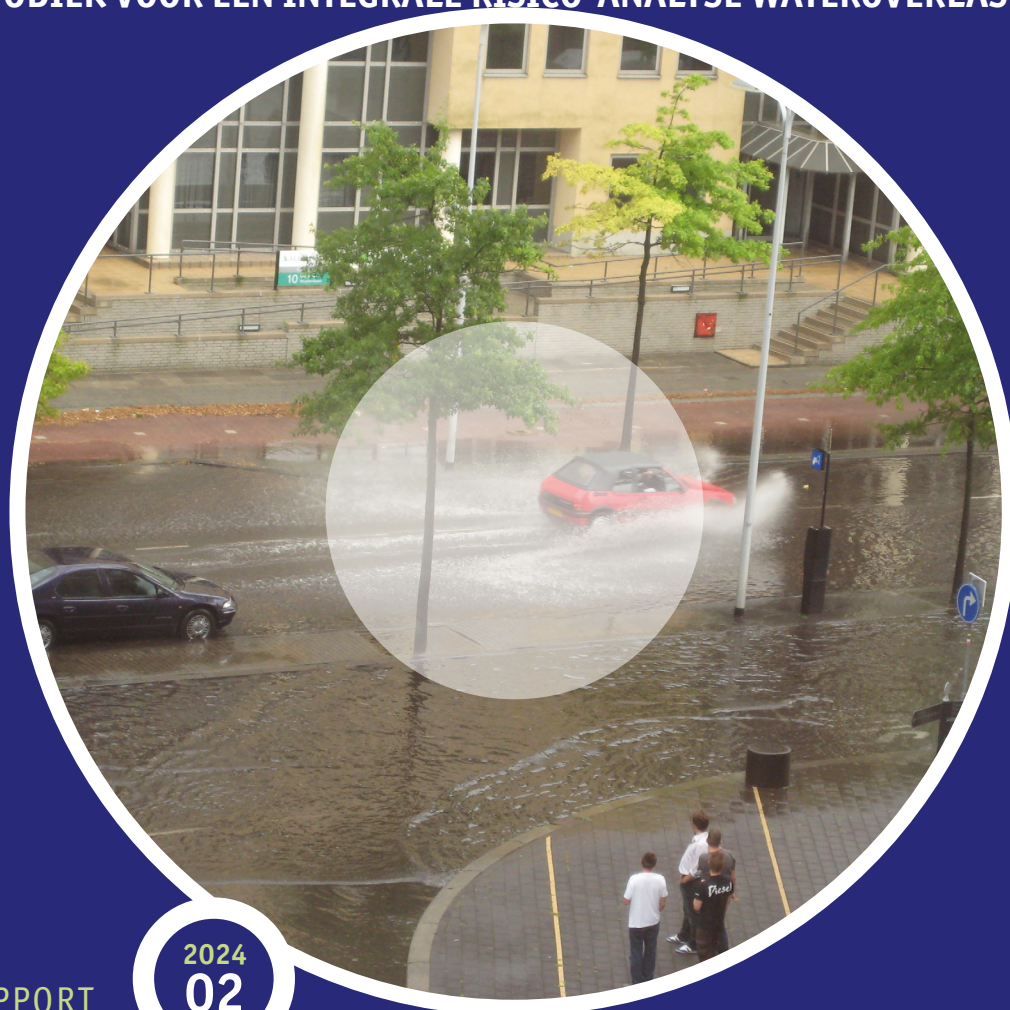


PILOTS INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST

SYNTHESE VAN DE RESULTATEN VAN VIER PILOTS GERICHT OP EEN
METHODIEK VOOR EEN INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST



RAPPORT

2024
02

PILOTS INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST
SYNTHESE VAN DE RESULTATEN VAN VIER PILOTS GERICHT OP EEN
METHODIEK VOOR EEN INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST

RAPPORT

2024

02

ISBN 978.94.6479.054.2



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Eva Nieuwenhuis (Ambient)
Gert Dekker (Ambient)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Bas van de Pas (Provincie Noord-Holland)
Frank Heijens (Waterschap Limburg)
Leontien Barends (Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard)
Maarten Poort (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Niels Bleij (Gemeente Rotterdam)
Michel Bunt (Gemeente Rotterdam)
Mark Kramer (Hoogheemraadschap van Rijnland)
Eric Gloudemans (Unie van Waterschappen)
Henk van Hemert (STOWA)
Oscar van Dam (STOWA)
Michelle Talsma (STOWA)
Bert Palsma (STOWA)

VORMGEVING Buro Vormvast
STOWA STOWA 2024-02
ISBN 978.94.6479.054.2

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

BOUWSTENEN VOOR EEN INTEGRALE RISICOBENADERING

De toepassing van een integrale risico-analyse leidt tot een ruimere blik op maatregelen dan de huidige sectorale normgerichte aanpak (beperken faalkans), en biedt meer ruimte voor gevolgbeperkende maatregelen: de inrichting van het gebied of de bescherming van specifieke objecten).

De beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater (2022) adviseerde om de normering van wateroverlast te verbreden naar een meer risicogerichte benadering. Dit geeft beter inzicht in de kans van optreden van de verschillende oorzaken van wateroverlast en de gevolgen daarvan en maakt het makkelijker om gebiedsgericht maatwerk te leveren. Ook de interactie tussen de verschillende (deel)systemen en oorzaken moeten hiervoor in beeld worden gebracht. Afgelopen jaarwisseling hebben we kunnen zien dat combinaties van opstuwing, hoge afvoeren in de grote rivieren en grote afvoeren vanuit de regionale systemen tot spannende situaties kunnen leiden. Een meer risicogerichte benadering helpt ook om belanghebbenden, zoals burgers, bedrijven en eigenaren van kritische voorzieningen meer inzicht te geven en bewust te maken van de risico's van wateroverlast.

Wateroverlast kent in de praktijk verschillende oorzaken zoals het overstromen van waterkeringen, het inunderen van sloten, hoge grondwaterstanden, regenwater op het maaiveld en het overlopen van riolen. Deze verschillende oorzaken van wateroverlast hebben ieder hun eigen veiligheid- en risicobenadering met ieder eigen ontwerprichtlijnen en normeringen. De uitdaging is om deze oorzaken en de gevolgen ervan in samenhang te bekijken.

STOWA heeft het advies van de beleidstafel voor een meer integrale benadering opgepakt met de vraag: hoe kan zo'n risicogerichte benadering er uit zien? Deze vraag is opgepakt door de uitvoering van een aantal pilots. De pilots vonden plaats bij vier verschillende waterschappen, met verschillende kenmerken en zijn begeleid door vier verschillende adviesbureaus. Voor elke pilot is een afzonderlijke rapportage opgeleverd.

In het voorliggende rapport zijn de belangrijkste resultaten gebundeld. Dit rapport geeft bouwstenen voor een methodiek voor integrale risicoanalyses.

Joost Buntsma
Directeur STOWA

DE STOWA IN HET KORT

HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt Stowa zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die Stowa beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van Stowa in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

PILOTS INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST

SYNTHESE VAN DE RESULTATEN VAN VIER PILOTS GERICHT OP EEN METHODIEK VOOR EEN INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	DE STOWA IN HET KORT	
	INHOUD	
1	VAN EEN SECTORALE NORMGERICHTE NAAR EEN INTEGRALE RISICOGERICHTE BENADERING	1
	1.1 Aanleiding en achtergrond	1
	1.2 Doelstelling	2
	1.3 Werkwijze	2
	1.4 Leeswijzer	3
2	EEN INTEGRALE RISICO-ANALYSE VOOR WATEROVERLAST	4
	2.1 Essentie van integrale risico-analyse	4
	2.2 Begrippenkader	5
	2.3 Resultaten voorgaande onderzoeken	7
	2.4 Aanbevelingen voorgaande onderzoeken	10
3	ONDERZOEK IN VIER PILOTGEBIEDEN	12
	3.1 Inleiding	12
	3.2 Polder binnen kadering 103 – Wetterskip Fryslân	12
	3.3 De Hunze – Waterschap Hunze en Aa's	13
	3.4 De Geul en Valkenburg – Waterschap Limburg	14
	3.5 IJsselmonde – Waterschap Hollandse Delta	14

4	EEN INTEGRALE BLIK OP WATEROVERLAST	16
4.1	Inleiding	16
4.2	Verschillende deelsystemen dragen bij aan de totale kans op wateroverlast	16
4.2.1	Correlatie tussen het optreden van faalmechanismen van verschillende deelsystemen	17
4.2.2	Combineren van kansen op wateroverlast van ongelijke soort	18
4.2.3	Ongelijke bijdragen deelsystemen aan de totale kans op wateroverlast	19
4.3	Verschillende faalmechanismen dragen bij aan de totale kans op wateroverlast	19
4.4	Verschillende perspectieven: het combineren van puntinformatie en systeeminformatie	21
4.5	Verschillende schaalniveaus: het gehanteerde schaalniveau is bepalend voor het schaderisico	22
4.6	Een integrale benadering raakt aan verschillende taken en verantwoordelijkheden	23
5	EEN RISICOGERICHTE BENADERING BIJ WATEROVERLAST	26
5.1	Inleiding	26
5.2	Wat is de maatgevende parameter voor schade door blootstelling wateroverlast?	27
5.3	Risicobepaling op basis van monetaire schade en / of maatschappelijke impact	28
5.4	Bijdragen van deelsystemen aan het totale risico	30
5.5	Van een geaccepteerd schaderisico per deelsysteem naar een basisbeschermingsniveau per gebied?	31
5.6	Zonering risico's van wateroverlast en overstromingen op kaart	32
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	34
6.1	Inleiding	34
6.2	Conclusies en aandachtspunten	34
6.3	Relevante elementen voor methodiekvorming integrale risico-analyse	36
6.3.1	QuickScan studiegebied om relevantie integrale aanpak te bepalen	36
6.3.2	Integrale benadering voor de gebouwde omgeving	37
6.3.3	Brede analyse faalmechanismen	37
6.3.4	Risico's uitdrukken in maatschappelijke en economische gevolgen (impact)	37
6.3.5	Combinatie object- en systeembenadering om tot doelmatige keuzes te komen	37
6.4	Aanbevelingen voor vervolgstappen	38
BIJLAGE A	HUIDIGE STELSEL NORMERING WATEROVERLAST EN OVERSTROMINGEN	40
BIJLAGE B	ONDERZOEKSVRAGEN VOOR PILOTSTUDIES	46

1

VAN EEN SECTORALE NORMGERICHTE NAAR EEN INTEGRALE RISICOGERICHTE BENADERING

1.1 AANLEIDING EN ACHTERGROND

Wateroverlast kent in de praktijk verschillende oorzaken. Een bepaalde waterdiepte op een bepaalde plaats kan veroorzaakt worden door o.a. overstromen of doorbreken van waterkeringen, het inunderen van sloten en watergangen, hoge grondwaterstanden, het afstromen van regenwater over het maaiveld en het overlopen van riolen bij hevige regenval. Deze verschillende oorzaken van wateroverlast hebben ieder hun eigen veiligheid- en risicobenadering (ontwerprichtlijnen en normeringen) en deze sluiten niet precies op elkaar aan.

Bij het perspectief van de veiligheid van een gebied of een object staat de vraag centraal ‘Welke risico’s op een bepaalde waterdiepte zijn acceptabel en wat zijn de maatschappelijke kosten van maatregelen om de risico’s te beperken?’ Om deze vraag goed te kunnen beantwoorden is een integrale en risicogerichte benadering noodzakelijk.

In het advies van de beleidstafel wateroverlast en hoogwater uit 2022¹ is een specifieke aanbeveling (4) opgenomen over een meer risicogerichte normering voor wateroverlast (zie tekstkader). De huidige sectorale, norm-gebaseerde benadering sluit daarom slecht aan bij het principe van meerlaagsveiligheid en leidt in de praktijk tot suboptimalisatie van deelsystemen.

EINDADVIES BELEIDSTAFEL WATEROVERLAST EN HOOGWATER (DECEMBER 2022):

Aanbeveling 4 - Maak de aanpak van normering wateroverlast meer risicogericht

De beleidstafel adviseert de normering wateroverlast te verbreden naar een meer risicogerichte benadering. Dit geeft beter inzicht in de gevolgen en risico’s van wateroverlast en maakt het makkelijker om gebiedsgericht maatwerk te leveren. Dit is een benadering waarbij ook naar de gevolgen en risico’s van wateroverlast wordt gekeken en beter wordt aangesloten bij het principe van meerlaagsveiligheid. De focus kan daarmee gericht worden op gebieden waar de risico’s het grootst zijn.

- Om tot deze nieuwe benadering te komen wordt de komende jaren in gezamenlijkheid een aantal verkenningen uitgevoerd, op basis van verschillende typen praktijkcases. Bij deze verkenningen naar een meer risicogerichte benadering wordt onder andere gekeken naar:
 - De werkwijze/methodiek voor zo’n risicogerichte benadering: welke elementen zijn relevant voor het bepalen van de risico’s en maatregelen (inundatie, stroomsnelheid, waterdiepte, schade, mensenlevens, gevolgbeperving etc.) en wat betekent dit voor de uitvoering van de watersysteem-analyses;
 - Hoe er invulling kan worden gegeven aan de principes van ‘water en bodem sturend’ (ruimte voor

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/12/19/eindadvies-beleidstafel-wateroverlast-en-hoogwater>

- water en de beek, functies en inrichting afgestemd op water) in relatie tot de risico's op wateroverlast;
- Hoe gebiedsgericht maatwerk kan worden geleverd op basis van lokale omstandigheden en risico's bij extreme neerslag en hoogwater. Daarbij wordt gekeken naar in welk type terrein welke benadering het beste werkt;
 - De mate waarin het mogelijk en wenselijk is om de risicogerichte benadering van wateroverlast te integreren met de beoordeling van het functioneren van de regionale keringen en de droogte-aanpak.

Na deze verkenningen wordt een besluit genomen over het invoeren van de meer risicogerichte benadering. Hiervoor wordt parallel ook een verkenning uitgevoerd naar kosten en kostendragerschap van (her-) inrichting ten behoeve van reductie van risico's rond regionale watersystemen.

Sinds 2018 is STOWA betrokken bij verkennende studies naar en de ontwikkeling van een integrale risico-analyse voor wateroverlast. De uitdaging is om de methode van integrale risico-analyse wateroverlast een stap verder te brengen en toe te werken naar een reproduceerbare en in de praktijk toepasbare methodiek. Dit sluit ook aan bij de aanbevelingen van de beleidstafel wateroverlast.

1.2 DOELSTELLING

Het doel van de pilots en het onderzoek naar een integrale risico-analyse is om voor verschillende gebiedstypen in Nederland:

- Inzicht te geven in de wijze waarop het beschermingsniveau voor wateroverlast van een beschermd belang uitgedrukt kan worden, vanuit het perspectief van een integrale risico-analyse.
- Inzicht te geven in de voor- en nadelen van de toepassing van een integrale risico-analyse.

De nadruk ligt in de pilots en het onderzoek op de methodiek en de voor- en nadelen ervan. Dat betekent dat het project niet als doel heeft om tot een concreet geaccepteerd schade-risico te komen, of tot een nieuw systeem van normering. Op basis van de inzichten in een methodiek die in dit project worden opgedaan, kan dit eventueel een vervolgstap zijn.

1.3 WERKWIJZE

Aan de hand van vier pilotgebieden heeft STOWA onderzoek gedaan naar verschillende elementen van een methodiek voor een integrale risico-analyse voor wateroverlast. Het onderzoek vond plaats in de volgende pilotgebieden:

- Polder binnen kadering 103, Wetterskip Fryslân
- De Hunze, Waterschap Hunze en Aa's
- De Geul en Valkenburg, Waterschap Limburg
- IJsselmonde, Waterschap Hollandse Delta

Voor elke pilot heeft een adviesbureau aan de hand van een set van onderzoeksvragen (zie bijlage B) onderdelen van een integrale risico-analyse toegepast. In de periode november 2022 tot en met april 2023 hebben de pilotsstudies plaatsgevonden. Hierbij was de aanpak flexibel. Elke 2 tot 3 weken vond overleg plaats met de betrokken medewerkers van het waterschap en STOWA. Hierbij werden tussenresultaten besproken en afspraken gemaakt over vervolgstappen. Ook vond een drietal brede bijeenkomsten plaats, waarin de voorlopige resultaten van de pilots tussen de waterschappen en adviesbureaus werden gedeeld.

