

Globale analyse impacts bovenregionale wateroverlast Brabantse Delta

Het ontwikkelen en testen van een methode om de mogelijke impacts van de Limburgbui (juli 2021) in beeld te brengen



Globale analyse impacts bovenregionale wateroverlast Brabantse Delta

Het ontwikkelen en testen van een methode om de mogelijke impacts van de Limburgbui (juli 2021) in beeld te brengen

Auteur(s)

Kymo Slager (Deltares)

Klaas-Jan Douben (Waterschap Brabantse Delta)

Thomas Deurloo (Waterschap Brabantse Delta)

Marcel van der Doef (Waterschap Brabantse Delta)

Marielle Mulders (Waterschap Brabantse Delta)

Globale analyse impacts bovenregionale wateroverlast Brabantse Delta

Het ontwikkelen en testen van een methode om de mogelijke impacts van de Limburgbui (juli 2021) in beeld te brengen

Opdrachtgever	--
Contactpersoon	--
Referenties	--
Trefwoorden	--

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	07-03-2023
Projectnummer	11208014-008
Document ID	11208014-008-BGS-0001
Pagina's	43
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Kymo Slager (Deltares)	
	Klaas-Jan Douben (Waterschap Brabantse Delta)	
	Thomas Deurloo (Waterschap Brabantse Delta)	
	Marcel van der Doef (Waterschap Brabantse Delta)	
	Mariëlle Mulders (Waterschap Brabantse Delta)	

Samenvatting

In deze studie is een globale analyse uitgevoerd van de mogelijke gevolgen van extreem grootschalige neerslag, zoals de 'Limburgbui' in 2021, voor het beheergebied van waterschap Brabantse Delta. Deze studie is een samenwerking met het waterschap en is een vervolg van een hackathon uit 2021 uitgevoerd op landelijke schaal, waarbij West-Brabant al als casestudiegebied was gebruikt.

Deltares heeft begin 2022 in het kader van eigen speerpuntenonderzoek verdere samenwerking met het waterschap gezocht om een generieke methode te ontwerpen om dit soort analyses uit te kunnen voeren. Op basis van scenario's (neerslag in de loop der tijd, voorgeschiedenis, etc.), modelberekeningen, waterbeelden en expertinschattingen is geprobeerd in beeld te brengen wat de potentiële gevolgen voor West-Brabant zouden kunnen zijn.

Op basis van de gevolgde methode is een indruk ontstaan van mogelijke impacts, maar bleek het beschikbare modelinstrumentarium niet goed in staat om een eenduidig en compleet beeld te maken voor dit soort extreme omstandigheden. Hierdoor wordt het voor het waterschap ook lastig om in voorbereiding op en ten tijde van de crisisbeheersing adequate informatie te leveren. Bovendien is dit soort informatie ook belangrijk voor risicocommunicatie met burgers en andere overheden; bijvoorbeeld gemeentes die gaan over ruimtelijke ontwikkelingen.

De indruk vanuit deze studie is dat in grote delen van Brabant wateroverlast zou kunnen ontstaan, met fors buiten de oevers tredende beken in de stroomgebieden van de Aa of Weerij en de Bovenmark. Ook grote delen van landbouwgebieden in de polders staan langdurig (meerdere dagen tot langer dan een week) onder een laagje water van maximaal enkele decimeters. Langdurig verhoogde waterstanden in het regionale watersysteem leiden waarschijnlijk tot verstopte drainage in het bebouwde gebied. De hoeveelheid water die moet worden afgevoerd via de kanalen zorgt voor kritische waterstanden langs regionale waterkeringen in de Mark-Vliet-Dintel boezem en mogelijk tot maalbeperkingen van de polders naar de boezem. Dit leidt tot meer langdurige wateroverlast in de polders.

Indien de grootschalige extreme neerslag volledig boven het beheergebied van de Brabantse Delta uitregent, wordt de totale directe schade grofweg geschat op honderden miljoenen euro's en worden er ook honderden huishoudens getroffen. Indien regionale waterkeringen bij de kritische waterstanden bezwijken kan de directe schade verder oplopen tot een half miljard euro of meer. Ook kunnen dan slachtoffers niet worden uitgesloten.

Er zijn een aantal factoren onderzocht die mogelijk (het meeste) invloed hebben op het totale overstromingsbeeld. De initiële bodemsituatie, of deze aan het begin van de regenbui nog veel water op kan nemen of niet, is sterk bepalend. De hoeveelheid oppervlakkige berging in de bovenlopen van de beken (vooral ook in Vlaanderen) heeft invloed op de golfvorm en duur van het hoogwater. Een verhoogd meerpeil van het Volkerak Zoommeer heeft behoorlijk invloed op de duur van wateroverlast in de polders. De inzet van een noodbergingsgebied (Krijtenbergsepolder) heeft invloed op waterstanden in het bovenstroomse deel van het peilbeheerde systeem, maar grootschalige wateroverlast elders kan daar niet volledig mee worden voorkomen. De invloed van het falen van kunstwerken was lastig te bepalen, maar is vermoedelijk wel belangrijk.

In deze studie worden zeven aanbevelingen gedaan. Aanbevolen wordt om onder andere de operationele informatiesystemen te verbeteren en de kennis te vergroten over het functioneren van het water- en bodemsysteem onder extreme omstandigheden. Hiervoor is samenwerking met Vlaanderen onontbeerlijk omdat een groot deel van het water dat daar zou kunnen vallen, via de watersystemen in Nederland moet worden afgevoerd.

Om de gevolgen van extreme weersomstandigheden in de toekomst beter op te kunnen vangen, bereidt het waterschap zichzelf aan de hand van de vijf onderdelen van het strategisch crisismanagement model voor, namelijk – voorkomen-beperken-voorbereiden-bestrijden-herstellen. Hierbij is het erg belangrijk om structureel in gesprek te gaan en blijven met de omgeving zoals gemeenten, provincie, veiligheidsregio's, Rijkswaterstaat, vitale infrabeheerders, en samen op te trekken voor gezamenlijke bewustwording van gevolgen en voorbereiding op zulke extreme grootschalige neerslag.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Doelstellingen	9
1.3	Leeswijzer	9
2	Beheergebied Brabantse Delta	10
2.1	Peilbeheerd gebied	10
2.2	Vrij afwaterend gebied	12
2.3	Stedelijk en bebouwd gebied	13
2.4	Mark-Dintel-Vliet boezem	13
2.5	Regionale wateroverlast	14
3	Bovenregionale analyse	16
3.1	Methode	16
3.2	Samenstellen scenario's: Referentiescenario's	17
3.3	Samenstellen scenario's: Gevoeligheidsanalyse	19
3.4	Gebruikte modelinstrumenten	21
4	Resultierend waterbeeld en gevolgen	24
4.1	Peilbeheerd gebied: Mark-Vliet boezemstelsel	24
4.1.1	Waterbeeld (R1a en R2a) - Gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm	24
4.1.2	Indicatieve gevolgen	27
4.1.3	Samenvattende tabel peilbeheerd gebied	28
4.2	Vrij afwaterend gebied	29
4.2.1	Waterbeeld (R1a en R2a) – Droge bodemcondities - gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm	29
4.2.2	Waterbeeld (R1b en R2b) – Natte bodemcondities - gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm neerslag	30
4.2.3	Waterbeeld (R3a en R4a) – Kern verschoven boven waterschapskantoor en Vlaanderen	32
4.2.4	Indicatieve gevolgen	32
4.2.5	Samenvattende tabel vrij afwaterend gebied	33
4.3	Stedelijk en bebouwd gebied	34
4.4	Gevoeligheidsanalyses	34
4.4.1	Hogere waterstand VZM (G2)	34
4.4.2	Calamiteiten stuwen/gemalen, falen waterkeringen (G5)	35
4.4.3	Noodbergingspolder (G7)	35
5	Conclusies en aanbevelingen	37

5.1	Conclusies	37
5.2	Aanbevelingen	39
5.3	Strategisch crisismanagement bij het waterschap	40
6	Referenties	42

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In juli 2021 is het grensgebied van Duitsland, België en Nederland getroffen door extreme regenval en overstromingen. Dit heeft in onze buurlanden geleid tot miljarden schade en honderden doden. In Nederland is vooral Zuid-Limburg getroffen en heeft het hoogwater geleid tot duizenden getroffen en ongeveer een half miljard euro schade.

Om te leren van deze gebeurtenis heeft Deltares, eind 2021, een hackathon georganiseerd waarin de vraag 'Wat als de waterbom elders in Nederland was gevallen?' centraal stond. Voor verschillende gebieden in Nederland is toen bekeken hoe zo'n extreme situatie zou kunnen uitpakken. Een van de studiegebieden was het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta en hier is begin 2022 een krantenartikel over verschenen in de regionale krant BN/deStem (zie Figuur 1-1).

► **Wat als overstromingen in Limburg zich ook in West-Brabant voordoen?**

'Water komt hier tot halve meter hoog'

Afgelopen juli viel in Limburg in twee dagen tijd zo'n 200 millimeter regen, ongeveer een vijfde van wat daar normaal in één jaar valt. De schade liep op tot 250 miljoen euro. In Duitsland, Oostenrijk en België vielen maar liefst 224 doden. Stel, die extreme regen was in West-Brabant gevallen. Wat zou er dan zijn gebeurd? En: wat kunnen we daarvan leren?

Nicole Roelands
Nieuws

Ondergelopen nadien, geïmproviseerde campings, militairen die in hielden schoten. Limburg domineerde van de zomer dagenlang het landelijke nieuws. Het kabinet verklaarde de extreme wateroverlast tot ramp en het lokale waterschap noemde het een crisis van omvangende omvang.

Wie kunnen de watersnoodramp niet terugkrijgen, maar er wel van leren. Daarom hebben onderzoekers van kennisinstituut Deltares zich de afgelopen dagen vrijwillig opgegeven. Dat deden ze tijdens een hackathon, een bijeenkomst waarin een ingewikkeld vraagstuk wordt voorgelegd aan een groep mensen. Het doel? Het bevoorwaarden van de volgende vraag: wat als de extreme zware neerslag met verwonderde gevolgen elders in Nederland was gevallen? Klaas-Jan Douven uit Nispen was met enkele collega's van waterschap Brabantse Delta betrokken bij het onderzoek. Hij is hydroloog en deskundige op het gebied van de waterkwaliteit. Vanaf die expertise houdt hij zich bezig met watersnood en waterschade.

Het Limburgse weersysteem werd als het ware egeppakt en verschoven naar andere delen van Nederland. Zo kwam het epicentrum onder andere boven Wint- en Middel-Brabant te liggen. 'Laat ik beginnen met vertellen dat dit een gigantische hoeveelheid neerslag was voor Nederlandse begrippen. Dit was meer dan een extreme bui', vertelt de hydroloog.

Groter gebied
Hij legt uit dat de situatie in Limburg zich lokaal ontwikkelde en daarna langzaam uitbreidde naar een groter gebied in Duitsland, Limburg en België. 'Als je dat verschaalt, zou het bijna heel Nederland bedekken. Een gebeurtenis van die omvang hebben wij in West-Brabant nog niet meegemaakt.'

Om naar specifieke gevolgen voor West- en Middel-Brabant te kijken, is de regio onderverdeeld in verschillende gebieden. Tussen Bongen op Zoom en Waalwijk is een denkbeeldige lijn te trekken, ook wel de naam van Brabant. Die noordwaartse lijn is een denkbeeldige lijn te trekken, ook wel de naam van Brabant. Die noordwaartse lijn is een denkbeeldige lijn te trekken, ook wel de naam van Brabant. Die noordwaartse lijn is een denkbeeldige lijn te trekken, ook wel de naam van Brabant.

Extrem overlast
Bij extreme wateroverlast zijn de gevolgen voor het noordwaartse gebied anders. Daar worden nu al geprognosticeerd en stromen ingezet om het waterpeil op orde te houden, want in deze gebieden stroomt het water van de hogere gelegen delen naar de diepere polders. 'Als een Limburgse situatie moet in dit gebied moet veldlopen om natte velden te voorkomen. Dat geldt ook voor dijken. De gebeurtenis in Limburg is veel extremer dan de normen waarmee we normaal moeten. Het is interessant en heraan om te zien hoe ons systeem zich dan gedraagt.'

Straten staan blank
De onderzoekers hebben ook gekeken naar de gevolgen voor de brabantse steden. Daar zullen straten blank staan, rieden overlopen en zal water heel veel woningen en gebouwen binnenslaan. 'Die schades zijn herstelbaar, maar slachtoffers zijn onbetaalbaar. Ondanks deze hele heftige gebeurtenis zien wij geen aanleiding voor slachtoffers in deze gebieden.' (Zie kader rechts)

Aan de hand van de resultaten start het waterschap nu met onderzoekers welke locaties kritiek zijn en waar bijvoorbeeld water over de dijk zou kunnen stromen. Ook kijken ze naar zandriolen en bestaansbestanden die op een kritiek punt liggen. 'Op die locaties moeten we goed voorbereid zijn. Als het water daar niet meer weg kan via het bestaande systeem, zullen we pompen en zandzakken in moeten zetten. Eracrisis is de laatste stap. Die kans is relatief klein, maar sluiten we niet uit.'

Uit de hackathon blijkt dat in Nederland meer aandacht moet zijn voor het gebied zo'n ramp. Vooral al tijdens zo'n gebeurtenis. Volgens de hydroloog hebben we in ons land al tijd geroemd dat de dijken sterk genoeg zijn. 'Maar het is een utopie om te denken dat ons watersysteem in Limburg kan volkomen

— Klaas-Jan Douven

Wat als de waterbom binnenkort weer?

Bij kansberekeningen in het vak van Klaas-Jan Douven van Brabantse Delta, kijkt je altijd naar het verleden. Historische gegevens zijn de gemiddelde neerslag, afvloeien en waterstanden van de afgelopen 100 jaar in Nederland. Dat maakt het ook lastig, want volgens Douven hebben we deze extreme omstandigheden nog niet eerder gezien. 'Toegankelijk weten we dat de kans dat het in de toekomst nog extremer wordt groot is.'

Als je dus de berekening maakt aan de hand van het verleden, is de kans dat de duizend jaar voor-komt. Maar het kan moe-der meer gebeuren. Ik denk dat we in West-Brabant en andere delen van Nederland steeds vaker in maken gaan krijgen met extreme gebeurtenissen. Zoals flinke neerslag, maar ook droogte. Ik ben er zeker van dat de hoogwater van deze gebeurtenissen toeneemt.'

De Schuddebeurspolder bij Lage Zwaluwe is het laagste punt van Brabant, 2,38 meter NAP, in 2006 is daar een waterberging aangelegd om overvloedig water op te vangen bij hevige regenval.

Het is een utopie om te denken dat ons watersysteem zo'n gebeurtenis in Limburg kan volkomen

Waarom zouden hier geen slachtoffers vallen?

Een belangrijke uitkomst van het onderzoek is dat er bij zo'n weersituatie in Nederland naar verwachting geen doodelijke slachtoffers zouden vallen. Terwijl dat afgelopen zomer wel gebeurde: 190 doden in Duitsland, 41 in België, 1 in Oostenrijk en 2 in Roemenië.

Klaas-Jan Douven van Brabantse Delta. Afgelopen zomer stroomde het water heel hard in de Mbezer en zijherijnen in Duitsland. Hoe groter de heftig, hoe harder het water stroomt. Die maar van water, zand en vul kan heel verwoestend zijn. In Nederland zal hoogwater omhoog optuilen in een boek in landelijk gebied en waterschade van gebouwen ontstaan, maar hoge heffingen en extreme stromingen hebben wij niet.

De situatie verandert als je kijken langs de Rijn, het Hollands Diep of de zee doortrokken. Volgens Douven maakt de stroomsterkte en de diepte de kans op slachtoffers vele malen groter. 'Maar dan kan het water nog op verschillende manieren komen. Hier in West-Brabant zal dat overwegend geleidelijk zijn, waardoor je tijd hebt om weg te komen.'

In de Randstad is dat anders. Daar wordt je volgens de hydroloog in een soort badkuip met de zee en rivieren in de nabijheid. Bij een overstroming zijn de gebouwen en economische gevolgen daar groter dan hier.



Figuur 1-1 Artikel met bespreking van resultaten uit BN/DeStem¹

¹ <https://www.bd.nl/brabant/wat-als-een-grote-watersnoodramp-zich-hier-voordoe-onmogelijk-om-je-volledig-te-beschermen-a895d01/>

Naar aanleiding van de inzichten uit de hackathon heeft Deltares besloten om in 2022 een strategisch onderzoek te starten met focus op drie speerpunten:

- Ontwerp van een generiek toe te passen bovenregionale wateroverlast stresstest;
- Het verbeteren en beter verbinden van de hoogwatervoorspellingsystemen
- Uitwerking op rijksprogramma 'Water en Bodem Sturend in relatie tot RO' n.a.v. deze overlast.

De Brabantse Delta is gekozen als een van de casestudiegebieden om invulling te geven aan dit onderzoek. Er is hier een globale bovenregionale wateroverlastanalyse uit gevoerd voor het gehele beheergebied waaruit lessen zijn getrokken voor de ontwikkeling van generieke methode. Deze casestudie sluit ook aan op aanbevelingen die gedaan zijn in rapportages van de beleidstafel hoogwater en wateroverlast.

1.2 Doelstellingen

Het doel van deze studie is: bouwstenen voor een generieke methode ontwikkelen in samenwerking met waterschap Brabantse Delta en deze toepassen op het beheersgebied van het Waterschap.

De methode heeft als doel om te bepalen wat er zou kunnen gebeuren als een grootschalig weersysteem als de 'Waterbom Limburg' boven West-Brabant valt en om inzicht te geven of het waterschap gesteld staat om de effecten en overlast van dit soort grootschalige neerslaggebeurtenissen adequaat te bestrijden. Belangrijk onderdeel van de methode is ook om inzicht te krijgen in welke factoren de mate van overlast tijdens zo'n gebeurtenis zouden bepalen.

