

Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?

Hackathon Deltares, november 2021



Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?
Hackathon Deltares, november 2021

Auteur(s)

Karin de Bruijn

Kymo Slager

Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?

Hackathon Deltares, november 2021

Trefwoorden	Wateroverlast, waterbom, veerkracht, hackathon
--------------------	------------------------------------------------

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	17-01-2022
Projectnummer	11206890-010
Document ID	11206890-010-GEO-0006
Pagina's	33
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Karin de Bruijn	
	Kymo Slager	

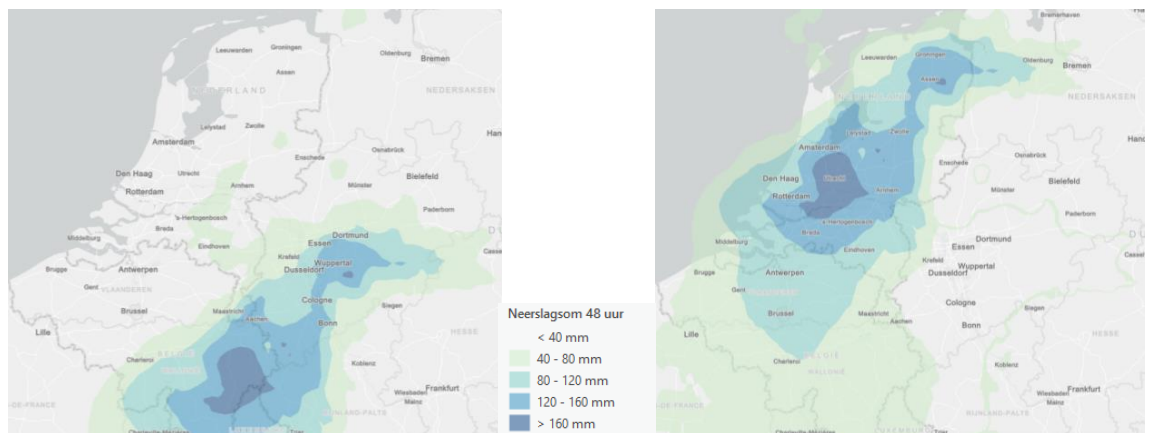
Doc. Versie	Auteurs	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Karin de Bruijn	Frans Klijn	Bianca Peters	

Samenvatting

Wat als de extreem zware neerslag met verwoestende gevolgen in juli 2021 elders in Nederland was gevallen? Onderzoekers van Deltares hebben in een driedaagse hackathon hierop een antwoord geformuleerd met als doel om in de toekomst beter gesteld te staan voor dit soort extreme weersystemen.

In juli 2021 heeft een extreem groot neerslaggebied boven de Ardennen, de Eifel en Zuid-Limburg gezorgd voor wateroverlast en overstromingen met ook in Nederland veel schade tot gevolg. In de omliggende landen waren de gevolgen desastreus met ruim 220 dodelijke slachtoffers, verwoeste dorpen en langdurige uitval van essentiële voorzieningen zoals elektriciteit en transport

Een zo grote hoeveelheid neerslag is weliswaar uitzonderlijk, maar zeker weer mogelijk, ook op andere plaatsen in Nederland. Deltares heeft op eigen initiatief met een interdisciplinair team een hackathon van drie dagen gehouden. Hierbij is de vraag gesteld wat de gevolgen kunnen zijn wanneer een dergelijk neerslaggebied elders boven Nederland zou komen te liggen. Om deze vraag te beantwoorden, is de meteorologische situatie van juli 2021 naar het noorden verschoven en boven verschillende delen van Nederland gelegd en zijn de te verwachten gevolgen geanalyseerd. Naar aanleiding van deze analyse zijn kennisvragen geïdentificeerd en is gekeken naar de beschikbaarheid en bruikbaarheid van simulatiemodellen en de informatiebehoefte bij dergelijke gebeurtenissen.



Figuur 1. 48-uur neerslagsom juli 2021; werkelijke situatie (links) en een voorbeeld van een verschoven situatie (rechts)

De belangrijkste conclusies van deze hackathon zijn:

- 1. De neerslaggebeurtenis van juli 2021 was zeer extreem:** behalve recordhoeveelheden neerslag in de kern was vooral ook de omvang buitengewoon. Bij een verplaatsing naar het noorden zou een gebied zo groot als de helft van Nederland te maken krijgen met meer dan 110 mm regen in 48 uur.
- 2. Onze berekeningen laten zien dat als een dergelijk neerslaggebied noordelijker en westelijker zou komen te liggen, dit in het getroffen gebied tot grootschalige en vooral ook langdurige (meer dan een week) wateroverlastsituaties zou leiden.** Lokale- en regionale watersystemen zouden voor een langere periode te maken krijgen met

(boven)maatgevende waterstanden. Plaatselijk zou dit doorbraken van regionale of zelfs primaire waterkeringen tot gevolg kunnen hebben.

3. In **polder-boezemsystemen** zouden waterbeheerders maaltops afkondigen om de boezemkades te beschermen, waardoor er langdurig water zou blijven staan op weilanden en akkerlanden en zelfs in woongebieden. Door wateroverlast zou van een groot gebied – tien- tot honderdduizend hectare – de landbouwoogst verloren gaan. In honderden gebouwen kan in zo'n situatie water binnendringen en lokaal kan elektriciteit uitvallen. Ook kan transport ernstig gehinderd worden door ondergelopen wegen en tunnels en transport over water zou gestremd worden door vaarwegbeperkingen. Verder kunnen trein- en metroverbindingen uitvallen. Gezondheidseffecten zijn niet uit te sluiten door het op grote schaal overstorten van rioolwater.

4. In **vrij-afwaterende gebieden** ligt het gevaar bij een dergelijk extreem weersysteem vooral in de snelle accumulatie en het gelijktijdig optreden van hoge waterstanden op samenvloeiingspunten. Bekende knelpunten zullen hierdoor worden uitgegroot. De afvoeren kunnen bovenmaatgevend worden, waardoor regionale keringen kunnen falen en ook doorbraken van primaire keringen kunnen in sommige riviersystemen (bijv. de Overijsselse Vecht) niet worden uitgesloten.

5. Het is plausibel dat de totale schade kan oplopen tot **meer dan een miljard euro**. In het **geval van doorbraken van waterkeringen kunnen zelfs dodelijke slachtoffers** vallen (zie ook EU-ROR, 2018¹).

6. Een weersysteem van deze omvang zal leiden tot **grote logistieke uitdagingen in de crisisbeheersing: er zullen immers veel gebieden gelijktijdig en voor langere tijd worden getroffen**. Tijdens en tot vele dagen na een dergelijke gebeurtenis kan in de gelijktijdig getroffen gebieden een grote vraag zijn naar mensen, materieel (pompen, bouwmaterialen) en transport om de wateroverlast of dreigende dijkdoorbraken te bestrijden en mensen en dieren te evacueren. Daarbij kan transport via wegen bemoeilijkt worden door de wateroverlast.

7. Ons land is niet goed voorbereid op wateroverlast op deze grote schaal. Overlast voorkomen bij dergelijke extreme gebeurtenissen kan niet, wel kan voorkomen worden dat de overlast zich tot een ramp ontwikkelt. Om te komen tot een veerkrachtiger gebied en samenleving, worden de volgende activiteiten aanbevolen:

- a) Ontwikkelen en uitvoeren van **stresstesten op bovenregionale schaal**, op het juiste detailniveau en met expliciete aandacht voor de tijdscomponent (o.a. timing, duur, herstel) en ruimtecomponent (samenvallen effecten; gelijktijdig beroep op crisismaatregelen). Dit vergroot het inzicht in (boven-) regionale watersysteemwerking en mogelijke gevolgen onder extreme omstandigheden;
- b) Verbeteren van voorspellings- en monitoringssystemen om voorafgaand, tijdens en na een dergelijke extreme gebeurtenis **tijdige en adequate informatie te kunnen leveren** aan de bevoegde autoriteiten in de crisisbeheersing;
- c) Opstellen of actualiseren van **locatie-specifieke handelingsperspectieven** van waterbeheerders (noodmaatregelen, maaltops, noodberging, aanpassen knelpunten, etc.) met expliciete aandacht voor dit soort extreme gebeurtenissen (o.a. in draaiboeken en calamiteitenplannen);
- d) Intensiveren van **grensoverschrijdende** uitwisseling van **risico-informatie**, ook voor de regionale wateren;
- e) Evalueren van de capaciteit voor **crisisbeheersing** (preparatie, respons en nafase);

¹https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132174/overstromingsrisicos_in_nederland_2018_1.pdf

- f) Beperken van de gevolgen van extreme, grootschalige neerslag via ruimtelijk beleid. Een belangrijke sleutel tot gevolgbeperking ligt bij de ruimtelijke ordening van functies: bepaal gevaarlijke gebieden op basis van onder andere de stresstesten en plaats **cruciale en kwetsbare functies niet, of alleen aangepast in die gevaarlijke gebieden** en blijf **investeren in (nood)bergingscapaciteit** in landelijke en stedelijke gebieden;
- g) **Werken aan bewustzijn van belanghebbenden** van risico's van grootschalige wateroverlast en overstromingen en aan locatie-specifieke handelingsperspectieven.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Waarom deze hackathon?	8
1.2	Vragen in deze hackathon	8
1.3	Aanpak en activiteiten	9
1.4	Kan deze neerslaggebeurtenis ook elders optreden?	10
1.5	Leeswijzer	11
2	Gevolgen voor verschillende typen gebieden	12
2.1	Inleiding	12
2.2	Polders	14
2.3	Polder-boezemsystemen	17
2.4	Vrij-afwaterende systemen	20
3	Handelingsperspectief bij dergelijke neerslaggebeurtenissen	24
4	Conclusies en kennisvragen	26
4.1	Conclusies	26
4.2	Aanbevelingen	26
4.3	Speerpunten en kennisvragen voor Deltares	27
A	Overzicht van gevoeligheid van waterhuishoudkundige systemen in Nederland	28
A.1	Resultaten	29

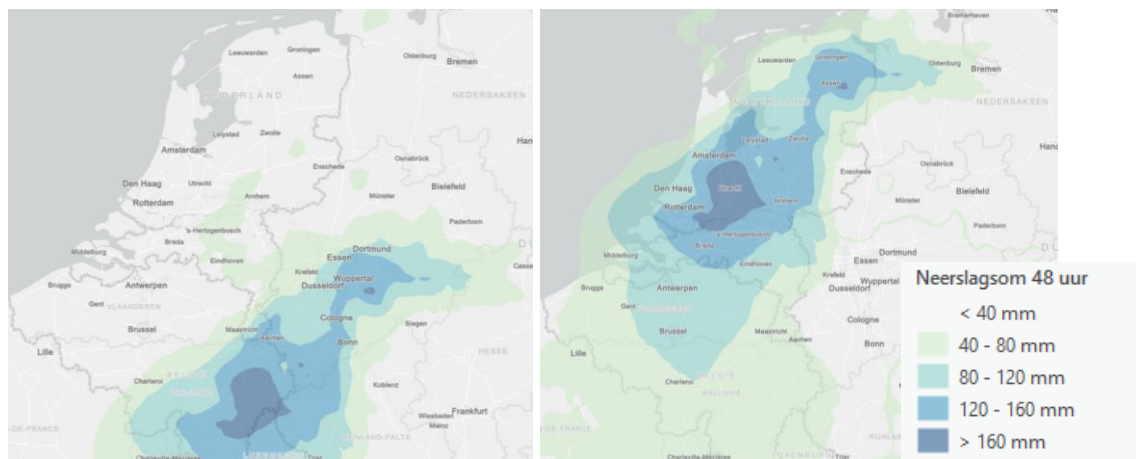
1 Inleiding

1.1 Waarom deze hackathon?

In juli 2021 heeft een groot weersysteem, gelegen over de Ardennen, de Eifel en Zuid-Limburg gezorgd voor wateroverlast en overstromingen met in Nederland veel schade tot gevolg. In het buitenland waren de gevolgen zelfs desastreus met circa 200 slachtoffers, vernielde dorpen en langdurige uitval van essentiële voorzieningen zoals elektriciteit en transport.