Voor elke pilot is een afzonderlijke rapportage opgeleverd. De voorliggende rapportage beschrijft de belangrijkste overkoepelende resultaten, gericht op de methodiek van een integrale risico-analyse.

1.4 LEESWIJZER

Na dit inleidende hoofdstuk volgt hoofdstuk 2. Hoofdstuk 2 is gericht op de achtergrond van de integrale risico-analyse: Achtereenvolgens komt het concept van de integrale risico-analyse aan de orde, gevolgd door een begrippenkader en de resultaten van voorgaande onderzoeken. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens een compacte beschrijving van de pilotgebieden. Hoofdstuk 4 gaat in op het onderdeel ‘integraal’ van de integrale risico-analyse. Aan de hand van de resultaten van de verschillende pilots komen verschillende elementen aan bod gericht op de samenhang en wisselwerking tussen de verschillende deelsystemen (o.a. waterkeringen, watersysteem, riolering en inrichting maaiveld). Hoofdstuk 5 gaat vervolgens in op het onderdeel ‘risicogerichte benadering’. Ook in dit hoofdstuk komen verschillende elementen aan bod op basis van de resultaten van de verschillende pilots. In de Hoofdstukken 4 en 5 is een bewust onderscheid gemaakt tussen het onderdeel ‘integraal’ (Hoofdstuk 4) en het onderdeel ‘risico’ (Hoofdstuk 5). Om deze reden wordt in Hoofdstuk 4 ook alleen over de kans op wateroverlast gesproken – en niet over het *risico* op wateroverlast.

Na de Hoofdstukken 4 en 5 sluit Hoofdstuk 6 af met conclusies en aanbevelingen. Eerst komen de belangrijkste conclusies en aandachtspunten naar voren. Daarna staan elementen van een methodiek centraal. Deze worden gevolgd door een set van aanbevelingen over het doorontwikkelingen van de integrale risico-analyse.

2

EEN INTEGRALE RISICO-ANALYSE VOOR WATEROVERLAST

Dit hoofdstuk vat de belangrijkste aspecten van een integrale risico-analyse samen. Paragraaf 2.1 licht de essentie van een integrale risico-analyse toe. In paragraaf 2.2 hebben we een begrippenkader opgenomen. Paragraaf 2.3 vat de resultaten van voorgaande onderzoeken samen, en in paragraaf 2.4 bespreken we de aanbevelingen die hieruit volgden.

2.1 ESSENTIE VAN INTEGRALE RISICO-ANALYSE

Wateroverlast kent verschillende oorzaken. Deze oorzaken van wateroverlast hebben ieder hun eigen veiligheid- en risicobenadering (ontwerprichtlijnen en normeringen). In deze rapportage gaan we uit van onderstaande definitie voor een integrale risico-analyse:

Bij een integrale risico-analyse staat de geboden bescherming voor een gebied of functie centraal, in plaats van de specifieke eisen per deelsysteem van het watersysteem. Het perspectief verandert daarmee van het deelsysteem dat voor bescherming moet zorgen (de riolering, de inrichting van het maaiveld, de watergang, de waterkering), naar het 'beschermd belang' (gebouw, perceel of gebied).

Bij de huidige sectorale benadering wordt elk deel van het watersysteem afzonderlijk beschouwd vanuit zijn/haar eigen veiligheid- en risicobenadering. Er zijn verschillende ontwerprichtlijnen en normeringen voor de riolering, de watergangen en de regionale waterkeringen. Bijlage A geeft een overzicht van de vigerende veiligheidsbenadering voor de verschillende deelsystemen.

Bij een integrale risico-analyse daarentegen wordt het totale risico van een bepaalde waterdiepte beschouwd op een specifieke locatie/gebied veroorzaakt door een bijdrage vanuit de verschillende delen van het watersysteem en de ruimtelijke omgeving.

Door dit nieuwe perspectief ontstaan twee nieuwe vrijheidsgraden:

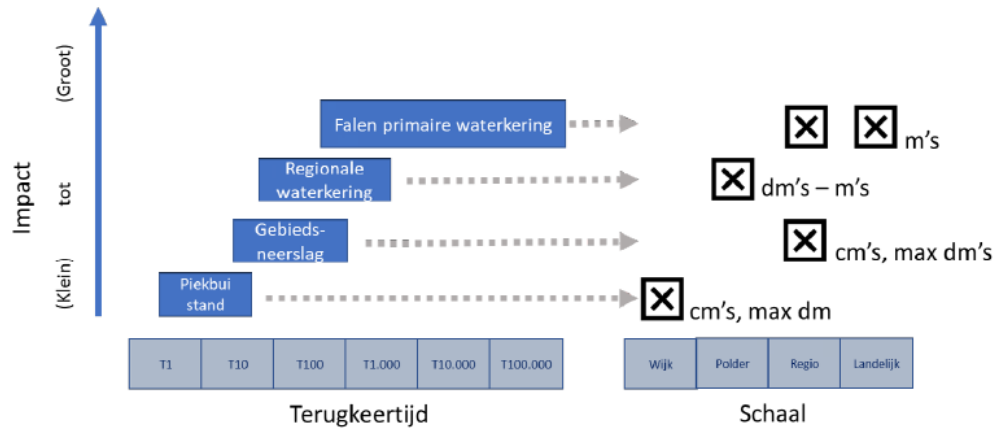
- Gevolgbeperkende maatregelen hoeven niet langer alleen aan het watersysteem gekoppeld te zijn, maar kunnen ook elders in het gebied uitgevoerd worden.
- Maatregelen gericht op een verkleinen van de kans op een bepaalde waterdiepte kunnen (in theorie) worden uitgewisseld tussen de verschillende deelsystemen.

In een eerdere studie van STOWA² is een uitgebreider overzicht gegeven van de verschillende veiligheidsbenaderingen en de wijze waarop ze op elkaar aansluiten of elkaar overlappen. In het algemeen kan worden gesteld dat als de waterdieptes en de omvang van de schade (zowel in impact in euro's als in ruimtelijke omvang en niet-materiele schade) toenemen, de eisen aan het desbetreffende watersysteem strenger zijn (zie figuur 1).

² Rapportage STOWA 2022-03: 'Integrale risico-analyse voor wateroverlast: een verkenning'

FIGUUR 1

SAMENHANG IN DE VIGERENDE NORMEN (BRON: STOWA 2022-03 INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST: EEN VERKENNING)



De veiligheidsbenaderingen (en de bijbehorende normen) zijn elk specifiek gericht op één deelsysteem, namelijk de waterkeringen, de watergangen of de riolering. Voor andere deelsystemen, zoals afstroming over het maaiveld ontbreekt een ontwerprichtlijn of norm. Deze sectorale benadering is aan de ene kant een kracht, omdat het veel duidelijkheid geeft voor de beheerder van het deelsysteem. Tegelijkertijd biedt het maar voor een deel duidelijkheid voor een perceel- of objecteigenaar. Zo is het voor inwoners en bedrijven niet van belang *waar* de wateroverlast vandaan komt (de oorzaak), maar wel welke waterdiepte ter plaatse van het eigen object/perceel kan optreden en met welke frequentie (de gevolgen). Ook is het restrisico op een specifieke locatie, het lokale risico op wateroverlast dat resteert na het treffen van maatregelen, lastig uit te drukken, aangezien de verschillende veiligheidsbenaderingen niet naadloos op elkaar aansluiten en moeilijk te vertalen zijn naar een locatie in het gebied.

Niet alleen voor het in beeld brengen van de risico's, maar ook voor het bepalen van de juiste maatregelen is een sectorale aanpak niet altijd optimaal. Steeds vaker wordt de vraag gesteld of de kosten voor vereiste ingrepen aan keringen of het watersysteem in verhouding staan tot het beschermd belang. In plaats van een sectorale benadering, waarbij elk deel van het watersysteem afzonderlijk wordt bekeken, kan een integrale risico-analyse in sommige gevallen mogelijk tot een meer doelmatige (kosteneffectieve) aanpak leiden. Zo zou men in plaats van de kans op wateroverlast te beperken door het vergroten van de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem ook voor kunnen kiezen om de schade lokaal te beperken met meer oog voor vitale en kwetsbare functies. Oplossingen hoeven in dat geval niet altijd binnen het watersysteem gezocht te worden, maar kunnen ook daarbuiten gezocht worden, zoals in de ruimtelijke inrichting.

2.2 BEGRIPPENKADER

Hieronder zijn een aantal begrippen beschreven die in deze studie gebruikt worden:

Integraal risico staat voor het product van de kans van optreden van een bepaalde waterdiepte op een bepaalde plaats en de gevolgen hiervan, waarbij integraal wordt gekeken naar de verschillende onderdelen van het watersysteem, de ruimtelijke inrichting en de crisisbeheersing.

De *kans* staat voor de verwachte frequentie van optreden, en volgt uit het functioneren van verschillende onderdelen van het watersysteem (overlast in stedelijke omgeving, overlopen

van sloten en watergangen, en overstromen of doorbreken van primaire en regionale waterkeringen).

De *gevolgen of impact* kunnen worden uitgedrukt in allerlei parameters, zoals de inundatiediepte, inundatieduur, stroomsnelheid, schade in euro's, etc. De gevolgen worden niet alleen bepaald door het ontwerp van het water(keringen)systeem, maar ook het ontwerp van de ruimtelijke omgeving. Daarnaast kan de crisisbeheersing bijdrage aan (de reductie van) de gevolgen.

Blootstelling betekent hoe lang of vaak een object of gebied in aanraking komt met een bepaalde waterdiepte. Met andere woorden: de kans op een bepaalde waterdiepte bij een object of gebied. Afhankelijk van de *kwetsbaarheid* van een gebied of gebouw is het gevolg of effect van blootstelling groter of kleiner.

Het *beschermingsniveau* is de mate waarin een gebied, object, gebouw of perceel wordt beschermd tegen wateroverlast door verschillende (deel)systemen.

Het *acceptabel risico* is een normatieve waarde die, impliciet of expliciet, wordt geaccepteerd, omdat maatregelen dan niet meer effectief zijn (de kosten wegen niet op tegen de baten/reductie van schade). Het acceptabel risico wordt ook wel een basisbeschermingsniveau genoemd.

Een acceptabel risico kan ook gebruikt worden als ontwerpcriterium voor een gebied. In dat geval dient dit als basis voor de uitwerking van eisen aan het voorkomen van wateroverlast (vanuit een deelsysteem) en de bijdragen van de ruimtelijke omgeving of crisisbeheersing.

Onder het *watersysteem* verstaan we het waterhuishoudkundige stelsel van riolering, watergangen, sloten, gemalen en waterkeringen. Veel van deze systemen zijn ontworpen aan de hand van normen, bijvoorbeeld inundatienormen met een bepaalde frequentie afhankelijk van het landgebruik of de ontwerpnormen voor regionale keringen. Soms worden aanvullende maatregelen genomen om aan deze eisen te voldoen. Zo maakt een bergingsgebied onderdeel uit van het watersysteem.

Onder de *ruimtelijke inrichting* verstaan we de inrichting van het maaiveld. Deze inrichting bepaalt in belangrijke mate de afvoer- en bergingscapaciteit van regenwater dat valt en uiteindelijk afstroomt naar de riolering en het oppervlaktewater. Het gaat hier dus o.a. om berging van regenwater buiten het oppervlaktewatersysteem, zonder dat regenwater overlast veroorzaakt in kritieke functies als woningen, bedrijfspanden etc. Het gaat hier bijvoorbeeld om de berging van extreme neerslag op straat (tussen stoepanden) of in gebieden die waterproof zijn ingericht (o.a. wadi's, waterplein).

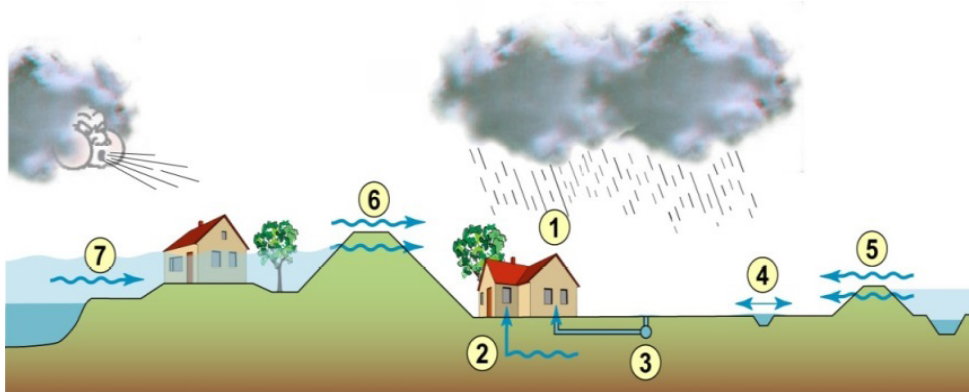
Onder *gevolgbeperking* verstaan we de maatregelen die de overheid en eigenaren en beheerders nemen om de gevolgen van het falen van een (deel)systeem te beperken. Dat kan zijn preventief (voordat falen systeem optreedt), bijvoorbeeld via het beschermen van specifieke objecten, de inrichting van de openbare en particuliere ruimte en gebouwen. Gevolgbeperking achteraf (na afloop van falen systeem) richt zich op calamiteit zorg of crisisbeheersing.

Onder *crisisbeheersingsmaatregelen* (of noodmaatregelen) verstaan we de inzet van professionals in de crisisbeheersing, die tijdens (of direct voor) een gebeurtenis maatregelen nemen.

Wateroverlast kan komen door extreme neerslag wat leidt tot verschillende vormen van

overlast (zie figuur 2). Wateroverlast kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in een waterdiepte op een specifieke locatie en de duur daarvan. Binnen dit onderzoek beschouwen we binnen de integrale aanpak wateroverlast een concentratie van water op het maaiveld (stagnatie afstromend regenwater – type 1), het overlopen van riolen door extreme neerslag (type 3), het overlopen van sloten en watergangen (type 4) en het doorbreken van regionale waterkeringen (type 5). Bij deze typen ligt de nadruk op wateroverlast die optreedt door het falen van deelsystemen door extreme neerslag (eventueel in combinatie met wind). Primaire keringen laten we buiten beschouwing, omdat hiervoor de eisen nationaal geregeld zijn en het schaalniveau en het slachtofferrisico van een overstroming bij primaire keringen veel groter is dan bij wateroverlast in de meeste andere gevallen. Ook overlast door grondwater laten we buiten beschouwing. De responstijd van grondwater op extreme neerslag is anders (langer) dan voor andere delen van het watersysteem.