In de casestudie wordt gewerkt op basis van beschikbare informatie en modellen.

Klimaatuitdaging Waterschap Brabantse Delta

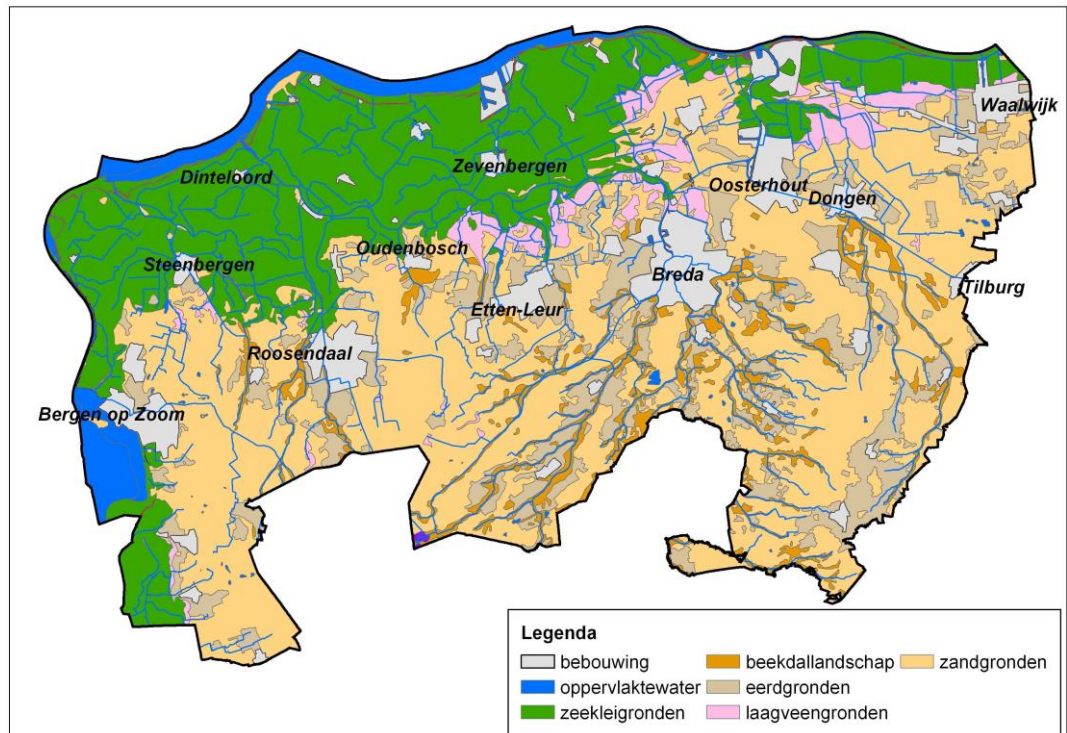
In 2022 heeft het waterschap een intern traject klimaatuitdaging doorlopen om inzicht te krijgen hoe we ons als waterschap beter kunnen voorbereiden op de klimaatverandering. We kunnen niet alles voorkomen, maar door het vergroten van ons weerstandsvermogen en veerkracht willen we ook in extreme situaties de situatie zolang mogelijk beheersbaar houden. De strategisch crisismanagement cirkel (voorkomen-beperken-voorbereiden-bestrijden-herstellen) vormt hiervoor het denkmodel. De bedachte maatregelen uit het traject klimaatuitdaging zijn samen met de aandachtspunten uit de hackathon en het speerpunten onderzoek en de aanbevelingen uit diverse beleidstafeldocumenten geborgd in de interne programmaplannen waterveiligheid en watersystemen.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport start met een gebiedsbeschrijving en beschrijving van het functioneren van het watersysteem. In hoofdstuk 3 volgt een beschrijving van de gevolgde methode om toe te werken naar een bovenregionale stresstest. Belangrijk onderdeel daarvan is de definitie van te beschouwen scenario's. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de berekeningen per type deelgebied binnen het waterschap gepresenteerd. Een beperkte gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd om de invloed van randvoorwaarden verder te bepalen. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2 Beheergebied Brabantse Delta

Het beheergebied van Brabantse Delta (ca. 170.000 ha) kenmerkt zich grofweg door een lager gelegen (peilbeheerd) deel in het noordwesten en een hoger (vrij afwaterend) deel in het zuidoosten (zie Figuur 2-1). De grens tussen deze twee gebieden, die globaal van Bergen op Zoom naar Waalwijk loopt, wordt ook wel de 'Naad van Brabant' genoemd. De bodemhoogte in het beheergebied varieert van ruim 40m boven NAP in het zuidwesten tot ruim 2m onder NAP in het noorden.



Figuur 2-1 Beheergebied Brabantse Delta

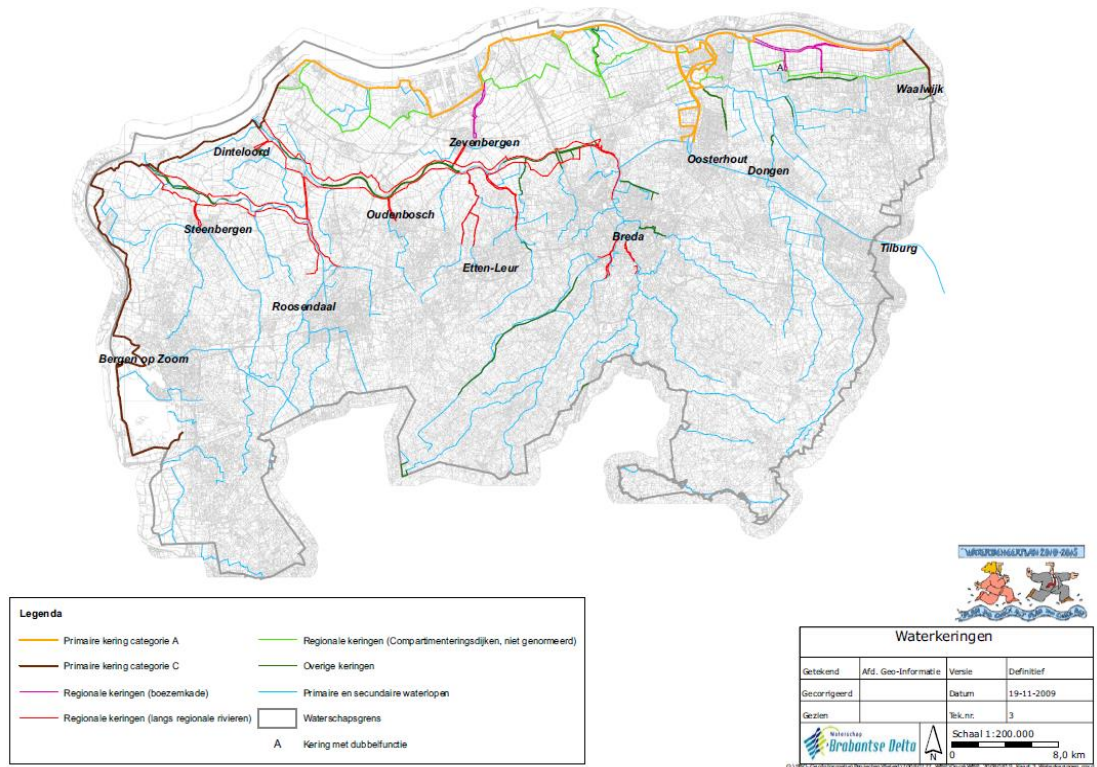
Mensen hebben zich van oudsher op deze 'naad' gevestigd omdat ze daar relatief droog zaten, vlak bij vruchtbare grond, en toegang tot vaarwater hadden. Steden als Bergen op Zoom, Roosendaal en Breda zijn hieruit voortgekomen.

2.1 Peilbeheerd gebied

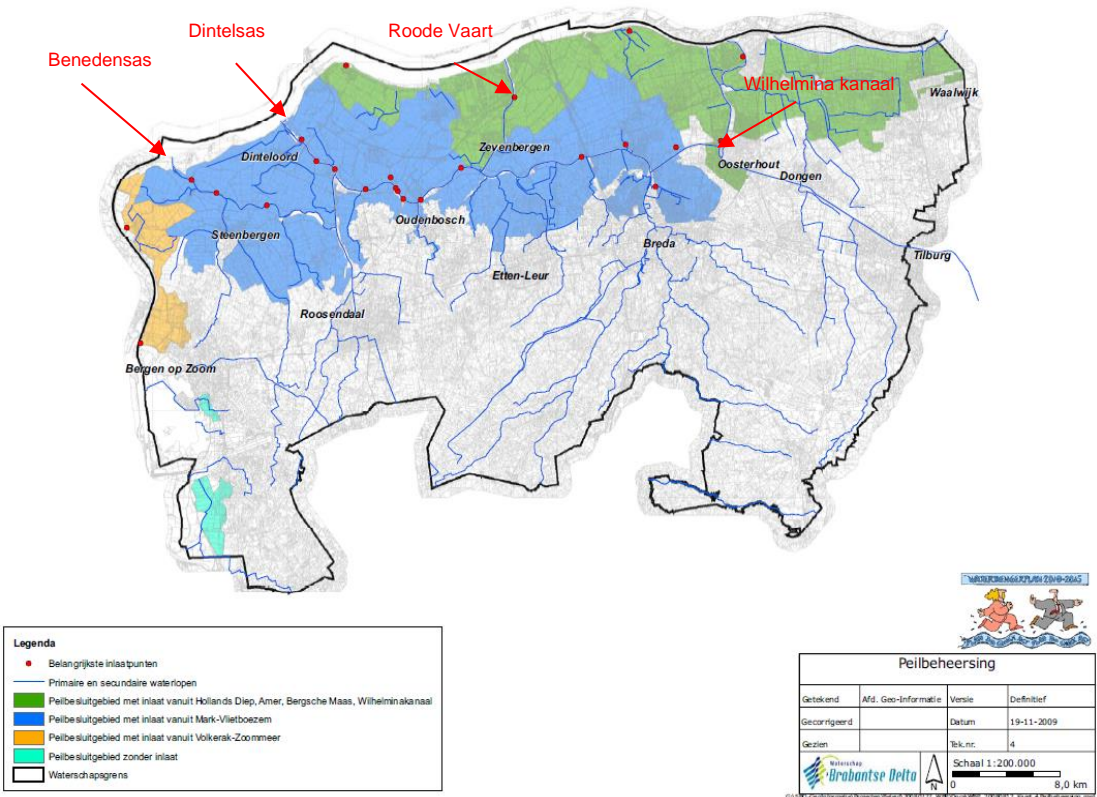
Het laaggelegen gebied wordt door waterkeringen beschermd tegen overstroming. Primaire keringen liggen aan de grens van het beheergebied langs de Amer, het Hollands Diep en het Volkerak-Zoommeer (hoofdwatersysteem). Regionale keringen liggen in het beheergebied, voornamelijk langs de Mark-Dintel-Vliet (MDV) boezem (zie ook Figuur 2-2).

De bodem in de laaggelegen poldergebieden bestaat hoofdzakelijk uit zee- en rivierkleigronden. Het landgebruik bestaat voornamelijk uit land- en (glas)tuinbouw, afgewisseld met kleinere bebouwde kernen en enkele natuurgebieden. Het waterpeil in deze gebieden wordt kunstmatig beheerd met behulp van stuwen en gemalen, waarbij zomer- en winterpeilen worden aangehouden. In enkele gebieden worden hierbij gebiedsregelingen aangehouden (waterbeheer met op elkaar afgestemde stuwen). Overtollig water wordt uitgeslagen naar het hoofdwatersysteem, en naar de MDV boezem (zie Figuur 2-3).

Bij extreem hoge waterstanden keringen op de MDV boezem kan een maalstop worden ingesteld, waardoor water uit de peilbeheerde gebieden tijdelijk niet kan worden afgevoerd. Deze situatie doet zich overigens zelden voor. In tijden van droogte wordt water ingelaten vanuit het hoofdwatersysteem, en vanuit de Mark-Dintel-Vliet boezem (zie Figuur 2-1).



Figuur 2-2 Waterkeringen Brabantse Delta

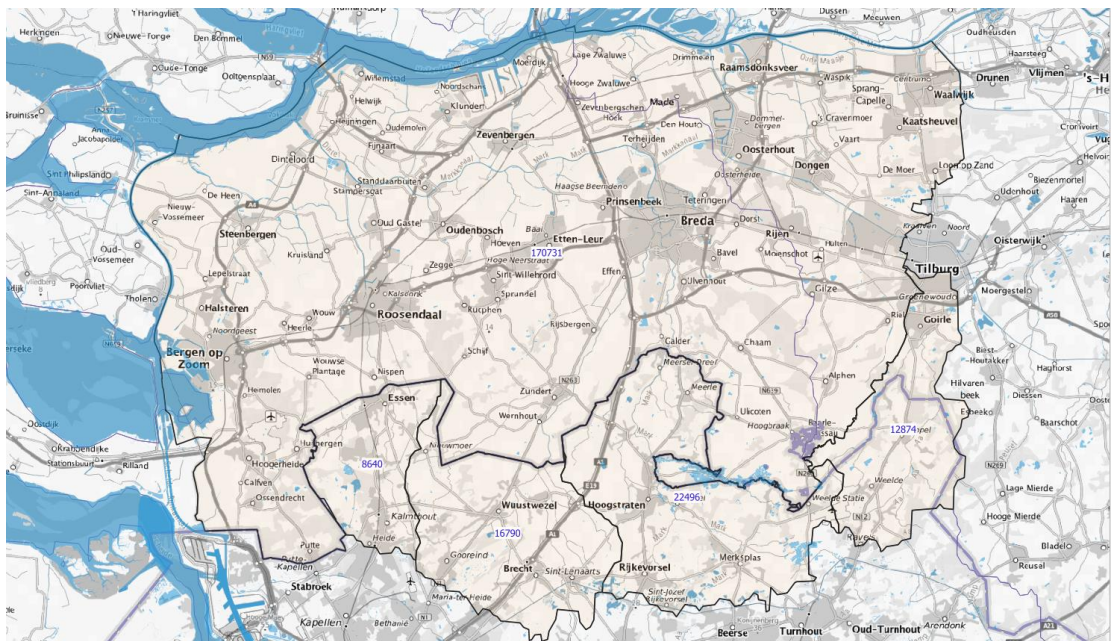


Figuur 2-3 Peilbeheerd gebied Brabantse Delta, en inlaatgebieden (in rood: belangrijkste inlaatpunten MDV)

2.2 Vrij afwaterend gebied

Het vrij afwaterend gebied kenmerkt zich door licht hellende zandgronden, die grofweg van zuid naar noord worden doorsneden door enkele (grensoverschrijdende) beekdalen (o.a. Bovenmark, Aa of Weerij, Molenbeek, Oude Leij/Donge). Grote delen van de stroomgebieden van de Molenbeek (Kleine Aa), Aa of Weerij en Bovenmark liggen in Vlaanderen (zie ook Figuur 2-4). Dit gebied telt op tot ruim 20% van de oppervlakte van het beheergebied van het Waterschap.

De beken zijn in Nederland (vrijwel) allemaal gestuwd, waarbij in enkele gebieden gebiedsregelingen worden aangehouden om streefpeilen zoveel mogelijk te handhaven. De stuwpeilen worden met name de laatste jaren (ook in de zomer) vrij hoog gehouden om zoveel mogelijk water te conserveren. In deze gebieden bestaat er namelijk geen mogelijkheid om (extern) water aan te voeren. Het landgebruik bestaat voornamelijk uit land- en (glas)tuinbouw, grasland, boomteelt, stedelijk gebied, bos, en enkele natuurgebieden. De mate van ontwatering is in deze gebieden relatief hoog, mede ten behoeve van de land- en tuinbouw, en boomteelt. De beekdalen fungeren tijdens hogere afvoer als natuurlijke buffers, waardoor het water minder snel wordt afgevoerd naar benedenstrooms gelegen (stedelijke) gebieden en de MDV boezem.



Gebied	Oppervlakte NL	Oppervlakte BEL (km ²)
Molenbeek / Kleine Aa	239 km ² (74%)	86 km ² (26%)
Aa of Weerij	157 km ² (48%)	168 km ² (52%)
Boven Mark	220 km ² (49%)	225 km ² (51%)

Figuur 2-4 Het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta (totaal 1700 km²) en een indicatie van de grensoverschrijdende stroomgebieden van de Mark, Aa of Weerij en Kleine Aa (Molenbeek) NB. Ten zuiden van Tilburg stroomt de Poppelse Leij in het beheergebied van WS de Dommel.

2.3 Stedelijk en bebouwd gebied

Het grootste aandeel aan bebouwd en stedelijk areaal binnen het beheergebied van Brabantse Delta ligt in het (benedenstroomse deel van het) vrij afwaterende gebied. Waterlopen in deze stedelijke gebieden zijn vaak genormaliseerd en gekanaliseerd. Mede doordat deze stedelijke gebieden op de overgang van het bovenstroomse hellende en het benedenstroomse vlakke (lagere) deel liggen, kunnen lokaal wateroverlast problemen ontstaan als gevolg van gestremde afvoeren bij hogere benedenstroomse waterstanden op de MDV boezem. Hoge waterstanden in het oppervlaktewater kan tevens leiden tot gestremde afvoer vanuit de riolering (overstorten), waardoor er lokaal water langdurig op straat kunnen komen te staan.

2.4 Mark-Dintel-Vliet boezem

De Mark-Dintel-Vliet (MDV) boezem wordt wel beschouwd als de 'ruggengraat' van het watersysteem van Brabantse Delta (zie figuur 2.3 voor aanduiding). De MDV boezem stroomt grofweg van Breda/Roosendaal, via de sluiscomplexen Dintel- en Benedensas naar het Volkerak-Zoommeer (VZM). De MDV boezem heeft zowel een afvoerende als aanvoerende functie. Bij een wateroverschot voert de MDV boezem water af vanuit de peilbeheerde gebieden (gemalen) en het vrij afwaterende gebied naar het Volkerak-Zoommeer (VZM). Bij waterschaarste wordt water vanuit de MDV boezem ingelaten naar de peilbeheerde gebieden. De MDV boezem wordt in deze situatie hoofdzakelijk 'gevoed' vanuit het VZM² (sluiscomplexen staan normaliter altijd open), het benedenpand van het Wilhelminakanaal (inlaat Oosterhout) en de Roode Vaart (inlaat vanuit het Hollands Diep).