Een zo grote hoeveelheid neerslag is weliswaar uitzonderlijk, maar zeker mogelijk, ook elders. In de zomer van 1998 is er in Nederland ook in een groot gebied in Zeeland en Zuid-Holland veel neerslag gevallen. De hoeveelheid was toen minder extreem dan in 2021. Vergelijkbare weersystemen die leidden tot de gebeurtenis in 2021 kunnen echter ook leiden tot extreme neerslag in andere delen van Nederland. De vraag is of de gevolgen dan ook zo ernstig kunnen worden als in Zuid-Limburg en of Nederland daarop is voorbereid.

Om hier inzicht in te krijgen is een hackathon gehouden met als hoofdvraag: *Wat als de neerslag van juli 2021 elders in Nederland was gevallen?*² Behalve inhoudelijk op deze vraag in te gaan, is ook verkend of met de huidige systeemkennis en simulatiemodellen van Deltares binnen drie dagen antwoord op zo'n vraag kan worden gevonden. In de hackathon zijn dus ook kennisvragen geïdentificeerd.



Figuur 1.1: 48-uur neerslagsom juli 2021; werkelijke situatie (links) en verschoven situatie (rechts)

1.2 Vragen in deze hackathon

In de hackathon was de centrale vraag: *Wat als de neerslag van juli 2021 elders in Nederland was gevallen?*

² Aan de hackathon hebben bijgedragen: Kymo Slager, Karin de Bruijn, Klaas-Jan van Heeringen, Govert Verhoeven, Gennadii Donchyts, Jaap Kwadijk, Marjolijn Haasnoot, Bart van den Hurk, Tjitske Geertsema, Marco Hoogvliet, Frans Klijn en Nathalie Asselman

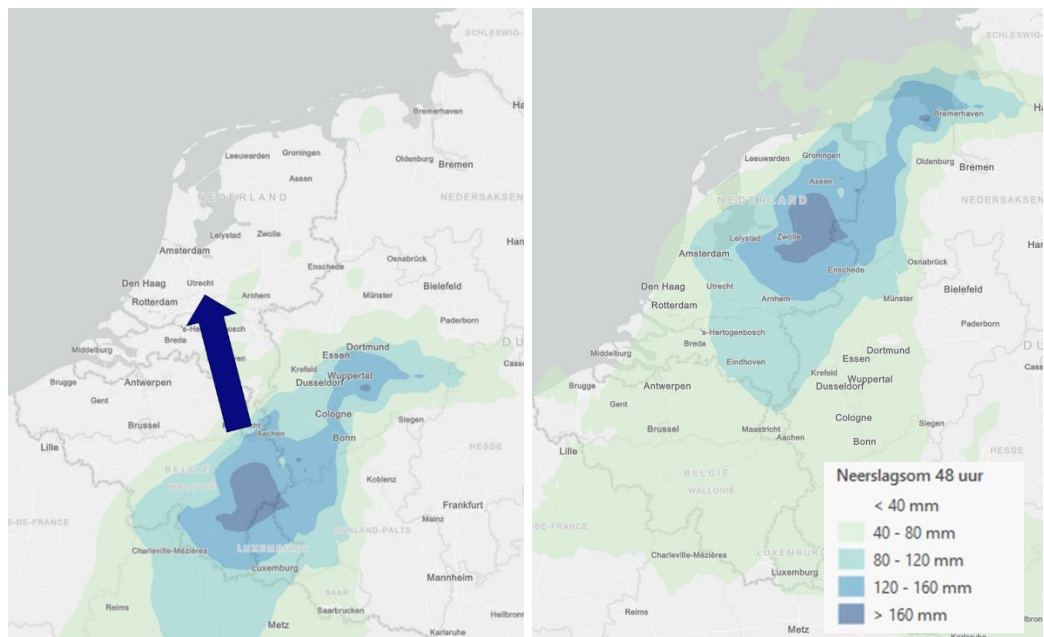
Met als subvragen:

- Wat zouden de effecten zijn geweest? (waterdieptes, duur van de wateroverlast, schades, effecten op kritieke infrastructuur en cruciale objecten en de invloed op gezondheid)
- Welke informatie en simulatiemodellen zijn beschikbaar? En wat mist?

1.3 Aanpak en activiteiten

In de hackathon is het weersysteem zoals het is gevallen in juli 2021 opgeschoven en op verschillende locaties boven Nederland gelegd en zijn de gevolgen bepaald. Dit is eerst gedaan in algemene termen en vervolgens voor een aantal concrete voorbeeldgebieden, namelijk:

- Polder: Haarlemmermeerpolder
- Vrij afwaterend gebied: De Dinkel en het stroomgebied van de Overijsselse Vecht
- Polder-boezemsystemen: De beheersgebieden van Waterschap Noorderzijlvest, het Hoogheemraadschap van Rijnland en het Waterschap Brabantse Delta³.



Figuur 1.1 Verschuiving van het weersysteem naar andere locaties boven Nederland (links) zoals het stroomgebied van de Vecht (rechterplaatje)

Om locaties en ernst van wateroverlast te bepalen is gebruik gemaakt van verschillende methoden en instrumenten:

- Voor het verkrijgen van grof inzicht in de gevolgen voor poldergebieden is een eenvoudige waterbalans gemaakt die gebruikt is als invoer voor GIS waarmee de ruimtelijke verdeling van overlast over het gebied is bepaald;
- Voor een aantal specifieke gebieden zijn bestaande hydrologische en hydrodynamische modellen gebruikt (Vecht, Noorderzijlvest en Brabantse Delta⁴)

³ Dit waterschap heeft zelf de berekeningen gedaan van de gevolgen van het weersysteem boven hun waterschap.

Ook is gesproken met experts van waterschappen en is bestaande informatie (zoals rapportages over eerdere regionale simulaties) geraadpleegd.

1.4 Kan deze neerslaggebeurtenis ook elders optreden?

De overstromingen die in juli 2021 plaatsvonden in Duitsland, België en Zuid-Nederland hadden een grote maatschappelijke impact. Deze impact roept de vraag op of dergelijke neerslaghoeveelheden ook elders in Nederland zouden kunnen voorkomen. Om deze vraag te beantwoorden zijn de gebeurtenis en de factoren die leidden tot deze gebeurtenis geanalyseerd.

Meteorologische situatie juli 2021

De koudeput (of *cut-off low*) "Bernd" die zich rond 12 juli 2021 afsnoerde van een meanderende straalstroom zorgde voor de grote meerdaagse neerslagsom in het getroffen gebied. De kern bewoog langzaam naar het getroffen gebied, en stagneerde door een gebrek aan een krachtige achtergrondstroming en enige remming door het middelgebergte van de Eiffel en Ardennen. De koudeput zorgde voor een circulatie met een grote aanvoer van vochtige lucht uit een groot brongebied, zowel uit het gebied rond de Middellandse Zee als vanuit de Baltische Zee, waar op dat moment een hittegolf zorgde voor een grote luchtvochtigheid door warm zeewater⁴. De depressie bevatte een onstabiele kern die door een combinatie van orografische en dynamische '*uplift*' zorgde voor de vorming van langdurige sterke convectie en een grote hoeveelheid neerslag⁵.

Plausibiliteit van een vergelijkbare situatie op een nabije locatie

Een horizontale verplaatsing van de gemeten neerslag richting het noordwesten impliceert dat er zich een meteorologisch systeem op deze locatie had kunnen vormen dat een vergelijkbare hoeveelheid neerslag in vergelijkbare tijd had gegenereerd. In de voorbije decennia is in de regio tussen de Alpen en de Noordzee sprake geweest van een aantal vergelijkbare extreme neerslaghoeveelheden⁶. Zomerse overstromingen in het gebied van de Oder (1997) en de Elbe (2002 en 2013) werden veroorzaakt door andere meteorologische situaties (andere aanvoerroute van vocht, andere dynamische vorming van primair lagedrukgebied, andere achtergrondstroming, andere lokale versterking van het convectieproces), maar met vergelijkbare neerslaghoeveelheden tot gevolg.

Ook voor de meteorologische situatie van juli 2021 gelden unieke situationele kenmerken die niet van toepassing zijn op andere locaties, zoals:

- de orografie die gezorgd heeft voor extra *uplift* en die onmiskenbaar enige invloed had op de stagnatie van het weersysteem;
- de aanvoerlijnen van vochtige lucht (gelijktijdig uit Middellandse Zeegebied en Baltische Zee) die niet één op één in stand blijven bij een andere ligging van de koudeput.

⁴ https://www.enwinfo.nl/publish/pages/183541/211102_enw_hoogwater_2021-dv-def.pdf

⁵ <https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/>

⁶ De analyse van het World Weather Attribution programma over de rol van klimaatverandering bij deze gebeurtenis⁵ heeft ook gebruik gemaakt van de neerslagstatistiek in deze regio om de betrouwbaarheid van de schatting van de kans op deze neerslaghoeveelheid te verbeteren.

Anderzijds zijn er fysische omstandigheden denkbaar die de invloed van deze factoren op de neerslaghoeveelheid hadden kunnen compenseren, zodat een vergelijkbare hoeveelheid neerslag elders wel degelijk plausibel is:

- een extra *uplift* door een voorafgaande droge en warme periode op de veronderstelde nieuwe locatie van de depressiekern (die kan zorgen voor extra opwarming vanaf het oppervlak en de daarmee gepaard gaande convectie);
- aanvoer van vochtige lucht uit een warme nabije Noordzee;
- een zodanig gelegen hoge drukgebied dat een vergelijkbare remmende invloed zou zijn uitgegaan op de verplaatsing van de koudeput.

Geen empirisch bewijs, wel mogelijke technieken daarvoor

Er is geen empirisch bewijs verzameld van de mogelijkheid dat een vergelijkbare neerslaghoeveelheid boven centraal Nederland had kunnen vallen. Dit bewijs is wellicht wel te destilleren uit het archief van meteorologische ensembleverwachtingen van het ECMWF, waarin ruim 5000 jaar aan realistische meteorologische situaties zijn opgenomen⁷. Daar zouden ook meerdaagse gebeurtenissen in kunnen zitten die een vergelijkbare neerslaghoeveelheid boven centraal Nederland zouden genereren. Hetzelfde geldt voor de grote hoeveelheid klimaatsimulaties die in het kader van de diverse mondiale en regionale multi-modelexperimenten zijn uitgevoerd. Ook zijn zogenaamde *Pseudo-Global Warming* experimenten gedaan voor de extreme neerslag die in augustus 2010 boven Nederland viel, waarin kleine veranderingen aan de meteorologische forcering leidden tot een sterke toename van de hoeveelheid en ruimtelijke uitgestrektheid van de neerslag⁸. En er bestaan andere zogenaamde “*storyline*” technieken (zoals dynamische “nudging”⁹) voor het genereren van weerkundige scenario’s onder hypothetische (klimaat)omstandigheden.

Conclusie

Er zijn geen fysische overwegingen die een neerslaggebeurtenis vergelijkbaar met die van juli 2021 boven centraal Nederland uitsluiten. Ook al waren er specifieke factoren in Limburg en de Ardennen die deze situatie beïnvloedden die niet van toepassing zijn op andere locaties, er zijn ook fysische mechanismen denkbaar die kunnen zorgen voor vergelijkbare of nog extremere neerslagscenario’s. Empirisch bewijs voor de plausibiliteit van zo’n neerslagscenario kan worden verkregen door analyse van ensembles van klimaat- en weerprojecties, en door modelexperimenten die gericht zijn op het genereren van weerkundige *storylines*.

