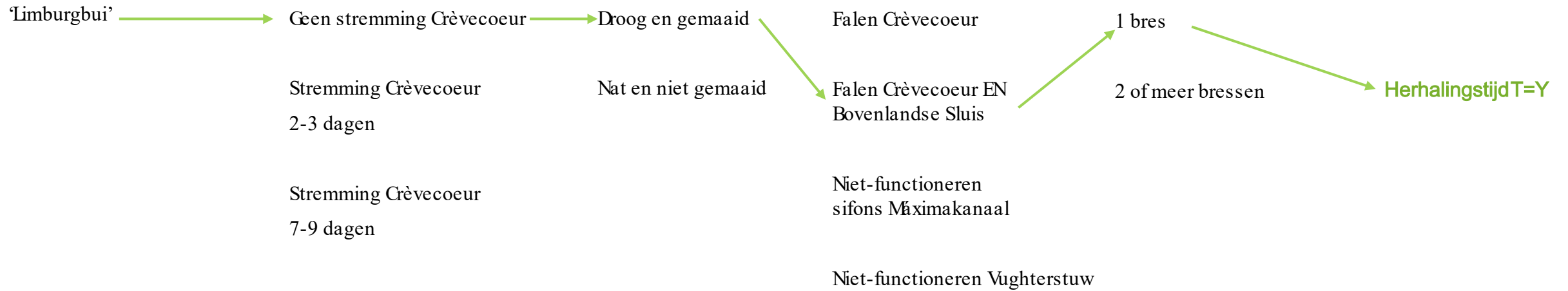
De methodiek

Hoe stellen we credible bovenregionale gebeurtenissen samen?

- ~~1. **Gebied beschrijven** - beschrijving systeem, factoren wateroverlast, bovenregionale afhankelijkheden, oorzaken wateroverlast.~~
—
- ~~2. **Omgevingsfactoren in kaart brengen** - factoren die bijdragen aan bovenregionale gebeurtenis~~
- 3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen** - discussie over waarschijnlijkheid combinaties van omgevingsfactoren die een gebeurtenis vormen
- 4. Selecteren van extreme gebeurtenissen** - selectie van credible bovenregionale gebeurtenissen, één hoge en één lage per kansklasse
- 5. Gebeurtenis uitwerken** - genereren van overstromingskaarten voor credible bovenregionale gebeurtenissen, inclusief schadeberekeningen en impactbepaling

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

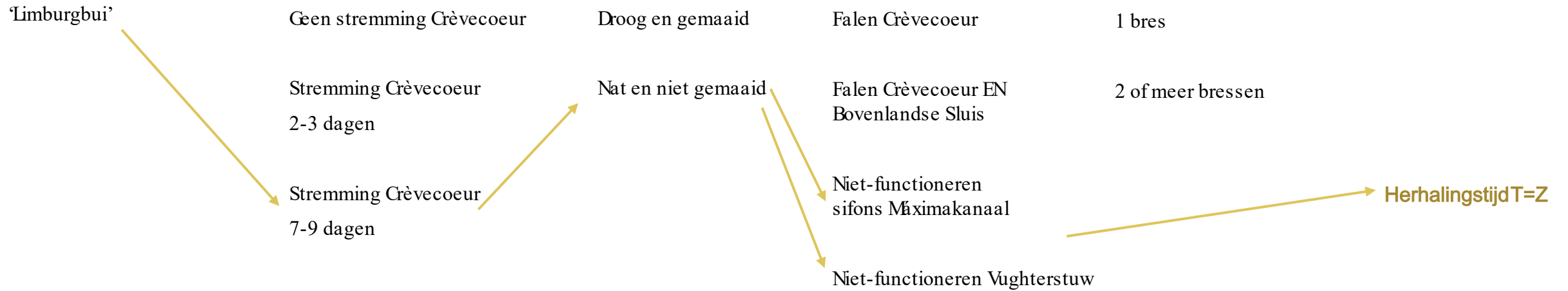
Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst



VOORBEELD

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

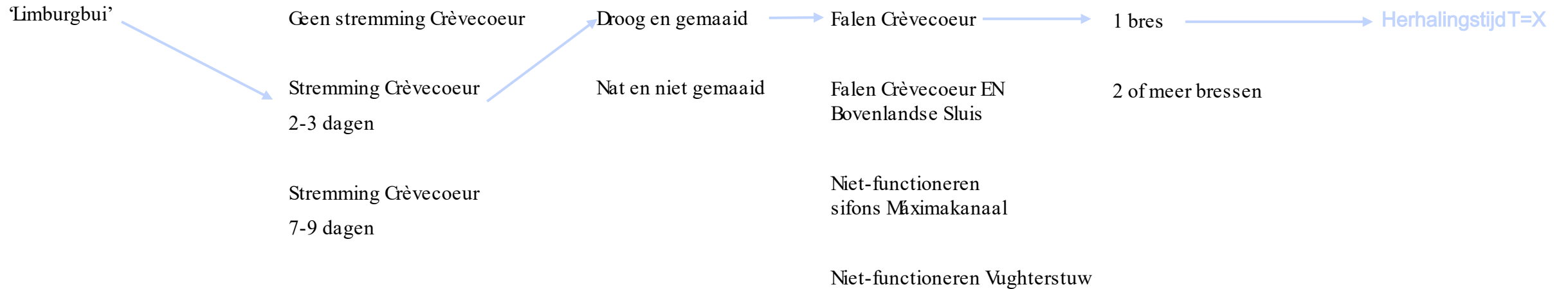
Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst



VOORBEELD

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst

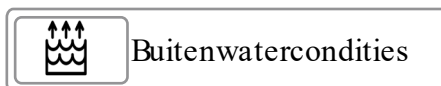


VOORBEELD

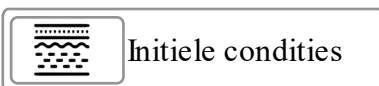
4. Selecteren van extreme gebeurtenissen



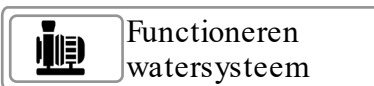
Neerslaggebeurtenis



Buitenwatercondities



Initiele condities



Functioneren watersysteem



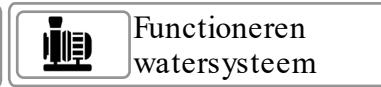
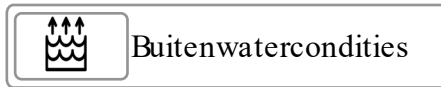
Dijkdoorbraken

[Impact](#)

'Limburgbui'