Naast een hoofdwaterloop heeft de MDV boezem tevens 'boezemgebieden' (vergelijkbaar met uitwaarden langs de grote rivieren), die op enkele trajecten 'zomerkaden' bevatten (zie 'overige keringen' direct langs de MDV boezem in Figuur 2-2). De boezemgebieden lopen bij hogere afvoeren / waterstanden deels vol (enkele gebieden zijn in de loop der tijd flink opgehoogd waardoor ze niet meer frequent overstromen).

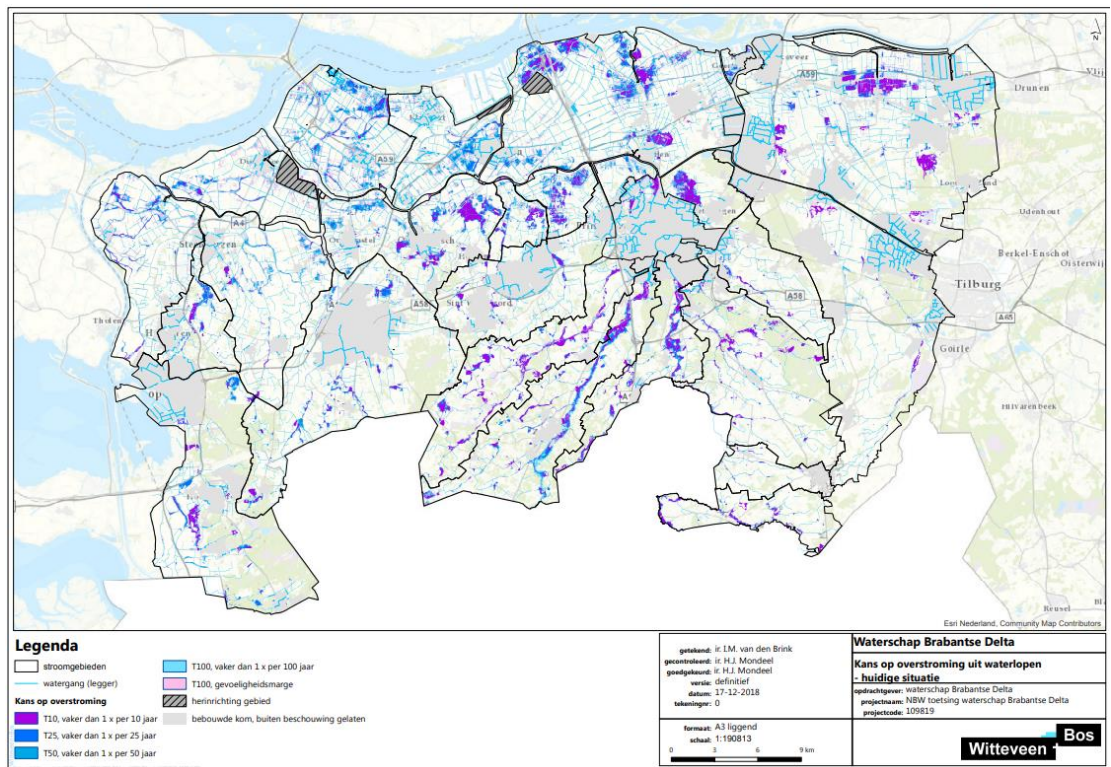
Vrijwel de gehele MDV boezem is omgeven met regionale keringen. Benedenstrooms van Breda (rond de A16/HSL bruggen) zijn vier bergboezems aangelegd ten behoeve van de bescherming van Breda. Hierin kan (max. ca. 11 miljoen m³) water worden geborgen tijdens hogere afvoeren. Eén bergboezem wordt gestuurd ingezet, de andere drie overstromen via een vaste overloopkade. De afvoer van de MDV boezem is sterk afhankelijk van het peil op het VZM. Het verval tussen Breda en het VZM bedraagt onder gemiddelde omstandigheden ca. 0,1 m. Dit verval loopt tijdens (maatgevende) omstandigheden op naar (max.) ca. 1,5 m (bij een max. peil op het VZM van 0,5 mNAP). Verhoogde peilen op het VZM stremmen de afvoer van de MDV boezem echter in belangrijke mate.

Een bijzondere situatie bestaat uit de inzet van het VZM als waterbergingsgebied. In deze situatie worden de sluiscomplexen bij Dintel- en Benedensas gesloten waardoor de afvoer van de MDV boezem naar het VZM (voor enkele dagen) bijna volledig wordt gestremd. Deze situatie leidt naar verwachting tot overstromingen in m.n. de peilbeheerde gebieden als gevolg van verminderde afvoermogelijkheden (stremmingen gemalen en maalstops).

² Dit wil het waterschap normaliter zoveel mogelijk voorkomen omdat de waterkwaliteit in het VZM slechter is;

2.5 Regionale wateroverlast

In figuur 2.5 wordt een kaart getoond van de kans op wateroverlast in de huidige situatie (2018) voor het gehele beheergebied van de Brabantse Delta, zoals is berekend in het kader van de NBW-toetsing³. (van den Brink, 2018).



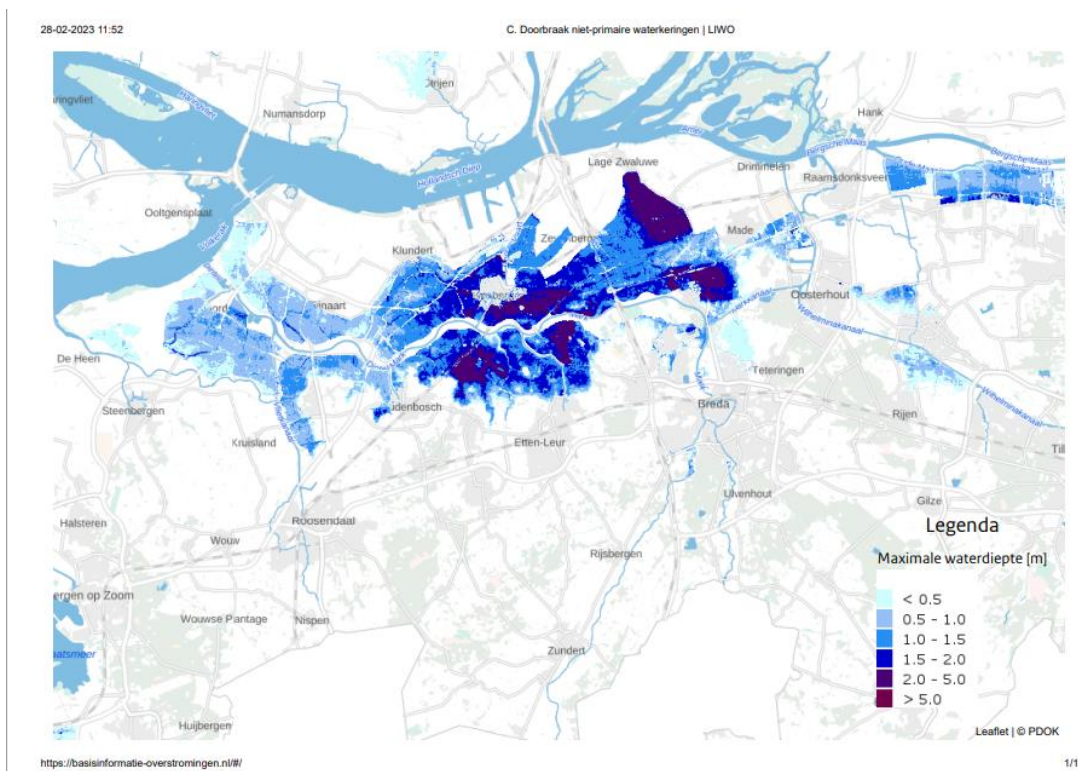
Figuur 2-5 Kans op overstroming uit waterlopen – huidige situatie (NBW Toetsing waterschap Brabantse Delta 2018)

Deze kaart geeft een indicatie welke gebieden kunnen overstromen **vanuit** de belangrijkste waterlopen in het gebied bij een 1:10 per jaar, 1:25 per jaar, 1:50 per jaar of 1:100 per jaar neerslagsituatie. Wateroverlast in bebouwde gebieden staat niet op deze kaart.

De kaart toont dat diverse beekdalen overstromen en dat in de polders voornamelijk overstromingen optreden bij gemalen met een beperkte gemaalcapaciteit en in lokale laagten door beperkte afvoercapaciteit van waterlopen (Van den Brink, 2018). Er is ook een schaderisico-inschatting gemaakt voor het totale beheergebied. Dit komt uit op een overstromingsrisico van 40 tot 50 miljoen euro per jaar. Deze kaarten laten een uiterste situatie zien bij een 1:100 per jaar situatie. Het wordt niet duidelijk welke delen van het gebied overlast ervaren bij extremere weersomstandigheden.

In bovenstaande wateroverlastkaart en studie wordt niet geanalyseerd of de regionale waterkeringen langs het Mark-Dintel-Vliet boezemstelsel overstromen en welke gevolgen dat zou kunnen hebben. Deze informatie is wel bekeken in studies rondom de normering van regionale keringen. In het landelijke informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) is een kaart opgenomen (zie figuur 2.6), die een indicatie geeft van de maximale waterdiepte die in gebieden kunnen optreden op het moment dat een regionale kering langs het Mark-Dintel-Vliet boezemstelsel doorbreekt.

³ Het waterschap onderzoekt periodiek of het watersysteem voldoet aan opgestelde werknormen zoals beschreven in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) en of er andere knelpunten zijn. Deze toets is erop gericht na te gaan of de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem voldoende is bij regionale wateroverlast.



Figuur 2-6 Indicatie van de maximale waterdiepte die op locaties kunnen optreden bij een doorbraak van regionale waterkeringen (bron: LIWO: basisinformatie-overstromingen.nl)

Hierbij moet worden opgemerkt dat dit waterbeeld nooit in zijn geheel tegelijkertijd zal optreden. Het is een samengesteld beeld van het overstroombare gebied bij doorbraken van regionale waterkeringen. Anders dan getoond op de regionale wateroverlastkaarten in figuur 2.5 kunnen de polders langs de boezem in het ergste geval diep overstromen (meer dan 2m). Regionale keringen in het beheergebied van de Brabantse Delta zijn genormeerd op een overschrijdingskans van de waterstand met een kans van 1:100 per jaar. Anders dan deze kaart doet vermoeden zullen directe boezemlanden langs de Mark ook overstromen bij 1:100 per jaar waterstanden.

3 Bovenregionale analyse

3.1 Methode

Een methode voor het uitvoeren van een bovenregionale stresstest was ten tijde van de uitvoering van dit speerpuntenonderzoek nog in ontwikkeling. Naast Waterschap Brabantse Delta is gelijktijdig een casestudie uitgevoerd door Deltares met en voor de provincie Zuid-Holland (De Bruijn et al. 2022).

De in deze casestudies ontwikkelde methode is een verdere uitwerking van de stappen die in de hackathon in 2021 zijn genomen. De methode sluit zo goed mogelijk aan of vult aan op uitgevoerde gemeentelijke stresstesten en overstromingsrisico-modelstudies in Nederland.

Bij het analyseren van grootschalige neerslaggebeurtenissen in Nederland zijn grofweg de volgende zeven hoofdstappen in beeld:

1. Scope studie: Bepalen, beschrijven en vaststellen van het doel van de studie, het studiegebied en de rol, verantwoordelijkheden en ambitie van de actoren⁴;
2. Samenstellen scenario's: Definiëren en kiezen van grootschalige wateroverlastscenario's, met extra aandacht voor (watersysteem)werking, incl. extern beheer;
3. Bepalen waterbeeld: Bepalen van het bijbehorende waterbeeld voor het totale studiegebied: met waterstanden in de watersystemen, waterdieptes op het land en duur van de overlast;
4. Bepalen gevolgen: Bepalen van de potentiële gevolgen (bijv. getroffen, schade en vitaal en kwetsbare functies) van de wateroverlast en mogelijke cascade-effecten voor het totale studiegebied;
5. Duiden van uitkomsten: Duiden van de uitkomsten en vergelijken met (praktijk) ervaringen;
6. Risicodialoog: Bespreken van de uitkomsten met de omgeving in (risico)dialogen; en
7. Maatregelen: Verkennen van het handelingsperspectief en maatregelen, met aandacht voor alle categorieën: waterbewustzijn, preventie, gevolgbepaling, crisisbeheersing en herstel;

In deze globale verkenning is voor dit gebied overigens nog niet verder gegaan dan stap 5.

De toegepaste methodes voor beide casestudies zijn in hoofdlijnen identiek, maar door regionaal maatwerk op enkele aspecten verschillend. Belangrijke verschillen zitten in:

- a. De complexiteit van systeemwerking van het hoofd-, regionaal, en lokaal watersysteem: bijvoorbeeld Amsterdam-Rijn kanaal – Noordzeekanaal systeem met veel aangesloten polder-boezemsystemen van veel verschillende waterbeheerders;
- b. Keuze om meerdere gevoeligheids-scenario's te onderzoeken bij Waterschap Brabantse Delta. Deze gevoeligheidsanalyse geeft nuttige informatie over de meest belangrijke factoren.

De voorgenomen modelanalyse bestaat uit 2 fases. Eerst wordt een setje referentiescenario's berekend. In een 2^e fase wordt een gevoeligheidsanalyse voorgesteld.

⁴ Het is aan te bevelen ook een analyse te doen van eerder opgetreden wateroverlast situaties en welke beheer- en calamiteitmaatregelen op dit moment in beeld zijn;

Hierin wordt uit de 1^e fase idealiter het meest extreme en/of meest plausibele scenario genomen en hierop enkele perturbaties gedaan. Deze gevoeligheidsanalyses zijn niet compleet maar geven een indicatie van de belangrijkste factoren die de impacts bepalen.

3.2 Samenstellen scenario's: Referentiescenario's

De set referentiescenario's (of basisset) is opgebouwd uit acht scenario's, die variëren in hoeveelheid en ruimtelijk patroon van de neerslag, en initiële bodembergingscondities. In alle bestudeerde referentiescenario's is uitgegaan van het goed functioneren van het watersysteem ('best case scenario's'). Het kunnen plaatsen van noodpompen en instellen van maalstops ('calamiteitenprotocol') is niet opgenomen in deze scenario's. Deze scenario's zijn op dit moment in ieder geval bovenmaatgevend voor het watersysteem, maar plausibel.

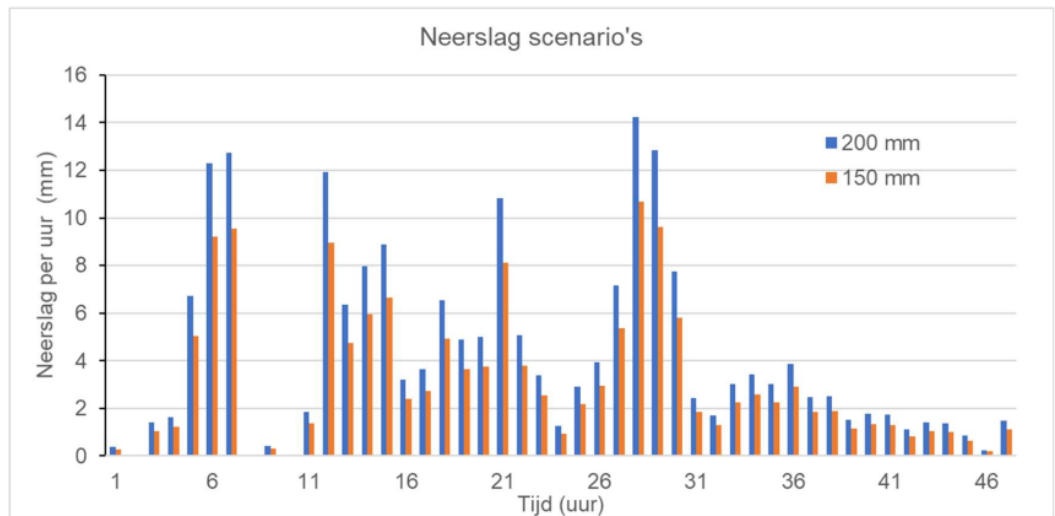
De referentiescenario's verschillen vooral in aangenomen neerslagpatronen en initiële condities (zie Tabel 3-1). Er is gekozen om twee (ruimtelijk) uniforme hoeveelheden neerslag te hanteren: 150 mm (R1) en 200 mm (R2), uniform boven het beheergebied van het waterschap en aangevuld met het deel van het stroomgebied dat in Vlaanderen ligt. Hierdoor kan makkelijker de gevoeligheid van (deel)gebieden voor zo'n hoeveelheid neerslag worden vergeleken.

Er is voor gekozen om het tijdsverloop van de extreme neerslag in Limburg te hanteren. De uur neerslag is vervolgens geschaald naar een totaal van 150 en 200 mm in 2 dagen (zie Figuur 3-1). Merk op dat de maximale uur neerslag in beide scenario's niet boven de 15 mm uitkomt; een hoeveelheid die jaarlijks overal in NL wel een keer valt.