De vraag naar het effect van een weersysteem zoals dat van juli 2021 met een dergelijke enorme omvang en grote regenintensiteit voor andere gebieden is dan ook gerechtvaardigd.

1.5 Leeswijzer

In dit rapport worden de conclusies uit de samenvatting onderbouwd. In hoofdstuk 2 worden de gevolgen voor verschillende gebiedstypes besproken en in hoofdstuk 3 worden handelingsperspectieven besproken. Tenslotte worden in hoofdstuk 4 conclusies getrokken, aanbevelingen gedaan en kennisvragen geïdentificeerd.

⁷ Zie voor een voorbeeld gebruikt voor de afleiding van extreme windstatistiek:

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1155>

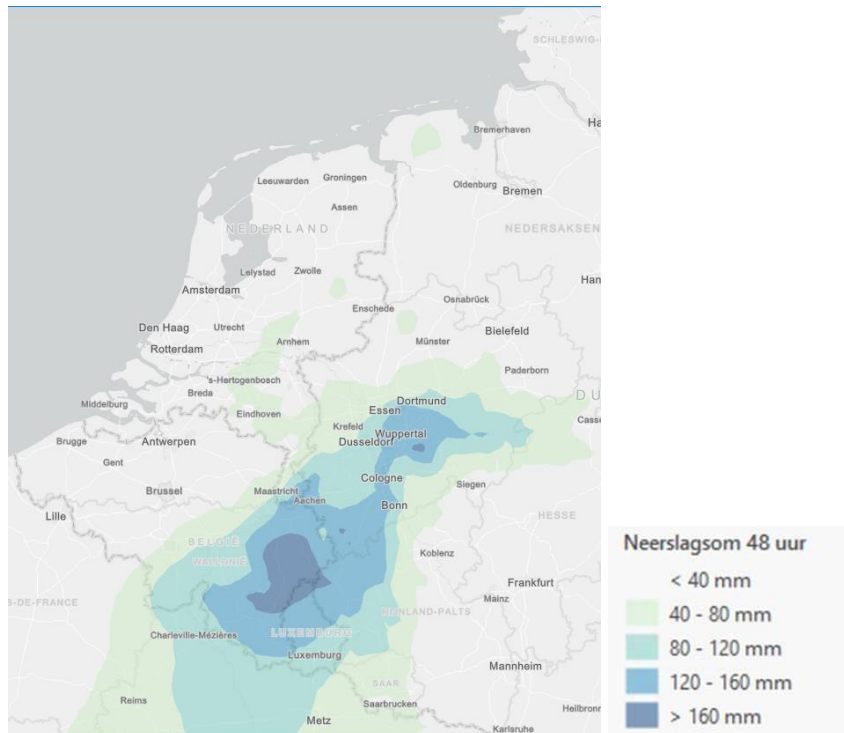
⁸ <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/1/014003/meta>

⁹ <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-14302.html>

2 Gevolgen voor verschillende typen gebieden

2.1 Inleiding

In juli 2021 is in een gebied zo groot als half Nederland meer dan 110 mm neerslag gevallen in minder dan 3 dagen. Lokaal is er zelfs meer dan 200 mm gevallen in 2 dagen. Zowel de intensiteit als de ruimtelijke schaal van dit weersysteem waren uitzonderlijk.



Figuur 2.1 De ruimtelijke schaal en regenintensiteit van het weersysteem van juli 2021

Deze enorme hoeveelheid regen in een gebied zo groot als half Nederland zal ook elders leiden tot ontwateringsproblemen, afvoerproblemen, wateroverlast en mogelijk overstromingen. Ook zal dit leiden tot een enorme opgave en uitdaging voor waterschappen en de crisisbeheersing in een groot deel van Nederland. Wanneer een dergelijk weersysteem in de zomer optreedt, wanneer de gewassen op het veld staan, recreatieterreinen in gebruik zijn en hoogwaters minder verwacht worden, zal ook de schade voor de landbouw en recreatie groot zijn. Bovendien zullen woningen, infrastructuur en belangrijke voorzieningen schade oplopen, ook in stedelijk gebied.

In deze paragraaf wordt op basis van een globale analyse kort beschreven welke waterhuishoudkundige systemen het meest gevoelig kunnen zijn voor dergelijke weersystemen. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op wat er kan gebeuren als de neerslag van het weersysteem van juli 2021 zou vallen boven respectievelijk polders, polder-boezemsystemen en vrij afwaterende gebieden.

Een neerslaggebeurtenis zoals in juli 2021 zal overal tot problemen leiden. Extra problemen door de grote schaal van de neerslaggebeurtenis zijn te verwachten waar regionale interacties en het samenvallen van hoogwater vanuit verschillende deelsystemen kunnen optreden. Voor dergelijk systeemgedrag relevante situaties kunnen zich voordoen in de volgende soorten gebieden:

- 1 Vrij afwaterende hoge gronden met samenvloeiende beken en riviertjes, waarbij afvoerpieken op elkaar gesuperponeerd kunnen worden en zo tot extreem hoge afvoeren kunnen leiden zoals in Zuid-Limburg, Brabant en Twente.
- 2 Hellende gebieden met afwatering onder vrij verval, waarbij de afvoer wordt beperkt door relatief gering verhang en een beperkte uitlaatcapaciteit of knelpunten onderweg naar de finale uitlaatpunten;
- 3 Vlakke gebieden met diepe polders en boezems, die afhankelijk zijn van gemaalcapaciteit en tijdelijk berging.

1. Vrij afwaterende hoge gronden met mogelijk coincidentie van piekafvoeren op beken en hoogwater op het hoofwatersysteem

In vrij afwaterende gebieden kan hevige neerslag, zoals in juli 2021, leiden tot oppervlakkige afstroming. De grootste overlast is te verwachten langs de (grotere) beken die over grote lengte zullen overstromen. Ook kan overlast ontstaan wanneer beken uitmonden in de Maas en deze al hoog staat. Voorbeelden van stroomgebieden waarvoor dit relevant is, zijn: *De Roer en de Niers, en de Brabantse beken (bv. Aa, en de Dommel)*. Ook op de *Brabantse kanalen* kunnen dergelijke gebeurtenissen voor extreme waterstanden zorgen. Gevolgen zijn te verwachten in Veghel, Eindhoven, 's-Hertogenbosch, Tilburg en Breda. De Mark en het Mark-Vlietsysteem krijgen problemen als ook het Volkerak-Zoommeer stijgt.

De *Gelderse Vallei* kan forse wateroverlast krijgen zoals ook in bijvoorbeeld 1998 gebeurde. De beken voeren snel, ongecontroleerd en veel water af van de heuvelruggen. De grote toevoer van water zal leiden tot hoge waterstanden op het Valleikanaal, waardoor lagere delen langs het kanaal wateroverlast kunnen ondervinden. Denk hierbij onder meer aan het Binnenveld, en lage wijken in Amersfoort, en gebieden bij Veenendaal en Leusden).

Op de *oostelijke zandgronden* kunnen zowel de omgeving van de Oude IJssel (met water vanaf het Montferland, via Doetinchem naar Doesburg), de Achterhoek met z'n vele beken (Baakse Beek, Berkel, Schipbeek) en het stroomgebied van de Vecht veel wateroverlast ondervinden.

2. Hellende gebieden met afwatering onder vrij verval

Ook enkele hellende gebieden met afwatering onder vrij verval, met benedenstroomse beperking vragen aandacht:

- De *Betuwe*: de grootste dijkkring in het centrale rivierengebied. Deze watert vrijwel geheel (afgezien van een paar kleinere gemalen naar het Amsterdam Rijnkanaal en de rivieren) af via het *Lingesysteem*. Als alle neerslagoverschot van de slecht doorlatende komgronden met hun geringe opslagcapaciteit via de Linge moet worden afgevoerd, is langdurige overlast te verwachten. Ook zijn er vermoedelijk capaciteitsproblemen bij enkele nauwe doorgangen in het afvoerstelsel, bijvoorbeeld bij de sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal en bij de sluis door de Diefdijk te Asperen/Leerdam.
- Een tweede voorbeeld is het *Sallandse weteringsysteem*. Dat voert water af vanaf Deventer en de Sallandse Heuvelrug(gen) naar Zwolle, waar alle water wordt geconcentreerd en door de stad naar het Zwarte Water moet. Daar is het samenvallen van een hoge afvoer met een hoogwater op de Overijsselse Vecht zeer waarschijnlijk.

3. Vlakke laaggelegen gebieden met polders/ droogmakerijen en boezemsystemen

In deze gebieden leidt de hevige neerslag tot wateroverlast in de polders en hoge waterstanden op boezemsystemen, wat zal leiden tot inzet van, indien aanwezig, noodoverloopgebieden en grootschalige maalstops. Of de waterstand op de boezemsystemen kritiek wordt, is afhankelijk van de mogelijkheden om water af te kunnen voeren naar het hoofdwatersysteem (zie paragraaf 2.3). Kwetsbare systemen hier zijn bijvoorbeeld het beheersgebied van de Hoogheemraadschappen Delfland en Schieland en de Krimpenerwaard, Stichtse Rijnlanden en Amstel-Gooi en Vecht, en Hollands Noorderkwartier, evenals daarbinnen gelegen steden als Delft waar lagere straten mogelijk toch vanuit de grachten overstromen. Ook zal daar water op straat en op weilanden blijven staan. Wanneer het systeem meerdere deelsystemen afwaterend op het Amsterdam-Rijnkanaal treft, leidt dit zeker tot enorme uitdagingen. De gemaalcapaciteiten van de boezems naar het Amsterdam-Rijnkanaal zijn immers groter dan die van het Amsterdam-Rijnkanaal/ Noordzeekanaal naar de Noordzee en het Markermeer. Bovendien zijn de toelaatbare stijgingen van de waterpeilen in de boezems in dit gebied klein. Ook de Zaan en het Noord-Hollandskanaal kunnen zwaar worden beproefd.

In Groningen lijkt vooral het gebied van Oost-Groningen gevoelig voor wateroverlast. Dit gebied ligt van nature al wat lager tussen het Fries-Drents Plateau, waar bij extreme neerslag veel water vanaf komt, en het Hooge Land, waarlangs het niet weg kan. Maar het gebied ligt extra ongunstig omdat de afwatering daardoor hoofdzakelijk via het Van Starckenborghkanaal naar het oosten, naar de Dollard, en dus over grote afstand moet plaatsvinden, terwijl het ook substantiële bodemdaling kent. Hoewel in dit gebied al op grote schaal noodbergingsgebieden zijn ingericht, is het de vraag of deze voldoende zullen zijn bij een gebeurtenis zoals in juli 2021. Interactie met een hoger wordende zeestand en eventuele stormopzet verdient nadere verkenning.

Steden en grotere plaatsen

Van de wat grotere en relatief ongunstig gelegen steden ten opzichte van regionale waterafvoersystemen kan gedacht worden aan bijvoorbeeld om Roermond, Eindhoven, Veghel, Den Bosch, Tilburg, Oosterhout, Veenendaal, Barneveld, Leusden, Amersfoort, Doetinchem, Enschede e.o., Coevorden, Hardenberg, Zwolle, Asperen, Gorkum, Delft, Leiden, Gouda, Purmerend, Zaanstad, en Groningen. Dit zijn slechts enkele voorbeelden. Het lijstje is niet compleet.

In dit hoofdstuk wordt voor polders, polderboezemsystemen en vrij afwaterende gebieden de effecten van een dergelijk weersysteem in beeld gebracht en worden voorbeelden uitgewerkt. Ook wordt kort ingegaan op stedelijk gebied.