Geen stremming Crèvecoeur	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—		T300-T1000 (laag)	Hele systeem
Geen stremming Crèvecoeur	—	Nat en gemaaid	—		T300-T1000 (hoog)	Hele systeem
<hr/>						
Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—	Gecontroleerde inundaties	T3000-T10.000 (laag)	Den Bosch
Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—	Niet-gecontroleerde inundaties	T3000-T10.000 (hoog)	Den Bosch
Geen stremming Crèvecoeur	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—	Sifons Máximakanaal of sifons/duikers beekdalen geblokkeerd	T3000-T10.000 (laag)	Beekdalen
Geen stremming Crèvecoeur	—	Nat en gemaaid	—	Sifons Máximakanaal of sifons/duikers beekdalen geblokkeerd	T3000-T10.000 (hoog)	Beekdalen
<hr/>						
Hoge Maaswaterstand 2-3 dagen	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—	Falen Crèvecoeur	>T30.000 (laag)	Den Bosch
Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen	—	Droog en gemiddelde zomerweerstand	—	Falen Crèvecoeur	Eén bres	>T30.000 (hoog)
						Den Bosch

4. Selecteren van extreme gebeurtenissen



[Impact](#)

'Limburgbui'

Geen stremming Crèvecoeur	Droog en gemiddelde zomerweerstand	T300-T1000 (laag)
Geen stremming Crèvecoeur	Nat en gemaaid	T300-T1000 (hoog)

[Hele systeem](#)

[Hele systeem](#)

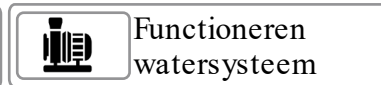
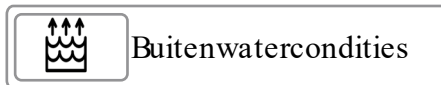
Gegeven: Limburgbui (T300-T1.000)

Kans op stremming Crèvecoeur in zomer is klein, dus **'Geen stremming'**s dezelfde kansklasse (T300-T1.000)

Bodem en maaibeheer in de zomer vrij willekeurig; Limburgbui kan zowel na een droge als natte voorgeschiedenis kan vallen, en het vóór of ná een maaibeurt kan voorkomen. Kansklasse blijft gelijk, maar geeft een onder- en bovengrens aan gevolg (laag/hoog).

Niet uitgaan van volledig begroeide watergang, want dat is niet realistisch als een dergelijke bui verwacht wordt. Daarom uitgaan van situatie die bij NBW-toetsing wordt toegepast (gemiddelde zomerweerstand)

4. Selecteren van extreme gebeurtenissen



[Impact](#)

‘Limburgbui’

Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Gecontroleerde inundaties	T3000-T10.000 (laag)	Den Bosch
Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Niet-gecontroleerde inundaties	T3000-T10.000 (hoog)	Den Bosch
Geen stremming Crèvecoeur	Droog en gemiddelde zomerweerstand	Sifons Maximakanaal of sifons/duikers beekdalen geblokkeerd	T3000-T10.000 (laag)	Beekdalen
Geen stremming Crèvecoeur	Nat en gemaaid	Sifons Maximakanaal of sifons/duikers beekdalen geblokkeerd	T3000-T10.000 (hoog)	Beekdalen

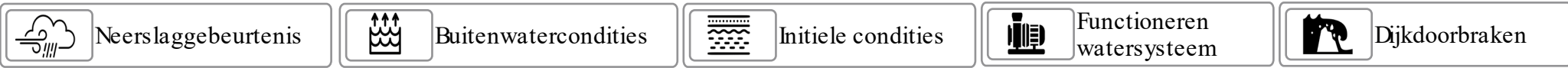
Gegeven: Limburgbui (T300-T1.000), kleine kans op ‘Stremming 2-3 dagen’.

Tussen 18-21 juli 2021 was Crèvecoeur gesloten. Twee ‘Limburgbuien’ op Maasstroomgebied en Noord Brabant zouden dan met interval 2-3 dagen moeten vallen. Kansklasse wordt: T3.000-T10.000

Bodem en maaibeheer zie vorige.

Sifons Maximakanaal of andere sifons/duikers geblokkeerd. Stremming Crèvecoeur niet van invloed om de beekdalen (tot Esch en Heeswijk-Dinther), falen van sifons of andere duikers/sifons wel.

4. Selecteren van extreme gebeurtenissen



[Impact](#)

Limburgbui

Hoge Maaswaterstand 2-3 dagen ————— Droog en gemiddelde zomerweerstand ————— Falen Crèvecoeur ————— >T30.000 (laag)

[Den Bosch](#)

Stremming Crèvecoeur 2-3 dagen ————— Droog en gemiddelde zomerweerstand ————— Falen Crèvecoeur ————— Eén bres ————— >T30.000 (hoog)

[Den Bosch](#)

Gegeven: Limburgbui, stremming 2-3 dagen, bodem en maaibeheer (T3.000-T10.000)

Stremming kan komen door:

- Hoge Maaswaterstand en Crèvecoeur sluit niet
- Crèvecoeur gaat niet meer open na sluiting. Een bres is dan een logisch gevolg

5. Gebeurtenis uitwerken

In deze sessie willen we gevolgen van credible events bepalen. Dat doen we aan de hand van vlekkenkaarten op basis van expert-inschattingen, jullie dus.

Whiteboard in Teams

Discussie in 2 stappen:

- Gevolgen in termen van inundaties en duur
- Bovenregionale gevolgen

5. Gebeurtenis uitwerken

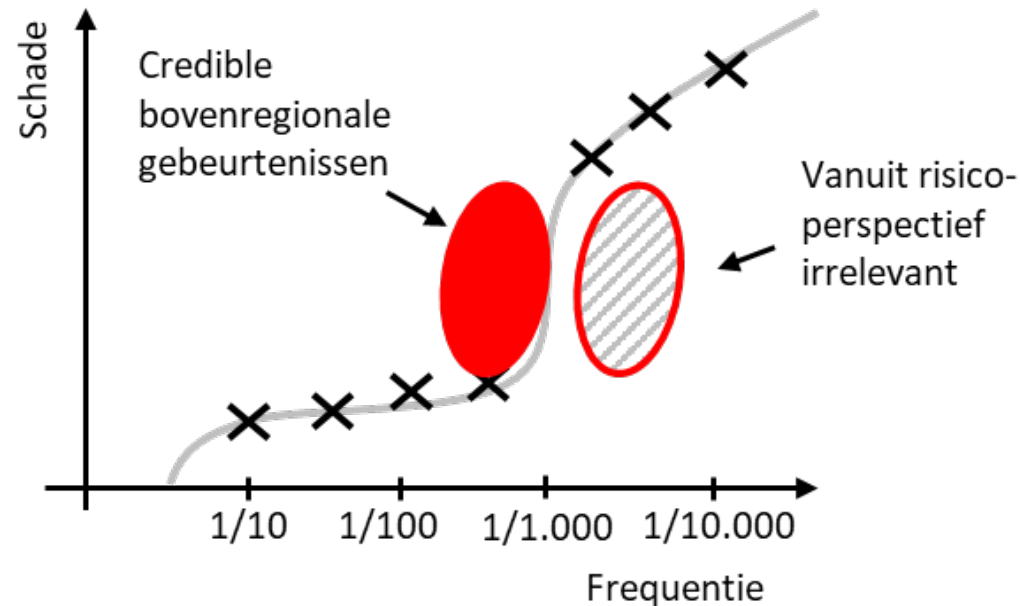
Welke gebeurtenis heeft de grootste kans van voorkomen (ranking groot naar klein)