FIGUUR 2 **ONDERSCHIED TUSSEN VERSCHILLENDE TYPEN WATERSCHADE. 1. WATER IN HUIS; 2. HOGE GRONDWATERSTANDEN; 3. OVERBELASTING RIOOL; 4. INUNDATIE OPPERVLAKTEWATER; 5. BEZWIJKEN REGIONALE KERING; 6. BEZWIJKEN PRIMAIRE KERING; 7. BUITENDIJKSE GEBIEDEN**



2.3 RESULTATEN VOORGAANDE ONDERZOEKEN

De afgelopen jaren zijn er verschillende studies gedaan naar de ontwikkeling van een integrale risico-analyse voor wateroverlast. Hieronder geven we een korte samenvatting van de resultaten uit vier recente studies:

- Rapportage ‘Integrale risico-analyse’ (STOWA 2020-02)
- Rapportage ‘Provinciale normering wateroverlast: hoe toekomstbestendig is de huidige aanpak en werkwijze?’ (STOWA 2021-50)
- Rapportage ‘Integrale risico-analyse voor wateroverlast: een verkenning’ (STOWA 2022-03)
- Conceptrapportages ‘veiligheidsbenadering regionale keringen’, vier pilots (concept 2021)

Over het algemeen worden er drie toepassingen gegeven voor de integrale risico-analyse:

1. *Normeren, beoordelen of toetsen*: Een integrale risico-analyse kan gebruikt worden om risico’s in beeld te brengen voor een bepaalde locatie/gebied. Wanneer het acceptabel risico (gebaseerd op schade risico maar ook op maatschappelijke impact) als ‘norm’ of ‘ontwerpcriterium’ wordt gehanteerd, kan op basis van de integrale risico-analyse een mix aan eisen worden bepaald. Deze eisen kunnen betrekking hebben op verschillende delen van het watersysteem (riolering, watergangen, waterkeringen), maar ook op de ruimtelijke omgeving en de crisisbeheersing. Dit biedt ook ruimte om rekening te houden met gebiedskenmerken. Het functioneren van het water(keringen) systeem kan vervolgens worden getoetst aan het geaccepteerde risico en de normen en/of ontwerpcriteria.
2. *Het ontwerpen van maatregelen*: In het geval van een knelpunt (wanneer niet wordt voldaan

aan het geaccepteerde risico) kan de integrale risico-analyse een handvat bieden om met een bredere scope naar oplossingen te kijken. Hierbij worden maatregelen geanalyseerd om ervoor te zorgen dat het watersysteem weer voldoet. Deze maatregelen worden ontworpen op basis van een bepaalde horizon, rekening houdend met relevante ontwikkelingen als bijvoorbeeld klimaat. Deze oplossingen kunnen zich ook buiten de onderdelen van het watersysteem bevinden, bijvoorbeeld in de ruimtelijke omgeving of de crisisbeheersing.

3. *Het faciliteren van een gebiedsproces*: Het faciliteren van een gebiedsproces om op basis van inzicht in de risico's keuzes te maken in de ruimtelijke ordening of vervangingsopgaven.

In het onderzoek '*Integrale risico-analyse*' (STOWA 2020-02) is de aandacht vooral uit gegaan naar toepassing twee, namelijk het selecteren van de meest geschikte maatregelen. Hiervoor is een uniform raamwerk uitgewerkt voor een integrale risico-analyse. Onderdeel van dit stappenplan is onder andere het uitwerken van correlaties tussen watersystemen, het in beeld brengen van de risico's en de bijdrage van verschillende maatregelen op het verlagen van het risico. Het stappenplan is vervolgens toegepast op een viertal casussen. Per casus is gekeken naar de bijdrage van verschillende vormen van wateroverlast en de gevolgen (schadekosten), welke mede bepaald worden door het ontwerp van de ruimtelijke omgeving en crisisbeheersing.

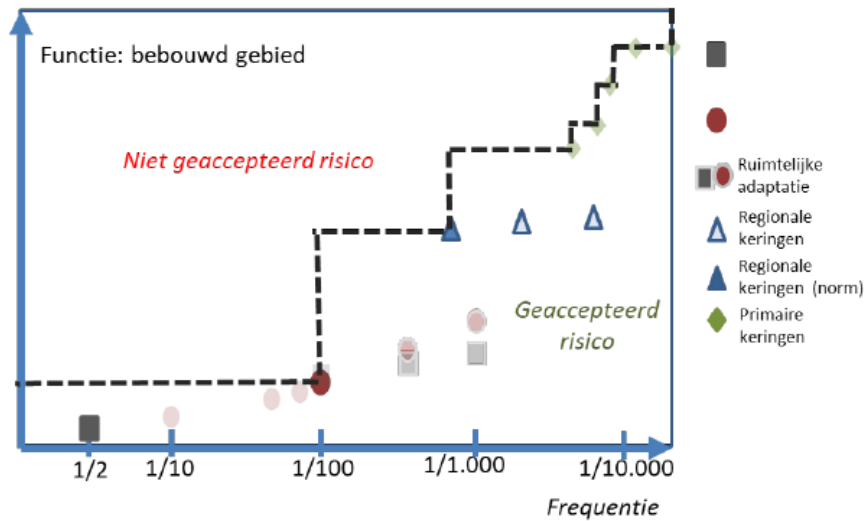
Uit dit onderzoek is gebleken dat het uitvoeren van een integrale risico-analyse technisch mogelijk is. Een integrale risico-analyse kan inzicht bieden in wat de bijdrage van verschillende onderdelen van het watersysteem is, en kan gebruikt worden om het effect van maatregelen te evalueren. Daarnaast bleek dat een integrale risico-analyse in sommige (maar niet alle) gevallen tot kostenbesparing in de uitvoeringsmaatregelen kan leiden. Aangezien investeringen integraal worden bekeken kunnen mogelijke ingrepen en oplossingen in het regionale watersysteem of aan de waterkering in verhouding tot elkaar worden beoordeeld en afgewogen. Wel vergt een integrale risico-analyse meer samenhang en samenspel tussen de verschillende overheidspartijen die de belangen in de verschillende watersystemen (RWS en waterschappen), de ruimtelijke inrichting (provincie en gemeenten) en de crisisbeheersing behartigen (veiligheidsregio).

In het onderzoek '*Integrale risico-analyse voor wateroverlast: een verkenning*' (STOWA 2022-03) is een vervolgstap gemaakt met de uitwerking van toepassing 1 en 2. Het risico op een bepaalde locatie/gebied is inzichtelijk gemaakt aan de hand van een risicoprofiel met een blootstellingseis bij verschillende frequenties (figuur 2). Dit risicoprofiel (of beschermingsniveau) kan worden afgeleid op basis van de vigerende normeringen. Een dergelijk risicoprofiel kan voor verschillende vormen van grondgebruik worden opgesteld, zoals beekdalen, grasland, akkerbouw en bebouwing.

Deze benadering geeft de geboden bescherming voor een gebied of functie weer, in plaats van de eisen per deelsysteem van het watersysteem. Tegelijkertijd is het risicoprofiel wel een directe vertaling van de normen die voor het watersysteem zijn opgesteld.

FIGUUR 3

HET RISICOPROFIEL VOOR IN DIT GEVAL HET BEBOUWDE GEBIED IS OPGEBOUWD UIT VERSCHILLENDE NORMEN: PROVINCIALE NORMERING WATEROVERLAST (1/100), REGIONALE KERINGEN (1/500) EN DE NORMEN VOOR PRIMAIRE KERINGEN. DE Y-AS STAAT VOOR DE TOENAME VAN DE OPTREDENDE WATERDIEPTE. (BRON: STOWA 2022-03 INTEGRALE RISICO-ANALYSE WATEROVERLAST: EEN VERKENNING)



Het risicoprofiel (en het geaccepteerde risico) kan ook worden aangepast (verlaagd of verhoogd), bijvoorbeeld als gevolg van een risicodialoog met de omgeving. Wanneer zich knelpunten voordoen, kunnen maatregelen zowel genomen worden in de ruimtelijke omgeving, door ander (crisis)beheer of door aanpassing in het watersysteem.

Ook het onderzoek 'Provinciale normering wateroverlast: hoe toekomstbestendig is de huidige aanpak en werkwijze?' (STOWA 2021-50) raadt aan om een integrale werkwijze verder te onderzoeken, hoewel het huidige stelsel van normeringen ook veel houvast biedt voor het dagelijks werk. Een van de redenen om een integrale werkwijze te onderzoeken is de uitlegbaarheid van het risico op wateroverlast voor belanghebbenden, aangezien dat nu onvoldoende navolgbaar is. Verder wordt bij de provinciale normering wateroverlast het uitgangspunt gehanteerd dat het watersysteem zich aanpast aan het landgebruik. Echter, mede door klimaatverandering, is het niet houdbaar om de oplossingen in de toekomst alleen binnen het watersysteem te zoeken. Daarnaast bestaat de wens voor een meer gebiedsgerichte aanpak, waarbij ook andere doelen van belang zijn, zoals het beperken van de effecten van droogte, bodemdaling en de zorg voor een goede waterkwaliteit. Dit kan om heel andere maatregelen vragen.

Ten slotte zijn in het onderzoek 'veiligheidsbenadering regionale keringen' (concept 2021) vier pilot-studies uitgevoerd met betrekking tot de veiligheidsbenadering van regionale keringen³. Voor verschillende onderwerpen zijn bouwstenen uitgewerkt. In relatie tot een integrale risico-analyse zijn de volgende bouwstenen relevant:

- Gevolgbepaling / schadebepaling: Er is onderzocht welke gevolgen optreden bij een overstroming/dijkdoorbraak. Hierbij is breder gekeken dan bij eerdere normeringsstudies. Een diverse scala aan directe als indirecte gevolgen is denkbaar, zowel in het overstromde gebied als in aanliggende gebieden en aan het watersysteem. Bovenregionale effecten, indirecte schade en schade aan het watersysteem kunnen relatief groot zijn ten opzichte van de berekende (directe) schade in het overstromde gebied zelf. Verder resulteren de beschikbare methoden voor de bepaling van de schade (het HIS-SSM en de Waterschadeschatter) in sterk uiteenlopende schadebedragen, en de verschillen kunnen leiden tot verschillende normklassen.

3 Pilots: Ommoord (HHSK), Hunze (Hunze & Aa's), Dieze Den Bosch (Aa en Maas), Kadering 103 (WF)

- **Watersysteemmaatregelen:** Er is onderzocht of en op welke wijze de inzet van systeemmaatregelen een beperkende invloed hebben op de hoeveelheid schade bij een dijkdoorbraak, en of dit kan leiden tot een andere norm voor regionale keringen. Hieruit bleek dat systeemmaatregelen (zoals het omleiden van water, inzet van extra gemaalcapaciteit, compartimenteren van boezemstelsel) weinig kansrijk zijn. Daarnaast verschilt de snelheid waarmee schade ontstaat tijdens een overstroming sterk per pilot en is dit afhankelijk van de lokale situatie wat betreft het watersysteem (aanvoer van water) en het reliëf van het overstroomde gebied. Vooral de aanwezigheid van verhoogde lijnelementen is van invloed, indien deze een compartimenterende functie kunnen vervullen. Dankzij de veelal beperkte waterdiepte is het verloop van de overstroming in het beschermde gebied wel enigszins te beheersen door permanente ingrepen of tijdelijke maatregelen, zodat de gevolgen kunnen worden beperkt.
- **Kosten-baten analyse:** Er is op basis van een MKBA (maatschappelijke kosten-baten analyse) gezocht naar de kosten-optimale norm (minimalisatie van de totale kosten). In alle pilots is een significant verschil tussen een economisch optimale toetsnorm en gangbare ontwerpnorm aangetoond. Indirecte schaden dienen niet noodzakelijkerwijs in euro's te worden uitgedrukt, bijvoorbeeld omdat (uitgangspunten bij) de schadeberekening arbitrair kunnen zijn of omdat goede kostenfuncties ontbreken. In zo'n geval lijkt een opsomming van dergelijke gevolgen (zo nodig inclusief een kwalitatieve indicatie van de impact) te volstaan om met deze gevolgen rekening te kunnen houden bij de (bestuurlijke) besluitvorming tot de normering voor regionale keringen.

2.4 AANBEVELINGEN VOORGAANDE ONDERZOEKEN

Vanuit de reeds afgeronde onderzoeken zijn verschillende aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek naar de ontwikkeling van een integrale risico-analyse. De belangrijkste aanbevelingen volgen hieronder:

Kansen, gevolgen en risico's onder dezelfde noemer brengen (STOWA, 2020-02)

De integrale risico-analyse vereist dat risico's onder dezelfde noemer worden uitgewerkt. In de huidige aanpak worden kansen en gevolgen nog verschillend geïnterpreteerd. In de integrale risico-analyse gaat het om de daadwerkelijke faalkans (de kans van optreden). Dat vergt soms nog een vertaling, waarbij rekening moet worden gehouden met vertaling van punt- naar gebiedsneerslag, overschrijdingskans naar faalkans, reststerkte, systeemwerking en beheermaatregelen. Ook voor de gevolgen is het van belang deze op een eenduidige manier uit te werken.

De kaders en uitlegbaarheid van de integrale aanpak zijn nog onvoldoende duidelijk (STOWA, 2022-03):

In het geval van een beschermingsniveau voor een gebied (bijvoorbeeld weergegeven in de vorm van een risicoprofiel) is het onduidelijk hoe deze (gebieds)normen kunnen worden vastgelegd en of deze voor een specifiek gebied of een functie gelden. Daarnaast speelt de vraag hoe omgegaan wordt met klimaatverandering (en bodemdaling), en wat wel en niet van het watersysteem verwacht kan worden (water en bodem als basis).

Meer ervaring opdoen aan de hand van casussen (STOWA, 2022-03)

Voor het opdoen van ervaring wordt aanbevolen om casussen uit te werken. Hierbij is het wenselijk om deze te koppelen aan de huidige werkwijze met aparte normeringstelsels. Casussen kunnen zich richten op nieuwe ontwikkelingen of op bestaand gebied. De eerste

stap is daarbij om inzichtelijk te maken wat de huidige status is op basis van de vigerende normering. Ervaring kan worden opgedaan met de toepassing van de integrale aanpak en de governance hoe deze te implementeren in de praktijk.

Zorg voor een uitlegbare basisbescherming (STOWA, 2021-50)

Het stelsel van provinciale normering wateroverlast is in de eerste plaats bedoeld om inwoners een basisbescherming te bieden, maar maakt onvoldoende inzichtelijk wat een inwoner op een specifieke locatie/een gebied kan verwachten qua bescherming tegen wateroverlast. In plaats van een beschouwing vanuit het deelsysteem, zou het acceptabel risico vanuit het gebied beschouwd moeten worden. Dit zorgt ook voor een betere uitlegbaarheid richting inwoners (gebied-/perceeleigenaren).

3

ONDERZOEK IN VIER PILOTGEBIEDEN

3.1 INLEIDING

De eerdere onderzoeken naar een integrale risico-analyse voor wateroverlast hebben zich tot nu toe vooral gericht op het maken van de vertaling van de vigerende normen naar een basisbescherming op gebiedsniveau en het integraal beschouwen van maatregelen die het risico op wateroverlast kunnen beperken. In al deze situaties stond het beschermingsniveau vanuit het watersysteem al vast. Er is nog niet eerder vanuit het perspectief van een locatie of gebied naar het acceptabele risico gekeken. Met dit onderzoek willen we de beschouwing nog meer vanuit het perspectief van het beschermde belang (locatie of gebied) uitvoeren.

De onderzoeksvragen die leidend waren voor de pilots zijn opgenomen in Bijlage B. Voor elke pilot is een afzonderlijke rapportage uitgewerkt. De rapportages zijn te vinden op:

[\[link naar STOWA-site\]](#).

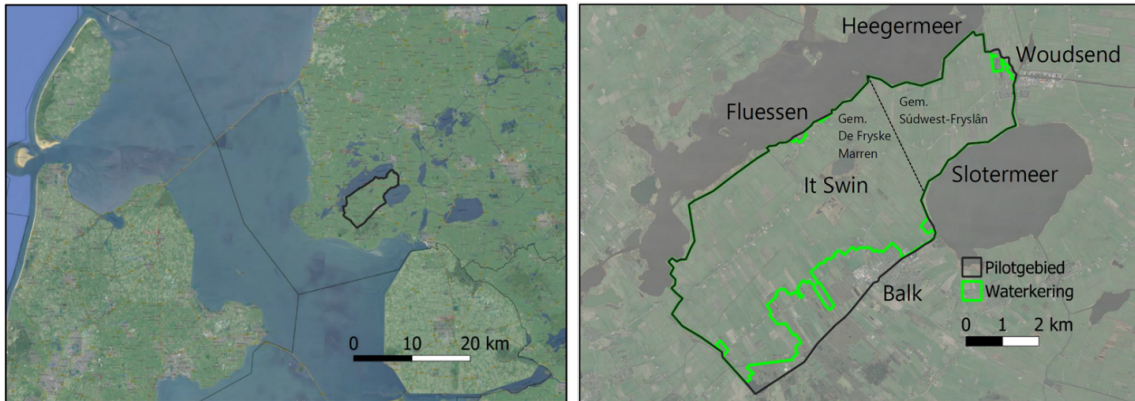
Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van de vier pilotgebieden die zijn onderzocht. Een uitgebreide beschrijving van de resultaten per pilot is opgenomen in de afzonderlijke rapportages.