2.2 Polders

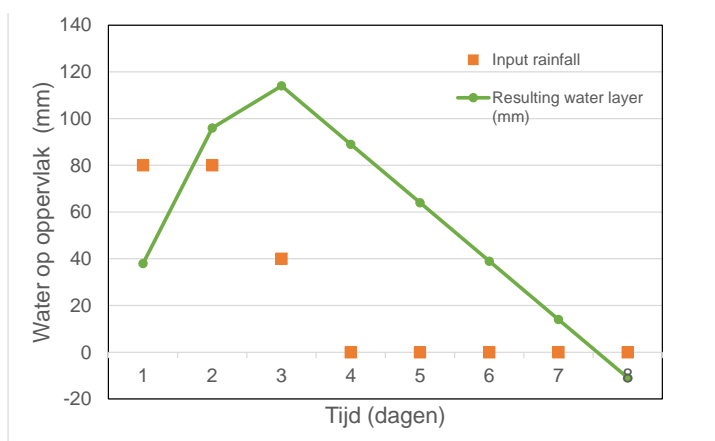
Om te verkennen wat het mogelijke effect van een weersysteem zoals dat van juli 2021 op polders kan zijn is eerst een eenvoudige waterbalansberekening gemaakt voor een standaardpolder. Voor zo'n polder is het effect bepaald van een driedaagse neerslagsom van in totaal 200 mm, met op de drie dagen respectievelijk 80, 80 en 40 mm neerslag (zoals in juli 2021 in een groot gebied gevallen). In de berekening is rekening gehouden met kwel, verdamping (na de regenval) en berging in de bodem en waterlopen (zie Tabel 2.1 voor de gebruikte rekenwaarden). Het neerslagoverschot wordt uitgemalen naar een boezem. De gemaalcapaciteit van de polder is gesteld op 20 mm/dag. Deze capaciteit is gebruikelijk voor veel nieuwere gemalen; maar er zijn in Nederland ook nog veel polders met een geringere gemaalcapaciteit, namelijk 14,4 mm/dag.

Tabel 2.1 Waardes gebruikt in de analyse voor de standaardpolder

Karakteristiek	Aangenomen waarde
Gemaalcapaciteit	20 mm/dag
Maalstop	Geen
Bodemberging	20 mm
Kwel	1 mm/dag
Verdamping na de bui	3 mm/dag

In deze standaardpolder leidt de neerslag tot een gemiddelde waterschijf die de eerste drie dagen toeneemt door de grote neerslag en dan langzaam afneemt door het malen en de verdamping (zie Figuur 2.2). Na ongeveer een week is al het water weggemalen. Wanneer het water zich gelijkmatig zou verdelen over het gebied ontstaat een waterlaag van maximaal 114 mm. Dit water zal zich echter niet evenredig verspreiden over het gebied, maar zal naar de laagste delen van de polder stromen. Wanneer al het water zich zou concentreren in de laagste 25% van de polder, wordt het daar zo'n 45 cm diep. En wanneer dit naar de laagste 10% van de polder zou stromen, ontstaat daar een laag van meer dan één meter diep. Deze eenvoudige analyse laat direct zien dat een dergelijk weersysteem tot overlast zal leiden in polders, zelfs wanneer de gemalen daar blijven malen. Wanneer er maalstops afgekondigd worden, wordt de overlast vanzelfsprekend groter en zal deze ook langer aanhouden.

In stedelijk gebied zal de gemaalcapaciteit in het algemeen groter zijn en zal het water sneller weggemalen kunnen worden. Daar kan gedacht worden aan een overlastduur van zo'n 3 á 4 dagen, uitgaande van een optimale maalcapaciteit.



Figuur 2.2 Hoeveelheid water in een standaardpolder ten gevolge van neerslag vergelijkbaar met neerslag gevallen in juli 2021 (voor aannames zie tabel 2.1).

Om meer inzicht te krijgen in waar dit water zich zou concentreren, is de verspreiding gesimuleerd met GIS en de 'google earth engine'¹⁰. Deze verdeelt het resterend water binnen een peilvak op zo'n manier dat de laagste plekken eerst worden opgevuld. De ruimtelijke resolutie is 0,5 m, te weten de resolutie van het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN).

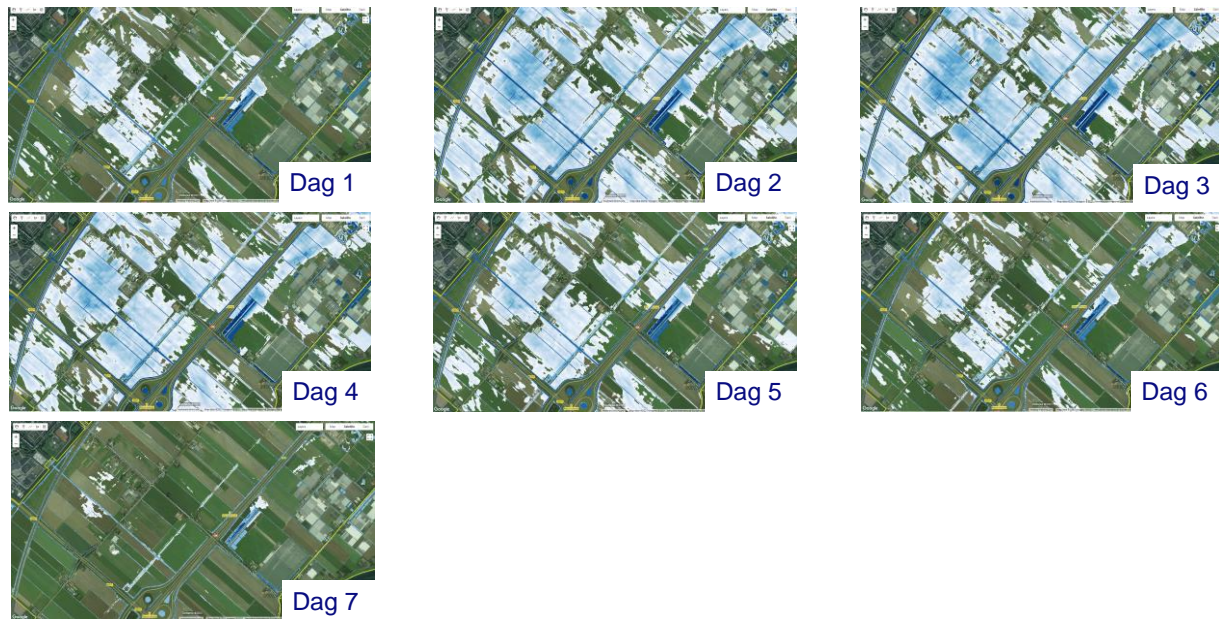
Gevolgen van deze neerslag in de Haarlemmermeerpolder

Om een beter beeld te krijgen van de gevolgen voor een polder is de neerslag van juli 2021 geprojecteerd op de Haarlemmermeerpolder.

¹⁰ <https://kymoslager.users.earthengine.app/view/wateroverlast>

De Haarlemmermeerpolder is een droogmakerij: een diep gelegen polder (tot 5 meter onder zeeniveau) omgeven door een ringvaart. Het landgebruik in de polder is voornamelijk agrarisch en er bevinden zich enkele woonkernen als Hoofddorp, Nieuw-Vennep en delen van Badhoevedorp en Zwanenburg, als ook de luchthaven Schiphol. Daarnaast lopen er diverse belangrijke hoofdtransportverbindingen door dit gebied. Met gemalen kan overtollig water uit de polder worden gepompt naar de ringvaart, die deel uitmaakt van de Rijnlandse boezem. De Haarlemmermeerpolder is opgedeeld in meerdere peilvakken waarvan door middel van stuwen het peil geregeld kan worden.

Figuur 2.3 geeft een indruk van waar water blijft staan in een gedeelte van de Haarlemmermeer. De figuren laten zien dat het water vooral langs de sloten en op weilanden en akkers staat.



Figuur 2.3 Indruk van hoe een polder er uit kan zien bij de berekende wateroverlast (zie figuur 2.2). Hier is een stukje van de Haarlemmermeerpolder getoond.

Als er 200 mm neerslag in het gebied valt, dan zullen grote delen van de polder 5 dagen of langer enkele decimeters onder water komen te staan. Boezems en waterinfrastructuur zullen voor langere tijd zwaar belast worden. Ook zal er een maalstop afgekondigd worden als boezempeilen te hoog worden. Waterkeringen kunnen verweken en falen. De duur van de overlast en de gevolgen worden dan nog groter.

De schade aan gewassen zal door de duur van de overlast groot zijn. Ook zullen weggedeeltes onder water komen te staan en zal er water op straat staan in woonwijken en bedrijventerreinen. Het is daarbij onduidelijk of bijvoorbeeld transportverbindingen gebruikt kunnen worden wanneer het gebied zo nat is, of weg- en spoorweg taluds stabiel blijven en of vliegveld Schiphol open gehouden kan worden.

Wateroverlast in stedelijke gebieden

Ook in de stedelijke kernen kan water op straat komen te staan en het is niet uitgesloten dat ook kelders of gebouwen te maken krijgen met wateroverlast. De kans is groot dat het riool overbelast wordt en dat overstorten vanuit het riool naar het oppervlaktewater optreden. Lager gelegen weggedeeltes (verdiepingen, tunnels etc.) zullen onderlopen, wat tijdelijk tot flinke hinder kan leiden.

Het overgrote deel van de infrastructuur voor cruciale en kwetsbare functies (elektriciteitsvoorziening, drinkwatervoorziening, telecom, en gezondheidsinstellingen) is verhoogd aangelegd, maar omdat deze onderdeel zijn van een netwerk kan niet worden uitgesloten dat deze toch uitvallen of storing ondervinden. Voor het bepalen van de precieze effecten is nadere analyse vereist.

Figuur 2.4 met daarin een deel van Leiden, geeft een globale eerste indruk van de waterlaag die op straat kan ontstaan wanneer daar 100 mm neerslag zou moeten worden geborgen. Deze figuren zijn overgenomen uit de klimaatatlas ([Klimaatatlas | Rijnland](#)) en gebaseerd op een neerslag van 100mm in 2 uur, zonder rekening te houden met afvoer via het rioleringsysteem. Ze geven puur het effect van oppervlakkige afstroming en verdeling van de 100 mm waterlaag over het gebied.



Figuur 2.4 De wateroverlast op straat in Leiden en omstreken ten gevolge van een extreme bui van 100 millimeter in 2 uur zoals opgenomen in de Wateratlas (boven voor een deel van het centrum, onder voor de gehele stad) ([Klimaatatlas | Rijnland](#)).

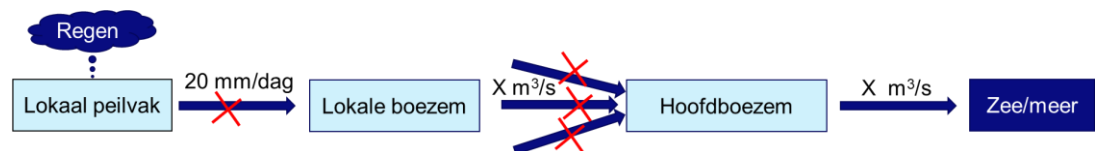
2.3 Polder-boezemsystemen

Zoals in paragraaf 2.2 is beschreven zal een gebeurtenis die zo extreem is als die van juli 2021 in polders leiden tot langdurige plasvorming en water op het maaiveld, omdat het neerslagoverschot de gemaalcapaciteit ruimschoots overtreft.

De poldergemalen malen het water naar de boezem, en de gemalen van de boezems malen het naar buitenwater of naar een hogere boezem. Zolang de capaciteit van de poldergemalen die van de gemalen die naar het buitenwater malen niet overschrijdt, is de kans op kritische waterstanden op de boezem beperkt.