6. Beoordelen relevantie gebeurtenissen

Beoordelen of gebeurtenissen relevant zijn voor toepassing door beantwoorden van hoofdvraag:

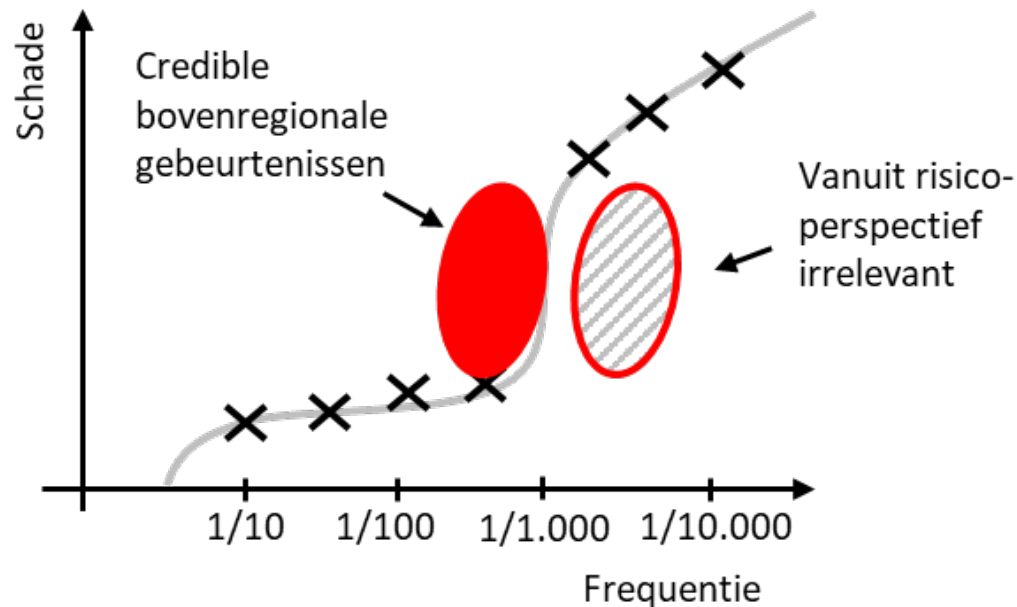
Leidt een bovenregionale gebeurtenis zoals de neerslagegebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland tot significant andere impact dan reeds bestaande inzichten in wateroverlast?



6. Beoordelen relevantie gebeurtenissen

Beoordelen of gebeurtenissen relevant zijn voor toepassing door beantwoorden van hoofdvraag:

Leidt een bovenregionale gebeurtenis zoals de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland tot significant andere impact dan reeds bestaande inzichten in wateroverlast?



Let op! Kan variëren per toepassing:

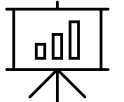
Ruimtelijke ordening



Crisismanagement



Risicoanalyse



Bijlage D: Case ARK/NZK



NKWK-KBS wateroverlast en overstroming

Casus ARK/NZK met de focus op AGV
Expertsessie gevolgen + impacts

19-10-2022

Bovenregionale stresstest

Aanleiding: de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland zat qua omvang en intensiteit niet in de bestaande toetsingen. In een grote regio viel 200mm neerslag in 48uur

Doel: Ontwikkeling methodiek voor identificeren van knelpunten en impact bij dergelijke grootschalige, extreme neerslaggebeurtenissen door middel van een bovenregionale stresstest.

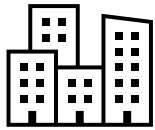
Bovenregionaal omdat de neerslaggebeurtenis een grote omvang heeft en een groot gebied wordt blootgesteld;

Nieuwe stresstest omdat de gebeurtenissen extremer zijn (in intensiteit en omvang) dan tot op heden in veiligheidsanalyses zijn beschouwd. Het watersysteem wordt bovennormatief belast.

We gebruiken **credible bovenregionale gebeurtenissen** waarbij credible erop duidt dat het gaat om nog realistische en voorstelbare extreme gebeurtenissen.

Voor wie relevant?

Aanvulling op bestaande toetsing en de resultaten zijn relevant voor:



Ruimtelijke inrichting

Waar en hoe ontwikkelen?



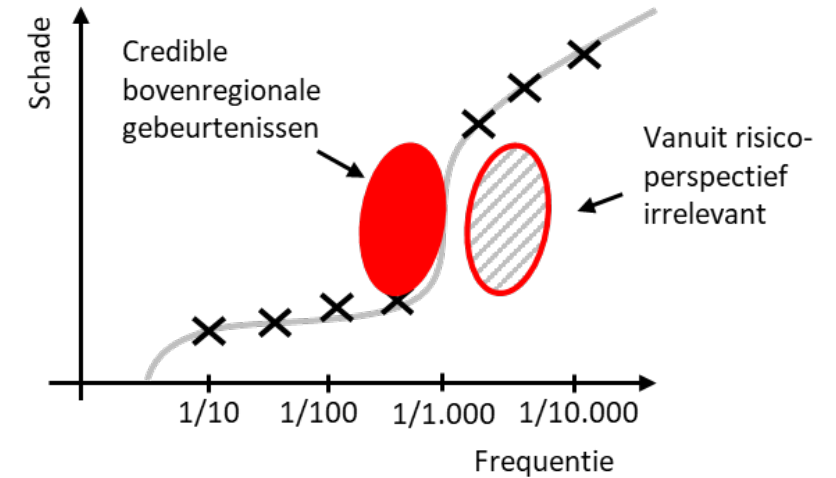
Crisismanagement

Wat kan er gebeuren en wat kunnen we dan doen?



Risicoanalyse

Welke eisen aan het watersysteem?



Hoofdvraag Leidt een bovenregionale gebeurtenis zoals de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland tot significant andere impact dan reeds bestaande inzichten in wateroverlast?

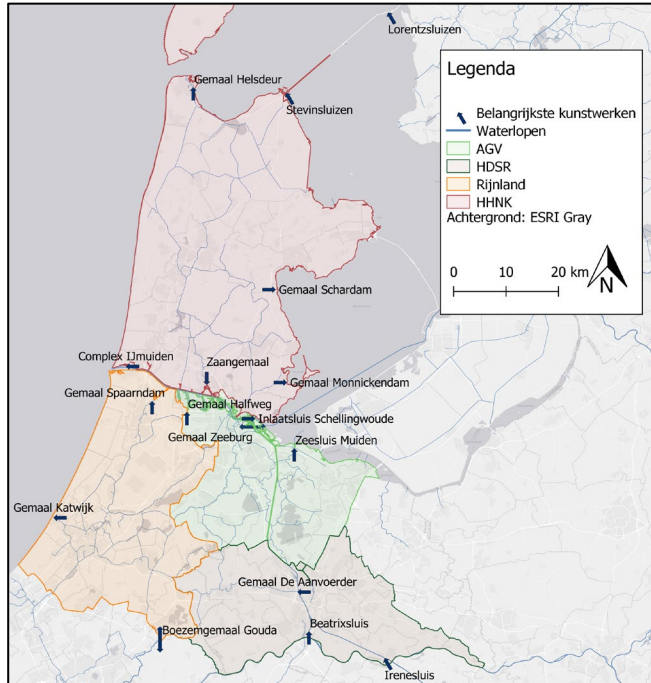
De methodiek

Hoe stellen we credible bovenregionale gebeurtenissen samen?