3.2 POLDER BINNEN KADERING 103 – WETTERSKIP FRYSLÂN

Het pilotgebied is gesitueerd in het zuidwesten van de provincie Friesland tussen het Fluessen en het Slotermeer. Het pilotgebied valt binnen gemeenten Súdwest-Fryslân en De Fryske Marren. Het gebied is omringd door een regionale waterkering van Wetterskip Fryslân, genaamd kadering 103, met een lengte van 48,3 km. Figuur 4 toont de ligging van het pilotgebied.

Het pilotgebied ligt in landelijk gebied en bestaat uit verschillende polders: Groot Noordwolderpolder, Venenpolder, Spookhoekstervaart, Harich-Elahuizen en Yndyk. Aan de randen van het pilotgebied bevinden zich twee dorpen: Woudsend en Balk. Binnen het gebied bevinden zich nog een aantal kleinere woonkernen, landbouwgronden en een natuurgebied (It Swin). Rondom Balk en Woudsend volgt de waterkering de hoge grond, waardoor deze niet direct langs de waterlijn loopt. Het watersysteem in het pilotgebied bestaat uit: a) Het stedelijk watersysteem, inclusief de riolering, b) het regionaal watersysteem en c) de regionale keringen.

FIGUUR 4 LIGGING PILOTGBIED POLDER KADERING 103, WETTERSKIP FRYSLÂN



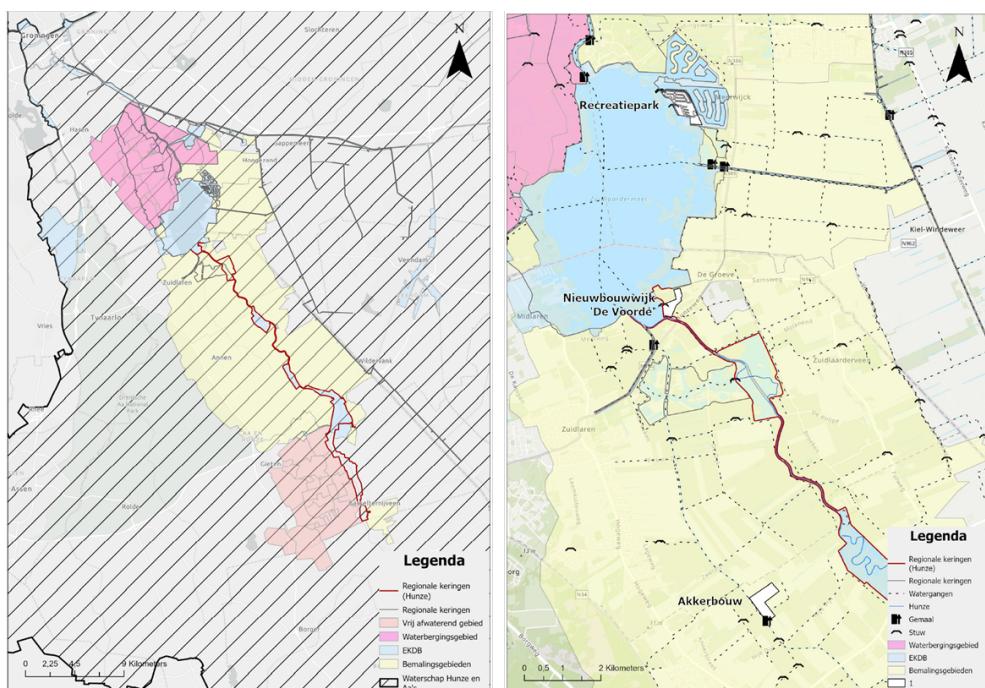
3.3 DE HUNZE – WATERSCHAP HUNZE EN AA'S

Het pilotgebied bevindt zich in de directe omgeving van de Hunze in Noord-Drenthe. Binnen het pilotgebied is er onderscheid gemaakt in de volgende gebieden:

- De Eemskanaalboezem, waar het Zuidlaardermeer onderdeel van uitmaakt. De Eemskanaalboezem verzorgt de afwatering van een groot deel van waterschap Hunze en Aa's en heeft zijn afvoerpunt bij Delfzijl. Hier vindt afwatering plaats naar het buitenwater (De Eems) door middel van spuien en in hoogwatersituaties is er mogelijkheid om te malen;
- Bergingsgebied: gebied dat wordt ingezet om water (uit de Eemskanaalboezem) te bergen;
- Bemalingsgebied: gebied waar het water op peil gehouden wordt door een gemaal dat het water uit de polder naar de Hunze/de Eemskanaalboezem pompt.
- Vrij afwaterend gebied: gebied waar het water onder vrij verval afstroomt naar de Hunze.

De ligging van het pilotgebied en de deelgebieden is weergegeven in figuur 1.

FIGUUR 5 LIGGING PILOTGBIED HUNZE, WATERSCHAP HUNZE EN AA'S

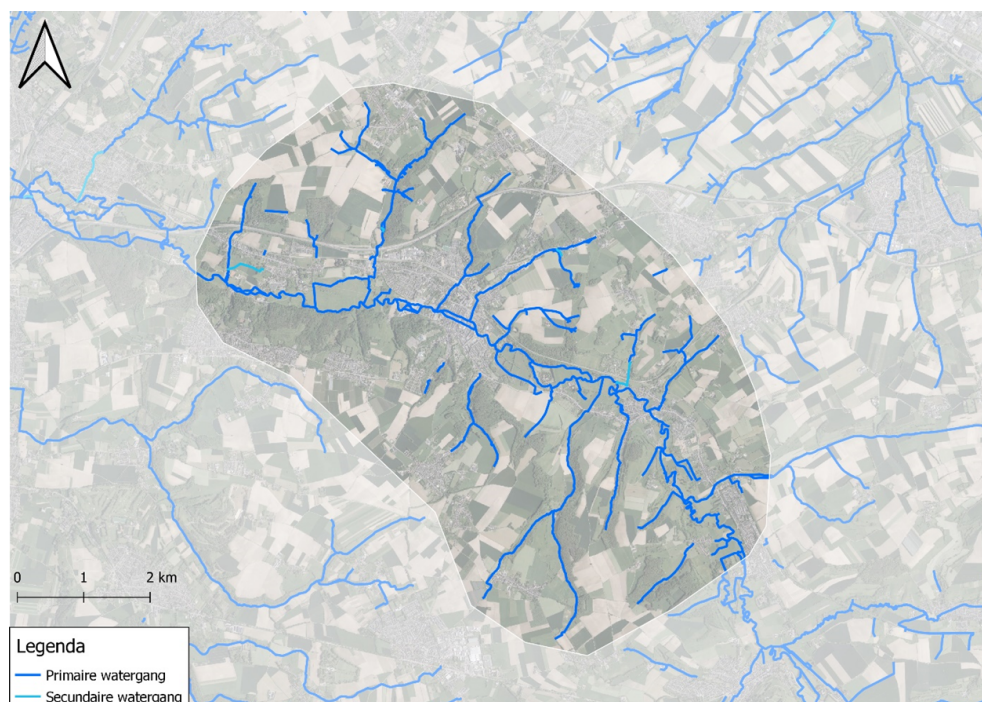


3.4 DE GEUL EN VALKENBURG – WATERSCHAP LIMBURG

Het pilotgebied bevindt zich in het Geuldal in Zuid Limburg. Het gaat om een hellend gebied rondom Valkenburg in het stroomgebied van de Geul, waarbij zowel de gebouwde omgeving als het landelijk gebied (in het Geuldal en op de omliggende hellingen) zijn beschouwd. Het gebied betreft een groter gebied dan enkel het traject Schin op Geul – Valkenburg, waarbij ook het watersysteem boven- en benedenstrooms van het traject zijn meegenomen in de studie, evenals watergangen die uitstromen in de Geul. Figuur 6 geeft overzicht van het pilotgebied.

Voor wateroverlast is sprake van verschillende ‘faalmechanismen’, te weten: afstromend regenwater over het maaiveld, overlopen van riolering, bij overbelasting door regenwater of belemmering afvoer door hoge waterstanden en inundatie vanuit het regionale watersysteem (beken). Het gebied dat kan inunderen vanuit het regionale watersysteem is daardoor beperkt tot de beekdalen en de zogenoemde “droogdalen” (laagstgelegen gebieden waar geen beek ligt, niet-permanent watervoerend, wel op legger van Waterschap aangegeven). Langs de beekdalen zijn geen regionale keringen aanwezig. De relatie met regionale keringen is daardoor afwezig. Wel zijn er hier en daar overige waterkeringen (lage kades of muurtjes) aanwezig.

FIGUUR 6 LIGGING PILOTGEBIED DE GEUL EN VALKENBURG, WATERSCHAP LIMBURG

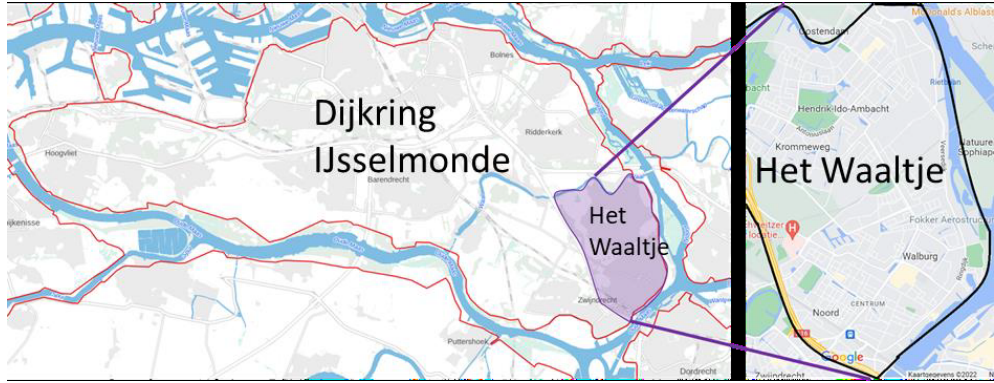


3.5 IJSSELMONDE – WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA

Het pilotgebied ligt aan de oostzijde van IJsselmonde. Het gebied wordt omringd door het Waaltje in het noorden, de A16 in het westen, de Oude Maas in het zuiden en de Noord in het oosten. Aangezien de gehele dijkkring relevant is qua overstromingsrisico's door doorbraken, is naar heel IJsselmonde gekeken (dijkkring IJsselmonde).

FIGUUR 7

LIGGING PILOTGEBIED IJSSELMONDE, WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA



Het watersysteem in het pilotgebied bestaat uit: a) Het stedelijk watersysteem, inclusief de riolering, b) het regionaal watersysteem, c) de regionale keringen en d) de primaire keringen.

4

EEN INTEGRALE BLIK OP WATEROVERLAST

4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk lichten we de belangrijkste elementen uit een *integrale* aanpak toe; dat wil zeggen, een aanpak waarbij naar wateroverlast wordt gekeken vanuit de verschillende delen van het watersysteem en verschillende faalmechanismen. Hierbij beperkt hoofdstuk 4 zich tot de totale *kans* op wateroverlast – en gaat het dus niet in op de gevolgen ervan. Uitdagingen die komen kijken bij een risicogerichte benadering, komen verder aan bod in Hoofdstuk 5.

Vragen die in Hoofdstuk 4 centraal staan, zijn: Welke lessen zijn er uit de pilots getrokken op het gebied van integraliteit? Wat is de meerwaarde om niet met een sectorale benadering naar wateroverlast te kijken maar met een integrale benadering? En welke aandachtspunten zijn er?

4.2 VERSCHILLENDE DEELSYSTEMEN DRAGEN BIJ AAN DE TOTALE KANS OP WATEROVERLAST

Om de totale kans op wateroverlast te bepalen, worden de bijdragen van elk deelsysteem gecombineerd. Net zoals bij de huidige sectorale benadering, wordt hiervoor eerst naar individuele deelsystemen gekeken. De deelsystemen die in de pilots in principe zijn beschouwd, zijn: de regionale waterkeringen, de watergangen, de riolering en inrichting van het maaiveld. Afhankelijk van het betreffende beheergebied en het lokale watersysteem in de pilots zijn er kleine verschillen: zo is in de pilot in Hollandse Delta ook gekeken naar (het effect van) primaire keringen, en is in de pilot in Limburg gekeken naar beekdalen in plaats van regionale keringen (er waren geen regionale keringen in het pilotgebied in Limburg).

Elk deelsysteem heeft een bepaalde kans op falen, en levert een bijdrage aan de totale kans op het optreden van een bepaalde kritische waterdiepte op een bepaalde plaats. Wanneer er geen correlatie zou bestaan tussen (het optreden van) ‘faalmechanismen’ van verschillende deelsystemen, dan betreft de totale kans op een bepaalde kritische waterdiepte de som van de kans per deelsysteem. In de praktijk zijn deze faalmechanismen en het optreden ervan wel gecorreleerd. Desalniettemin vormen de individuele deelsystemen en hun kans op wateroverlast het startpunt om de totale kans op wateroverlast te bepalen – net als voor de huidige sectorale benadering dus.

Bij het bepalen van deze totale kans op waterlast in de pilots, kwamen twee uitdagingen naar voren:

- Het bepalen van de correlatie tussen het optreden van faalmechanismen van verschillende deelsystemen.
- Het combineren van kansen van het optreden van wateroverlast (overstromingskansen) en kansen van overschrijden van bepaalde waterstand (overschrijdingskansen).

Deze uitdagingen lichten wij hieronder toe, en we sluiten af met een observatie over de verhouding tussen bijdragen aan de totale kans op wateroverlast per deelsysteem.

4.2.1 CORRELATIE TUSSEN HET OPTREDEN VAN FAALMECHANISMEN VAN VERSCHILLENDE DEELSYSTEMEN

In de praktijk is het optreden van faalmechanismen soms wel gecorreleerd. Het gaat dan bijvoorbeeld o.a. over de volgende situaties:

- Het optreden van lokale en kort durende piekneerslag (bijvoorbeeld T100 piekneerslag) en regionale langdurige neerslag (bijvoorbeeld T100 gebiedsneerslag). Een correlatie is o.a. afhankelijk van de schaal en duur van de neerslaggebeurtenis. Dit kan ertoe leiden dat het peil in watergangen of beken stijgt (als gevolg van beperking afvoer- en bergingscapaciteit), waardoor de afvoercapaciteit van regenwater in de gebouwde omgeving (via regenwateruitlaten of overstorten) wordt beperkt.
- Het invoeren van een maalstop om falen van regionale keringen te voorkomen: waar een maalstop de hydraulische belasting op een boezemkering kan beperken en daarmee de kans op falen van een kering verkleint, kunnen de waterstanden in polderwatergangen verhogen waardoor de kans op inundatie vanuit het regionale watersysteem wordt vergroot.

In de totale kans op wateroverlast dient voor deze correlaties gecorrigeerd te worden – hier zit ook een van de meerwaarde van een integrale benadering: dat met afhankelijkheden rekening wordt gehouden. Desalniettemin laten de resultaten van pilots zien dat het lastig is om correlaties vast te stellen en de hoogte ervan te bepalen.

Zo is er in de pilot van Fryslân voor gekozen om een bovengrens en ondergrens te bepalen voor de totale kans op wateroverlast: bij de bovengrens wordt het falen van verschillende onderdelen van het watersysteem als volledig onafhankelijk beschouwd (het totale risico wordt berekend door sommeren risicobijdragen van verschillende deelsystemen) en bij de ondergrens wordt het falen van verschillende onderdelen van het watersysteem als volledig afhankelijk beschouwd (het totale risico is gelijk aan het maximum van de hoogste risicobijdrage). In het specifieke geval van deze pilot bleken, door de dominante rol van de waterkering in het totale risico, deze boven- en ondergrens dichtbij elkaar te liggen. Dit maakt het bepalen van de correlatie tussen faalmechanismen minder relevant.

In de pilots in Hunze en Aa's en Hollandse Delta is de uitdaging om te corrigeren voor correlaties benoemd, en is er een eerste richting gegeven hoe dit gedaan zou kunnen worden – zoals met een deterministische of probabilistische aanpak in de pilot in Hollandse Delta. In de pilot in Hunze en Aa's is gebruik gemaakt van een foutenboom (zie paragraaf 4.3), wat kan helpen om correlaties in beeld te brengen. Als er vanuit een gebeurtenis event lijnen naar events in een hoger niveau van een ander deelsysteem getrokken kunnen worden, is er sprake van correlatie tussen de deelsystemen. In de pilot in Limburg is geen aandacht besteed aan correlaties.