Tabel 3-1 Overzicht met referentiescenario's

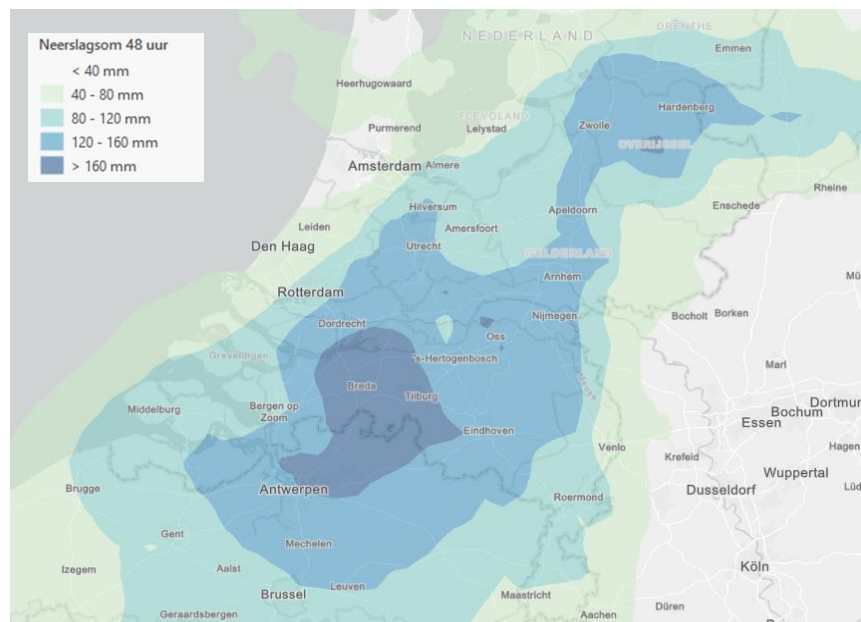
ID	Naam	Neerslag	Initiële condities	Functioneren watersysteem	Noodmaatregelen
1	R1a	- 150 mm / 2 dagen - homogeen over gebied - tijdsverloop juli 2021	- droge init. situatie - GLG en streefpeil voor de waterlopen - Buitenwaterstand zonder storm	Kunstwerken blijven functioneren zoals bedoeld/ontworpen Incl. maai-beheer en bagger	Geen
2	R1b	Idem	- natte init. situatie - GHG en streefpeil voor de waterlopen - Buitenwaterstand zonder storm	Idem	Idem
3	R2a	- 200 mm / 2 dagen - homogeen over gebied - tijdsverloop juli 2021	- droge init. situatie - GLG en streefpeil voor de waterlopen - Buitenwaterstand zonder storm	Idem	Idem
4	R2b	Idem	- natte init. situatie - GHG en streefpeil voor de waterlopen - Buitenwaterstand zonder storm	Idem	Idem
5	R3a	Limburg- bui boven waterschapskantoor	- droge init. situatie	Idem	Idem
6	R3b	Idem	- natte init. situatie	Idem	Idem
7	R4a	Limburg-bui boven Vlaanderen	- droge init. situatie	Idem	Idem
8	R4b	Idem	- natte init. situatie	Idem	Idem

Naast deze ruimtelijk uniforme neerslagpatronen, zijn er ook twee scenario's genomen die qua ruimtelijk patroon en qua tijdsverloop volledig gebaseerd zijn op de gebeurtenis in Limburg in juli 2021. In het ene scenario is de kern boven het waterschapskantoor (R3) gelegd (zie als voorbeeld Figuur 3-2), in het andere wat zuidelijker boven Vlaanderen (R4).

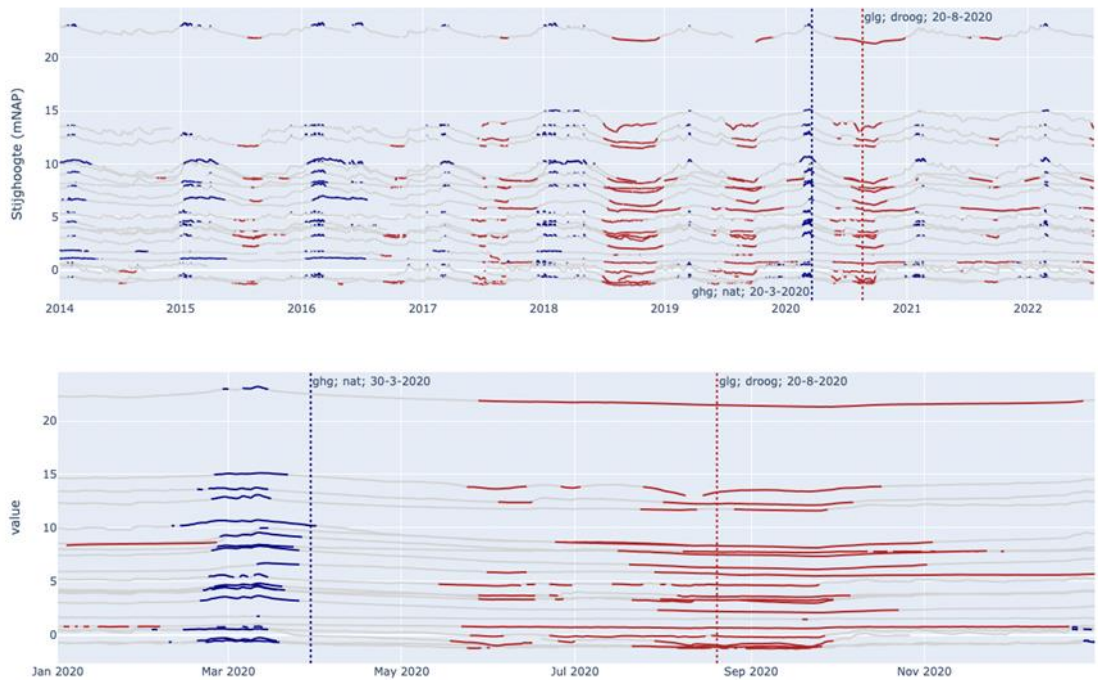


Figuur 3-1 Tijdsverloop van extreme neerslag gebaseerd op de uur neerslag van de juli 2021 gebeurtenis

Het is de verwachting dat de hoeveelheid water die in de bodem bij aanvang van de extreme neerslag aanwezig is, ofwel de mate van verzadiging, veel invloed heeft op de uiteindelijke wateroverlast. Daarom zijn de simulaties met de vier neerslagpatronen voor zowel een 'droge' en 'natte' beginsituatie uitgevoerd. Deze droge en natte beginsituaties zijn gesimuleerd door in het model te starten met respectievelijk een lage en hoge grondwaterstand. Dit is gedaan voor zowel het Nederlandse als Belgische grondgebied. Hydrologen van het waterschap hebben deze initiële grondwaterstanden gebaseerd op een recente representatieve periode uit grondwatermeetreeksen van het provinciaal meetnet. De droge initiële situatie is gebaseerd op de waarde van 20-8-2020. De natte initiële situatie op 30-3-2020 (zie ook Figuur 3-3).



Figuur 3-2 Verplaatsing van de waterbom zoals deze in juli 2021 is gevallen met de kern boven het waterschapskantoor



Figuur 3-3 Provinciale meetreeks grondwaterstanden van 2014 tot heden (boven) en de geselecteerde initiële grondwaterstanden op basis van waarden uit 2020 (onder)

Deze waarden beïnvloeden vooral de bodembergingscapaciteit, maar niet de infiltratiesnelheid. Bij een uitgedroogde toplaag kan minder water daadwerkelijk infiltreren en zal meer tot oppervlakkige afstroming komen. De dikte van de bodem is ook nog van belang; hier is in deze studie gebruik gemaakt van de gebiedsinformatie in het bestaande model.

3.3 Samenstellen scenario's: Gevoeligheidsanalyse

De referentie-scenario's gaan uit van gemiddelde buitenwatercondities (bijv. op het VZM) en van het goed functioneren van het regionale watersysteem en alle kunstwerken. In de praktijk is dit vaak een te positieve voorstelling van zaken. De kans dat kunstwerken, zoals bijvoorbeeld stuwen, sluizen, poldergemalen onder dit soort extreme omstandigheden *allemaal* functioneren zoals ze zijn ontworpen (vaak op minder extreme omstandigheden) is klein. In de referentiescenario's wordt aan de andere kant geen rekening gehouden met het kunnen uitvoeren van noodmaatregelen tijdens de crisissituatie. Om te achterhalen welke factoren belangrijk zijn, en de wateroverlast sterk kunnen vergroten of juist beperken is het ook verstandig om gevoeligheidsanalyses te doen.

Besloten is om het referentie-scenario te nemen waar de modellen de meest plausibele resultaten toonden, en daar vervolgens te variëren in:

- buitenwaterstanden op het VZM,
- het mogelijk optreden van calamiteiten bij kritische stuwen/gemalen
- en de inzet van een hypothetisch noodbergingsgebied.

In Tabel 3-2 is een overzicht gegeven van de gebruikte scenario's.

Tabel 3-2 Scenario's gevoeligheidsanalyse

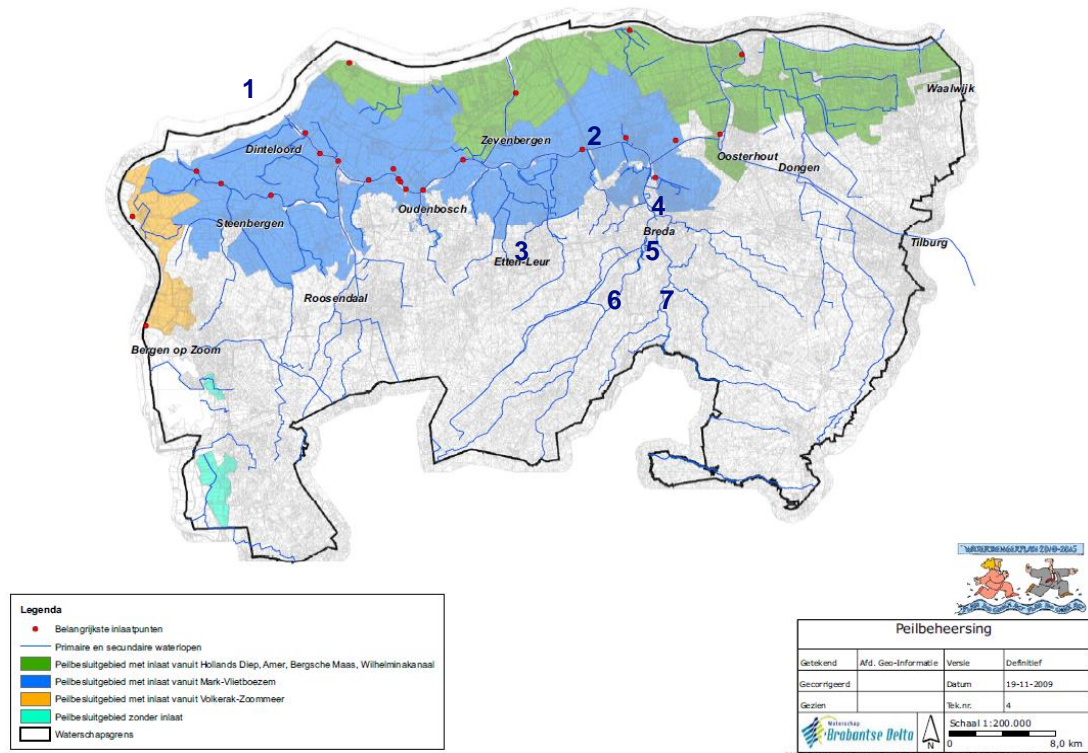
ID	Naam	Neerslag	Initiële condities	Functioneren watersysteem	Nood-maatregelen
1	G1	Idem als referentie extreem	Buitenwaterstand met stormopzet op basis van 'gewone ZW storm'	Idem als referentie extreem	Idem als referentie extreem
2	G2	Idem	Waterstand op VZM +0.5m NAP (berging VZM)	Idem	Idem
3	G3	Idem	Water uit Vlaanderen o.b.v. droge init. situatie	Idem	Idem
4	G4	Idem	Water uit Vlaanderen o.b.v. natte init. situatie	Idem	Idem
5	G5	Idem	Idem als referentie extreem	Calamiteiten bij meest kritische gemalen / stuwen	Idem
6	G6	Idem	Idem	Afvoerbeperkingen met drijfvuil etc.	Idem
7	G7	Idem	Idem	Idem	Inzet noodbergingspolder (Krijtenbergsepolder E-L)
8	G8	Idem	Idem	Idem	Zandzakken en noodpompen volgens draaiboek

Er zijn in eerste instantie vier gevoeligheidsscenario's voor buitenwatercondities gedefinieerd: in de eerste (**G1**) wordt aangenomen dat het gelijktijdig stormt op het Volkerak Zoommeer. De buitenwaterstand is verhoogd met een stormopzet op basis van een 'gewone' ZW storm. De waarschijnlijkheid van dit scenario is laag, want een storm zou ervoor zorgen dat het buiensysteem niet zo lang op 1 plek zou blijven hangen. In een tweede scenario (**G2**) wordt de waterstand op het Volkerak-Zoommeer verhoogd tot +0.5 mNAP. Dit is een reële uitgangssituatie op het moment in de toekomst wordt besloten het VZM in te zetten met extra waterberging.

De andere twee gevoeligheidsscenario's voor buitenwatercondities hebben betrekking op het te verwachten afvoerproces voor de grensoverschrijdende beken uit Vlaanderen. Het afvoerproces zal sterk afhangen van de initiële bodembergingscapaciteit in Vlaanderen. Hierom gaan we in deze scenario's uit van respectievelijke afvoer uit Vlaanderen o.b.v. een nog droge (**G3**) en natte (**G4**) initiële bodemsituatie, op basis van meer gedetailleerde modellen aan Vlaamse zijde.

Er zijn ook twee scenario's gedefinieerd voor te verwachten calamiteiten in het watersysteem. We bekijken een scenario waarbij een of meerdere meest kritische gemalen / stuwen falen (**G5**) en een scenario waarbij drijfvuil zorgt voor verminderde doorstromingscapaciteit in de watergangen (**G6**).

Een laatste set van twee gevoeligheidsscenario's is gedefinieerd voor het testen van de inzet van noodmaatregelen: inzet van een hypothetische noodbergingspolder (Krijtenbergsepolder bij Etten-Leur – **G7**) en een met inzet van zandzakken en noodpompen (**G8**) volgens de draaiboeken.



Figuur 3-4 Relevante locaties genoemd in scenario's gevoeligheidsanalyse: 1 = Volkerak Zoommeer, 2 = Spoorbrug HSL, 3 = Krijtenbergsepolder Etten-Leur, 4 = Trambrug Breda, 5 = singels Breda, 6 = Aa of Weerij, 7 = Boven-Mark

Deels door de beperkingen van het gebruikte instrumentarium en de beperkte beschikbare tijd is niet de hele lijst geanalyseerd. Het waterschap heeft drie gevoeligheidsanalyses geprioriteerd: G2 – hogere waterstand VZM, G5 – falen van gemaal en G7 – inzet noodbergingspolder.

3.4 Gebruikte modelinstrumenten

Voor het analyseren van de gevolgen van grootschalige wateroverlast is geen kant en klaar overstromingsmodel of aanpak beschikbaar. Voor het verkrijgen van het beeld van het effect op waterstanden en de overstroming zijn vaak grovere, maar gebiedsdekkende modellen beschikbaar waarin grotere gebieden op een minder nauwkeurige wijze geschematiseerd zijn. Er zijn in Nederland wel veel gedetailleerde modellen aanwezig, maar die bestrijken meestal een kleiner of deelgebied en zijn dus niet geschikt om de interactie tussen gebieden of systemen te beschouwen.⁵

Om toch een gebiedsdekkend beeld te krijgen, is het daarom aan te raden om “van grof naar fijn te werken en weer terug van fijn naar grof”: om eerst een beeld te krijgen van kwetsbare gebieden of watersystemen en daar dan weer in detail verder naar te kijken. Vervolgens kunnen de resultaten uit de detailanalyses weer gebruikt worden om ook op andere locaties de uitkomsten van de grovere modellen te duiden of om deze te gebruiken als input voor de grovere modellen om de effecten op het grote systeem te beschouwen.

⁵ Waterschappen hebben afgesproken om in het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) hun watersystemen te toetsen op regionale wateroverlast. Bij Waterschap Brabantse Delta zijn in het verleden meerdere (deel)modellen ontwikkeld om aan te sluiten bij het juiste detailniveau en de modellen hanteerbaar te houden.

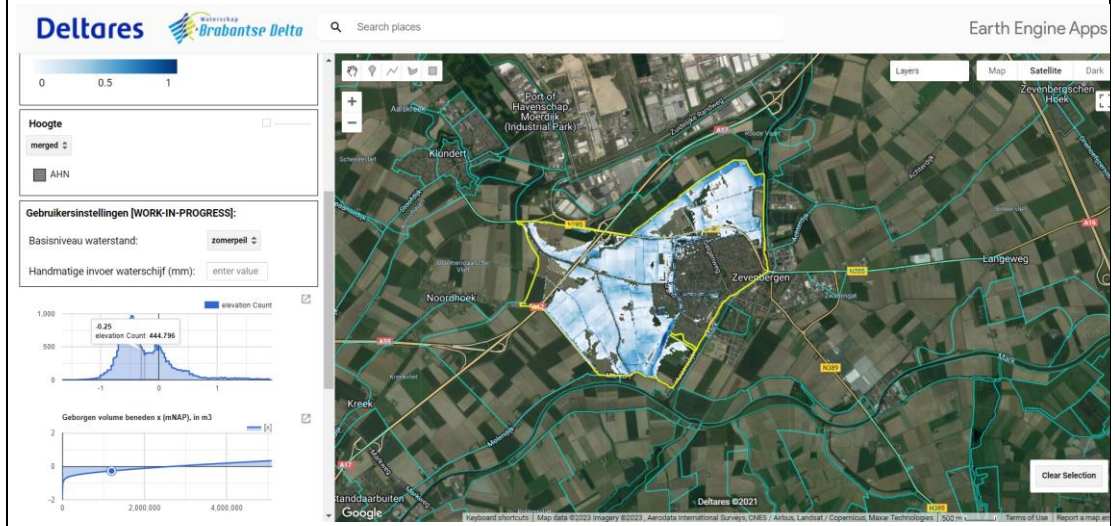
Voor het beheergebied van Brabantse Delta is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van het bestaande Beslissing Ondersteunend Systeem (BOS) Hoogwater⁶ met een relatief grof SOBEK 1d overstromingsmodel, incl. 2d model voor de beekdalen (Aa of Weerij, Bovenmark en Molenbeek), en een RTC model. Voor deze verkenning is het model in het BOS op enkele plekken aangepast en uitgebreid onder andere met recent operationele keermiddelen. Ook is ter vergelijking een meer gedetailleerd SOBEK - 1D2D model gebruikt voor de Bovenmark (deelmodel NBW-toetsing).