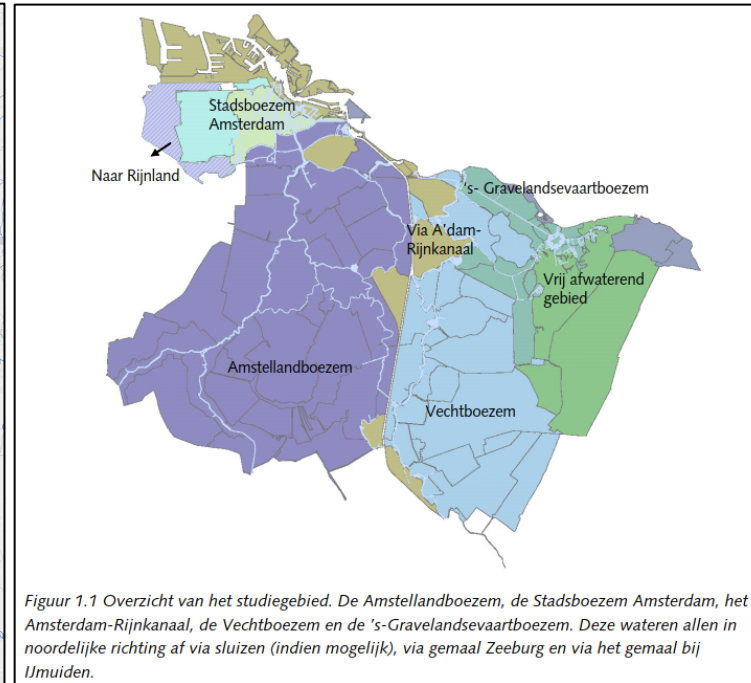
1. **Gebied beschrijven** - beschrijving systeem, factoren wateroverlast, bovenregionale afhankelijkheden, oorzaken wateroverlast.
2. **Omgevingsfactoren in kaart brengen** - factoren die bijdragen aan bovenregionale gebeurtenis
3. **Samenstellen mogelijke gebeurtenissen** - discussie over waarschijnlijkheid combinaties van omgevingsfactoren die een gebeurtenis vormen
4. **Selecteren van extreme gebeurtenissen** - selectie van credible bovenregionale gebeurtenissen, één hoge en één lage per kansklasse
5. **Gebeurtenis uitwerken** - genereren van overstromingskaarten voor credible bovenregionale gebeurtenissen, inclusief schadeberekeningen en impactbepaling
6. **Gebruik scenario's voor Ruimtelijke Ordening, Crisisbeheersing en Risico-analyse** - Filtering relevante scenario's voor deze beslisproblemen

1. Gebied beschrijven

- Bovenregionaal ARK/NZK+ Markermeer



- Boezemsystemen AGV (focus op Amstellandboezem)



Figuur 1.1 Overzicht van het studiegebied. De Amstellandboezem, de Stadsboezem Amsterdam, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Vechtboezem en de 's-Gravelandsevaartboezem. Deze wateren allen in noordelijke richting af via sluisen (indien mogelijk), via gemaal Zeeburg en via het gemaal bij IJmuiden.