Wanneer de gemaalcapaciteit echter ergens door beperkt wordt, bijv. doordat gemalen uitvallen of door hoge buitenwaterstanden, kunnen op de boezems kritische waterstanden ontstaan. Dit kan ook gebeuren wanneer een deel van het gebied onder vrij verval op de boezem afwatert. Denk hierbij bijvoorbeeld aan water van het Drents Plateau dat onder vrij verval op de boezems van het polder-boezem-systeem van Noorderzijlvest loost. Ook in het westen, waar soms hogere delen langs de duinen onder vrij verval op het boezemsysteem lozen, kunnen kritische waterstanden optreden. Op het moment dat de waterstanden op de boezems kritisch worden, zullen maalstops afgekondigd worden volgens een verdringingsreeks waarbij prioriteit wordt gegeven aan de meest kwetsbare gebieden. De overlast in de gebieden waarvoor een maalstop is afgekondigd neemt dan toe en duurt ook langer (zie voor een schematische weergave Figuur 2.5).

De waterstanden in de boezems kunnen meer dan een week hoog blijven. Het is onduidelijk of de boezemkades dit aan kunnen of dat ze mede door de langdurige regen zullen verweken.



Figuur 2.5 Een systeem waarbij de neerslag op polders via gemalen naar de boezem wordt gepompt en van de boezem naar een hoofdboezem (denk aan het Amsterdam-Rijnkanaal) en van daaruit naar de Noordzee. Wanneer de waterstanden op de hoofdboezem (het Amsterdam Rijnkanaal) te hoog worden, worden maalstops afgekondigd die doorwerken naar de polders en peilvakken. De overlast duurt daar dan langer.

Aangezien het gebied met overlast groot is en in een groot gebied alle gemalen op maximale capaciteit zullen moeten draaien, is de kans dat er ergens een gemaal storing krijgt ook relatief groot. Ook de kans op een ongelukkige samenloop van omstandigheden bij stroomuitval of uitval van verbindingswegen of tunnels is groter: wanneer half Nederland getroffen is en er op veel plaatsen stroom uitvalt, communicatie- of transportverbindingen wegvallen, zullen er ook mensen en functies getroffen worden die hiervan afhankelijk zijn.

Voorbeeld 1: Het watersysteem van het Waterschap Noorderzijlvest

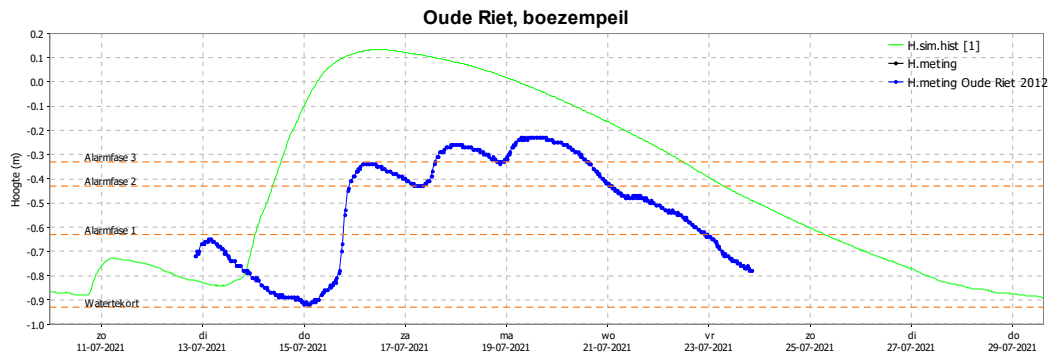
Het beheersgebied van het waterschap Noorderzijlvest is een klassiek polder-boezemsysteem, met ook een fors deel vrij-afwaterend gebied waar het water afstroomt van het Fries-Drents Plateau. De boezem van dit systeem voert water af naar het Lauwersmeer en van daaruit stroomt het naar de Waddenzee. Het systeem kan veel neerslag hebben. Problemen ontstaan wanneer intensieve neerslag samenvalt met stormopzet waardoor er niet goed geloosd kan worden uit het Lauwersmeer.

Om de gevolgen van het weersysteem van juli 2021 op dit gebied te testen is het zo verschoven dat de kern boven het beheersgebied van dit waterschap kwam te liggen. De effecten zijn doorgerekend met de modellen die beschikbaar zijn in de operationele FEWS omgeving.

De resultaten laten zien dat er bij deze hoeveelheden neerslag forse wateroverlast ontstaat in de polders. Ook op de boezem komen de waterstanden ver uit boven kritieke waarden, vooral bij hydraulische knelpunten. De waterstanden blijven lang hoog.

Figuur 2.6 geeft de waterstand op de boezem bij Oude Riet voor zowel de extreme referentiesituatie in 2012, als voor de berekening met het weersysteem van juli 2021. De waterstanden die zijn berekend voor 2021 komen ver uit boven de waterstanden die in 2012 zijn opgetreden en liggen meer dan vijf dagen boven het peil van alarmfase 1. Ze komen meer dan 40 cm uit boven het peil van alarmfase 3. De combinatie van extreem hoge waterstanden op de boezem gedurende een lange periode kan leiden tot verweking van de kades. In hoeverre dit invloed heeft op de bezwijkkans van de kades is nog niet bekend.

De berekende gebeurtenis viel buiten het valide bereik van het model; in het model kan het overlopen van boezemkades namelijk niet gerepresenteerd worden. In de praktijk zouden bij deze situatie ook zeker grootschalige maaltops zijn afgekondigd. Deze zijn niet in het model meegenomen.



Figuur 2.6 berekende waterstanden bij het weersysteem van juli 2021 en gemeten waterstanden bij het extreme regenevent van 2021 op de boezem bij Oude Riet.

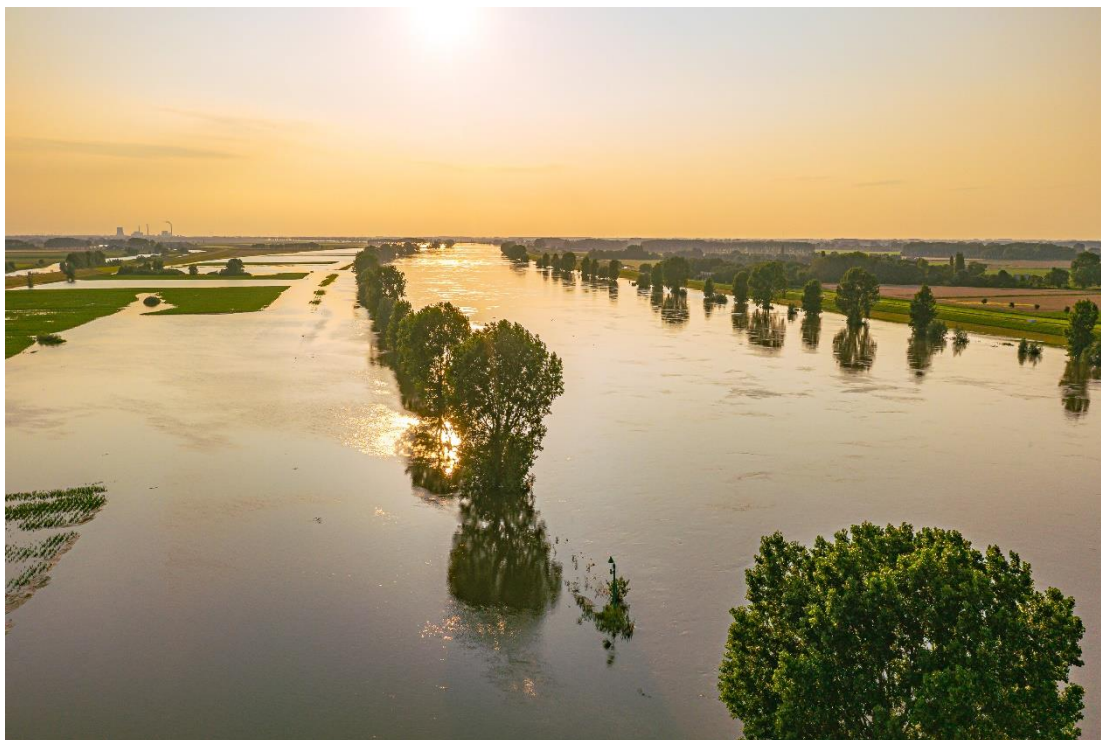
Voorbeeld 2: Het gebied van het Waterschap Brabantse Delta

In het beheersgebied van het Waterschap Brabantse Delta komen grofweg twee typen regionale watersystemen voor: vrij-afwaterende beeksystemen ten zuiden van de lijn Breda - Roosendaal, met als grootste beken de Boven-Mark, Aa of Weerijns en Molenbeek; en een peilbeheerst systeem aan weerszijden van de Mark-Dintel-Vliet (MDV) boezem, bestaande uit een netwerk van vlieten, kanalen en sloten die grotendeels in open verbinding staan met elkaar, en die op de MDV boezem afwateren met behulp van gemalen. Het peil in het MDV boezemsysteem wordt hoofdzakelijk beïnvloed door het waterpeil op het Volkerak-Zoommeer (VZM), de afvoer van de gemalen uit het peilbeheerst gebied en de aanvoer van overtollig regenwater door de beken vanuit het vrij afwaterende gebied.

Experts van het waterschap hebben op basis van de verschoven neerslag van juli 2021 met hun eigen modellen (SOBEK 2 - BOS) uitgerekend wat dit neerslagsysteem zou betekenen voor afvoeren en waterstanden in de grootste beken en het boezemsysteem van Brabantse Delta. De berekeningen laten zien dat met een vrij droge voorgeschiedenis (droge 'initiële' condities en grote beschikbare berging), afvoeren op de beken en in het boezemsysteem worden berekend met een herhalingsstijd van rond de 100 jaar. Op vele locaties treden maatgevende omstandigheden op, zelfs als op het VZM normale waterstanden (rond NAP) worden aangenomen. Als echter het peil op het VZM ook verhoogd is (van 0,06 m + NAP tot 0,50 m + NAP), worden forse verhogingen in het boezemsysteem gevonden tot bovenmaatgevende omstandigheden.

Met de analyse is slechts beperkt in beeld gebracht dat veel neerslag tijdelijk moet worden geborgen op het maaiveld in de polders; zowel in agrarische als meer stedelijke gebieden wat daar tot forse overlast en schade zal leiden. Het waterschap stelt zelf dat er op dit moment nog geen voldoende nauwkeurig model op de plank ligt om deze aspecten van extreme gebeurtenissen goed door te rekenen.

Een belangrijk aandachtspunt voor het waterschap is verder de informatie-uitwisseling met Vlaanderen, aangezien een aanzienlijk deel van de stroomgebieden van de vrij afwaterende beken in het buitenland liggen. Het Waterschap heeft alleen een vereenvoudigd neerslag-afvoermodel voor het Belgische deel van de stroomgebieden. Tijdens hoogwaters krijgt het waterschap wel informatie over waterstanden en voorspellingen van afvoeren door, maar het in de koude fase doorrekenen van scenario's zoals wat er zou gebeuren indien het neerslagsysteem van juli 2021 op het beheergebied zou vallen, is hiermee lastig. Het is aan te bevelen om hydrologische modelinformatie tussen het waterschap en de Vlaamse overheid uit te wisselen, teneinde de impact van dit soort weersystemen beter te begrijpen en te kunnen voorspellen.