Dit soort modellen berekenen waterstanden en afvoeren in het (boezem) regionale hoofdwatersysteem, en geven een indicatie van volumes die oppervlakkig binnen beekdalen en polders moeten worden geborgen. Eerst wordt bekeken hoe afvoeren en waterstanden in het regionale hoofdwatersysteem zich in de tijd ontwikkelen. Hierbij wordt ook gekeken of en waar waterstanden boven de kades uitkomen en of dit plausibel is. Mogelijke knelpunten in het boezemsysteem worden geïdentificeerd en er wordt bekeken of bergingsgebieden ingezet worden, hoe lang het hoogwater duurt en of er in deze situatie maalstops of andere calamiteitenmaatregelen zouden worden getroffen.

Omdat een volledig gekoppeld SOBEK – 1D2D model voor het waterschap ontbreekt om waterbeelden te kunnen maken, worden waterdieptes in boezemlanden direct langs de wateren en in de polders geschat volgens een GIS-methode. Hierbij wordt een waterstand op de boezem vergeleken met bodemhoogtes en het indicatief berekende geborgen volume in de polders verspreid over de laagste delen van een peilgebied.

Watersverspreider-tool

Voor het verspreiden van volumes over peilgebieden om te komen tot indicatieve waterdieptes is een aparte tool ontwikkeld de 'watersverspreider'. In deze tool wordt een histogram gemaakt van alle hoogtepunten binnen een peilgebied op basis van het AHN3. Al het permanente water in sloten, kanalen en meren wordt vervolgens op streefpeil gezet. Vervolgens kan worden berekend bij welk maaiveldpeil een hoeveelheid watervolume daar beneden kan worden geborgen. Gegeven een volume te bergen water (in m3 of mm), wordt het maaiveldpeil (mNAP) bepaald. Uiteindelijk wordt dit peil geconfronteerd met het hoogtemodel en wordt een indicatief waterbeeld verkregen. Deze tool geeft een goede indicatie in vlakke gebieden, geen goede indicatie in hellende gebieden.



⁶ Dit is ook nu het instrument dat ingezet wordt door experts bij het waterschap ten behoeve van de crisisbeheersing;

Op basis van nationale impactmodellen- en gegevens wordt een indicatie gegeven van de maatschappelijke gevolgen (schade, getroffen, getroffen vitale objecten, etc.) die binnen dat overstroomde gebied in het waterbeeld liggen.

In het stedelijk gebied is wateroverlast vaak een groter probleem dan in landelijk gebied. Bovendien is het complexer om de overlast goed in beeld te krijgen: de interactie tussen het rioleringsstelsel en het watersysteem is niet altijd voldoende expliciet meegenomen in regionale watersysteemmodellen van de waterschappen en de gevolgen van kleine waterdieptes zijn onzeker omdat deze sterk afhangen van de lokale situatie. Zo levert 10 cm water in een woning veel schade op, maar zullen bij een waterdiepte van 10 cm veel woningen met een drempel droog blijven. Ook de hoogte van stoepranden kan bepalend zijn voor de impact. Bij grotere waterdieptes wordt de onzekerheid over de gevolgen kleiner. In deze verkenning is maar in beperkt detail naar de overlast in het stedelijk gebied gekeken.

4 Resultierend waterbeeld en gevolgen

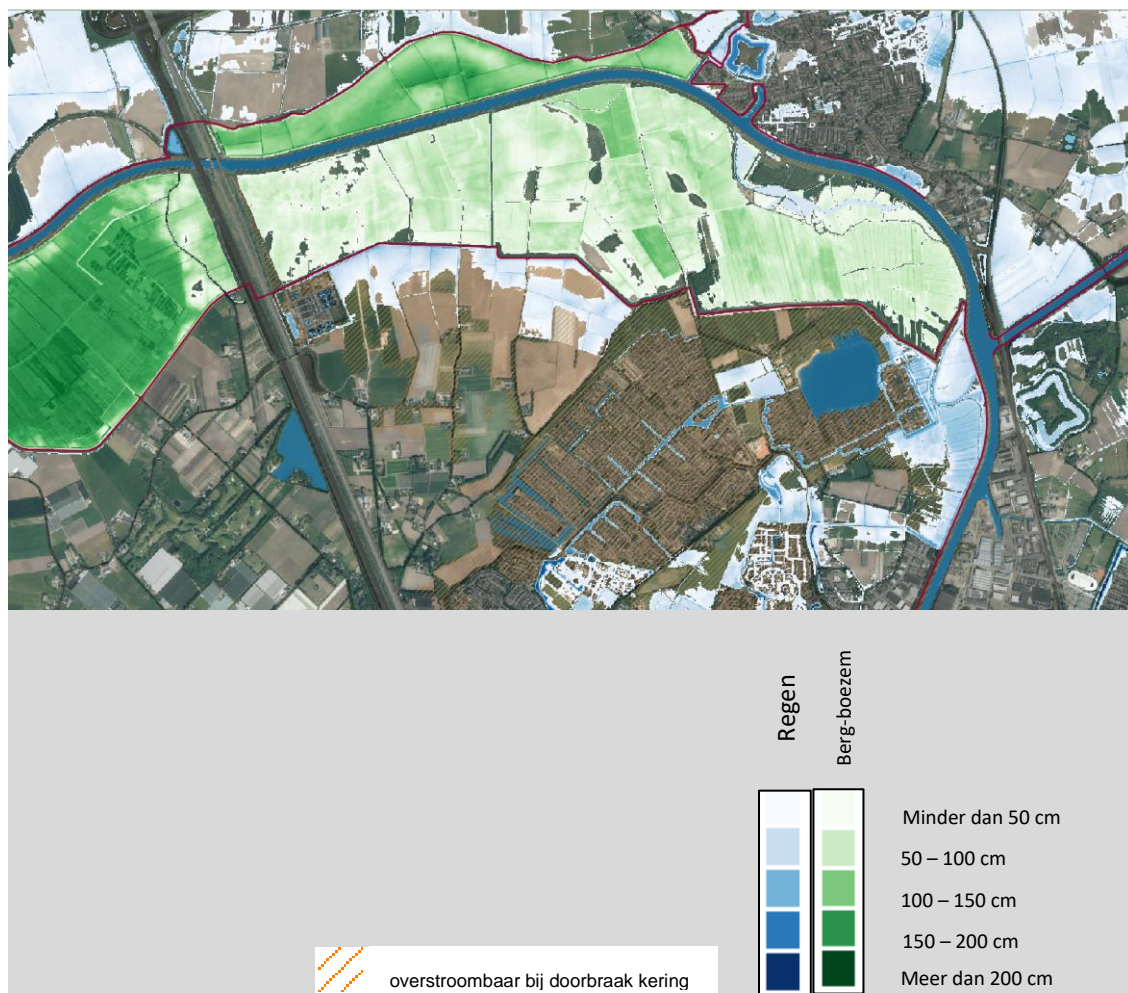
4.1 Peilbeheerd gebied: Mark-Vliet boezemstelsel

4.1.1 Waterbeeld (R1a en R2a) - Gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm

Het Mark-Vliet boezemstelsel is in grote mate in staat om de hoogwatergolf die wordt veroorzaakt in het scenario met 150 mm neerslag, met droge initiële bodemcondities veilig naar het Volkerak Zoommeer af te voeren. Het water zal grotendeels binnen de zomerkades blijven en de diverse bergboezems zullen gecontroleerd kunnen worden ingezet. Water dat in de polders zelf valt, zal met poldergemalen naar het boezemstelsel worden uitgemalen; met een gemiddelde pompcapaciteit van 14 – 20 mm/dag, duurt dat vermoedelijk 5 tot 7 dagen voordat het helemaal droog is. Op veel plaatsen zal gedurende meerdere dagen veel water op het land staan. Ongunstig (laag) gelegen delen van bebouwd gebied kunnen ook forse wateroverlast, tot in gebouwen, verwachten.

In het geval er 200 mm neerslag uniform over het beheersgebied valt, krijgt het gebied het zwaar te verduren. In dit scenario zullen bijna alle zomerkades overstromen en treden er op diverse plekken in het systeem voor langere tijd (enkele dagen) kritische waterstanden voor de regionale waterkeringen op (zie Figuur 4-1); m.n. ten oosten van de spoorbrug van de HSL en ten noorden van de Trambrug Breda (Terheijden). In dit scenario zullen poldergemalen tijdelijk niet naar de boezem kunnen pompen (maalstops) en een zeer groot deel van het peilbeheerde (landbouw- en natuur) gebied van het waterschap staat onder maximaal enkele decimeters water. Bergboezemgebieden langs het stelsel zullen door het waterschap worden ingezet, maar er staat voor gebruik reeds al een enkele decimeters onder water als gevolg van de niet afgevoerde neerslag. De wateroverlast en verhoogde waterstanden in de boezem kunnen 1 a 2 weken aanhouden of nog langer. In het geval van het falen van een boezemwaterkering zal het gebied dat daardoor beschermd wordt overstromen tot max. 1 of 1,5 m water. Los van het feit dat dit erg gevaarlijk is voor het gebied dat overstroomd zal dit ook kunnen leiden tot een gedeeltelijke ontlasting van de boezems.

Indien de kern naar België wordt verplaatst zal er minder overlast in de polders optreden; er valt immers minder regen in de polder dat naar de boezem uitgemalen hoeft te worden. Er zullen wel kritische waterstanden optreden in de boezem, maar dit wordt dan voornamelijk veroorzaakt door het water dat uit België via de beken (m.n. Bovenmark en Aa of Weerij) naar het Volkerak-Zoommeer moet worden afgevoerd. Het falen van regionale waterkeringen met fors overstroomde gebieden bij dit soort omstandigheden is ook niet uitgesloten.

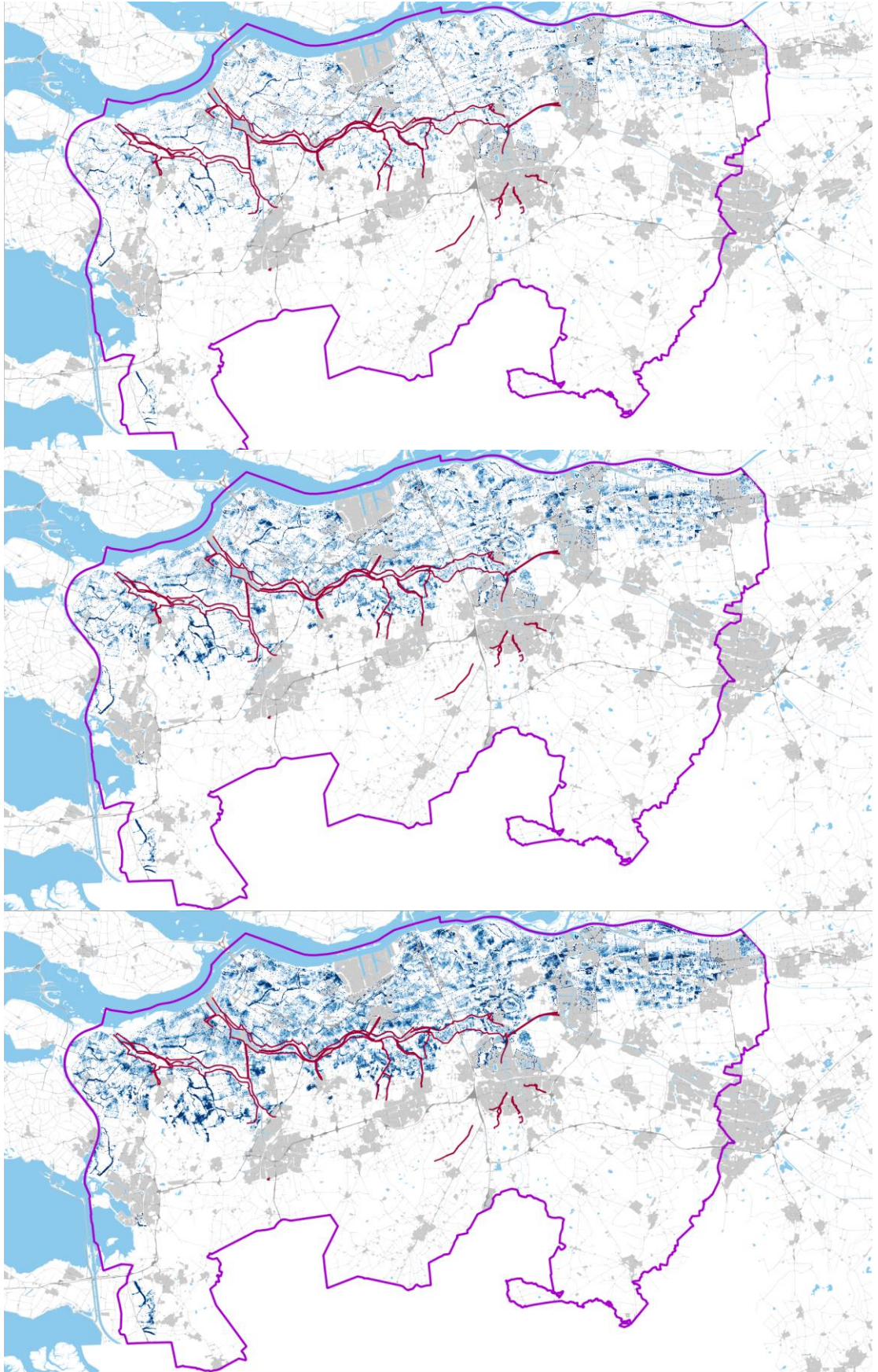


Figuur 4-1 Indicatie van maximale waterdieptes die tegelijkertijd kunnen optreden door een combinatie van berging van extreme neerslag (blauw) en mogelijke doorbraken van regionale waterkeringen in het oostelijk deel van het peilbeheerde gebied (ten noorden van Breda) bij een scenario met 200 mm neerslag.

Het bleek niet goed mogelijk om een eenduidig waterbeeld te construeren. Het gebruikte regionale model heeft als uitvoer waterstanden en afvoeren in het boezemsysteem, maar geeft met uitzondering van de hoofdbeekdalens langs de Aa of Weerijns en Bovenmark niet direct een indicatie welk gebied zou kunnen overstromen. Om figuur 4.1 toch te kunnen maken zijn waterstanden in de boezem met een GIS-procedure geëxtrapoleerd in de bergboezems (groene kleur). Deze bergboezems zijn bedoeld om in het geval van extreem hoog water, water te bergen.

De blauwe gebieden laten het gebied zien met regenwater dat voor langere tijd op het maaiveld blijft staan. De verwachting is dat in het gunstigste geval bij een 200 mm uniforme bui, maximaal 140 mm op het land tijdelijk moet worden geborgen. Dit beeld is bepaald middels de waterverspreider (zie tekstbox).

Het oranje gearceerde gebied is het gebied dat kan overstromen in het geval een regionale kering langs de boezem bezwijkt.



Figuur 4-2 Indicatie van wateroverlast indien 60 mm (boven), 100 mm (midden) of 140 mm waterschijf tijdelijk oppervlakkig moet worden geborgen in de polders

Resultaten Waterspreider

Het gebruikte bestaande BOS-model geeft geen indicatie waar regenwater in het geval van extreme grootschalige neerslag zich ophoopt en voor langere tijd blijft staan. Daarom zijn met een geavanceerde GIS-analyse ('waterspreider') waterschijven van 20 tot 300 mm (met stapjes van 20 mm) verdeeld over de laagste oppervlakkige delen van peilgebieden in het peilbeheerde gebied. De waterdiepte die hieruit volgt geeft aan welke gebieden bij hoeveel neerslag (zonder berging in de bodem en zonder uit te pompen) blank komen te staan. In Figuur 4-2 is te zien welke gebieden bij 60, 100 of 140 mm opgevuld worden.

4.1.2 Indicatieve gevolgen

Op basis van het toepassen van de regionale module van het standaard schade en slachtoffermodel (SSM2017) krijgen we een eerste indicatie van de impacts van zo'n gebeurtenis. Hierbij moet worden opgemerkt dat de schadeschattingen erg worden beïnvloed door onzekerheden of een gebouw daadwerkelijk water binnen krijgt of niet en daardoor schade oploopt of niet.

Een voorzichtige schatting van de directe schade in dit soort extreme omstandigheden (zoals R2 – 200 mm bij een droge initiële bodemsituatie) voor het peilbeheerde gebied van Brabantse Delta is dat deze kan oplopen tot vele tientallen, zelfs enkele honderden miljoenen euro's. Landbouwschade, schade aan woningen en bedrijven (en bedrijfsuitval) betreffen de grootste schadeposten.

Bij (ongunstige) doorbraken van regionale keringen of andere calamiteiten aan kunstwerken loopt de directe schade mogelijk verder op tot een half miljard euro of nog meer. Door uitval van bedrijven kan de schade in het gebied verder oplopen vanwege productie-en omzetverliezen. Naast de schade zullen honderden tot duizenden inwoners directe overlast in huis ervaren. In geval van onverwachte doorbraken van regionale waterkeringen zijn slachtoffers niet uit te sluiten.

In veel onderdoorgangen, tunnels en lage weggedeeltes zal water blijven staan. Tunnels hebben doorgaans eigen pompen; het is onduidelijk wat deze aankunnen en of ze het water verder weg kunnen pompen. Diverse lokale en regionale wegen zullen tijdelijk (enkele dagen tot een week) niet begaanbaar zijn, waardoor de bereikbaarheid van het gebied sterk afneemt. Deze eerste analyse laat zien dat een overgroot deel van de elektriciteitsvoorziening waarschijnlijk niet getroffen wordt; de kwetsbaarheid van tientallen kasten en mogelijke kettingreacties door stroomuitval moeten verder worden uitgezocht.