- Individuele polder, stad & object



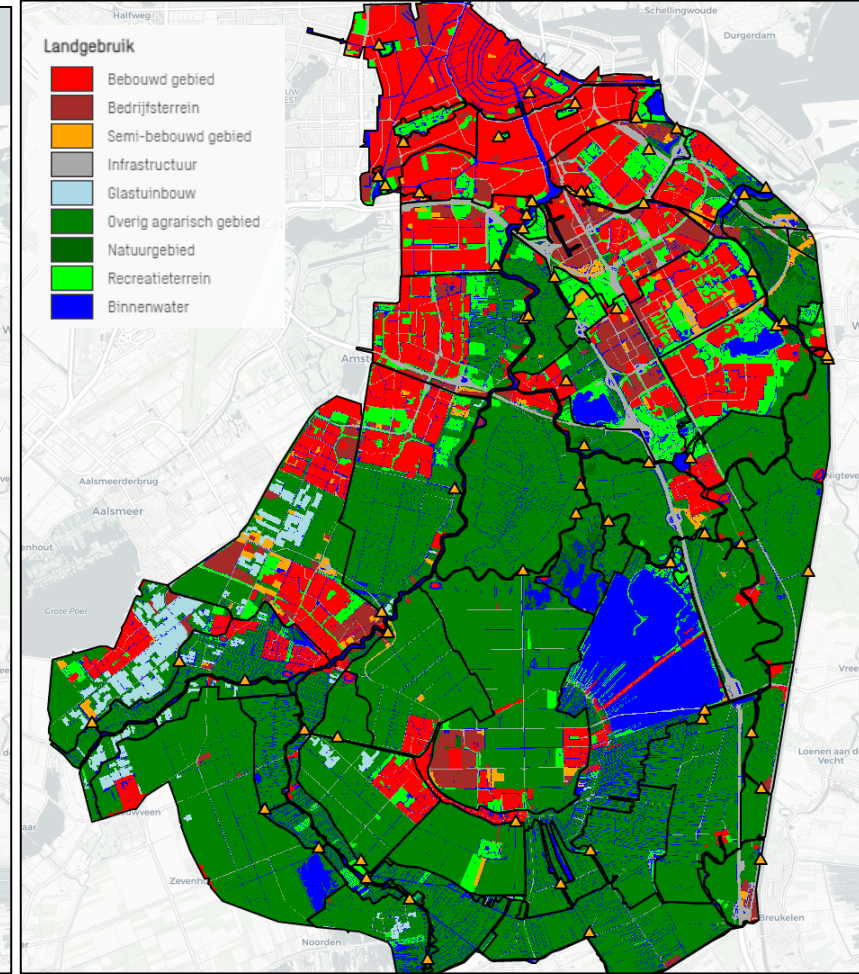
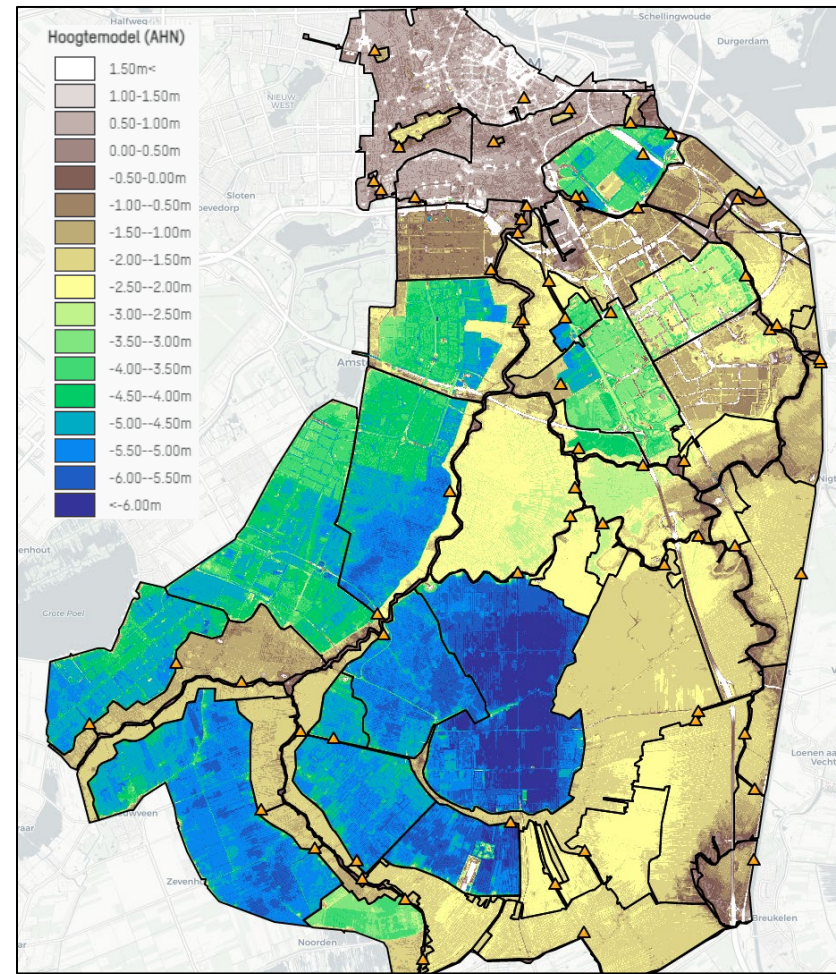
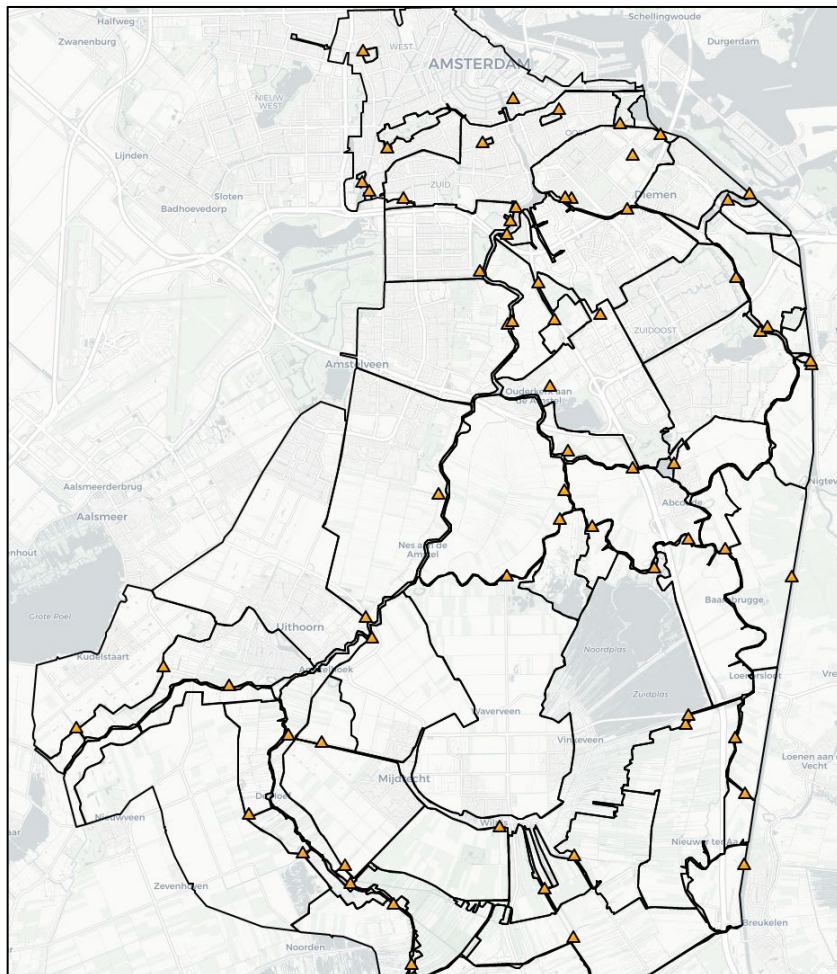
1. Gebied beschrijven

Amstellandboezem:

Polders

Hoogtemodel

Landgebruik



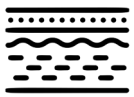
2. Omgevingsfactoren in kaart brengen



Neerslaggebeurtenis



Buitenwatercondities



Initiele condities



Functioneren watersysteem



Dijkdoorbraken



Regionale kenmerken (overig)

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst (voorbeeld Amstelboezem)



'Limburgbui'

Geen stremming spuisluis IJmuiden

Stremming spuisluis IJmuiden (na bui)