Deze resultaten laten zien dat (de invloed van) correlaties tussen faalkansen verder uitgewerkt dienen te worden om de stap te maken van een sectorale benadering naar een integrale benadering. Een andere bevinding is dat, om tot een totale kans op wateroverlast te komen, nog steeds naar individuele deelsystemen wordt gekeken (en de correlaties tussen faalkansen daarvan). Dit betekent dat een integrale benadering nog altijd vraagt om een gedeeltelijk sectorale aanpak.

Correlaties tussen faalmechanismen in een dijktraject van een regionale kering

Ook bij de beoordeling van regionale waterkeringen speelt de correlatie tussen faalmechanismen in dijktrajecten een rol. Bij de beoordeling van een dijktraject kunnen de denkbare belastingsituaties en de verschillende faalmechanismen voor alle doorsneden faalkansen worden bepaald. Deze worden vervolgens, rekening houdend met onderlinge correlaties, gecombineerd tot een totale faalkans voor het hele tracé en vergeleken worden met de maximaal toelaatbare overstromingskans van het beschermde gebied.

4.2.2 COMBINEREN VAN KANSEN OP WATEROVERLAST VAN ONGELIJKE SOORT

Om kansen bij elkaar op te kunnen tellen om tot een totale kans op wateroverlast te komen, dient naast het corrigeren van correlaties tussen deze kansen, ook rekening te worden gehouden met vergelijkbaarheid van kansen om ze te combineren. In alle pilots zijn de vigerende normen en ontwerprichtlijnen als uitgangspunt gebruikt om tot (geaccepteerde) risico's te komen, bijvoorbeeld door terugkeertijden voor scenario's te gebruiken waarvoor systemen genormeerd zijn (bijvoorbeeld T10 en T25 en T100).

Echter, waar primaire keringen genormeerd zijn op overstromingskansen, zijn de normen voor regionale waterkeringen uitgedrukt in termen van overschrijdingskansen van de waterstand. Deze kans op een bepaalde waterstand is lager dan de kans op een dijkdoorbraak. Op dit moment is er beperkte informatie over wat de relatie is tussen deze kansen: er zijn enkel richtlijnen (Stowa 2019, Stowa 2015). Om tot een samengestelde kans op wateroverlast te komen, is in de pilots in Hollandse Delta en in Hunze en Aa's om die reden de overschrijdingskansen vertaald naar een overstromingskans voor regionale keringen op basis van deze richtlijnen (en is in de pilot in Hollandse Delta ook rekening gehouden met een beperkte peilfluctuatie en daardoor nog kleinere kans op overstroming bij een hoge waterstand). In de andere pilots is hiervoor niet gecorrigeerd of is correctie niet nodig (in Limburg zijn alleen beekdalen, geen regionale keringen). Voor de methodiekvorming van een integrale risico-analyse dient de relatie tussen kans op overschrijding van bepaalde waterstanden (bij waterkeringen) en de kans op het falen van deze waterkeringen verder uitgewerkt te worden.

Dit geldt ook voor de relatie tussen de kans op een bepaald neerslagvolume in stedelijk gebied (piekneerslag) en het optreden van wateroverlast. Op dit moment bestaan er voor het stedelijk watersysteem geen normen, maar enkel ontwerprichtlijnen: de dimensionering van de riolering gebeurt met een T2 ontwerpbui, waarbij wateroverlast ('water op straat') eens per twee jaar acceptabel wordt bevonden. De kans op water op straat (uitgedrukt als de kans op een bepaald neerslagvolume) is echter niet gelijk aan de kans op wateroverlast, omdat inrichting van de openbare ruimte zo kan worden gekozen dat water kan worden geborgen en daardoor niet tot "overlast" leidt (meerlaagsveiligheid). Om met het gebrek aan normen voor de kans op wateroverlast door piekbuien om te gaan, is in twee pilots ervoor gekozen om in de scenario's niet alleen naar een T2 ontwerpbui te kijken (vigerende ontwerprichtlijn riolering), maar ook naar buien met een hogere herhalingstijd te kijken. Zo is bijvoorbeeld de pilot in Hollandse Delta ervoor gekozen ook voor T10, T100 en T1000 buien het schade-risico te berekenen, waarbij T100 in de risicodialoog (gevoerd als onderdeel van de pilot) in principe niet meer als acceptabel werd bevonden. Dit betekent dat bij een T10 bui de inrichting van de openbare ruimte er voor moet zorgen dat water op straat niet tot wateroverlast (bijvoorbeeld water in de huizen) leidt. In de pilot in Fryslân is gekeken naar buien met een herhalingstijd van 2, 10 en 50 jaar, waarbij voor hogere scenario's ook de inrichting van het maaiveld is meegenomen. In de andere twee pilots is met een kans van optreden van

1/2 per jaar gerekend als herhalingstijd voor wateroverlast vanuit het stedelijk watersysteem ondanks dat de kans op water op straat en wateroverlast dus niet gelijk is.

De verschillende keuzes in de pilots ten aanzien van de terugkeertijd voor wateroverlast vanuit het stedelijk watersysteem laten zien dat, voor de methodiekvorming van een integrale risico-analyse, de vraag met welke herhalingstijd rekening dient te worden gehouden (en het ontbreken van normen) nader aandacht verdient. Dit kan betekenen dat het kwantificeren van de kans op wateroverlast door piekbuien (dat wil zeggen, waarbij water op straat daadwerkelijk tot overlast leidt) ook verder uitgewerkt dient te worden⁴.

4.2.3 ONGELIJKE BIJDRAGEN DEELSYSTEMEN AAN DE TOTALE KANS OP WATEROVERLAST

Tot slot sluiten we af met een observatie over de bijdragen vanuit deelsystemen aan de totale kans op wateroverlast: uit sommige pilots blijkt dat één deelsysteem een veel grotere bijdrage kan leveren aan de totale kans op wateroverlast dan andere deelsystemen. Dit was bijvoorbeeld het geval bij de regionale keringen langs de boezem in de pilotstudie in Hunze en Aa's. Een kanttekening hierbij is dat in de pilots is gekeken naar kleine, relatief homogene gebieden, waardoor het aannemelijk is dat er één dominante oorzaak is voor wateroverlast. In grotere, heterogenere gebieden is de verwachting dat dit minder vaak zo is.

Wanneer er sprake is van één dominante oorzaak, kunnen het beste maatregelen worden getroffen die zich richten op dit specifieke deelsysteem. Een integrale benadering geeft inzicht in de bijdragen van de verschillende deelsystemen aan de totale kans op wateroverlast, en kan helpen om de kans effectief te verkleinen in plaats van het koste wat kost nastreven van alle sectorale normen, die verhoudingsgewijs (te) streng kunnen zijn.

Desalniettemin betekent een ongelijke bijdrage aan de totale kans op wateroverlast vanuit individuele deelsystemen niet per definitie dat er ook een ongelijke bijdrage is aan het totale risico op wateroverlast. Zo levert in de pilot in Hollandse Delta het falen van de primaire keringen de grootste bijdrage op het jaarlijkse schaderisico (77%), terwijl de bijdrage aan de totale kans zeer klein is (met een kans van optreden van 1/1000 en 1/30.000 per jaar). Wat deze observatie (een ongelijke bijdrage van verschillende deelsystemen aan het integrale risico) betekent voor de methodiekvorming lichten we toe in hoofdstuk 5, dat zich specifiek richt op risico's.

4.3 VERSCHILLENDE FAALMECHANISMEN DRAGEN BIJ AAN DE TOTALE KANS OP WATEROVERLAST

Wateroverlast treedt op als beschermingsmechanismen falen. Per deelsysteem kunnen er verschillende faalmechanismen onderscheiden worden. In de huidige benadering wordt gekeken naar (dominante) faalmechanismen op het niveau van deelsystemen. Bijvoorbeeld het inunderen van watergangen als gevolg van neerslag. Watergangen kunnen echter ook inunderen door andere oorzaken, bijvoorbeeld als gevolg van de onderhoudstoestand (verstopping duikers) of een storing poldergemaal. Een andere benadering is daarom om binnen deelsystemen verschillende faalmechanismen te onderscheiden, zoals in de pilot in Hunze en Aa's is gedaan.

Hier is gebruik gemaakt van een foutenboom om inzichtelijk te maken welke faalmechanismen er allemaal zijn, en hoe die bijdragen aan de totale kans op een bepaalde (kritische) waterdiepte op een bepaalde plaats. Sommige van deze faalmechanismen zijn voor de hand liggende faalmechanismen, zoals een dijkdoorbraak van een boezemkering of inundatie van een beek of watergang door een hoge waterstand. Deze faalmechanismen zijn in de huidige

⁴ De stuurgroep Ruimtelijke Adaptatie is een verkenning gestart naar concretere doelen voor ruimtelijke adaptatie voor wateroverlast in o.a. de gebouwde omgeving.

situatie vastgelegd in de provinciale normering wateroverlast en de normering regionale waterkeringen. Voor inundatie geldt afhankelijk van het grondgebruik (aangevuld met een specifiek maaiveldcriterium) een maximale kans op inundatie vanuit een watergang. Voor waterkeringen geldt dat zij bestand moeten zijn tegen een maatgevende waterstand die met een bepaalde kans optreedt (zoals beschreven in paragraaf 4.2.2 is deze overschrijdingskans op een bepaalde waterstand niet gelijk aan de overstromingskans bij een kering).

Andere faalmechanismen, die een significante bijdrage kunnen leveren aan de totale kans op een bepaalde (kritische) waterdiepte wateroverlast, zitten niet expliciet in deze huidige normeringen. Voorbeelden hiervan zijn de onderhoudstoestand van watergangen, en het uitvallen van stuwen en pompen. Een foutenboom kan zulke faalmechanismen in beeld te brengen. Het zou een waardevolle toevoeging zijn om ook naar dergelijke minder voor de hand liggende faalmechanismen te kijken, omdat wateroverlast in de praktijk niet alleen optreedt door bijvoorbeeld inundatie van watergangen als gevolg van hevige neerslag, maar ook door bijvoorbeeld gebrekkig onderhoud of het uitvallen van gemalen. Het inzichtelijk maken van deze faalmechanismen en hun bijdrage aan de integrale kans op wateroverlast kan helpen om effectief op deze informatie te acteren.

Een foutenboomanalyse kan dus een element vormen in een integrale risico-analyse. In het tekstkader zetten we de voor- en nadelen van een het gebruik van een foutenboom in een integrale risico-analyse ten opzichte van een norm-gebaseerde benadering op een rij.

VOOR- EN NADELEN FOUTENBOOM ANALYSE

Voordelen:

- Allereerst draagt een foutenboom bij aan de uitlegbaarheid van faalkansen, doordat het expliciet in beeld brengt welke faalmechanisme een grote kans op wateroverlast hebben en op welke wijze deze zijn gecorreleerd.
- Daarbij kunnen ook niet voor de hand liggende faalmechanismen worden meegenomen, waarbij tevens onderscheid kan worden gemaakt in de gevolgen die verschillende faalmechanismen hebben: een dijkdoorbraak zal in de praktijk tot meer schade leiden dan een ontoereikende capaciteit van een gemaal (=risico).
- Dit betekent dat ook het belang van bepaalde objecten in het voorkomen van wateroverlast kan worden gekwantificeerd. Wanneer bepaalde objecten (zoals een bepaalde sluis) belangrijk blijken, kan hierop worden geacteerd.
- Door een foutenboomanalyse komt de rol die beheer en onderhoud speelt in de kans op wateroverlast expliciet in beeld. Dit kan inzichtelijk maken dat meer geld steken in beheer en onderhoud loont. Hierbij moet de kanttekening worden geplaatst dat, net als bij de huidige provinciale normen, andere wettelijke verplichtingen ervoor kunnen zorgen dat het watersysteem niet aan de normen voor wateroverlast voldoet. Bijvoorbeeld de verplichtingen uit de Wet Natuurbescherming, waardoor niet op elk gewenst tijdstip watergangen gemaaid of gebaggerd kunnen worden.
- Een foutenboommethodiek kan gebruikt worden om de (kosten-)effectiviteit van verschillende maatregelen tegen elkaar af te wegen. Zo kan voor ieder object bepaald worden hoe een maatregel een mechanisme in de foutenboom beïnvloedt en tot welke reductie van het risico dit leidt. Aan de hand van het economisch optimum kunnen de baten (reductie van schade) gewogen worden tegenover de benodigde investering. Ook kan op deze manier inzichtelijk worden welke maatregelen effectief zijn voor meerdere faalmechanismen.
- De foutenboom kan uitgebreid worden wanneer nieuwe faalmechanismen zich voordoen, en er kan rekening worden gehouden met ontwikkelingen in de tijd, zoals bodemdaling.
- Een foutenboom is voor een deel landelijk te standaardiseren: veel faalmechanismen zijn onafhan-

kelijk van lokale omstandigheden zoals het grondgebruik, en aan veel faalmechanismen is een vaste kans toe te kennen (bijvoorbeeld voor technische systemen zoals pompen en stuwen).

Nadelen:

- Ten opzichte van de huidige norm-gerichte benadering, is een foutenboomanalyse ingewikkelder en tijdrovender: je gaat breder kijken en hebt meer gegevens nodig (die er niet altijd zijn, of moeilijk zijn om te achterhalen).
- De meerwaarde van een foutenboommethode is in sommige gevallen beperkt: zo laat de pilot in Hunze en Aa's zien dat de faalmechanismen die ten grondslag liggen aan de huidige normeringen (bijvoorbeeld het doorbreken van een dijk of het falen van een boezemgemaal), dominant zijn voor het uiteindelijke totale risico op wateroverlast. Het gebruiken van een foutenboomanalyse heeft dan weinig meerwaarde. Voor methodiekvorming dient rekening te worden gehouden met de orde-grootte van faalkansen: faalmechanismen die orde-groottes kleiner zijn dan andere faalmechanismen zullen zeer beperkt effect hebben op het totale risico op wateroverlast. Uitzonderingen hierop zijn faalmechanismen die enorme schades tot gevolg hebben, zoals het breken van een primaire kering.
- Doordat aan alle individuele faalmechanismen een kans toegekend moet worden, is het waarschijnlijk dat de onzekerheid voor de berekende kans op wateroverlast toeneemt ten opzichte van de huidige norm-gebaseerde analyse, waarin alleen naar de meest voor de hand liggende faalmechanismen wordt gekeken. De resultaten die uit een foutenboomanalyse komen, blijven immers een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid en kennen een onzekerheid. In de pilot is niet gekeken naar de foutmarge van de berekening. Het nader onderzoeken en standaardiseren van faalkansen zou de onzekerheid kunnen verkleinen (of juist kunnen vergroten als de faalkansen sterk afhankelijk zijn van omgevingsfactoren waarvoor niet (gemakkelijk) gecorrigeerd te worden). Dit dient verder uitgezocht te worden voor de methodiekvorming van een integrale risico-analyse.
- Een ander mogelijk probleem dat zich voordoet met het standaardiseren van de foutenboommethode, is dat nieuwverworven inzichten en voordelen er weer door verloren zouden kunnen gaan. Voor het opschalen van de integrale risico-analyse en het breder uitrollen van de foutenboommethode, dient deze omwille van het beperken van tijdsinspanningen, verder uitgewerkt en gestandaardiseerd te worden. Door deze "vereenvoudiging" zouden de voordelen en inzichten die een foutenboom opleveren weer teniet kunnen doen. Om te testen of dit daadwerkelijk het geval is dient de methodiek verder uitgewerkt te worden.
- De foutenboommethode helpt wel om correlaties tussen events inzichtelijk te maken, maar niet om deze te kwantificeren.