Figuur 2.7 Foto van wateroverlast in het gebied van de Brabantse Delta (bron: Waterschap Brabantse Delta)

2.4 Vrij-afwaterende systemen

In vrij-afwaterende gebieden zal bij grote neerslaghoeveelheden snel oppervlakkige afstroming optreden richting beken en waterlopen en zal er minder water in het gebied blijven staan. De beken zullen buiten hun oevers treden. Zeker op plekken waar de afvoercapaciteit beperkt wordt door bijvoorbeeld versmallingen, bruggen of duikers. Dit gebeurde bijvoorbeeld ook in de zomer van 2021 bij Valkenburg. Wanneer de beken uitmonden in grotere beken of rivieren die zelf ook veel water afvoeren, kunnen de resulterende afvoeren ook in die grotere beken en rivieren extreem hoog worden. Veel regionale keringen zijn ontworpen op 1:100 per jaar condities. De afvoeren en waterstanden van juli 2021 kwamen daar ruim boven, wat betekent dat het overlopen en doorbreken van regionale keringen waarschijnlijk is. De afstroming en afvoer is veel minder gecontroleerd dan in poldersystemen en polderboezemsystemen. Het onderscheid tussen wateroverlast en waterveiligheid is in dit soort vrij-afwaterende systemen dan ook niet meer zo duidelijk, want de waterstand kan heel plotseling snel stijgen, maar de duur van overlast is daarentegen meestal kort: systemen reageren snel.

De effecten van de neerslag verschillen van gebied tot gebied en hangen ook sterk af van de periode voor de extreme neerslag: als het voor zo'n extreme gebeurtenis ook al nat was en de bodem al verzadigd was, zullen de resulterende waterstanden en afvoeren hoger worden dan wanneer het droog was.

De schade bij een buiten zijn oever tredende beek verschilt per beek. Voor beekdalen langs regionale rivieren als Aa of Weerij, Boven Mark, De Dommel in Noord-Brabant, en de Dinkel, Berkel en andere beken in het oosten van NL worden (directe) schades van maximaal enkele tientallen miljoenen euro verwacht (Voorlopige overstromingsrisicobeoordeling, 2018). De eerste schattingen van ENW voor de wateroverlast langs de Geul, Geleenbeek en Roer waren respectievelijk zo'n 200 á 250 M€, 10 á 20 M€ en 25 á 30 M€.

De schade bij doorbraken van regionale keringen zal in de orde liggen van 25 tot 200 M€ per doorbraak. Hierbij kunnen tientallen tot honderden gebouwen schade oplopen en kunnen ook elektriciteitskastjes getroffen worden waardoor de stroom uitvalt. Indien dit lage-voltagekastjes zijn, is de uitval zeer lokaal en eenvoudig te herstellen. Als ook midden-voltagekastjes te maken krijgen met waterdieptes van meer dan 50 cm, is reparatie lastiger en duurt dit langer.

Door doorbraken van regionale keringen kunnen ook tunnels en gedeeltes van wegen en spoorlijnen uitvallen. Ook kunnen er onverwachte gevolgen optreden zoals bijvoorbeeld de vervuiling van drinkwaterwinningen of cascade-effecten door stroomuitval.

Gevolgen voor de Dinkel en Vecht

Om gevoel te krijgen voor de mogelijke gevolgen is het weersysteem van juli 2021 geprojecteerd boven het stroomgebied van de Vecht en is gekeken naar zowel de rivier de Dinkel als naar de Vecht waar de Dinkel in uitmondt.



Figuur 2.8 De Vecht

De Overijsselse Vecht is een rivier waarvan het stroomgebied deels in Duitsland ligt. De rivier wordt vooral gevoed door de Regge, de Dinkel en het afwateringskanaal Coevorden. Om de gevolgen voor de Dinkel en Vecht te bekijken is het weersysteem ingevoerd in het operationele modelinstrumentarium zoals beschikbaar in FEWS en zijn de resulterende waterstanden en afvoeren bepaald.

Bij die berekeningen bleken waterstanden en afvoeren op te treden die buiten het bereik van de modellen komen: in werkelijkheid zouden regionale waterlopen overlopen maar dit wordt in de beschikbare modellen niet goed gerepresenteerd.

Overstromingen en hun effect worden dus niet goed genoeg weergegeven door de modellen. In de berekeningen worden afvoeren in de beken gevonden met een overschrijdingskans kleiner dan 1/300 per jaar waardoor het falen van regionale keringen waarschijnlijk wordt. Hierbij kunnen delen van Gramsbergen en Hardenberg bedreigd worden. Bij doorbraak kan dit leiden tot schades van 50 tot 200 M€ (gebaseerd op gegevens van LIWO).

Ook de afvoeren op de Vecht worden extreem hoog. In de berekeningen vinden we afvoeren tussen de 360 en 660 m³/s. De afvoer waarop veel dijken gedimensioneerd zijn, de maatgevende afvoer¹¹, is 550 m³/s. Als het neerslagsysteem van juli 2021 boven de Vecht zou vallen, worden dus niet alleen regionale keringen, maar ook de primaire keringen langs de Vecht bedreigd. Dit betekent dat beslissingen genomen moeten worden over substantiële evacuatie. In het gebied liggen plaatsen als Dalfsen en Zwolle. Als de dijken langs de Vecht zouden breken kan de schade oplopen van ruim honderd miljoen (bij een doorbraak bij landelijk gebied) tot meer dan 2 miljard (ten gevolge van een doorbraak bij Zwolle) (gebaseerd op LIWO¹² gegevens).

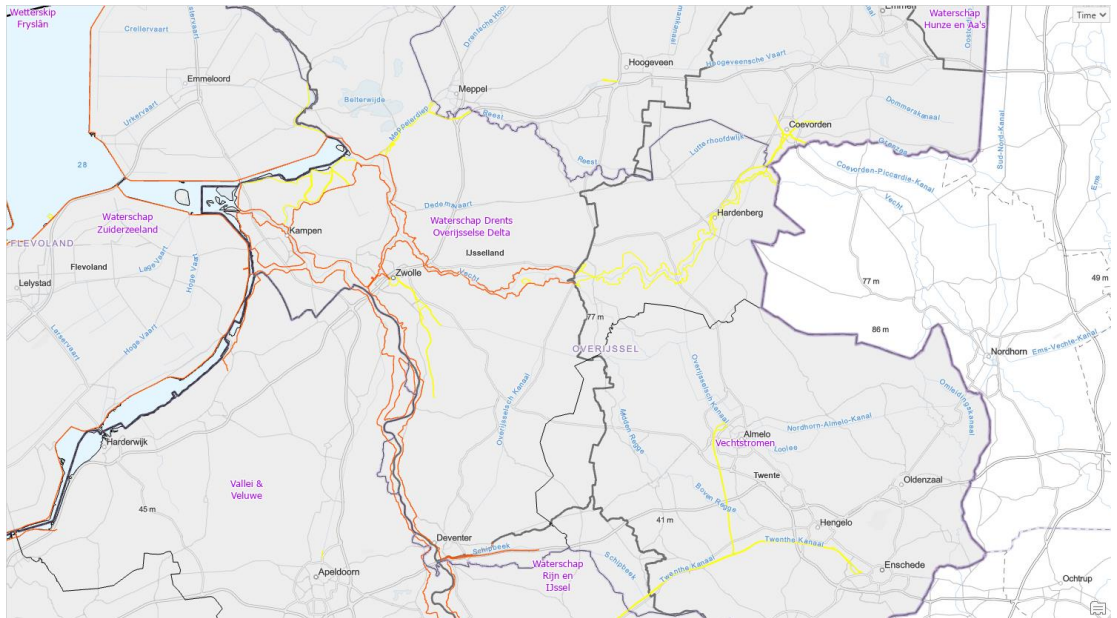
Ook voor crisisbeheersing betekent een neerslagsysteem met zo'n grote omvang een ongekende opgave: er moet met veel partijen gecoördineerd worden, de behoefte aan mensen en middelen is groot, de informatie om beslissingen te onderbouwen is niet perfect (deze gebeurtenis komt buiten het bereik van de modellen en ervaringen): de bestaande draaiboeken zijn niet toereikend.

In het Vechtstroomgebied komen bij een neerslagsysteem als deze één veiligheidsregio, 2 à 3 waterschappen, Rijkswaterstaat, een aantal gemeentes en Duitse crisisorganisaties in actie. Er vinden verschillende crises met ieder hun eigen protocollen tegelijkertijd plaats, namelijk wateroverlast door oppervlakkige afstroming, het overlopen van regionale keringen en dreigende dijkdoorbraken van primaire keringen langs de IJssel. Op meerdere locaties zal monitoring nodig zijn. Ook noodmaatregelen zullen op meerdere plekken getroffen worden en mogelijk is ook grootschalige evacuatie nodig.

Bovendien is het complexer om tijdens crisis gegevens uit te wisselen met buitenlandse organisaties dan met Nederlandse organisaties en is het Duitse systeem in Nederland minder goed bekend, waardoor ook de voorspelling van het gedrag van dat deel van het watersysteem lastiger is.

¹¹ Sinds 2017 zijn er nieuwe normen waarbij het begrip maatgevende afvoer geen duidelijke betekenis meer heeft. Echter, vrijwel alle dijken zijn nog ontworpen op de oude maatgevende afvoer geldig tot 2017.

¹² [Home | LIWO \(basisinformatie-overstromingen.nl\)](#)



Figuur 2.9 Overzicht van de waterschapsgebieden in het Vechtstroomgebied

3 Handelingsperspectief bij dergelijke neerslaggebeurtenissen

Overlast is bij dit soort zeer extreme weersystemen niet te voorkomen. Wel is het mogelijk te voorkomen dat de overlast in een ramp ontaardt door de impact te beperken en het herstel te bevorderen. Watersystemen worden zo ontworpen dat de afvoercapaciteiten en hoogwaterbescherming passend zijn bij de te verwachten gevolgen van overlast. Landelijke gebieden zullen dus vaker te maken krijgen met wateroverlast dan stedelijke gebieden, omdat daar de gevolgen meestal kleiner zijn.

Ons pleidooi is niet om watersystemen zo te ontwerpen dat ze neerslaggebeurtenissen zoals die van juli 2021 aan kunnen. Wel pleiten we ervoor om voorbereid te zijn op dit soort extreme gebeurtenissen zodat bekend is waar overlast kan ontstaan, hoe deze kan worden beperkt, en de juiste informatie tijdig te verstrekken aan bewoners en andere belanghebbenden. Door de veerkracht van het gebied en de maatschappij te vergroten, kunnen de gevolgen verkleind worden en het herstel versneld.

Voor het vergroten van de veerkracht kan gedacht worden aan de volgende typen maatregelen:

- 1 Verbeter de beschikbare informatie en communicatie:
 - Verbeter voorspellingssystemen voor waterbeheerders zodat de informatie over de bedreigde gebieden verbetert;
 - Verbeter waarschuwingssystemen en waarschuwingsprotocollen: Zorg voor adequate maatregelen met daarin duidelijke informatie en handelingsperspectief voor burgers en andere betrokkenen.
- 2 Zorg voor betere voorbereiding:
 - Actualiseer draaiboeken en protocollen en test deze in bijvoorbeeld oefeningen. Dit vergroot ook het bewustzijn van betrokken actoren. Er zijn al veel protocollen, draaiboeken, verdringingsreeksen beschikbaar die helpen bij extreem weer. Bekijk of deze ook geschikt zijn voor weersystemen met een omvang als in juli 2021 en pas ze eventueel aan of breid ze uit.
 - Bereid afstemming met andere regio's voor in geval van bovenregionale weersystemen.
 - Deel informatie over mogelijke wateroverlast met bewoners, huizenkopers, en ondernemers zodat het bewustzijn groter is.
- 3 Versnel het herstel:
 - Bereid reparaties en herstel voor van bijvoorbeeld cruciale infrastructuur bijvoorbeeld door contracten met aannemers of het in voorraad hebben van reserveonderdelen of het in beeld brengen van mogelijke gevolgen van overstromingen voordat ze optreden, zodat de cascade-effecten beperkt blijven. Of zorg dat de meest cruciale voorzieningen (zoals bijvoorbeeld midden voltage transformatorstations beter beschermd zijn, zodat de kans op grootschalige langdurige stroomuitval klein is en stroomuitval het herstel niet belemmert.
- 4 Hou rekening met wateroverlast in de ruimtelijke ordening en in ontwerp:
 - Hou de laagste delen van polders vrij zodat daar in het geval dat de neerslag de afvoercapaciteit overschrijdt water kan worden geborgen en schade wordt geminimaliseerd;

- Neem bij cruciale investeringsbeslissingen van waterinfrastructuur (vervangen natte kunstwerken), andere infrastructuur (wegen, tunnels, gemalen, riolering), ziekenhuizen en planning van woonwijken, de mogelijkheid van extreme neerslag mee;
- In overstromingsgevoelige beekdalen kunnen woningen eventueel aangepast gebouwd worden: met meer drooglegging ten opzichte van de straat zodat de wateroverlast in de woning beperkt blijft.