Droog en gemaaid +
voormalen/voorspuien

Nat en niet gemaaid

Gedeeltelijke uitval
Poldergemalen

Niet/beperkt-functioneren
waterberging Ronde Hoep

Niet/beperkt-functioneren
gemaal IJmuiden

Niet/beperkt-functioneren
gemaal Zeeburg

Niet/beperkt-functioneren
sluiting IJfront

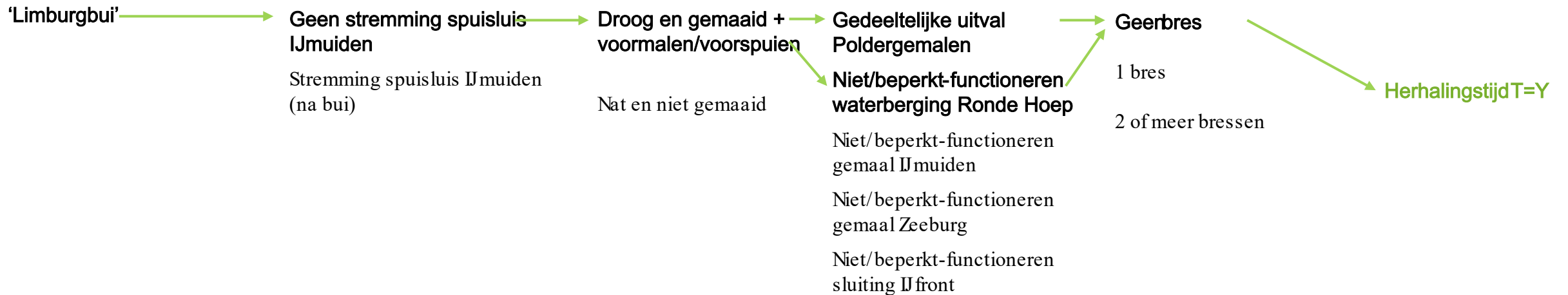
Geen bres

1 bres

2 of meer bressen

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

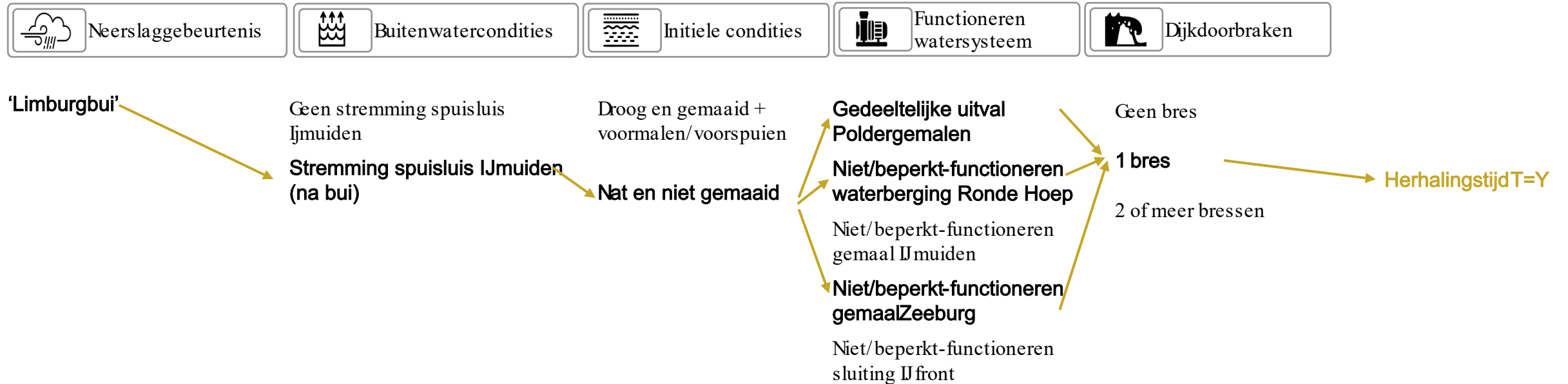
Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst (voorbeeld Amstelboezem)



VOORBEELD

3. Samenstellen mogelijke gebeurtenissen

Combinaties tussen verschillende omgevingsfactoren, uit onderstaande lijst (voorbeeld Amstelboezem)



VOORBEELD

4. Selecteren van extreme gebeurtenissen

	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Herhalingstijd
1	— 'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	— Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	— Alles functioneert	— Geen bres	T300-T1000 (laag)
2	— 'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	— Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	— Geen bres	T300-T1000 (hoog)
3	— 'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	— Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	— Alles functioneert	— Geen bres	T1000-T3.000 (laag)
4	— 'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	— Nat en niet gemaaid	— Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	— Eén bres	T1000-T3.000 (hoog)
5	— 'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	— Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	— (Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg	— Geen bres	>T3.000 (laag)
6	— 'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	— Nat en niet gemaaid	— (Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg+ uitval 15% poldergemalen + geen inzet Ronde Hoep	— Eén bres	>T3.000 (hoog)

5. Gebeurtenis uitwerken

6 scenario's gedefinieerd voor 3 herhalingsklassen T300-T1000, T1000-T3000 en >T3000

Basiskaart gemaakt voor 200mm neerslag:

- Intensiteit is relatief laag (48uur): genoeg capaciteit/tijd om af te stromen naar diepe delen.
- Per polder neerslagvolume berekend en dit geborgen in de diepste delen (op basis van AHN)

Inundatiekaarten LIWO voor bres in regionale kering.

Sessie voor expert-inschattingen van gevolgen en schade:

- Bij afvoerbepalingen: waar knelpunten, waar maalstops en wat is de invloed op de waterstand/inundatie
- Impact van specifiek dit event op vitale objecten, schade
- Mogelijke extra gevolgen vanwege het bovenregionale aspect (capaciteit crisisteam)

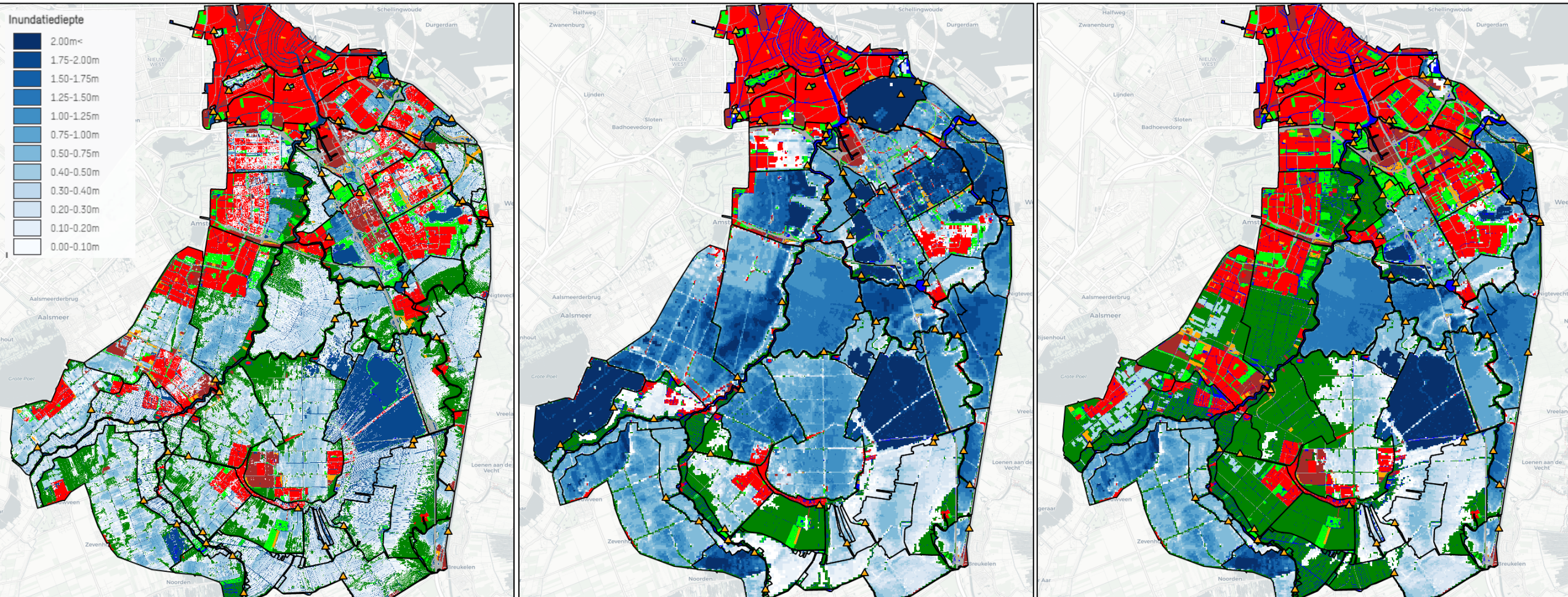
5. Gebeurtenis uitwerken

Amstellandboezem:

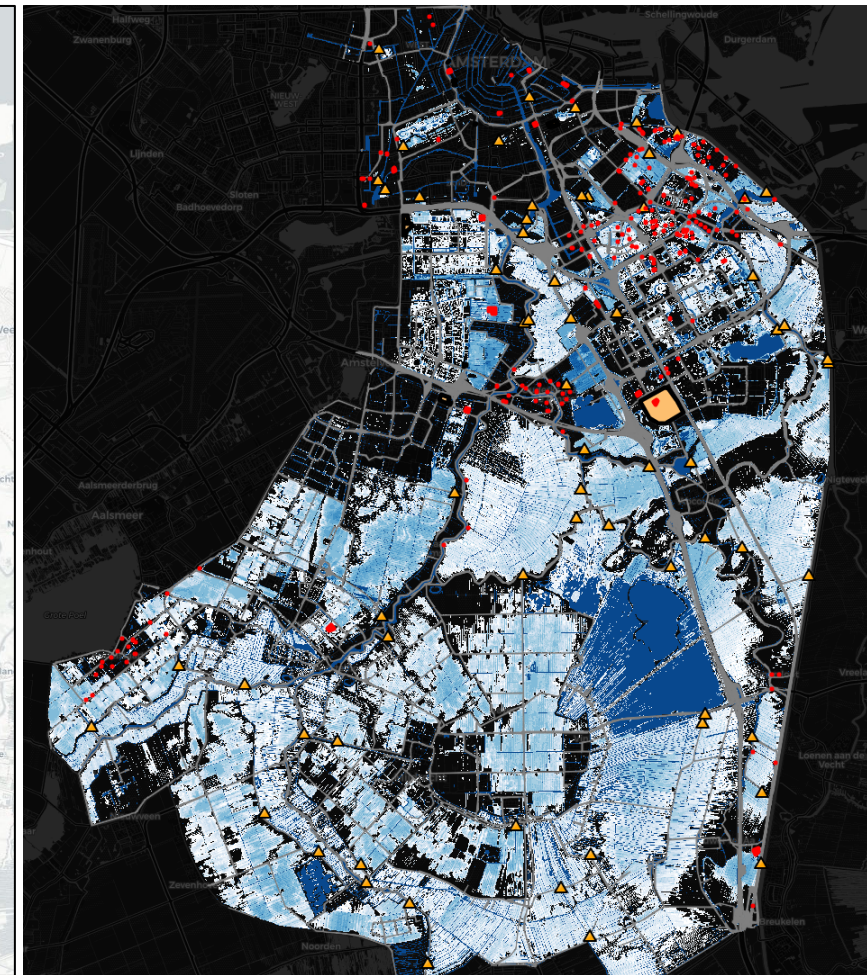
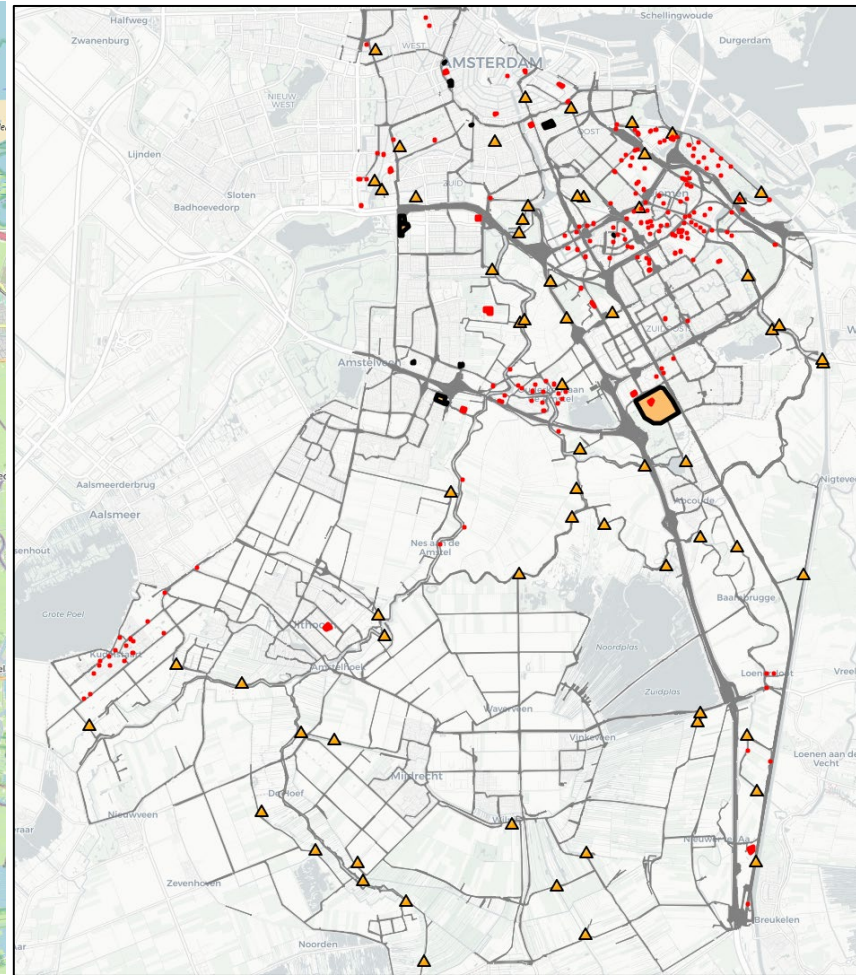
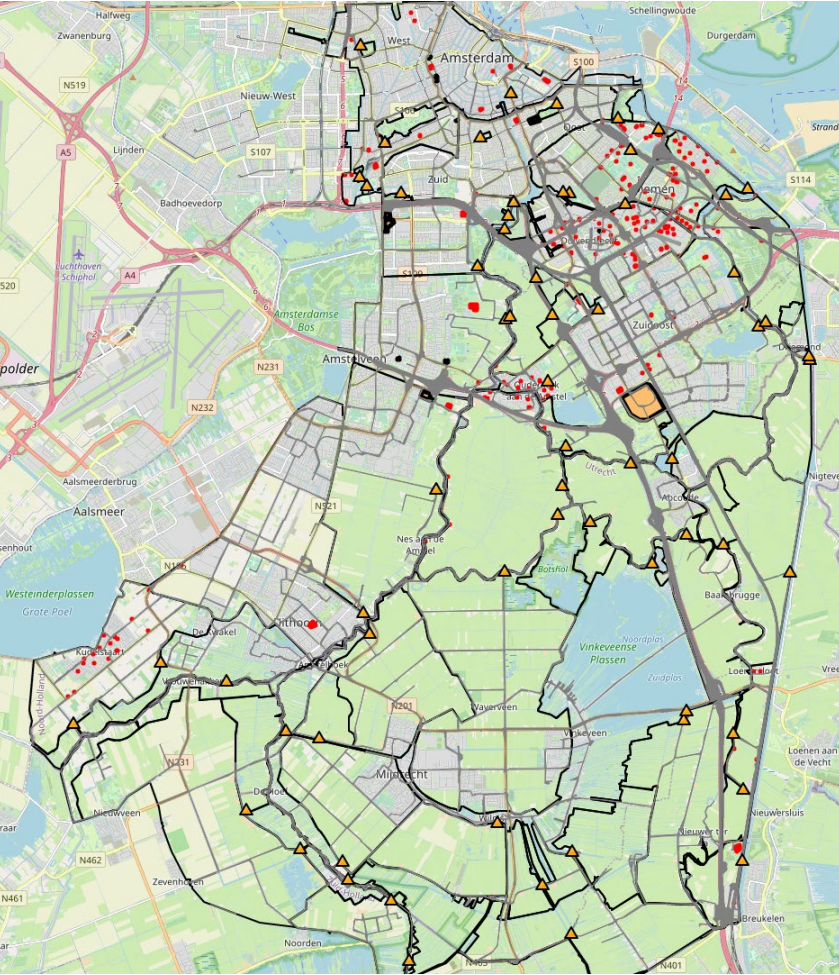
200mm neerslag