Er is een grote opgave voor crisisbeheerorganisatie door vooral de uitgestrektheid van de overlast, de uitzonderlijke duur en het vermoedelijke gebrek aan overzicht. De verwachting is dat er honderden tot duizenden telefoontjes uit het gebied zullen moeten worden opgevangen en de situatie levert een grote opgave voor communicatie en samenwerking. De overstromingen in juli 2021 laten ook zien dat er een grote herstelinspanning na een dergelijke gebeurtenis te verwachten is; met betrekking tot fysiek herstel, nazorg en evaluaties.

In deze globale analyse zijn een aantal zaken nog niet bekeken; o.a. kosten voor overheden, de effecten op gezondheid en natuur, impact op de waterkwaliteit en de gevolgen van de stress.

4.1.3 Samenvattende tabel peilbeheerd gebied

In onderstaande tabel staan schattingen van de gevolgen van de verschillende referentiescenario's voor de polders in het beheergebied van het waterschap. Deze kentallen geven een eerste indruk van de verschillen tussen de scenario's. Met een eenvoudige waterbalans is bepaald hoe dik de waterschijf gemiddeld is die tijdelijk moet worden geborgen op het land. Met de waterverspreider is deze waterschijf vertaald in een indicatieve waterdiepte. Bij natte initiële bodemcondities is de kans op falen van regionale keringen vergroot. Het is zeer lastig om met relatieve kleine waterdieptes de schade te schatten. Enkele posten zijn niet meegenomen en ook schade in stedelijk gebied door drainageproblemen is nu niet mee genomen.

	150 mm		200 mm	
	R1a	R1b	R2a	R2b
	Droog	Nat	Droog	Nat
Polders				
Max. waterschijf oppervlakkig te bergen [mm]	60	100	120	150
Gem. overstromings-duur [dagen]	2 – 5	4 – 7	4 – 7	10 – 14
Gem. overstromings-diepte [m]	0.05 – 0.2	0.2 – 1*	0.2 – 0.5*	0.3 – 1.5*
Overstromings-oppervlak [x1000ha]	16	22	26	28
Verwachte directe schade [M€]	50 - 125	150 – 300*	200 – 300*	250 – 500*
MDV				
Overtoppings-lengte reg.en overige keringen [km]*	< 1	< 60	< 5	< 70
Max. waterstand trambrug Breda [mNAP]	0.82	2.93	1.67	3.50
Max. waterstand Dintelsas [mNAP]	0.10	0.44	0.21	0.62

* de specifieke schattingen zijn gemaakt met de aanname dat een of meerdere regionale waterkeringen kunnen falen; voor de andere indicatoren is aangenomen dat de regionale waterkeringen het houden

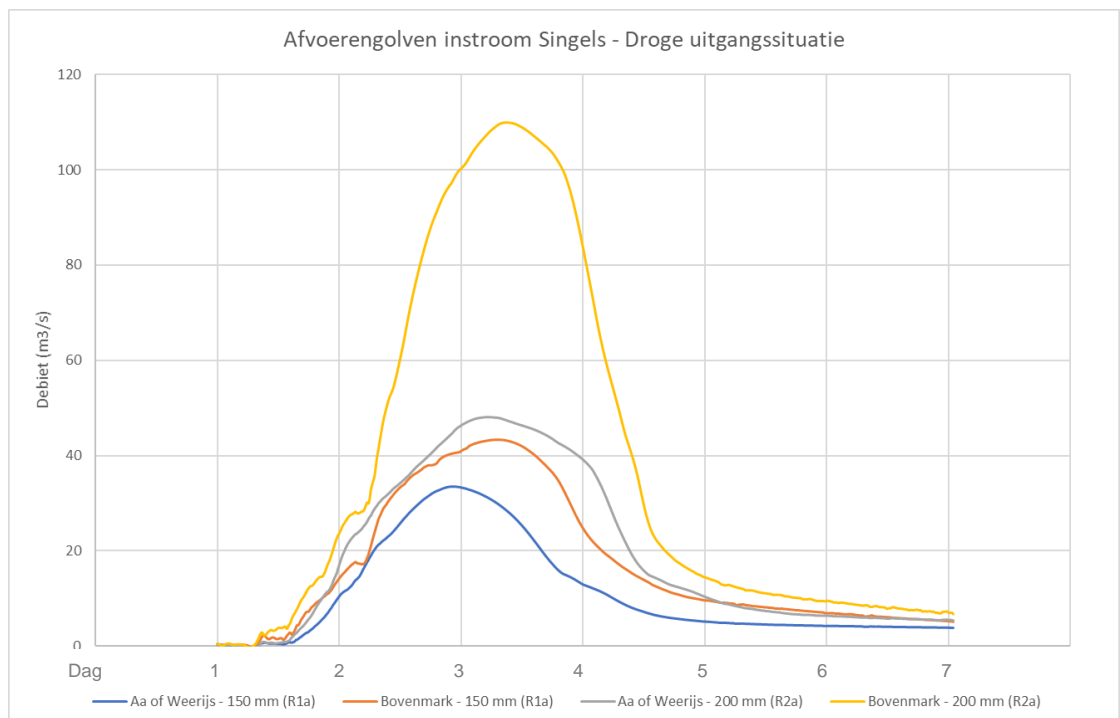
** dit is inclusief de zomerkades en de overige keringen ten zuiden van Breda

4.2 Vrij afwaterend gebied

4.2.1 Waterbeeld (R1a en R2a) – Droge bodemcondities - gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm

De impact van 150 mm of 200 mm neerslag op de vrij-afwaterende beken Bovenmark en Aa of Weerijis is goed uit te drukken in maximale afvoeren. Dit is gedaan voor de locatie dat beide beken de singels in het zuiden van Breda instromen.

In Figuur 4-3 is het afvoerverloop geplot voor twee referentiescenario's: 150 mm en 200 mm uniform over het beheergebied met droge initiële bodemcondities in Nederland en Vlaanderen. Deze simulaties tonen aan dat de afvoeren van de Aa of Weerijis (blauwe lijn) en de Bovenmark (oranje lijn) bij 150 mm neerslag en droge initiële condities kunnen leiden tot fors verhoogde afvoeren. Veel water dat valt kan in dit scenario infiltreren in de bodem en een relatief beperkt deel komt direct tot oppervlakkige afstroming. De watergangen en beekdalen zullen volstromen en het water grotendeels veilig kunnen afvoeren.



Figuur 4-3 Afvoerverloop BOS-model voor twee referentiescenario's (droge initiële bodemcondities) voor Aa of Weerijis en de Bovenmark bij de singels van Breda

Bij het scenario met 200 mm neerslag en een droge ondergrond, zal een groter deel oppervlakkig afstromen en dit leidt op de Aa of Weerijis tot 'bijna maatgevende' piekafvoeren van rond de 50 m³/s. Grotere delen van de beekdalen langs de Aa of Weerijis zullen overstromen, ongeveer het gehele beekdal met waterstanden tot aan de normwaterstand. Tientallen gebouwen in overstroombare gebieden in het beekdal zal wateroverlast hebben (zie Figuur 4-4). Waarschijnlijk blijven waterdieptes beperkt tot maximaal enkele decimeters.

De resultaten (met een piekafvoer van 110 m³/s) voor de Bovenmark zijn bij dit 200 mm neerslagscenario en een droge ondergrond volgens experts van het waterschap te hoog en niet plausibel; het huidige BOS-model blijkt niet in staat om plausibele resultaten voor de Bovenmark te leveren. Dit kan komen door de sterke vereenvoudiging van met name het geschematiseerde deel van het stroomgebied in Vlaanderen. Het gebruikte model neemt namelijk de vertraging van oppervlakkige afstroming en berging in de zijbeken van de Bovenmark (en ook de Aa of Weerijis) niet of nauwelijks mee.

Dat de piekafvoer niet plausibel zijn wordt onderschreven door een vergelijking met simulaties van een gedetailleerder model waarbij aangenomen is dat de initiële bodemcondities veel natter zijn (zie ook tekstbox onder 4.2.2). 200 mm uniforme neerslag over het gehele beheergebied met *natte* bodemcondities met het gedetailleerde model levert namelijk een piekafvoer van 95 m³/s en een veel langere periode van hoogwater.

De indicatieve waterdieptes die worden getoond in figuur 4.4 voor het beekdal van de Bovenmark met het BOS-model voor droge condities zijn dus ook niet plausibel, maar een overschatting van wat verwacht wordt.

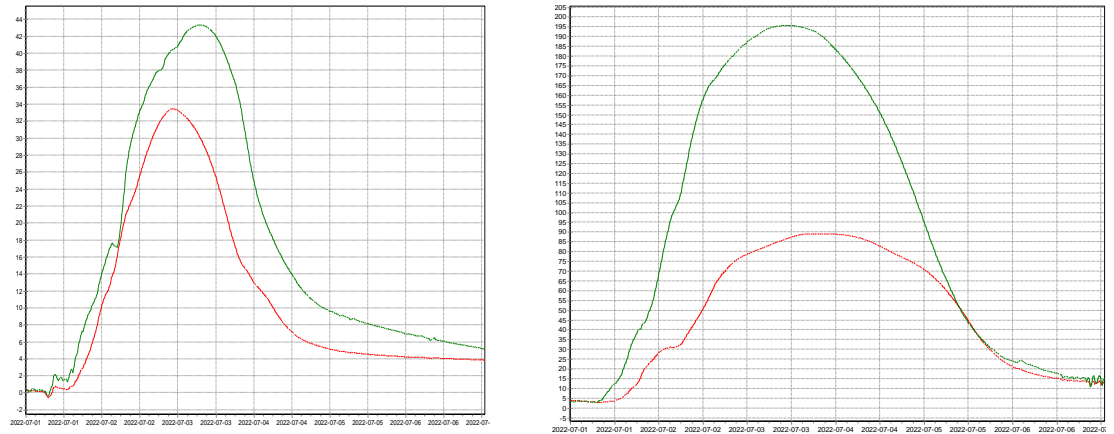


Figuur 4-4 Overstroomde gebieden met indicatieve waterdieptes bij 150 mm (links) en 200 mm (rechts) en een droge initiële bodemcondities; de indicatieve waterdieptes in het beekdal van de Bovenmark zijn bij 200 mm niet plausibel en zijn volgens de experts van het waterschap een overschatting

4.2.2 Waterbeeld (R1b en R2b) – Natte bodemcondities - gebiedsuniforme neerslag met 150 en 200 mm neerslag

Indien de ondergrond vooraf aan deze ‘waterbom’ al meer verzadigd is, minder bergingscapaciteit ‘over’ heeft en dus bijna alle neerslag direct tot afstroming komt zien we dat deze computermodellen met de aanname ‘natte initiële bodemcondities’ al bij 150 mm uniforme neerslag *onrealistische* afvoeren laten zien.

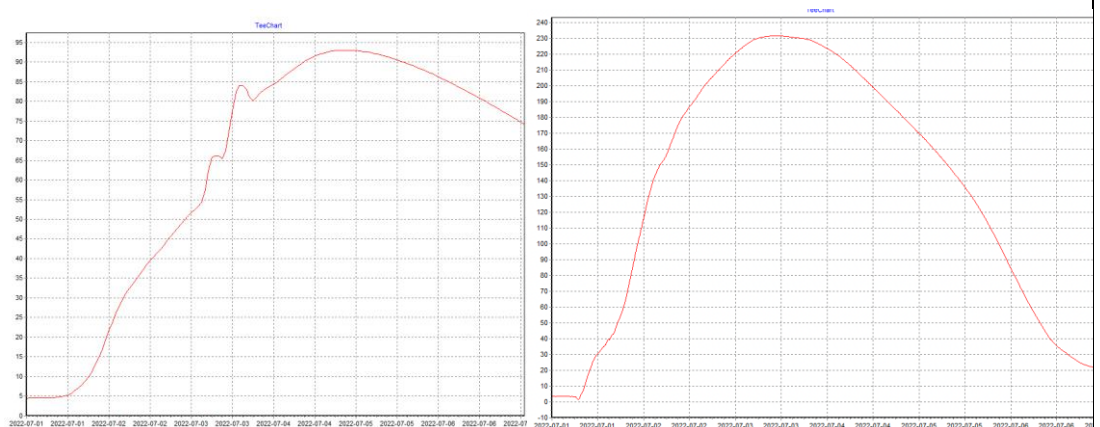
In Figuur 4-5 zijn de piekafvoeren na gebiedsuniforme neerslag met 150 mm bij droge en natte initiële bodemcondities naast elkaar gezet. Voor de Aa of Weerij (rode lijn) wordt de berekende piekafvoer bij natte initiële condities en 150 mm uniform (90 m³/s) enigszins overschat. De afvoeren zouden voor een dag of 6 boven maatgevende omstandigheden blijven. De 200 mm uniform met natte initiële condities (R2b) is voor de Aa of Weerij niet meer in beeld gebracht. Voor de Bovenmark (groene lijn) wordt de berekende piekafvoer bij natte initiële condities en 150 mm uniform (195 m³/s) ongeloofwaardig.



Figuur 4-5 Afvoeren van Aa of Weerijns (rood) en de Bovenmark (groen) bij singels Breda onder droge initiële bodemcondities en 150 mm neerslag (links) en natte initiële bodemcondities en 150 mm neerslag (rechts); NB. Verticale grafieksassen (m³/s) zijn ongelijk.

Gedetailleerd overstromingsmodel voor de Bovenmark

Extra simulaties met een gedetailleerder deelmodel voor de Bovenmark - waar de afvoerprocessen meer gedetailleerd in zitten, en ook gebruikt voor de watersysteemtoetsing – geven meer logische resultaten (zie Figuur 4.6). Voor de 200 mm neerslagsituatie in combinatie met natte initiële bodemcondities (R2b) is de piekafvoer ruim de helft lager dan eerder berekend met het BOS-model (95 m³/s versus 230 m³/s). Dit is overigens nog steeds ver bovenmaatgevend. Ook de golfvorm is meer zoals verwacht: door meer vertraging in de afvoer van de bovenlopen is er een veel langzamere toename en afname van de afvoer (zie Figuur 4.6). Geschat wordt dat de afvoer in deze situatie ruim een week boven maatgevende omstandigheden (T100) zal zijn.



Figuur 4.1 Afvoeren berekend voor 200 mm op natte initiële bodemcondities met het detailmodel (links) en het BOS-model (rechts) voor de Bovenmark

Behalve dat het gebruikte model dus minder geschikt lijkt voor extreme bovenregionale wateroverlast analyses, moet ook worden geconstateerd dat het huidige BOS-model, dat bedoeld is om experts van het waterschap (ook) tijdens extreme condities in de crisisbeheersing bij te staan, voor dit deel van het beheergebied, geen goede informatie verschaft.

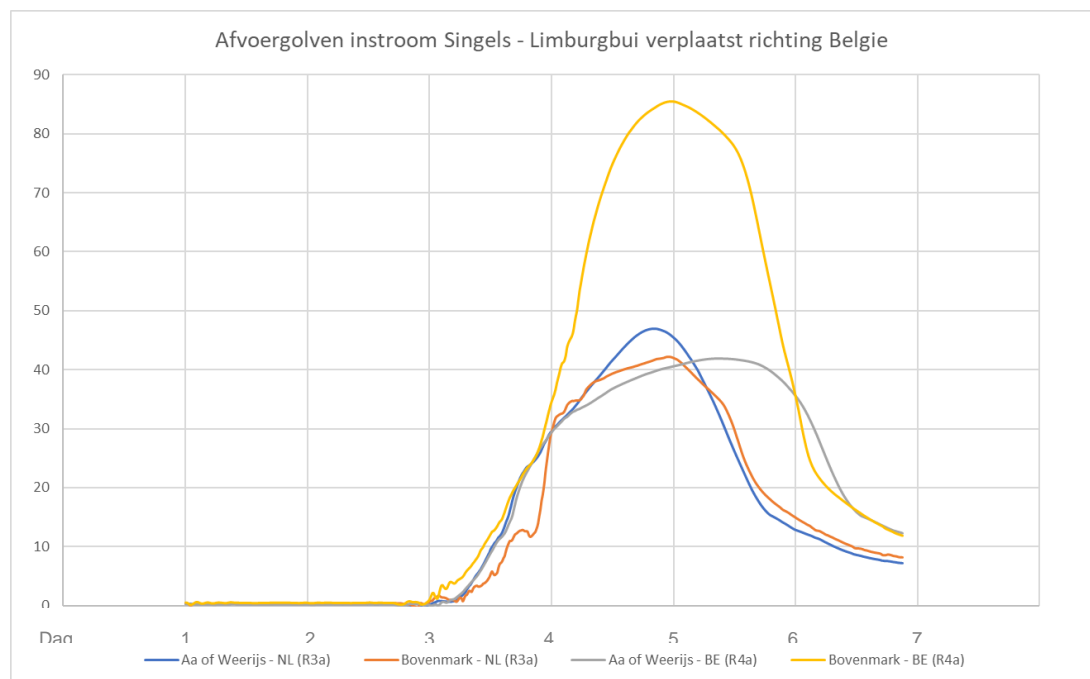
Aangezien het gebruikte BOS-model omstandigheden met natte initiële condities niet betrouwbaar kunnen simuleren worden in het vervolg van deze studie alleen simulaties met droge initiële bodemcondities geanalyseerd.

4.2.3 Waterbeeld (R3a en R4a) – Kern verschoven boven waterschapskantoor en Vlaanderen

Bij het verplaatsen van het in juli 2021 gevallen neerslaggebied met de kern boven Breda en boven Vlaanderen (R3a en R4a), met droge initiële condities (zie Figuur 4-6), zien we dat voor de Aa of Weerij's T100 afvoeren bij Breda worden benaderd, maar niet overschreden. De berekende afvoeren zijn van dezelfde ordegrootte als 200 mm gebiedsuniform en een droge ondergrond.