Figuur 3.1 Foto van de wateroverlast in Juli 2021 (Foto van Bertram de Rooij – Wageningen University & Research / Brandweer Gelderland Midden)

4 Conclusies en kennisvragen

4.1 Conclusies

De vraag in deze hackathon was: wat was er gebeurd als de neerslag van het weersysteem van juli 2021 boven de Eifel, Ardennen en Limburg elders in Nederland was gevallen?

De belangrijkste conclusies uit deze hackathon zijn:

- 1 Als dit weersysteem boven Nederland had gelegen en de neerslag daar was gevallen had het ook op grote schaal ernstige wateroverlast veroorzaakt, veel stress opgeleverd, schade veroorzaakt en in vrij-afwaterende gebieden tot gevaarlijke situaties kunnen leiden.
- 2 Vooral de grote ruimtelijke omvang van de neerslaggebeurtenis zou hebben geleid tot enorme uitdagingen voor waterbeheerders en crisismanagers: zij zouden gedurende lange tijd in een heel groot gebied, of in heel veel gebieden tegelijkertijd, vol in touw moeten zijn. Hierdoor zou geprioriteerd moeten worden zodat de beschikbare mensen en materialen op de (vermoede) juiste locaties zouden worden ingezet. Dit zou met de imperfecte informatie over de overlast heel lastig zijn geweest. Als dergelijke extreme neerslag in een gebied zo groot als half Nederland valt, zou alleen al het monitoren van kades, het plaatsen van zandzakken, het informeren van bewoners, ondernemers, en managers van cruciale en kwetsbare objecten en infrastructuur en het coördineren van alle hulpverleners, waterschapsmedewerkers, het leger en anderen een monsterklus zijn geweest.
- 3 In vrij afwaterend gebied kan de waterafvoer niet goed worden gecontroleerd, zodat kades gevaar lopen te breken. Bij de Overijsselse Vecht zagen we dat zelfs doorbraken in de primaire keringen niet zijn uit te sluiten. Dit betekent dat grootschalige evacuatie overwogen zou moeten worden in een situatie waarin lokaal mogelijk ook transportverbindingen, en nutsvoorzieningen zijn uitgevallen en waarin iedereen al heel druk in touw is.
- 4 Bij dit soort extreem weer is overlast niet te voorkomen. Wel is het mogelijk om goed voorbereid te zijn zodat de gevolgen beperkt kunnen worden en het herstel versneld kan worden.

Wij hebben daarom een aantal aanbevelingen geformuleerd en kennisvragen gedefinieerd.

4.2 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen uit dit onderzoek zijn:

- 1 Verbeter de huidige voorspellings- en monitoringsystemen om tijdig adequate info te leveren voor overzicht en om beter prioriteiten te kunnen stellen.
- 2 Ontwikkel stresstesten en voer deze uit op bovenregionale schaal met extra aandacht voor duur van de overlast, de gevolgen, eventuele cascade-effecten door uitval van essentiële voorzieningen en herstel van de schade.
- 3 Identificeer gevaarlijke gebieden: gebieden waarin onder dergelijke extreme omstandigheden de gevolgen relatief groot zijn.
- 4 Ontwikkel of actualiseer locatie-specifieke handelingsperspectieven (adaptatiemaatregelen/ draaiboeken/ protocollen) voor dit soort extreme omstandigheden.
- 5 Beperk de potentiële gevolgen van grootschalige neerslag via ruimtelijk beleid.
- 6 Evalueer de capaciteit voor crisisbeheersing (voorbereiding, respons en nafase).

- 7 Intensiveer de grensoverschrijdende uitwisseling van risico-informatie, ook voor de regionale wateren.
- 8 Werk aan het bewustzijn van burgers en organisaties.

4.3 Speerpunten en kennisvragen voor Deltares

Op basis van de hackathon zijn kennisvragen gedefinieerd, vrijwel allemaal gerelateerd aan twee hoofdonderwerpen:

- 1 De noodzaak om ook op grotere schaal en vanuit ruimtelijk samenhangende systemen te denken in plaats van alleen lokale analyses te doen. Dit geldt zowel bij stresstesten als voor risicoanalyses en crisismanagement.
- 2 Meenemen van **duur** van overlast en in gevolgbeplanning en risicoanalyse en van **herstel**vermogen in de analyse van mogelijke maatregelen die Nederland veerkrachtig maken.

Voor Deltares betekent dit inzet op drie speerpunten:

- Het verbeteren en beter verbinden van de hoogwatervoorspellingssystemen.
- Het toevoegen van wateroverlastgevaar aan de analyse in 'Op Waterbasis'.
- Het ontwikkelen van een raamwerk voor bovenregionale stresstesten waarbij (ruimtelijk) inzicht ontstaat in wat het systeem aan kan, op welke locaties overlast verwacht kan worden, de mate en duur van overlast en de mogelijke maatregelen.

Verder zijn voor onderzoek de volgende kennisvragen geïdentificeerd:

- Hoe kunnen we duur van overlast en herstel meenemen in onze risicoanalyses en strategieën?
- Hoe kunnen we dit systeemdenken vorm geven: Kunnen we een casestudie doen met systeemanalyse om gevoel te krijgen voor de duur van overlast en herstel, hoe dit meegenomen kan worden in risicoanalyses, en mogelijke maatregelen en ter illustratie van dit systeemdenken? Welke andere aanpakken en indicatoren laat dit zien en leidt het tot andere keuzes?
- Hoe kunnen voorspellings- en operationele systemen worden verbeterd om adequate informatie te leveren om beter prioriteiten te bepalen? (denk aan neerslag-afvoer, maar ook aan impact-based, timing en oppervlaktes, volgen van de situatie)?
- Kunnen we betere locatie-specifieke handelingsperspectieven bieden bij waarschuwingen?

A Overzicht van gevoeligheid van waterhuishoudkundige systemen in Nederland

Wat kan er in verschillende delen van Nederland gebeuren bij een neerslaggebeurtenis zoals die van juli 2021?

Extreme neerslaggebeurtenissen in de zomer zijn meestal lokaal van aard. Ze leiden lokaal tot wateroverlast, maar vaak zijn elders geen problemen en kan het wateroverschot gemakkelijk en binnen korte tijd worden weggewerkt. De neerslaggebeurtenis van juli 2021 trof echter een veel groter gebied, waarbij de omgeving lokale wateroverschotten in het geheel niet kon verwerken, maar er juist interacties op regionaal niveau optraden: beken en rivieren vloeiden ongelukkig samen en leidden tot een ongekend zomerhoogwater op de Maas. De vraag die voorligt is: wat zou er bij zo'n zelfde neerslaggebeurtenis kunnen gebeuren in andere delen van Nederland.

Om die vraag – in zeer voorlopige zin – te kunnen beantwoorden, is het nodig onderscheid te maken naar de waterhuishoudkundige situatie in verschillende landsdelen. En wel op regionaal niveau, met inbegrip van waar water allemaal vandaan komt en waarheen het water afstroomt dan wel moet worden weggepompt.

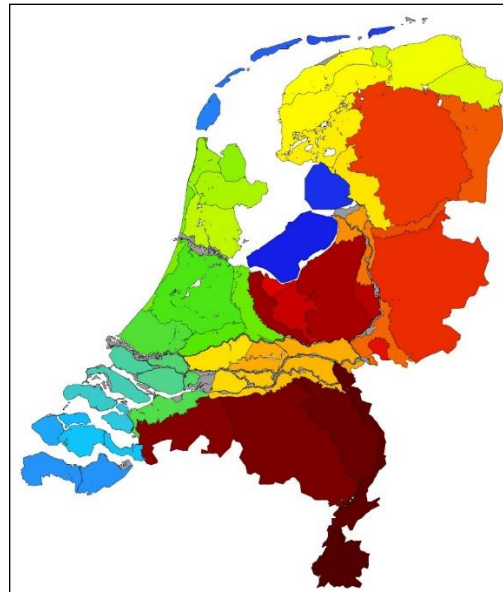
Een indeling in stroomgebieden (van internet) levert geen bruikbaar beeld (vooral KRW-gericht), daarom stellen we voor aan te sluiten bij de waterhuishoudkundige districten zoals die voor het Deltaprogramma-Zoetwater (eerste knelpuntanalyse) zijn onderscheiden (Figuur A1). Deze sluiten ook aan bij de dijkkringgebieden zoals die in het hoogwaterbeschermingsbeleid waren onderscheiden, maar dekken het hele land (helaas nog niet de relatie met het buitenland; die dient er voor dit doel nog aan te worden toegevoegd).

Deze waterhuishoudkundige districten (op grover schaalniveau waterhuishoudkundige regio's vormend) laten een hoofdstructuur zien, en wel als volgt:

- vrij-afstromend en relatief steil; niet-peilbeheerst (Zuid- en Noordoost-Limburg);
- vrij-afstromend, minder steil (Brabantse zandgronden met beekdalen, stuwwallen Midden-Nederland met Gelderse Vallei en Noordoost- en Oost-Nederland);
- vrij verval, wel peil beheerst (Centraal Rivierengebied en IJsselvallei);
- polders met weteringen en gemalen grotendeels boven NAP (Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden, West-Friesland, grote delen Friesland en Groningen);
- polders en droogmakerijen met gemalen, grotendeels onder zeeniveau met tussenliggende boezemsystemen (vooral de 'Hollanden');
- grote diepe polders (Flevopolders);
- de Waddeneilanden (relatief geïsoleerde systemen).

Om de waterhuishoudkundige interacties op regionaal schaalniveau volledig in beeld te kunnen krijgen, moet echter juist óók naar de bovenstrooms gelegen gebieden en de stroomafwaarts gelegen gebieden worden gekeken. Ter illustratie: zo krijgt de Gelderse Vallei veel water vanaf de heuvelruggen en moet het water afvloeien naar de randmeren; en zo moet water uit de Hollandse droogmakerijen via de boezemstelsels naar zee worden weggepompt.

Een ruimtelijke indeling die dergelijke interacties ook volledig dekt, kan niet worden gemaakt. Daarom past hier slechts een enigszins arbitraire deskundigenschatting, vanuit een totaaloverzicht van de waterhuishoudkundige situatie van ons land en redenerend vanuit de omvang (schaal) van de neerslagebeurtenis.