4.4 VERSCHILLENDE PERSPECTIEVEN: HET COMBINEREN VAN PUNTINFORMATIE EN SYSTEEMINFORMATIE

De huidige veiligheidsbenaderingen en normen (of ontwerprichtlijnen in het geval van de riolering) zijn gericht op deelsystemen, waarbij het deelsysteem zorgt voor bescherming van objecten en gebieden. Bij deze systeemgerichte benadering is vooral informatie op systeem-niveau relevant, zodat de beheerder van het betreffende deelsysteem kan zorgen dat deze aan de normen voldoet. Bij een integrale risicogerichte benadering draait het niet alleen om de bescherming die het deelsysteem biedt, maar om de mate waarin gebouwen, perceel of gebieden worden beschermd (beschermd belang), en de gevolgen die er kunnen optreden bij een bepaalde waterdiepte op een bepaalde plaats (vanuit de verschillende deelsystemen).

Uit de resultaten van de pilots komt naar voren dat alleen informatie op systeemniveau niet toereikend is bij een benadering waarbij naar het integrale risico wordt gekeken. Enerzijds is voor gebouwen, percelen of vitale functies, informatie op objectniveau gewenst, anderzijds is voor gebieden informatie op systeemniveau gewenst. Dit laatste is met name het

geval wanneer de afweging dient te worden gemaakt of investeringen in een (regionale) kering nodig zijn, dus veelal voor een overheid die besluit wil nemen om gebieden te beschermen. Voor objecteigenaren geldt juist dat zij meer geïnteresseerd zullen zijn in de gevolgen van wateroverlast (de waterdiepte en frequentie van optreden) en het restrisico op een specifieke plek. Vanuit het principe van meerlaagsveiligheid is deze informatie op objectniveau ook relevant voor waterbeheerders, waarbij gevolgbeperkende maatregelen op objectniveau kunnen worden getroffen in plaats van maatregelen te treffen om de bescherming op gebiedsniveau te vergroten. Met name voor vitale en/of kwetsbare functies is deze objectinformatie relevant: vitale functies verlangen vaak een hoger beschermingsniveau dan de rest van een gebied. Het huidige normenstelsel voorziet hier op dit moment slechts beperkt of niet in.

Om hieraan tegemoet te komen en meer informatie te geven over de kans op een bepaalde waterdiepte op een bepaalde locatie, is het waterrisicoprofiel ontwikkeld (zie ook paragraaf 2.3). Hierin wordt dezelfde informatie (over overstromingen en extreme neerslag) op een andere manier ontsloten: het waterrisicoprofiel geeft weer hoe vaak een bepaalde waterdiepte kan voorkomen op een specifieke locatie. Ook in de pilots is als startpunt met een objectgerichte benadering gewerkt. Uiteindelijk bleek uit de resultaten van de pilots dat, voor een integrale risico-analyse, informatie op objectniveau en gebiedsniveau vaak het best gecombineerd moet worden.

In de pilot in Limburg bijvoorbeeld is afhankelijk van de betreffende kernwaarde voor een object- dan wel gebiedsbenadering gekozen, inclusief bijbehorende kaarten. De keuze voor punt- of systeeminformatie is hier dus afhankelijk van de functie. Wanneer een keuze dient te worden gemaakt tussen maatregelen, waarbij zowel objectgerichte als systeemgerichte maatregelen worden beschouwd, is het wenselijk om informatie naar hetzelfde (dat wil zeggen, het grootste) schaalniveau te vertalen. Sommige maatregelen zijn zeer lokaal, bijvoorbeeld het verhogen van een gebouwdrempel, maar andere hebben effect op een groter gebied. Zo verkleint het versterken en/of verhogen van een kadering of dijktraject bijvoorbeeld de kans op wateroverlast voor het gehele gebied dat door het traject wordt beschermd. De grootste schaal waarop maatregelen effectief zijn bleek vaak het kleinste gebied beschermd door (aaneengesloten) kaderingen of dijktrajecten, zoals in de pilots van Fryslân en Hunze en Aa's. In de praktijk bleek het combineren van object- en systeeminformatie een uitdaging, ondanks dat de pilotgebieden nog vrij klein en homogeen waren. De vraag is of het ook lukt om deze informatiesprong te maken met grotere en minder homogene gebieden.

4.5 VERSCHILLENDE SCHAALNIVEAUS: HET GEHANTEERDE SCHAALNIVEAU IS BEPALEND VOOR HET SCHADERISICO

Bij een integrale aanpak zullen altijd keuzes moeten worden gemaakt over systeemgrenzen waarbinnen je met een integrale bril kijkt naar oorzaken van wateroverlast, zoals in dit geval binnen de pilotgebieden. Op basis van de ervaringen uit de pilots, doen wij twee constateringten ten aanzien van de gehanteerde systeemgrenzen:

- In de praktijk vinden er ook interacties plaats met het grotere watersysteem. Deze interactie hebben wij in de pilots niet waargenomen, maar verdient wel nader onderzoek in de stap naar methodiekvorming. We geven twee voorbeelden van mogelijke interacties:
 - Er is een relatie tussen regionaal watersysteem en hoofdwatersysteem (de grote rivieren/wateren). Zo kan er niet altijd worden ingezet op maximale afvoeren, omdat je ook rekening dient te houden met de capaciteit van het ontvangende systeem (voor-

komen of het beperken van afwentelen). Deze is niet als zodanig aan bod gekomen, maar speelt bijvoorbeeld een rol in het Geuldal en de Maas.

- Bovendien kunnen maatregelen die getroffen worden in het regionale systeem in een veel groter gebied effect hebben, zoals wanneer er een bergingsgebied wordt ingericht buiten het studiegebied om de waterhoogte in de boezem te beïnvloeden, en daarmee de kans op het falen van de kering te verlagen. Dit is niet als zodanig aan bod gekomen in de pilots, maar is wel relevant voor methodiekvorming.
- Door naar een kleiner gebied (binnen het studiegebied) te kijken, kunnen andere faalmechanismen dominant zijn, dan wanneer naar het gehele gebied wordt gekeken. Met name als er binnen het studiegebied sprake is van verschil in maaiveldhoogte.
 - Zo waren er bij de pilot in Fryslân binnen het studiegebied (een gebied dat beschermd wordt door aaneengesloten regionale keringen) verschillende deelgebieden te onderscheiden waarvoor andere faalmechanismen dominant waren in de bijdrage aan het integrale risico op wateroverlast. Gekeken naar het gehele studiegebied, bleek het falen van de waterkering dominant in het integrale risico op wateroverlast, maar voor een hoger gelegen woonwijk speelt hevige regenval (lokaal afvoer- en bergings-tekort) ook een grote rol: lokaal was het absolute risico op wateroverlast hier hoger dan in andere deelgebieden binnen het studiegebied, en de relatieve bijdrage van het falen van de kering juist kleiner. Het dominante deelsysteem voor een kans op een bepaalde waterhoogte kan dus binnen het gebied verschillen (op basis van verschil in maaiveldhoogte) en kan daarmee ook de afweging voor (lokale) maatregelen beïnvloeden.

Bij het toepassen van een integrale risico-analyse vraagt de systeemafbakening om specifieke keuzes. De keuzes zijn sterk afhankelijk van het type watersysteem en gebied (en de dominante faalmechanismen). Een mogelijkheid is om de afbakening uit te werken / te standaardiseren voor verschillende gebieds-/ systeem typologieën.

4.6 EEN INTEGRALE BENADERING RAAKT AAN VERSCHILLENDE TAKEN EN VERANTWOORDELIJKHEDEN

In de huidige, sectorale benadering zijn taken en verantwoordelijkheden duidelijk verdeeld. Elk deelsysteem heeft eigen normen, en als niet aan de norm wordt voldaan, is het duidelijk wie aan de lat staat om te zorgen dat wel aan de norm (of zorgplichten) wordt voldaan.

Uit de pilots komt naar voren dat dat bij een integrale risico-analyse niet altijd zo duidelijk is, wie verantwoordelijk is voor het nemen van maatregelen om te komen tot een basisbeschermingsniveau, omdat dit afhankelijk is van verschillende deelsystemen (met verschillende verantwoordelijke partijen). Ook dienen betrokken waterpartijen samen een gezamenlijk geaccepteerd schaderisico vast te stellen, waarin niet alleen waterdiepte op een bepaalde plaats een rol speelt, maar bijvoorbeeld ook aspecten als duur van de wateroverlast en het seizoen waarin wateroverlast optreedt. Het is onvermijdelijk dat met een meer integrale benadering het te beschouwen systeem groter is dan in een sectorale benadering. Daaruit volgt het vraagstuk van onderlinge afstemming van taken en verantwoordelijkheden.

Dit vraagt om samenwerking en afspraken tussen waterbeheerder(s) en gemeenten. Deze afhankelijkheid heeft voor- en nadelen:

Voordelen:

- Je kan tot integrale maatregelen komen, dat wil zeggen, maatregelen die effectief zijn voor meerdere gebeurtenissen. Op dit moment nemen waterbeheerders vaak ingrepen in deelsystemen min of meer afzonderlijk van elkaar. Deze maatregelen zijn vaak geconcentreerd op het deelsysteem waar zij verantwoordelijk voor zijn. Simpelweg omdat zij (alleen) hier grip op hebben. Effecten van maatregelen worden daarom vaak alleen binnen het betreffende deelsysteem beschouwd. Dat kan leiden tot suboptimalisatie op de schaal van het integrale systeem in een gebied.
- Met het hanteren van een integrale benadering kunnen de effecten op alle deelsystemen worden beschouwd. Zo kan naar de oplossing met de laagst maatschappelijke kosten worden gezocht, in plaats van in te zetten op oplossingen die de laagste kosten kennen binnen de grenzen van deelsystemen, maar als geheel duurder uitkomen en slechts leiden tot optimalisatie van deelsystemen. Voorbeelden zijn oplossingen in de ruimtelijke ordening, zoals het verhogen van het vloerpeil (met name voor nieuwbouw), dat de gevolgen van wateroverlast vanuit elk deelsysteem kan beperken.

Nadelen:

- In de huidige sectorale benadering is het duidelijk wie aan zet is per deelsysteem en dus ook wie de kosten draagt. Als je oplossingen zoekt in een ander deelsysteem (Bijv. huizen ophogen om te voorkomen dat water bij inundatie van watersysteem het gebouw in loopt), is niet direct duidelijk wie er verantwoordelijk is voor het dragen van de kosten.
- Samenwerking en het maken van afspraken kan voor veel vertraging zorgen en uiteindelijk ook tot hogere kosten leiden door langdurige trajecten en compromissen. Een integrale aanpak vraagt om nieuwe samenwerkingsvormen; een van de deelnemers noemde de onderlinge afhankelijkheid en noodzaak tot afstemming daarom 'een drama qua governance'.

SAMENWERKEN EN ONDERLINGE AFHANKELIJKHEID IN DE WATERSECTOR

Een integrale risico-analyse is niet uniek als het gaat om een aanpak van het optimaliseren tussen deelsystemen en gescheiden verantwoordelijkheden. Ook bij het samenwerken in de afvalwaterketen en het werken volgens een meerlaagsveiligheidsbenadering speelt deze uitdaging.

Gemeenten en waterschappen proberen samen te werken in het beheer van de afvalwaterketen als ware er sprake van één systeem en één verantwoordelijke partij. Gemeenten zijn verantwoordelijk voor het verzamelen en transporteren van afvalwater, terwijl het waterschap verantwoordelijk is voor de zuivering van het afvalwater. Op basis van afvalwaterakkoorden en optimalisatiestudies zijn afspraken gemaakt over afname van afvalwater en investeringen in het systeem. Het proces van samen werken aan de (afval) waterketen is ondersteunt via landelijke en regionale bestuursakkoorden.

Waterbeheerders, gemeenten en veiligheidsregio's hebben ieder een andere rol in het concept van meerlaagsveiligheid. Tot voor kort waren de wereld van preventie via systeemmaatregelen (laag 1), gevolgbeperking via ruimtelijke inrichting (laag 2) en gevolgbeperking via crises-/calamiteitenaanpak aparte werelden, waarin waterbeheerders, gemeenten en veiligheidsregio's ieder een eigen verantwoordelijkheid hebben. Het wel of niet uitvoeren van investeringen in preventie beïnvloedt de noodzaak en omvang van maatregelen in laag 2. En dat beïnvloedt op zijn buurt weer de noodzaak en omvang van maatregelen in laag 3. De

grootschalige wateroverlast in Limburg maakte duidelijk dat het toepassen van het concept van meerlaagsveiligheid noodzakelijk is en een goede afstemming tussen maatregelen in de verschillende lagen een voorwaarde is. Ondanks dat een dergelijke integrale aanpak ook nadelen kent, is het de vraag of het blijven vasthouden aan sectorale aanpak nog houdbaar is in de huidige context:

- Het systeem staat onder toenemende druk van klimaatverandering en ruimtelijke ontwikkeling, waarbij het integraal functioneren en samenhang belangrijker wordt. Optimalisatie van deelsystemen volstaat steeds minder vaak om tot doelmatige oplossingen te komen (afhankelijk van de kenmerken van het gebied);
- Bij integrale benadering neemt de omvang en reikwijdte van het te beschouwen systeem toe (t.o.v. deelsystemen). Het onvermijdelijke gevolg hiervan is dat door de combinatie van deelsystemen sprake is van een combinatie van verantwoordelijkheden.

5

EEN RISICOGERICHTE BENADERING BIJ WATEROVERLAST

5.1 INLEIDING

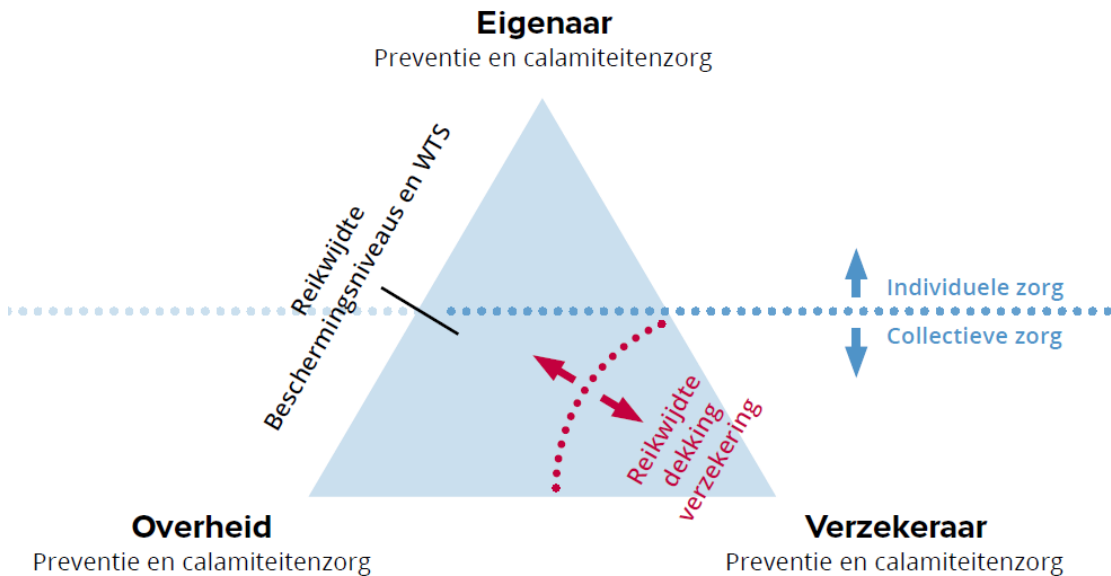
In dit hoofdstuk belichten we de uitdagingen die komen kijken bij een risicogerichte benadering bij wateroverlast. De ervaringen uit de pilots hebben we samengevat in vijf uitdagingen, die hieronder elk in een paragraaf zullen worden toegelicht. Paragraaf 5.2, 5.3 en 5.4 richten zich hierbij met name op het afleiden van het risico op wateroverlast. Paragraaf 5.5 richt zich op de vertaling van de risico's per deelsysteem naar een beschermingsniveau op gebiedsniveau, en Paragraaf 5.6 op de ruimtelijke vertaling naar kaartbeelden.