De kern boven Breda geeft een iets meer gepiekte top, terwijl de afvoer bij het scenario met de neerslagkern boven Vlaanderen, langgerechter is. De grootste hoeveelheid water valt dan in Vlaanderen en het lijkt simpelweg langer te duren voordat de in Vlaanderen gevallen neerslag zich bij het Nederlandse deel voegt. De afvoergolf blijft in dit geval een dag of 2 langer hoog. Hier moet worden opgemerkt dat het afvoerproces in Vlaanderen in dit model zeer vereenvoudigd is en het daarom niet goed bekend is hoe lang het water erover doet.

Voor de Bovenmark zien we dat een verplaatsing van het hele neerslagfront met de kern boven het waterschapskantoor, tot vergelijkbare afvoeren leidt als bij het scenario 150 mm uniform. Indien de kern boven Vlaanderen valt zien we dat afvoeren fors verhoogd zijn, maar iets lager dan de maximale afvoer bij 200 mm uniform. Ook voor deze situatie wordt de plausibiliteit van de modelresultaten voor de Bovenmark door experts van het waterschap betwijfeld (zie tekstbox in 4.2.2).



Figuur 4-6 Afvoerverloop van Aa of Weerij's en Bovenmark op het moment dat de kern van het neerslaggebied van juli 2021 is verplaatst naar het waterschapskantoor (R3a) of boven Vlaanderen (R4a)

4.2.4 Indicatieve gevolgen

In deze studie zijn enkele indicatieve gevolgen van wateroverlast in het vrij-afwaterende gebied bepaald. Dit zijn echt indicaties, vanwege de beperkingen om van het BOS-model om nauwkeurige waterdieptekaarten te produceren. Tevens zal ook meer in de haarvaten van het watersysteem (in bovenlopen) lokaal wateroverlast op kunnen treden; deze locaties zijn in deze studie allemaal niet beschouwd.

Op basis van het toepassen van het regionale schademodel van SSM2017 zien we dat de schade in de grotere beekdalen Aa of Weerijns en Bovenmark kan oplopen tot enkele tientallen miljoenen euro's. Dit is dan met name landbouwschade (o.a. boomkwekerijen) en schade aan tientallen gebouwen (woningen en bedrijven). We zien dat enkele honderden personen in getroffen overstroomde gebied wonen. Het aantal vitale en kwetsbare objecten in het overstroomde gebied lijkt beperkt: 10 – 15 elektriciteitskasten, een handvol rijksmonumenten (boerderijen) en cafés/restaurants bevinden zich in overstroombaar gebied. Enkele lokale wegen langs (of over) de beken zullen tijdelijk onder water kunnen komen te staan en zal hinder geven voor bestemmingsverkeer. Op het terrein van het waterschap zelf, dat onder extreme omstandigheden (200 mm neerslag) waarschijnlijk ook zal onderlopen staan ook enkele kwetsbare monumenten en gebouwen.

Indien er nog grotere gebieden zouden overstromen (bijvoorbeeld bij doorbraken van overige keringen ten zuiden van Breda), wat ook niet kan worden uitgesloten bij nattere initiële bodemcondities, of door calamiteiten aan kunstwerken (zie H4.4) zal de schade aan gebouwen en het aantal getroffen met name in en langs de randen van stedelijke en bebouwde gebieden (o.a. Breda, Zundert, Rijsbergen, Galder en Ulvenhout) in de beekdalen verder kunnen toenemen. De beekdalen kunnen sowieso tijdens dit soort omstandigheden verder het beste worden vermeden (afgesloten) vanwege de overstromingen en mogelijk snelstromend water; dit om de kans op slachtoffers hier ook te verkleinen.

4.2.5 Samenvattende tabel vrij afwaterend gebied

In onderstaande tabel staan schattingen van de gevolgen van de verschillende referentiescenario's voor de vrij afwaterende gebieden, specifiek langs de Aa of Weerijns en Bovenmark. Deze kentallen geven een eerste indruk van de verschillen tussen de scenario's. Zoals eerder opgemerkt zijn de resultaten uit het BOS-model voor scenario's met natte initiële bodemcondities niet plausibel. Het verschuiven van de neerslagkern heeft behoorlijke invloed op de te verwachten piekafvoer, duur van de hoogwatergolf en werkt verschillend uit voor de beide grensoverschrijdende beken. Dit verdient nader onderzoek met betere modellen.

	150 mm		200 mm		Limburg-NL		Limburg-BE	
	R1a	R1b	R2a	R2b	R3a	R3b	R4a	R4b
	Droog	Nat	Droog	Nat	Droog	Nat	Droog	Nat
<i>Bovenmark</i>								
Piekafvoer [m ³ /s]	43	na	48	231*	42	na	85	na
Golf volume [*10 ⁶ m ³]**	8.8	na	19.7	70.7*	7.3	na	14.6	na
<i>Aa of Weerijns</i>								
Piekafvoer [m ³ /s]	33	na	110	na	47	na	42	na
Golf volume [*10 ⁶ m ³]**	5.8	na	10	na	7.6	Na	9.2	na
Totaal								
Overstromings-oppervlak [ha]	176	1662	634	2602	231	1615	579	2175
Verwachte directe schade [M€]	2	160	14	440	3	120	9	300

* dit is berekend met het BOS-model. Het meer gedetailleerde NBW-model berekend een max. afvoer van 93 m³/s en 32.7 Mm³; dit is ook fors hoger dan met het huidige model met initiële bodemcondities berekend wordt

** berekende golfvolume binnen 5 dagen na start regenbui

4.3 Stedelijk en bebouwd gebied

In deze studie is geen gedetailleerde analyse gedaan van de gevolgen van een waterbom op stedelijk gebied. De huidige en gebruikte modellen bij het waterschap houden beperkt rekening met hemelwaterafvoer in het stedelijk gebied en de mogelijke interactie met het regionale watersysteem. In principe is de afvoer- en drainagecapaciteit bij dit soort intensiteiten voldoende. Riolering en berging op straat is doorgaans zo ontworpen dat dit soort regenintensiteiten niet tot extra problemen leiden. In de ontwerpen van stedelijke drainage en afvoer wordt vaak aangenomen dat het rioolsysteem en RWZI's zonder problemen kunnen lozen op het regionale watersysteem (vaak onder vrij verval, soms met pompen). Echter doordat de waterstanden in het regionale watersysteem voor langere tijd extreem hoog staan kunnen de riooloverstorten voor enige tijd 'verdrinken'. Hierdoor kan water niet uit het riool stromen, en afhankelijk van de hoeveelheid water dat nog moet worden afgevoerd, het tijdstip van samenvallen van de hoogwaterpiek in het regionale systeem en de duur van hoge waterstanden (mogelijk een week of langer) kan dit tot extra wateroverlast leiden in het stedelijk gebied. Water kan vanuit het regionale systeem het riool instromen, langer op straat blijven staan, gebouwen instromen, of de wc functioneert niet meer als verwacht. En dat voor mogelijke meerdere dagen. In eerdere studies (Klimaat voor ruimte - Valorius, 2015) zag men met name problemen die kunnen worden verwacht langs waterlopen van de Bovenmark, Aa of Weerij, de singels van Breda en het Ginneken.

Vanwege het ontbreken van de interactie met het stedelijke watersysteem wordt de wateroverlast (incl. schade en getroffen) in stedelijke gebieden in deze studie vermoedelijk onderschat.

4.4 Gevoeligheidsanalyses

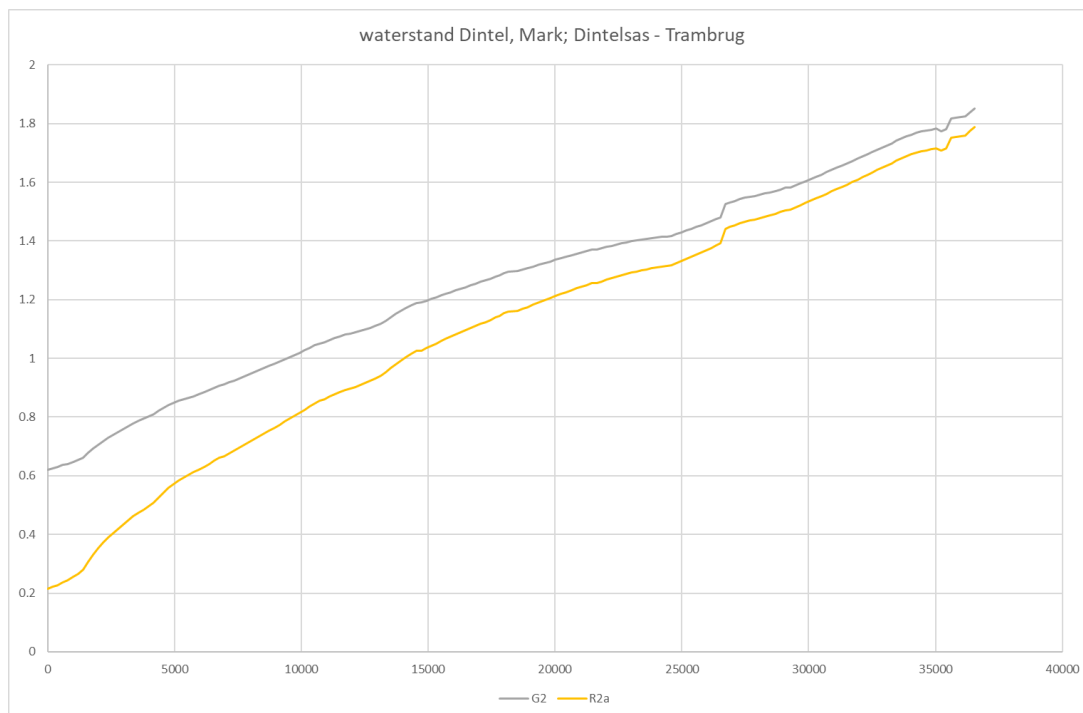
Enkele voorgestelde gevoeligheidsscenario's zijn bekeken. Deels door de beperkingen van het gebruikte instrumentarium en de beperkte beschikbare tijd is niet de hele lijst (Tabel 3.2) geanalyseerd. Het waterschap heeft drie gevoeligheidsanalyses geprioriteerd.

4.4.1 Hogere waterstand VZM (G2)

De gevolgen van een extreme neerslaggebeurtenis in West-Brabant en Vlaanderen op de waterstanden in de Mark-Dintel-Vliet boezem worden naast de hoeveelheid water die moet worden afgevoerd vanuit de vrij-afwaterende gebieden en weggepompt uit de peilbeheerde gebieden, sterk bepaald door hogere waterstanden bij het uitlaatpunt, op het Volkerak Zoommeer.

In Figuur 4-7 is het effect te zien van een hogere (begin)waterstand op het Volkerak-Zoommeer (G2) op de maximale waterstanden bij 200 mm uniforme neerslag, met droge initiële bodemcondities (R2a). Op de x-as wordt de afstand (in m) tot de sluizen bij het VZM (Dintelsas) getoond, tot aan de Trambrug, in het noorden van Breda. De absolute maximale waterstanden (y-as) in de Mark-Dintel-Vliet boezem variëren van +0.2 m NAP bij het uitlaatpunt (Dintelsas) tot ongeveer +1.80m NAP bij Trambrug Breda bij de situatie van 200 mm neerslag met droge initiële bodemcondities.

Indien het Volkerak Zoommeer een 40 cm hogere beginwaterstand heeft van + 0.5 m NAP, zien we dat dit de waterstanden in de Mark-Vliet boezem opstuwt van 40 cm in het westen tot ongeveer 5 cm op 35 km bovenstreams. Deze opstuwning levert hogere waterstanden in de boezem, deze zullen tot pompbeperkingen leiden en verlengt de benodigde tijd om het water uit de polders weg te kunnen pompen. Immers, de pompcapaciteit zal worden ingesteld om falen van regionale keringen langs het boezemsysteem te voorkomen, en is tevens afhankelijk van de opvoerhoogte.



Figuur 4-7 Effect van een hogere (begin)waterstand op het Volkerak-Zoommeer op (het verschil van) de maximale waterstanden bij 200 mm, droge initiële bodemcondities

4.4.2 Calamiteiten stuwen/gemalen, falen waterkeringen (G5)

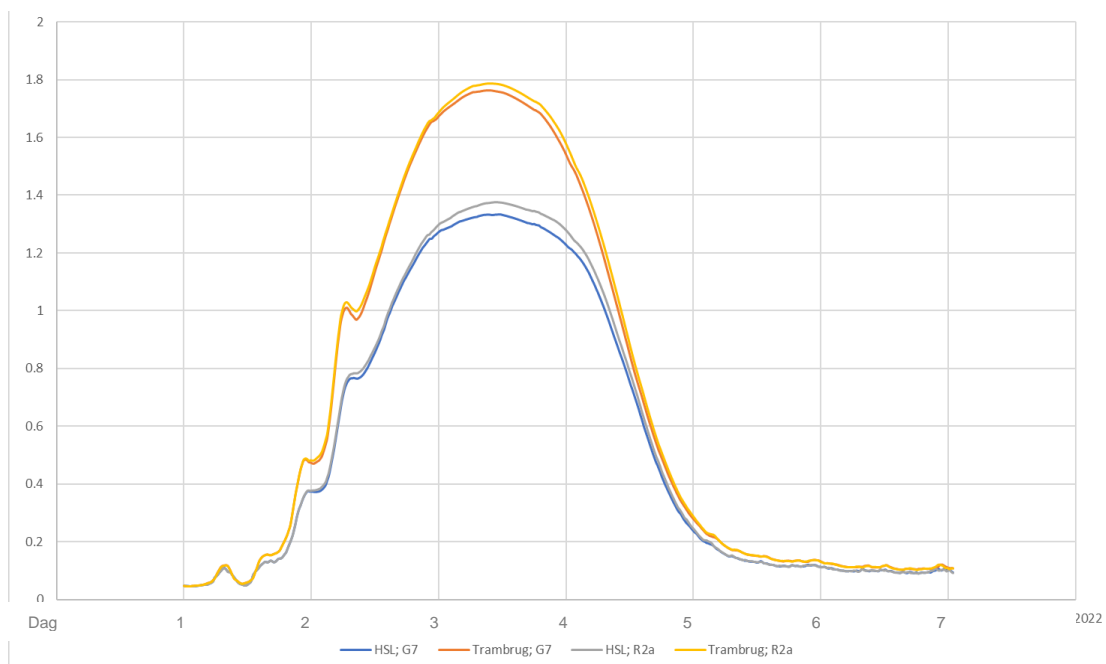
In de gesimuleerde basis-scenario's wordt aangenomen dat alle stuwen en gemalen in het beheergebied van Brabantse Delta optimaal en volledig functioneren. Het Mark-Dintel-Vliet boezemsysteem is met rivierprofielen, inclusief boezemlanden (tot ongeveer 400 meter breed) geschematiseerd.

Geprobeerd is met het bestaande BOS-model het uitspoelen van een stuw ten zuiden van Breda door te rekenen. De resultaten tonen dat het model zowel geen zichtbare afvoertoenname en geen lokale verandering in waterstanden benedenstrooms laat zien. Dit is niet naar verwachting: men zou verwachten dat zowel de afvoer en de waterstanden benedenstrooms van de stuw groter zouden worden.

4.4.3 Noodbergingspolder (G7)

In het geval van extreme situaties in het Mark-Dintel-Vliet boezemstelsel is het goed om een beeld te krijgen van het mogelijke effect van het inzetten van noodbergingspolders ten tijde van het hoog water op afvoeren en waterstanden elders in het boezemsysteem. Hoe groot het effect op waterstanden elders is, is afhankelijk van of men het water naar die juiste locatie krijgt, of de noodbergingspolder tijdig (niet te vroeg of te laat) wordt ingezet, en hoeveel water er daadwerkelijk nog geborgen kan worden. Immers op de locatie van de noodbergingspolders valt in deze scenario's ook 15 tot 20 cm water. Tijdige inzet van een bergingsgebied is niet triviaal; immers tijdens zo'n extreme weersituatie is er geen volledig overzicht en is ook niet precies bekend hoeveel water nog naar beneden zal komen.

In dit scenario testen we de inzet van een noodbergingspolder. Hiervoor is de keuze gemaakt voor de Krijtenbergsepolder ten noorden van Etten-Leur.