Legenda			
0 buitendijks gebied; buitendijks gebied	13 Fries-Drentse Plateau	26 Langstraat	39 Wieringermeer met Wieringen
01 Zuid Limburg	14 Overijsselse-Vechtdal	27 Land van Altena	40 Hollandse vastelandsduinen
02 Noordoost Limburg & Rijk van Nijmegen	15 Gronings-Drentse veenkolonien	28 Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	41 Kromme Rijn & Vechtplassen
03 Peelhorst	16 Rijn en IJssel	29 Wieden en Weerribben	42 Lopiker- en Krimpenerwaard
04 Midden Brabant	17 Westelijke IJsselvallei	30 Friese boezem (veengebied)	43 Rijnland & Amstelland
05 West Brabant	18 Salland	31 Midden-Friesland	44 Deilfand & Schieland
06 Utrechtse Heuvelrug & Gooi	19 IJsseldelta - Veluwerand	32 Noord-Friesland	45 Noordwest-Brabant
07 Veluwe	20 Mastenbroek	33 Noord-Groningen	46 Eiland van Dordrecht
08 Oost Veluwe	21 Ooij en Millingen	34 Oost-Groningen	47 IJsselmonde
09 Gelderse Vallei	22 Betuwe, Tieler- en Culemborgervwaarden	35 Lauwersmeer	48 Hoekse Waard
10 Eemvallei	23 Land van Maas en Waal	36 Noordhollands droogmakerijgebied	49 Voome-Putten
11 Montferland	24 Maskant	37 West Friesland	50 Goeree-Overflakkee
12 Oostelijke zandgronden	25 Bonmelerwaard	38 Kop van Noord-Holland	51 Schouwen Duiveland
			52 Tholen en St. Philipsland
			53 Zuid Beveland
			54 Noord Beveland
			55 Walcheren
			56 Zeeuwsech Vlaanderen
			57 Texel
			58 Vlieland
			59 Terschelling
			60 Ameland
			61 Schiermonnikoog
			62 Noordoostpolder
			63 Flevoland

Figuur A1 in waterhuishoudkundige districten, omgrensd en met kleurnuances onderscheiden binnen de waterhuishoudkundige regio's (kleurgroepen)

A.1 Resultaten

Een neerslagebeurtenis zoals in juli 2021 zal niet in alle onderscheiden waterhuishoudkundige districten tot meer problemen leiden dan een lokale extreme bui. Extra problemen zijn met name te verwachten daar waar regionale interacties en coïncidenties van hoogwater vanuit verschillende deelsystemen kunnen optreden. Voor dergelijk systeemgedrag relevante situaties kunnen zich voordoen in de volgende soorten gebieden:

- 1 Vrij afwaterende hoge gronden met samenvloeiende beken en riviertjes, waarbij afvoerpieken op elkaar gesuperponeerd kunnen worden en zo tot extreem hoge afvoeren kunnen leiden zoals in Zuid-Limburg, Brabant en Twente.
- 2 Hellende gebieden met afwatering onder vrij verval, waarbij de afvoer wordt beperkt door relatief gering verhang en een beperkte uitlaatcapaciteit of knelpunten onderweg naar de finale uitlaatpunten (bijv. Betuwe);
- 3 Vlakke gebieden met diepe polders en boezems, die afhankelijk zijn van gemaalcapaciteit en tijdelijk berging (bijv. Hollands Noorderkwartier);
- 4 Stedelijke gebieden binnen deze regio's.

ad 1: Vrij afwaterende hoge gronden met mogelijk coïncidentie van piekafvoeren op beken en hoogwater op het hoofwatersysteem

- In vrij afwaterende gebieden kan hevige neerslag, zoals in juli 2021 leiden tot oppervlakkige afstroming. De grootste overlast is te verwachten langs de (grotere) beken die over grote lengte zullen overstromen.
- De stroomgebieden van *de Roer en de Niers* kunnen bij hoogwater op de Maas niet gemakkelijk afvloeien, zodat een stuwkromme in de meest stroomafwaarts gelegen trajecten kan ontstaan. Ook kunnen deze beken buiten hun oevers treden waarbij overlast ontstaat.
- Voor *de Brabantse beken* geldt dat er langs deze beken overlast kan ontstaan die nog verergerd wordt bij hoogwater op de Maas (bijv. de Aa, de Dommel, de Mark) *De Brabantse kanalen* (Wilhelminakanaal, Mark-systeem) kunnen dan op grote schaal overbelast raken. Gevolgen zijn te verwachten in Veghel, Eindhoven, 's-Hertogenbosch, Tilburg en Breda.
- De *Gelderse Vallei* kan forse wateroverlast krijgen als de neerslagintensiteit de infiltratiecapaciteit van de Veluwe en Utrechtse Heuvelrug overtreft. Dan komt er veel water vanaf de heuvelruggen, via snelstromende en overlopende beken, o.a. door Barneveld. De grote toevoer van water zal leiden tot hoge waterstanden op het valleikanaal, waardoor lagere delen langs het kanaal wateroverlast kunnen ondervinden. Denk hierbij onder meer aan het Binnenveld, en lage wijken in Amersfoort, en gebieden bij Veenendaal en Leusden).

Op **de oostelijke zandgronden** kunnen zowel de omgeving van de Oude IJssel (met water vanaf het Montferland, via Doetinchem naar Doesburg) en de Achterhoek met z'n vele beken (Baakse Beek, Berkel, Schipbeek) veel wateroverlast ondervinden. Op basis van beschikbare informatie in LIWO worden overstromingen verwacht langs de Boven Slinge en Schaarsbeek, wat tot overstromingen kan leiden in Bredevoort. Lokaal ook overstromingen langs Oude IJssel. Relatief grootschalige overstromingen zijn ook te verwachten langs de Dinkel, de Buurserbeek en de Berkel. Een coïncidentie met een IJsselhoogwater is bij een gebeurtenis als in 2021 niet helemaal uit te sluiten, hoewel het Rijnstroomgebied erg groot is. In juli 2021 stond de IJssel naar zomermaatstaven immers ook relatief hoog.

In deze regio vormt **de Overijsselse Vecht**, met een stroomgebied dat in Duitsland begint en met bijdragende beken vanuit Twente (Regge en Dinkel) een bijzondere fysiografische situatie. Enschede en omgeving werden in het verleden al vaak door wateroverlast geteisterd, omdat het stroomgebied slechts flauw helt en de ondergrond tertiaire klei en andere slecht doorlatende formaties kent. De schaal van dit stroomgebied en de schaal van de neerslaggebeurtenis van juli 2021 zijn vrijwel gelijk, wat een grote kans op ongunstige hydraulische systeemwerking impliceert. De meest stroomafwaarts gelegen trajecten zijn bedijkt en lopen langs laaggelegen gebied, deels stedelijk (Zwolle), en zijn daardoor kwetsbaar.

ad 2: Hellende dijkringen met afwatering onder vrij verval

Ook enkele hellende dijkringen met afwatering onder vrij verval, met benedenstroomse beperking vragen aandacht:

- De **Betuwe** is de grootste dijkkring in het centrale rivierengebied. Deze watert vrijwel geheel (afgezien van een paar kleinere gemalen naar de rivieren) af via het **Lingesysteem**, dat is verlengd met het Kanaal van Steenenhoek om Gorkum te ontlasten en het uitlaatpunt nog wat verder naar het westen te verleggen. Als alle neerslagoverschot van de slecht doorlatende komgronden met hun geringe opslagcapaciteit via de Linge moet worden afgevoerd, is langdurige overlast te verwachten.

Ook zijn er vermoedelijk capaciteitsproblemen bij enkele nauwe doorgangen in het afvoerstelsel, bijvoorbeeld bij de sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal en bij de sluis door de Diefdijk te Asperen/Leerdam.

- Een tweede situatie van een hellende dijkkring is **het Sallandse wateringensysteem**. Dat voert water af vanaf Deventer en de Sallandse Heuvelrug(gen) naar Zwolle, waar alle water wordt geconcentreerd en door de stad naar het Zwarte Water moet. Daar is het samenvallen van een hoge afvoer met een hoogwater op de Overijsselse Vecht zeer waarschijnlijk.

ad 3: Vlakke laaggelegen gebieden met polders/ droogmakerijen en boezemsystemen

In deze gebieden leidt de hevige neerslag tot wateroverlast in de polders en hoge waterstanden op boezemsystemen, wat zal leiden tot inzet van, indien aanwezig, noodoverloopgebieden. Of de waterstand op de boezemsystemen kritiek wordt, is afhankelijk van de mogelijkheden om water af te kunnen voeren naar het hoofdwatersysteem.

In Westland mogelijk overstromingen vanuit boezem. Omvang is mede afhankelijk van wel/geen storm. Delft kan worden afgesloten van rest van boezemstelsel, maar onbekend of lokale neerslag ook snel genoeg kan worden afgevoerd of dat lagere straten toch vanuit de grachten overstromen. Verder wateroverlast bij tunnels en lager gelegen straten **Delfland en Schieland** (incl. het Westland) hadden in 1998 last van forse lokale wateroverlast. Bij een neerslaggebeurtenis zoals van juli 2021 zouden zowel de capaciteit van de boezem als van de noodbergingsgebieden weleens tekort kunnen schieten. Ook zal hydraulische isolatie, zoals van de binnenstad van Delft met schotten, mogelijk onvoldoende soelaas bieden als het zo hard regent (het lokaal gevallen water moet immers ook kunnen worden afgevoerd). En de situatie in **Stichtse Rijnlanden, Rijnland, en Amstel, Gooi en Vecht** zal vergelijkbaar zijn. Vooral het lozen op het Amsterdam-Rijnkanaal en de Oude Rijn kan problematisch worden.

Ook in **Noord-Holland** boven het IJ (Noorderkwartier), vooral het gebied met de droogmakerijen (Schermer -3,5 m NAP, Beemster, Purmer, Wormer, alle -4 m NAP), is te verwachten dat het met gemalen kunstmatig te creëren verhang van de boezems in het midden van het gebied naar de rand onvoldoende is om zoveel wateroverschot snel genoeg af te voeren (zie afgelopen zomer). Dat betekent dat er grootschalig maalstops nodig kunnen zijn om de boezemkades rond de droogmakerijen voor falen te behouden en erger (een doorbraak) te voorkomen. Ook de Zaan en het Noord-Hollandskanaal kunnen zwaar worden beproefd.

In Groningen lijkt vooral het gebied van **Oost Groningen** gevoelig voor wateroverlast. Dit gebied ligt van nature al wat lager tussen het Fries-Drents Plateau, waar bij extreme neerslag veel water vanaf komt, en het Hooge Land, waarlangs het niet weg kan. Maar het gebied ligt extra ongunstig omdat de afwatering daardoor hoofdzakelijk via het Van Starckenborghkanaal naar het oosten, naar de Dollard, en dus over grote afstand moet plaatsvinden, terwijl het ook substantiële bodemdaling kent. Hoewel in dit gebied al op grote schaal noodbergingsgebieden zijn ingericht, is het de vraag of deze voldoende zullen zijn bij een gebeurtenis zoals in juli 2021. Interactie met een hoger wordende zeestand en eventuele stormopzet verdient nadere verkenning.

ad 4: Stedelijke gebieden in deze regio's

Steden zullen bij de neerslaghoeveelheden zoals die in juli 2021 optraden altijd wateroverlast kennen, maar echt kritisch kan het worden in steden in de bovengenoemde gebieden, waar niet alleen het neerslagoverschot zelf overlast veroorzaakt, maar ook water vanuit het achterliggende stroomgebied of waar de boezem wordt overbelast.

Van de wat grotere en relatief ongunstig ten opzichte van regionale waterafvoersystemen gelegen plaatsen gaat het bijvoorbeeld om Roermond, Eindhoven, Veghel, Den Bosch, Tilburg, Breda, Oosterhout, Veenendaal, Barneveld, Leusden, Amersfoort, Doetinchem, Enschede e.o., Coevorden, Hardenberg, Zwolle, Asperen, Gorkum, Delft, Leiden, Gouda, Purmerend, Zaanstad, en Groningen. Dit zijn slechts enkele voorbeelden. Het lijstje is niet compleet.

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