BALANS TUSSEN INDIVIDUELE ZORG EN COLLECTIEVE ZORG

De verantwoordelijkheidsverdeling en het handelingsperspectief bij risico's van wateroverlast is in beginsel een vraagstuk over de balans tussen individuele versus een collectieve zorg van het totale risico. Dat geldt in de Nederlandse maatschappij voor vrijwel elk type risico en ook voor overstromingen en wateroverlast. De bescherming tegen wateroverlast en overstromingen is in beginsel een individueel risico (en individuele zorg) van een object en perceel eigenaar, dat in de afgelopen eeuwen grotendeels een collectieve zorg is geworden met een duidelijke rol voor de overheid. Een overheid die dijken aanlegt en het watersysteem beheert om de kans op schade te verkleinen en daarmee het totale (maatschappelijke) risico kleiner maakt. Een overheid die calamiteitenplannen maakt om de gevolgen te beperken. Met de collectieve zorg is het risico van een individuele eigenaar verkleind.

Een belangrijk element in een risicodialoog over wateroverlast is om in een gebiedsproces de grens tussen individuele zorg en collectieve zorg met elkaar vast te stellen; als overheden samen met inwoners, bedrijven en gebiedspartners. Op het moment dat de fysieke situatie en het functioneren van systemen nog niet voldoet aan de grens van de collectieve zorg, dan neemt de overheid maatregelen om het systeem te verbeteren (o.a. investeringen in waterkeringen, de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem, regenwatervoorzieningen in de gebouwde omgeving en investeringen aan de riolering). Hiermee wordt duidelijk wat inwoners, bedrijven en maatschappelijke organisaties van de overheid kunnen verwachten bij de verschillende risico's van extreem weer en welke (rest)risico's zij zelf lopen. Figuur 8 illustreert het perspectief van individuele en collectieve zorg en de rol van eigenaren van gebouwen, objecten en percelen, de overheid en verzekeraars bij wateroverlast en overstromingen.

FIGUUR 8 ILLUSTRATIE VERANTWOORDELIJKHEIDSVERDELING RISICO'S VAN EXTREEM WEER

*Individuele zorg:*

Eigenaren van terreinen, percelen, infrastructuur en gebouwen. Dit kunnen particuliere eigenaren zijn, zoals inwoners, bedrijven en maatschappelijke organisatie. Het kan hier echter ook gaan om de overheid zelf, bijvoorbeeld in het geval van collectieve goederen, zoals de openbare ruimte, infrastructuur en/of overheidsgebouwen.

Collectieve zorg:

Publiek: door de overheid die zorgt voor collectieve bescherming tegen risico's en investeert in zowel het verkleinen van de kans op schade (preventie), het beperken van de schade (gevolgbeperking en calamiteitszorg) als in beperkte gevallen schadeloosstelling;

Privaat: door verzekeraars die uitkeren bij schade van inwoners, bedrijven en maatschappelijk organisaties.

5.2 WAT IS DE MAATGEVENDE PARAMETER VOOR SCHADE DOOR BLOOTSTELLING WATEROVERLAST?

De schade die kan ontstaan bij wateroverlast is afhankelijk van verschillende factoren. Vanuit het perspectief van het beschermd belang gaat het bij blootstelling aan water om aspecten als landgebruik, seizoenen en de fysische kenmerken van gebouwen en objecten. Bij blootstelling gaat het om aspecten als waterdiepte, stroomsnelheid en duur (op een bepaalde plaats). Welk aspect van blootstelling maatgevend is in een bepaalde situatie, hangt dan weer af van het beschermd belang.

Voor akkerbouw en schade aan agrarische gewassen is de duur van water op het land en het seizoen, waarin het optreedt maatgevend. Voor schade aan gebouwen en inboedel is waterdiepte maatgevend. Voor poldersystemen is de waterdiepte en duur bovendien gecorreleerd en in de praktijk afhankelijk van de capaciteit van de poldergemalen.

In de pilots zijn verschillende aspecten gehanteerd voor het uitdrukken van de blootstelling. In de pilot IJsselmonde is als maatgevende parameter de waterdiepte gebruikt. Dat geldt ook voor de pilot de Hunze en in het Geuldal, waarbij voor de schade aan landbouw gewassen het uitgangspunt is gehanteerd dat de wateroverlast in juni plaatsvindt (maximaal veron-

derstelde schade). In Fryslân is de waterdiepte als maatgevende parameter gebruikt en is gekeken naar een situatie in januari en juni. Gezien het overwegend landgebruik (grasland) bleek het onderscheid t.o.v. het de totale schade binnen het gehele studiegebied beperkt.

Uit de pilots komt naar voren dat het methodisch de voorkeur heeft om uit te gaan van één maatgevende parameter, zodat op basis daarvan eenduidig de (economische) schade van wateroverlast kan worden bepaald. Voor de verdere doorontwikkeling van de methodiek van een integrale risico-analyse kan het behulpzaam zijn om voor de belangrijkste vormen van landgebruik en vitale & kwetsbare functies te standaardiseren wat een maatgevende parameter is voor de schade van wateroverlast.

5.3 RISICOBEPALING OP BASIS VAN MONETAIRE SCHADE EN/OF MAATSCHAPPELIJKE IMPACT

Het risico is in de pilots gedefinieerd als het product van de kans op wateroverlast en de gevolgen die daarbij optreden. De resultaten uit de pilots laten zien dat een van de grootste uitdagingen ligt in de stap om van blootstelling (de kans op een bepaalde waterdiepte/duur op een bepaalde plaats) tot risico (kans maal gevolg) te komen. De vraag is hoe het ‘gevolg of de impact’ op een objectieve en navolgbare wijze kan worden uitgedrukt.

De resultaten laten zien dat de blootstelling min of meer objectief in beeld kan worden gebracht met behulp van (bestaande) hydraulische modellen, kaarten en een watterrisico-profiel. Hydraulische modellen kennen onzekerheden en gaan uit van aannames, maar dat is in de huidige sectorale normgerichte werkwijze ook het geval. Dit is dus niet direct onderscheidend voor de integrale risico-analyse. In de pilots zaten echter wel grote verschillen in de benadering van gevolgen van blootstelling/wateroverlast. Grofweg kan het onderscheid worden gemaakt tussen een monetaire benadering, waarin financiële en economische schade centraal staat en een benadering waarin ook maatschappelijke waarden zijn meegenomen. Hieronder lichten we beide benaderingen en hun kansen en beperkingen toe.

Een monetaire of economische benadering

In een monetaire benadering wordt de schade uitgedrukt in geld. Deze benadering wordt toegepast in bijvoorbeeld een MKBA, waarbij de kosten en baten van maatregelen tegen elkaar worden afgezet. De (monetaire) schade door wateroverlast is in de pilots afgeleid met behulp van de Waterschadeschatter (WSS) en Schade en Slachtoffer Module (SSM).

In de pilots van de Hunze en Fryslân stond de monetaire benadering centraal, en is er niet naar andere vormen van schade gekeken. Voor de pilot IJsselmonde geldt dat de uitkomsten van de WSS zijn geverifieerd bij de gemeente en daarna zijn bijgesteld (i.v.m. overschatting schadebedragen).

De instrumenten WSS en SSM zijn primair gericht op de monetaire / economische schade (en slachtoffers), en slechts beperkt op maatschappelijke waarden.

Voor de verdere ontwikkeling van een risicogerichte benadering en een integrale risico-analyse is het van belang dat de WSS en SSM worden doorontwikkeld en geverifieerd aan daadwerkelijk opgetreden situaties, waarbij schade door wateroverlast is opgetreden.

Benadering waarin maatschappelijke waarden centraal staan

Een ander perspectief dan monetaire en economische schade is maatschappelijke impact of schade. Het kan hier gaan om ongewenste maatschappelijke gevolgen, zoals bijvoorbeeld een gevoel van onveiligheid. In de pilot in het Geuldal is naast de economische waarde, ook

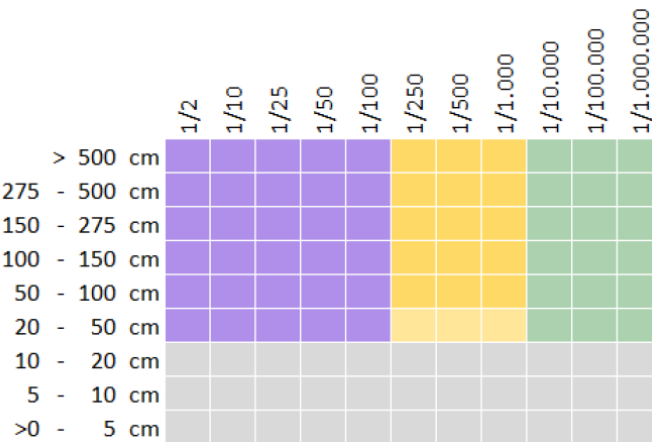
de sociale en ecologische waarde ('maatschappelijk impact') meegenomen in de schadebepaling. Aan de hand van een risicomatrix zijn monetaire schade en maatschappelijke impact gecombineerd en zijn risicoklassen afgeleid (zie figuur 9).

FIGUUR 9 ILLUSTRATIE RISICOMATRIX MET MAATSCHAPPELIJKE IMPACT, PILOT GEULDAL LIMBURG

Impact-klasse	Wonen, bedrijf & handel en maatschappelijke voorzieningen (niet kwetsbaar)	Kernwaarden			
		Landbouw	Natuur & Groen	Maatschappelijke voorzieningen (kwetsbaar)	Bereikbaarheid
	Aantal panden met bepaalde impactklasse binnen bepaald gebied	Inundatie van landbouwgebieden binnen bepaald gebied	Inundatie van natuur & groen binnen bepaald gebied	Aantal geraakte maatschappelijke voorzieningen (zelfredzaam en niet zelfredzaam) en/of nutsvoorzieningen binnen bepaald gebied	Bereikbaarheid van rijks- en provinciale wegen voor aantal woningen binnen bepaald gebied
5	> 25 objecten met impact 3 of 4.	Waterdiepte > 5 cm Inundatieduur > 48 uur Omvang inundatie > 50 ha		1 niet zelfredzaam en/of meer dan 3 zelfredzaam geraakt	
4	> 10 objecten met impact 3 of 4.	Waterdiepte > 5 cm Inundatieduur > 48 uur Omvang inundatie = 40 - 50 ha		meer dan 1 kwetsbaar en zelfredzaam geraakt	100 panden langer dan 8 uur onbereikbaar
3	> 10 objecten met impact 2 of hoger.	Waterdiepte > 5 cm Inundatieduur = 24 - 48 uur Omvang inundatie = 30 - 40 ha	Waterdiepte > 30 cm Omvang inundatie ≥ 25 ha	1 kwetsbaar en zelfredzaam geraakt en/of meer dan 5 nuts geraakt	50 panden langer dan 8 uur onbereikbaar
2	> 5 objecten met impact 2 of > 2 objecten 3 of hoger.	Waterdiepte > 5 cm Inundatieduur = 12 - 24 uur Omvang inundatie = 20 - 30 ha	Waterdiepte > 20 cm Omvang inundatie ≥ 25 ha	5 nuts geraakt	25 panden langer dan 8 uur onbereikbaar
1	> 5 objecten met impact 1 of hoger.	Waterdiepte > 5 cm Inundatieduur < 12 uur Omvang inundatie = 10 - 20 ha	Waterdiepte > 10 cm Omvang inundatie ≥ 25 ha	1 nuts geraakt	Alle panden nooit langer dan 4 uur onbereikbaar

In de benadering van de pilot IJsselmonde is een classificatie aangebracht in de blootstellingsdiagrammen voor nieuwbouwsituaties. Hierbij staan de kleurtjes voor de mate van aanpasbaarheid (en de kosten ervan).

FIGUUR 10 ILLUSTRATIE WATERRISICODIAGRAM MET BLOOTSTELLINGSEISEN VOOR NIEUWBOUW, PILOT IJSSELMONDE (GRIJS = VEREISTE VLOERPEIL VAN 20 CM BOVEN MAAIVELD. BIJ DEZE WATERSTAND MAG GEEN WATEROVERLAST BIJ GEBOUWEN OPTREDEN. PAARS = NEE, TENZIJ - ANDERS BOUWEN. GEEL = MAATREGELEN OVERWEGEN EN GROEN = GEEN EXTRA OPGAVE - RISICO ACCEPTEREN)



Op basis van de ervaringen in de pilots doen we aantal observaties die relevant zijn voor methodiekvorming. Om te beginnen blijkt het moeilijk om maatschappelijke waarde te kwantificeren. Hiervoor is altijd een (bestuurlijke) risicodialoog nodig. In de pilots is deze risicodialoog slechts ambtelijk en in beperkte kring gevoerd en zijn aannames gedaan. Voor de uitwerking van de methodiek van een integrale risico-analyse kan het behulpzaam zijn om een min of meer standaard risicomatrix uit te werken, waarin verschillende aspecten van monetaire en maatschappelijke schade zijn opgenomen en navolgbare klassen zijn gedefinieerd.

Wat in de huidige verantwoordelijkheid verdeling moeilijker te standaardiseren is, is het vaststellen van de mate van acceptatie van wateroverlast bij bepaalde functies (in aanvulling op bestaande sectorale normen). Dit is een beleidskeuze die sterk raakt aan de verantwoordelijkheidsverdeling tussen Rijksoverheid en decentrale overheden (gemeente/waterschap/provincie). Bijvoorbeeld: Wat is klimaatbestendig in een bepaald gebied? Die vraag kan vooralsnog alleen lokaal worden beantwoord.

5.4 BIJDRAGEN VAN DEELSYSTEMEN AAN HET TOTALE RISICO

In paragraaf 4.2 lichtten we toe dat er vanuit elk deelsysteem een bijdrage is aan de totale kans op waterdiepte op een bepaalde plaats, en dat wanneer één deelsysteem een dominante bijdrage heeft, de kans het meest effectief verlaagd kan worden via een sectorale systeemgerichte benadering van het betreffende deelsysteem (m.u.v. effectieve gevolgbeperkende maatregelen).

Ten aanzien van methodiekvorming voor een integrale risico-analyse is het relevant om niet alleen naar de bijdrage in de totale kans op blootstelling, maar naar de bijdrage aan het totale risico te kijken. Zo is kans van het falen van primaire keringen over het algemeen klein, maar de gevolgen zijn groot, waardoor de bijdrage aan het samengestelde risico nog altijd aanzienlijk zal zijn. Bij de pilot in IJsselmonde bedraagt de bijdrage van primaire keringen bijvoorbeeld 77% van het jaarlijks schaderisico.

De resultaten van de pilots laten zien dat bij een dominante bijdrage van één deelsysteem of één faalmechanisme, systeemgerichte maatregelen zich het beste kunnen richten op dit deel van het systeem om het risico te verlagen. Als gevolg van verschil in maaiveldhoogte binnen een regionale waterkering kan het deelsysteem dat dominant is voor het jaarlijkse schade-risico echter van plaats tot plaats binnen het studiegebied/ polder verschillen (zie bijvoorbeeld de resultaten van de pilot in Fryslân).

Wat betekent deze observatie voor de methodevorming van de integrale risico-analyse? De ervaringen uit de pilots leren ons dat het niet in elk gebied meerwaarde heeft om naar het totale risico op wateroverlast te kijken. In sommige gebieden is één deelsysteem duidelijk maatgevend voor het totale risico (zoals de primaire keringen voor de pilot in IJsselmonde, en de regionale keringen voor de pilot in Hunze en Aa's), en ligt het daarom voor de hand om sectoraal naar het betreffende deelsysteem te kijken voor het treffen van maatregelen. In het geval van waterkeringen rondom gebieden met een relatief hoog beschermd belang (o.a. kapitaalintensieve landbouw en/of gebouwen), dan geldt dit vooral voor gebieden waarbij sprake is van relatief grote waterdiepten, die niet of moeilijk met gevolgbeperkende maatregelen kunnen worden voorkomen (o.a. door inrichting van het maaiveld / aangepast bouwen).

Om te bepalen van een integrale risico-analyse in een bepaalde situatie meerwaarde heeft, zal dus eerst op hoofdlijnen een analyse nodig zijn van de bijdrage van het falen van verschillende deelsystemen aan het totale jaarlijkse risico.