Figuur 4-8 Effect van inzet van noodbergingspolder op de waterstanden in de Mark-Vliet boezem bij de spoorbrug van de HSL en van Trambrug Breda

We zien dat tijdige inzet van deze landbouwpolder als noodbergingspolder een waterstandsverlaging teweeg kan brengen bovenstrooms in het Mark-Vliet boezemsysteem van maximaal 5 tot 10 cm (zie figuur 4.10). Het model toont dat bij inzet ten tijde van het scenario 200 mm uniforme neerslag en droge initiële bodemcondities, een max. waterstandsverlaging van ongeveer 10 cm te behalen is bij de spoorbrug van de HSL en max. 5 cm ten hoogte van de Trambrug Breda. De gekozen polder ligt in het overgangsgebied met invloed van VZM en de beeksystemen, is erg diep en kan relatief veel water bergen; ongeveer 1 miljoen m³ aan water. Dat is in dezelfde orde als de bestaande 4^e bergboezem verder bovenstrooms in het systeem.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

1. In deze studie is geprobeerd een uniforme methode te ontwikkelen voor het uitvoeren van een bovenregionale wateroverlastanalyse. In de toepassing op het beheergebied van het Waterschap Brabantse Delta is het grotendeels gelukt om een globaal beeld te krijgen van welke gevolgen mogelijk te verwachten zijn als zo'n extreme gebeurtenis als in juli 2021 in dit gebied zou vallen. Mogelijke cascade-effecten, als gevolg van falen van waterkeringen of kunstwerken, of door overstromen van vitale en kwetsbare infrastructuur is in deze studie (nog) niet structureel in beeld gebracht.
2. De impact van een grootschalige neerslaggebeurtenis zoals deze in juli 2021 in Zuid-Limburg en omstreken viel zou ook in het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta groot zijn. Hierbij moet vooral aandacht worden gegeven aan de enorme omvang van het extreme neerslaggebied; wat kan leiden tot gelijktijdige overlast in het hele beheergebied en zelfs daarbuiten.
 - a. De computersimulaties, geverifieerd met expert judgement en het draaien van een detailmodel, laten zien dat in de beekdalen van de Aa of Weerij en Bovenmark hoogstwaarschijnlijk bovenmaatgevende afvoeren zullen optreden. Dit betekent dat de beken (ver) buiten hun oevers zullen treden en dat de volle breedte van beekdalen zullen overstromen. Het is onduidelijk hoe lang de hoogwatersituatie hier zal aanhouden: enkele dagen tot mogelijk meer dan een week. In bijna alle scenario's is niet uit te sluiten dat de overige keringen ten zuiden van Breda zullen overstromen en dat dit flinke overlast (max. 0.5 m water) en schade zal veroorzaken. Het is onduidelijk of evacuatie(besluiten) van inwoners in enkele wijken in Breda een vraagstuk zou zijn. Het terrein van Waterschap Brabantse Delta zelf zal vermoedelijk grotendeels onder een laagje water staan.
 - b. Tegelijkertijd zal het peilbeheerde gebied ook heel veel water te verwerken krijgen. In enkele extreme scenario's stijgen de waterstanden tot aan of boven de hoogte van de regionale waterkeringen. Bij Terheijden en ten noorden van Breda (Haagse Beemden) zou dit kunnen leiden tot falen van keringen en zo overstromingen van enkele buurten en een waterzuiveringsinstallatie kunnen veroorzaken. Evacuatiebesluiten van gebieden achter regionale waterkeringen kunnen onder extreme omstandigheden niet worden uitgesloten. Verschillende noodbergingspolders zullen bij inzet het regionale boezemsysteem deels kunnen ontlasten. Het water dat daar zelf valt en ook elders in de polders zet grote delen van de landbouwgebieden en meerdere boerderijen enkele decimeters onder water. Regenwater kan niet overal snel worden weggepompt naar de al overvolle MDV boezem. Mogelijk zullen maalstops van de poldergemalen ertoe leiden dat de overlast langer zal duren.
 - c. De verwachting is dat in stedelijke kernen de rioolcapaciteit en drainage voldoende is om het water naar het Mark-Dintel-Vliet stelsel af te voeren. Er moet echter rekening worden gehouden met het feit dat het Mark-Dintel-Vliet boezemstel een week of langer hoog water heeft. Riooloverstorten kunnen verdrinken bij hogere buitenwaterstanden op de boezem. Afhankelijk van het verschil in maaiveldhoogte en resterende rioolbergingscapaciteit zal water langer op straat blijven staan. Tevens leidt dit er mogelijk toe dat toiletten mogelijk niet goed meer kunnen worden gespoeld

en leidt tot extra overlast. De resultaten in deze studie bepaald met het huidige instrumentarium levert een onderschatting van de overlast in stedelijk gebied.

3. In deze studie zijn ook enkele gevoeligheidsscenario's gedraaid. Met gevoeligheidsscenario's kan verkend worden welke (externe of onverwachte) factoren tot meer of minder overlast zou leiden. De uitgevoerde gevoeligheidsscenario's laten zien dat:
 - a. een hoger peil op het Volkerak-Zoommeer, tot +0.5 mNAP, in dit soort situaties leidt tot extra opstuwing op de Mark-Dintel-Vliet boezem. Dit kan leiden tot meer kritische waterstanden voor de regionale waterkeringen – variërend van 40 cm extra benedenstrooms bij Dintelsas tot 5 cm hoger bij Trambrug Breda. Bovendien zal het meer tijd kosten om water uit de polders weg te kunnen pompen, omdat er mogelijk eerder en langer maalstops worden afgekondigd.
 - b. de gevolgen van calamiteiten bij kritische gemalen of stuwen met het huidige BOS-instrumentarium niet toereikend geanalyseerd kunnen worden. Verwacht wordt dat de afvoer in het algemeen zal toenemen, en dat dit benedenstrooms tot hogere waterstanden zal leiden.
 - c. de inzet van een noodbergingspolder bij Etten-Leur (Krijtenbergsepolder) zou leiden tot een verlaging van de waterstand (mits op exact het juiste moment ingezet): max. 10 cm op de top bij de HSL spoorbrug en max. 5 cm waterstandsverlaging verder bovenstrooms bij Trambrug in Breda.
4. Het beschikbare instrumentarium (modellen, data, monitoring, visualisatie etc.) en de kennis bij Waterschap Brabantse Delta om voor dit soort extreme omstandigheden tijdens de crisisbeheersing en in de voorbereiding adequate informatie te kunnen leveren is op dit moment (te) beperkt.
 - a. In het vrij-afwaterende gebied blijken de consequenties lastig in kaart te brengen. Een goede indruk van oppervlakkige afstroming en berging in de bovenlopen van de grensoverschrijdende beken is niet te krijgen; het gebruikte model in het BOS houdt hier in onvoldoende mate rekening mee. Ook is de situatie op het Vlaamse grondgebied niet in voldoende detail bekend en is men tijdens een crisis volledig afhankelijk van informatie die Vlaanderen op dat moment kan toeleveren.
 - b. Ook het in beeld krijgen van de mogelijke consequenties in de peilbeheerde gebieden is een uitdaging. De in deze studie gehanteerde GIS-analyses om water op maaiveld te tonen geven een eerste goede indruk van waar water mogelijk voor langere tijd kan blijven staan, en bieden inzicht in huidige overstroombare plekken, maar houden niet volledig rekening met volumebalansen. Dit is vooral belangrijk indien men de consequenties van bijvoorbeeld eventuele maalstoppen of het inzetten van noodbergingspolders inzichtelijk wil te maken.
 - c. Een enigszins accuraat beeld van mogelijke wateroverlast in bebouwde gebieden, ten tijde van extreem hoogwater in het regionale watersysteem is op dit moment niet te geven. Dit vereist dat de interactie tussen lokale en regionale watersystemen onder extreme omstandigheden beter in modellen wordt vastgelegd en dat water op straat wordt gesimuleerd.

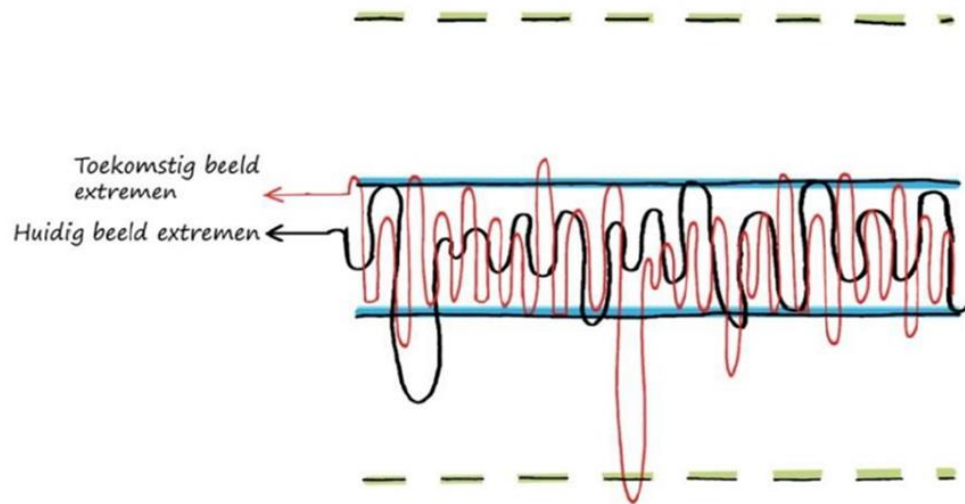
5.2 Aanbevelingen

Op basis van deze studie analyse zijn er een aantal aanbevelingen te geven:

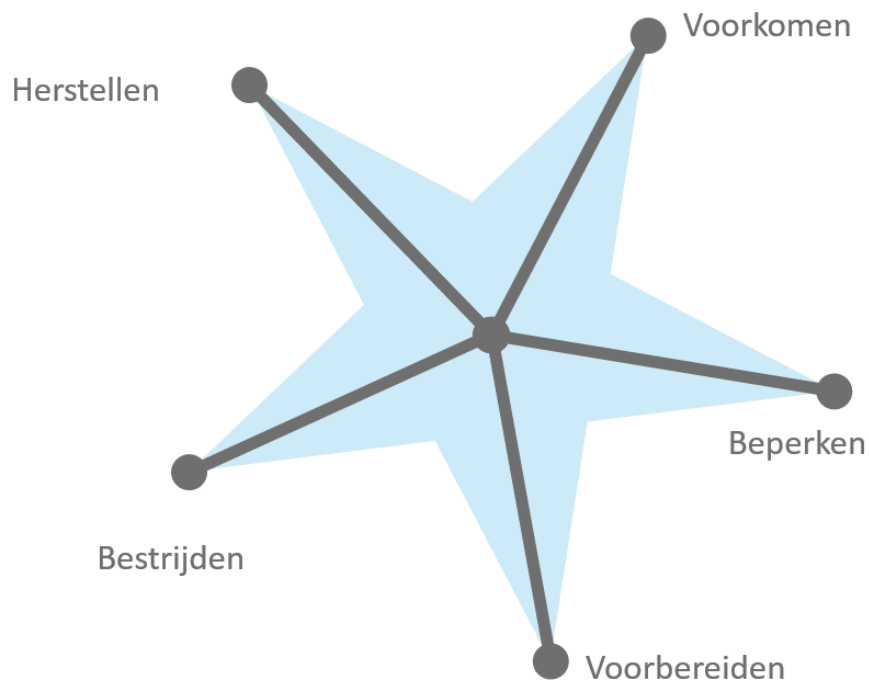
1. Verbeter het operationele systeem en vergroot de kennis (metingen, modellen, systeembegrip, capaciteit etc.) over het functioneren van het water- en bodemsysteem onder extreme omstandigheden. Zorg ervoor dat het instrumentaria plausibele resultaten levert onder extreme condities. Voer na verbeteringen een update van bovenregionale wateroverlastanalyses / stresstesten uit. Besteed ook aandacht aan gevoeligheidsanalyses.
2. Intensiveer de (structurele) samenwerking met Vlaanderen op het gebied van overstromingsrisico's en bijbehorende data-, informatie- en kennisuitwisseling. Ongeveer de helft van de stroomgebieden van de vrij-afwaterende beken ligt in Vlaanderen. Voer gezamenlijk grensoverschrijdende stresstesten uit en bespreek de resultaten en handelingsperspectieven. Naast samenwerking in het beheer van overstromingen en wateroverlast is het belangrijk om samen te werken op het gebied van droogtebeheer.
3. Update en completeer overstromingsgevaarkaarten om altijd goed te kunnen communiceren / voorlichten over overstromingsgevaar in met name de beekdalen, maar ook in de polders. Dit draagt ook bij aan de bewustwording (van andere overheden en inwoners). Werk toe naar een duidelijk en locatiespecifiek handelingsperspectief. In gevaarlijke delen van beekdalen zou bijvoorbeeld niet meer of aangepast gebouwd moeten worden. Ook moet rekening worden gehouden met eventuele afwenteling van wateroverlastrisico's op het moment dat er ontwikkelingen plaatsvinden.
4. Breng gestructureerd in beeld wat de mogelijke maatschappelijke gevolgen kunnen zijn van grootschalige wateroverlast; denk aan schade, aantallen getroffen inwoners, getroffen vitale infrastructuur en kwetsbare objecten. Deze studie biedt hiervoor een eerste stap.
5. Ga of blijf structureel in gesprek met de omgeving, zoals gemeenten, provincie, veiligheidsregio's, RWS, vitale infrabeheerders, en trek samen op voor gezamenlijke bewustwording van gevolgen en voorbereiding op zulke extreme grootschalige neerslag.
6. Bereid je voor op een langdurige grootschalige crisisbestrijding en focus in de voorbereiding en bestrijding op een sneller herstel. Zowel van de maatschappij als de eigen organisatie. Doe gezamenlijke crisisoefeningen met het scenario van bovenregionale wateroverlast.
7. Daarnaast wordt specifiek onderzoek naar onderwerpen aanbevolen:
 - a hoe kan worden gegarandeerd dat evacuatie- en transportroutes in extreme omstandigheden bruikbaar zijn, ook voor inzet/reparatie van (nood)middelen;
 - b op welke locatie zijn nog meer effectieve noodbergingsgebieden te vinden en wat zijn de inzetmogelijkheden om bepaalde (landelijke) gebieden bewust onder water te zetten om andere (stedelijke gebieden) te ontlasten. Wat betekent dit voor ruimteclaims in de ruimtelijke ordening en voor eisen aan mogelijke inrichting?;
 - c mogelijkheid van, en effecten van bezwijken van waterkeringen (eerste berekeningen zijn uitgevoerd in de planstudie Waterbergings VZM) en kunstwerken (stuwen, gemalen etc.) onder extreme omstandigheden.
 - d verfijn het maalstopprotocol: In welke gebieden is een maalstop effectief, op welk moment ten tijde van het hoogwater en wat is de strategie bij het weer opstarten van de poldergemalen.

5.3 Strategisch crisismanagement bij het waterschap

Tot voor kort was het klimaat redelijk stabiel, dit zorgde voor voorspelbaar weer waarop we konden anticiperen en ons beheer konden optimaliseren. Soms zorgden extremere omstandigheden, voor calamiteiten, waarop we met de calamiteitenorganisatie een antwoord hadden. Echter, het klimaat verandert in een snel tempo: het wordt extremer, situaties die we voorheen als calamiteit zagen, worden het nieuwe normaal. Daarnaast komen er extremen, die we nu niet kunnen voorzien en bedenken en die zich ook nog vaker zullen laten zien en schieten van het ene bv extreme droogte naar het andere uiterste extreme natheid. Dit heeft impact op de taakuitvoering van het waterschap.



Figuur 5-1 Huidige extremen worden mogelijk in de toekomst normaler (Bron plaatje: Klimaatstrategie Waterschap Rijn en IJssel december 2017)



Figuur 5-2 Denkmodel strategisch crisismanagement Waterschap Brabantse Delta

Om de doelen en maatschappelijke opgave van het waterschap ook in de toekomst te realiseren, wordt de afweging tussen risico, maatschappelijke waarden en kosten steeds belangrijker. Door te werken vanuit risico-, asset- en crisismanagement worden risico's tijdig en proactief gesignaleerd, geclassificeerd en beheersmaatregelen benoemd, gewogen en uitgevoerd. Dit vergroot onze weerbaarheid en veerkracht. Het denkmodel Strategische Crisismanagement maakt hier een belangrijk onderdeel van uit (zie figuur 5.2).

Dit model gaat ervan uit dat je alle 5 de 'onderdelen' aan de **voorkant** uitwerkt, zodat je zo goed mogelijk in staat bent om een gebeurtenis te voorkomen, te bestrijden en na een gebeurtenis te herstellen. Het is dus geen cyclisch model, maar het beschrijft 5 onderdelen die je aan de voorkant voorbereid en die onderling verbonden zijn en relatie hebben. Door op al deze onderdelen voorbereid te zijn, verklein je de risico's van gebeurtenissen, je vergroot als het ware je weerstandsvermogen. Daarnaast vergroot je de veerkracht van de organisatie door met bestrijden en herstellen zo spoedig mogelijk terug te kunnen keren naar een reguliere situatie, mocht zich toch een onverhoopte gebeurtenis voordoen.

Voorkomen: regulier onderhouden, inspecteren en signalen van assets en gebieden, efficiency/proces optimalisatie (beter, sneller, ander onderhoud).

Beperken: maatregelen die de gevolgen van een gebeurtenis beperken, waaronder ruimtelijke inrichting en aangepast bouwen (in een veranderende omgeving die meer eisen stelt). Denk aan duurzame oplossingen met oog voor ecologie en biodiversiteit.

Vorbereiden: het ontwikkelen van waarschuwingssystemen en het vergroten van het waterbewustzijn en zelfredzaamheid van inwoners.

Bestrijden: voorbereiden op alle handelen tijdens een (dreigende) gebeurtenis. Plannen, capaciteit, materieel en -materiaal is op orde, 24/7 beschikbaar en bereikbaar. Kennis en ervaring en menskracht is aanwezig voor calamiteitenbestrijding.

Herstellen: het beschikbaar hebben van een herstelplan, de evaluatie van de gebeurtenis en het oppakken van de leerpunten is geboegd, net als de zorg voor nazorg.

Dit kan het waterschap niet alleen. Het waterschap is structureel in gesprek met de omgeving zoals gemeenten, provincie, veiligheidsregio's, Rijkswaterstaat, vitale infrabeheerders. Ook trekken we meer samen op voor gezamenlijke bewustwording van gevolgen en voorbereiding op zulke extreme grootschalige neerslag. Extreem weer kan niet worden voorkomen, maar het waterschap is al begonnen met ons zo goed mogelijk voor te bereiden om extreme situaties zoveel mogelijk beheersbaar te houden, samen met de gebiedspartners.

6 Referenties

De Bruijn, K.M. & Slager, K. (2022). Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Hackathon Deltares, November 2021. Deltares rapport 11206890-010-GEO-0006. Deltares, Delft.

De Bruijn, K.M., K. Slager en S.E. Juch (2022). Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast', pp.141

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

Klimaat voor Ruimte – Valorius Programma, 2015. Eindrapport CIWCC (TM15), pp.194

Ministerie van Infrastructuur en waterstaat (2022). Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater. Voorkomen kan niet, voorbereiden wel. Allemaal aan de slag. 102 pagina's.

Slager, K., & Wagenaar, D. (2017). Standaardmethode 2017 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen. 11200580-004. Deltares, Delft.

Van den Brink, I. (2018). Actualisatie NBW-toetsing op wateroverlast. Hoofdrapport. Witteveen+Bos, Rotterdam.

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

Deltares

www.deltares.nl