Gevolg bressen regionale kering (kleine kans)






Gevolg bressen regionale kering (middelgrote kans)



5. Gebeurtenis uitwerken








5. Gebeurtenis uitwerken

	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Maximale waterlast
1	'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	Stedelijk: 150mm Landelijk: 150mm
2	'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Geen bres	Stedelijk: 170mm Landelijk: 170mm
3	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm
4	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Eén bres	Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm
5	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg	Geen bres	Stedelijk: 150mm Landelijk: 180mm
6	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg+ uitval 15% poldergemalen + geen inzet Ronde Hoep	Eén bres	Stedelijk: 200mm Landelijk: 200mm

Maximale inundatie
2000-5000mm (1 polder)

5. Gebeurtenis uitwerken

	 Neerslaggebeurtenis	 Buitenwatercondities	 Initiele condities	 Functioneren watersysteem	 Dijkdoorbraken	Duur inundatie
1	'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	Stedelijk: 10d Landelijk: 15d
2	'Limburgbui'	Geen stremming spuisluis IJmuiden	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Geen bres	Stedelijk: 12d Landelijk: 17d
3	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	Alles functioneert	Geen bres	Stedelijk: 10d Landelijk: 16d
4	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	Uitval 15% poldergemalen + niet functioneren Ronde Hoep	Eén bres	Stedelijk: 12d Landelijk: 19d
5	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Droog en gemaaid + voormalen/voorspuien	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg	Geen bres	Stedelijk: 10d Landelijk: 18d
6	'Limburgbui'	Stremming spuisluis IJmuiden (2 dagen stormopzet na bui)	Nat en niet gemaaid	(Tijdelijk) falen gemaal Zeeburg+ uitval 15% poldergemalen + geen inzet Ronde Hoep	Eén bres	Stedelijk: 13d Landelijk: 18d

Duur inundatie
2-6 maanden (1 polder)

6. Discussie rondom bovenregionaal event

- Waar ontstaan problemen? Waar is de impact groot?
- Vitale objecten? Vitale infrastructuur?
- Knelpunten: poldergemalen, afvoercapaciteit boezem, afvoercapaciteit ARK/NZK, gemaal Zeeburg
- Ruimtelijke Ordening:
 - Zoekgebieden piekberging in elke polder. Capaciteit toereikend bij deze bui?
 - Welke polders voorrang?
 - Toekomstige ontwikkelingen?
- Crisismanagement:
 - Heeft men de controle en het overzicht tijdens/na de bui
 - Is er handelingsperspectief tijdens/na de bui
 - Communicatie naar inwoners
- Risicoanalyse:
 - Toegevoegde waarde bovenregionale stresstest
 - Impact anders dan bij andere stresstesten
 - Welke informatie nodig om hier meer uit te halen (voor risico-dialoog)

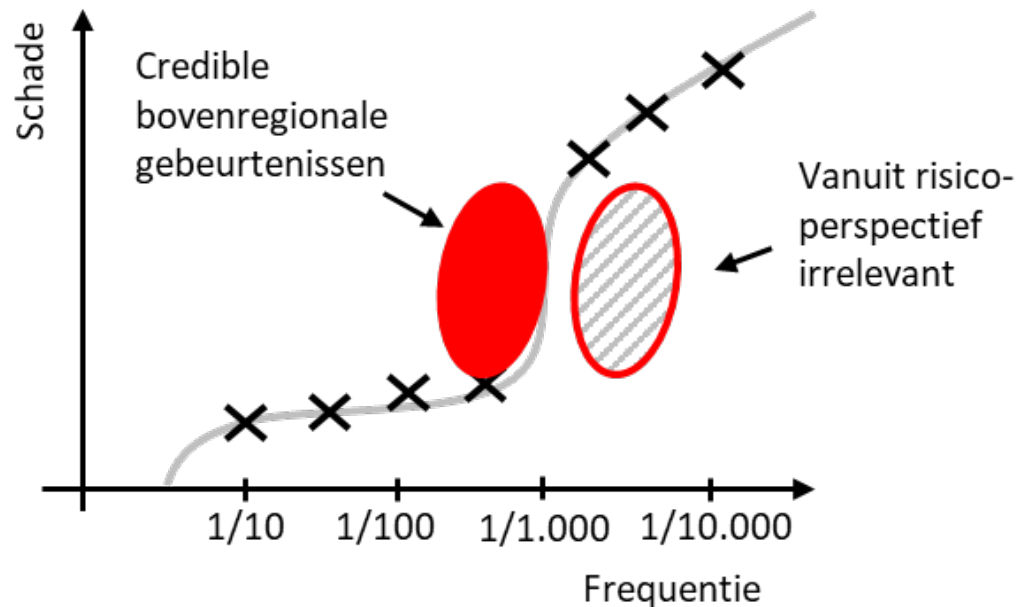


economie
ecologie
landbouw
erfgoed
vitale objecten
kwetsbare objecten (incl zorg)
chemische industrie
infrastructuur
crisisbeheersing
veiligheid (slachtoffers)
gezondheid

6. Beoordelen relevantie gebeurtenissen

Beoordelen of gebeurtenissen relevant zijn voor toepassing door beantwoorden van hoofdvraag:

Leidt een bovenregionale gebeurtenis zoals de neerslaggebeurtenis in juli 2021 in België, Limburg en Duitsland tot significant andere impact dan reeds bestaande inzichten in wateroverlast?



Let op! Kan variëren per toepassing:

Ruimtelijke ordening



Crisismanagement



Risicoanalyse