Bij deze analyse zien wij een tweetal aandachtspunten:

- Het onderscheid tussen de theoretische bescherming en de werkelijke situatie
In de pilots was het uitgangspunt veelal dat de waterkeringen en het watersysteem voldeden aan de vigerende normen (“het systeem is op orde”). In de praktijk is dat niet altijd het geval. Het is daarom beter om een realistische inschatting te maken van het feitelijke beschermingsniveau van een waterkering of de afvoer- en bergingscapaciteit van het watersysteem. Vooral omdat je met een integrale risico-analyse wellicht uitkomt op andere typen maatregelen dan de sectorale maatregelen om te voldoen aan een specifieke norm.
- Het ontbreken van normen voor deelsystemen:
Voor het deelsysteem riolering, inrichting maaiveld in de gebouwde omgeving en inrichting maaiveld landelijk gebied zijn er op dit moment geen juridische of beleidsmatig geborgde normen. Op dit moment is alleen sprake van praktijkrichtlijnen voor bijvoorbeeld riolering (T=2 voor water op straat). Deze norm voor water op straat, zegt echter slechts beperkt iets over de reactie van het systeem van de gebouwde omgeving (inclusief inrichting van het maaiveld) bij hevige regenval en de mogelijke schade die daarbij ontstaat aan gebouwen en objecten. Een in de praktijk toegepaste acceptabele terugkeertijd van een bepaalde (kritische) waterdiepte in de gebouwde omgeving ligt hoger (dan T=2), maar een generieke norm voor de bestaande gebouwde omgeving is op dit moment niet voorhanden.

5.5 VAN EEN GEACCEPTEERD SCHADERISICO PER DEELSYSTEEM NAAR EEN BASISBESCHERMINGSNIVEAU PER GEBIED?

In de huidige normgerichte benadering geldt een ondergrens voor de herhalingstijd van het optreden van wateroverlast vanuit een specifiek deelsysteem (m.u.v. wateroverlast als gevolg van falen riolering/inrichting maaiveld). Deze ondergrens is gebaseerd op een (onderliggende) geaccepteerd schaderisico per type beschermd belang (o.a. via classificatie waterkeringen en via inundatienorm per type landgebruik). Zie voor een toelichting en achtergronden van de huidige normgerichte benadering bijlage A.

In de benaderingen die in de pilots zijn gebruikt, is niet altijd vooraf een ondergrens voor een herhalingstijd gehanteerd. Zo is in de pilot in Hunze en Aa's eerst een geaccepteerd schaderisico bepaald, waarna deze is vertaald naar een geaccepteerde herhalingstijd voor inundatie vanuit het regionaal watersysteem. Dit heeft tot gevolg dat bij een risico dat lager is dan het geaccepteerde schaderisico er wel sprake is van schade aan een beschermd belang.

Een ondergrens van een (minimale) herhalingstijd kan ook worden gebruikt voor een basisbeschermingsniveau op gebiedsniveau. De ondergrens van een herhalingstijd is dan afgeleid van het acceptabele schaderisico van de totale schade in een gebied en afgeleid voor het gebied in z'n geheel. Vervolgens kan deze afgeleide ondergrens worden vertaald naar een ondergrens in herhalingstijd voor een specifiek deelsysteem.

Dat betekent dat ook bij de integrale risico-analyse gewerkt kan worden met een minimale herhalingstijd voor het falen van een deelsysteem. Het verschil met de huidige aanpak is echter dat deze niet het vetrekpunt is, maar wordt afgeleid van een basisbescherming op basis van het totale risico in een gebied.

Wat betekent dit voor de methodiekvorming van de integrale risico-analyse? Enkele overwegingen bij een basisbeschermingsniveau op gebiedsniveau op basis van het totale risico:

- Uit de resultaten van de pilots blijkt dat de huidige modellen die gebruikt worden om de schade bij wateroverlast te bepalen niet altijd voldoende nauwkeurig zijn. Dit betekent dat het geaccepteerde schaderisico niet altijd representatief zal zijn voor het daadwerkelijke risico dat een gebouw of object loopt.
- Het afleiden van een basisbeschermingsniveau op basis van het totale risico kan ertoe leiden dat voor bijvoorbeeld de functie ‘wonen’ de WOZ-waarde van woningen een belangrijke rol speelt. Hierbij zou er een onderscheid kunnen ontstaan tussen wijken met een hoge WOZ-waarde en wijken met een lage WOZ-waarde. Een onderscheid naar de sociaal-economische aspecten van wijken is vanuit maatschappelijk oogpunt ongewenst en staat op gespannen voet met het gelijkwaardigheidsbeginsel (gelijke bescherming voor vergelijkbare functie).

5.6 ZONERING RISICO'S VAN WATEROVERLAST EN OVERSTROMINGEN OP KAART

Bij de vigerende veiligheidsbenadering staat vast welke normen gelden voor deelsystemen op gebiedsniveau. Op deze manier is goed uit te leggen welke normen op een bepaalde locatie van toepassing zijn. Wel is per deelsysteem sprake van afzonderlijke normen en daarmee afzonderlijke kaartbeelden. Met behulp van een waterrisicoprofiel kunnen deze kaartlagen worden omgezet naar puntinformatie (zie paragraaf 4.4).

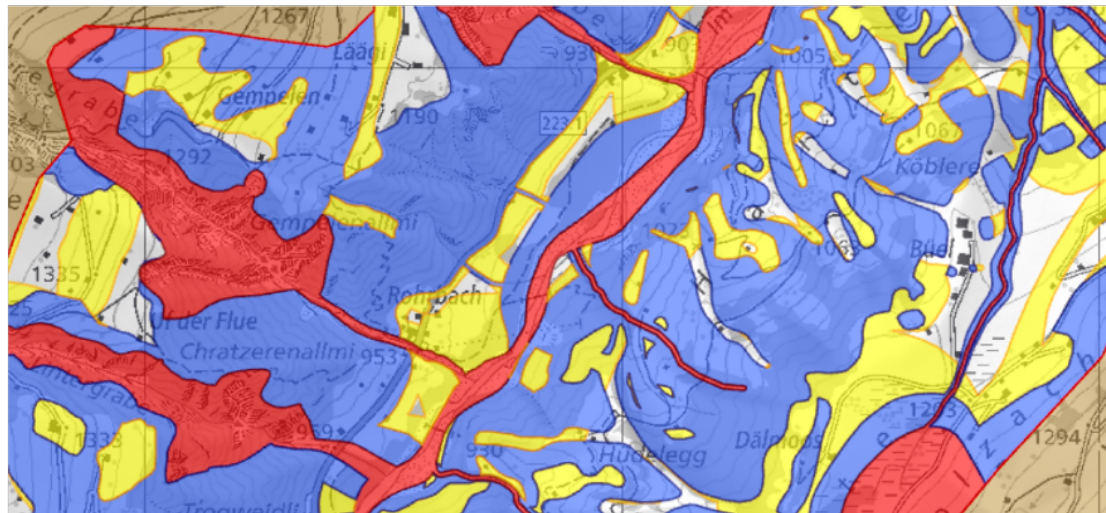
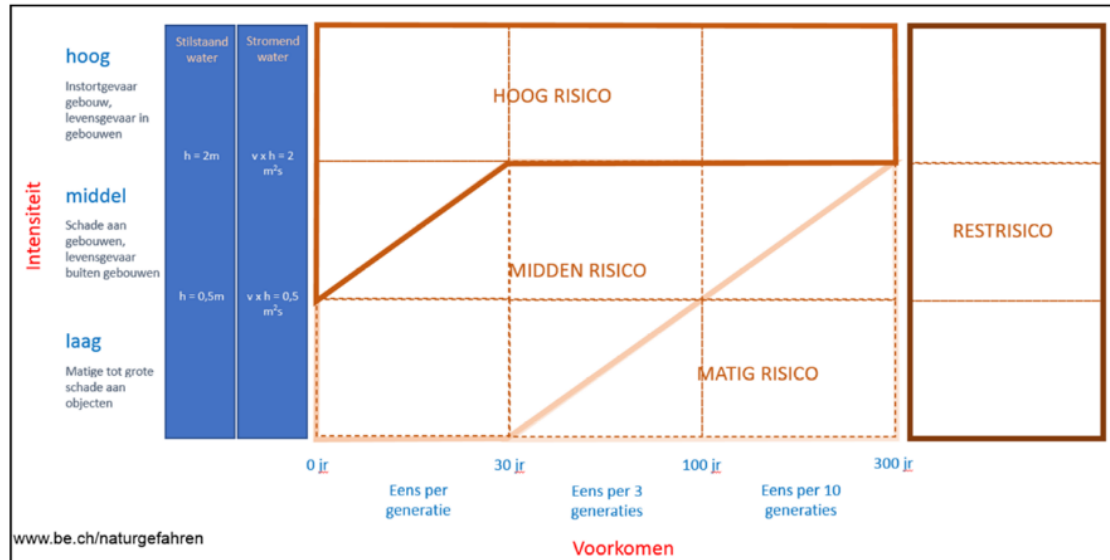
Voor de uitlegbaarheid van een integrale risico-analyse is het belangrijk om inzicht te geven in de risico's op wateroverlast op een specifieke locatie. Een voorbeeld van een ruimtelijke weergaven (zoning) van risico's is de werkwijze in Zwitserland (zie tekstkader volgende bladzijde) die ter inspiratie wordt gebruikt in Limburg. In twee pilots zijn daarvoor kaartbeelden gemaakt die het 'plaatsgebonden' totale risico weergeven (aan de hand van klassen). In de pilots in IJsselmonde en het Geuldal zijn er voor verschillende functies verschillende kaartbeelden gemaakt.

Op basis van de ervaringen in de pilots komen er twee uitdagingen naar voren bij het zoneren van risico's en het maken van kaartbeelden:

- Het visualiseren van risico's vraagt om het combineren van puntinformatie met gebiedsinformatie. Zo kennen vitale functies, zoals ziekenhuizen, een hoger risico dan het omliggende gebied, doordat de gevolgen (zowel monetaire schade als maatschappelijke impact) groter zijn. Een robuuste en navolgbare methodiek om punt- en gebiedsinformatie over risico's te combineren blijkt een uitdaging.
- Door breder te kijken dan alleen monetaire schade, zijn al snel meer kaartbeelden nodig. De verschillende aspecten die bijdragen aan het totale risico zijn in de praktijk lastig te combineren tot één kaartbeeld. Zo is bij de pilot van het Geuldal gekeken naar meerdere maatschappelijke waarden (paragraaf 5.3), die elk een eigen classificering voor risico's kennen.

ZONERING VAN RISICO'S IN ZWITSERLAND (ZWITSERS MODEL)

Een inspiratie voor de aanpak van de pilot in het Geuldal het zogenaamde Zwitserse model voor het werken met een risicomatrix en ruimtelijke zonering van risico's in de dalen van de Zwitserse Alpen. In dit model wordt uitgegaan van een risicogerichte benadering. Hierbij is het gevolg (intensiteit) van een gebeurtenis uitgezet tegen de kans van voorkomen en op basis hiervan zijn risicoklassen afgeleid (hoog, middel en laag). Deze risicoklassen zijn ruimtelijk weergegeven op kaart en per risicoklasse is sprake van specifieke gebruiksbeperkingen.



6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 INLEIDING

Op basis van de resultaten over integraliteit (hoofdstuk 4) en een risicogerichte benadering (hoofdstuk 5) vatten we in dit hoofdstuk de belangrijkste lessen over een integrale risico-analyse samen. In paragraaf 6.2 bespreken we de conclusies en aandachtspunten zoals die naar voren komen uit de pilots. In paragraaf 6.3 zetten we relevante elementen voor een integrale risico-analyse op een rij. Tot slot geven we in paragraaf 6.4 aanbevelingen voor vervolgstappen.

6.2 CONCLUSIES EN AANDACHTSPUNTEN

Deze paragraaf noemt eerst de conclusies op basis van resultaten uit de pilots, en zet daarna de beperkingen en aandachtspunten bij een integrale risico-analyse op een rij. In sommige gevallen volgen deze conclusies en aandachtspunten direct uit (een van) de pilots, en in andere gevallen volgen zij uit de evaluatie van (de verschillen tussen) de pilots.

Conclusies op basis van de pilots

- Het huidige stelsel van normering dekt niet alle faalmechanismen en deelsystemen af. De foutenboom die is opgesteld in de pilot in Hunze en Aa's laat zien dat de huidige normen niet met alle faalmechanismen rekening houden. Zo kan gebrek aan onderhoud of storing (een verstopt krooshek of een gemaal) leiden tot wateroverlast, ondanks dat het systeem aan de provinciale normering voor afvoer- en bergingscapaciteit voldoet. In de huidige praktijk gaan veel juridische geschillen over de aansprakelijkheid voor schade door wateroverlast niet zozeer over het voldoen over de provinciale normering wateroverlast, maar juist over onderhoudsaspecten (zoals maaien, onderhoud en/of storingen gemalen). Het huidige stelsel van normering is dus niet volledig en voorziet niet alle relevante faalmechanismen die een bijdrage leveren aan de totale kans op de wateroverlast.
- De toepassing van een integrale risico-analyse leidt tot ruimere blik op maatregelen dan huidige sectorale normgerichte aanpak (beperken faalkans), en biedt meer ruimte voor gevolgbeperkende maatregelen (inrichting gebied of bescherming specifieke objecten).
- De meerwaarde van een integrale risico-analyse verschilt per type gebied en watersysteem. Zo hangt de meerwaarde van een integrale benadering af van de bijdrage aan het risico vanuit verschillende deelsystemen: als het risico is toe te schrijven aan het falen van één deelsysteem (bijv. regionale keringen), dan lijkt het nuttiger om een sectorale benadering te hanteren. Een ander aandachtspunt hierbij is wel dat wanneer je op gebiedsniveau kijkt en het gebiedsrisico, en bijv. regionale keringen maatgevend blijken voor je risico, je lokale risico (bijv. 1 straat) alsnog voornamelijk komt door riolering/inrichting maaiveld. Maatregelen gericht op regionale keringen verkleinen dan wel het risico voor het gehele gebied, maar niet het lokale risico.
- Blootstelling aan wateroverlast (in de meeste pilots benaderd als waterdiepte bij verschillende herhalingstijden) is op een objectieve (waardevrije) en kwantificeerbare manier uit te drukken (o.a. concept van waterrisicoprofiel/ -diagram).

- Risico op wateroverlast daarentegen is moeilijker op een objectieve manier uit te drukken en te visualiseren:
 - Gevolgen zijn op meerdere manieren uit te drukken (monetair en/of maatschappelijk). Het optimaal (jaarlijkse) risico (bedrag) (monetaire benadering) is te eendimensionaal, er spelen in de praktijk meer factoren mee die bepalen of een risico acceptabel is (sociale en maatschappelijke schade). De functie van een gebied lijkt hier ook een rol te spelen, bijvoorbeeld gebieden met een woonfunctie. Bij het uitdrukken van schade aan woningen spelen andere waarden zoals een gevoel van veiligheid, wat moeilijk in geld uit te drukken is. Voor economische schade is de aanpak wellicht wel passend (zoals bij overstromingsrisico's primaire keringen).
 - Voor het classificeren van risico's zijn vaak al bestuurlijke keuzes nodig (risicodialoog)
 - Risico's zijn op gebiedsniveau moeilijk te visualiseren, onder andere doordat verschillende functies verschillende risicoklassen kennen en omdat specifieke objecten een dominante rol kunnen spelen in het risico op gebiedsniveau (bijvoorbeeld vitale functies).

Aandachtspunten voor een integrale risico-analyse

- Beschikbaarheid van gegevens en uitvoerbaarheid: doordat een integrale analyse vraagt om data van de verschillende deelsystemen, dient er een veel informatie verzameld te worden (meer dan bij een sectorale benadering). Het kan zijn dat niet alle informatie beschikbaar is.
- De dominante schadeparameters per gebruiksfunctie: verschillende gebruiksfuncties kunnen één of meer maatgevende parameters voor (maatschappelijke) schade hebben. Bijvoorbeeld waterdiepte, duur, moment van optreden (seizoen) en stroomsnelheid. In de pilots lag de nadruk op waterdiepten. Echter in sommige gevallen kan ook duur of de periode van voorkomen (seizoen) maatgevend zijn voor de schade die optreedt, zoals bij gewassen. Het hanteren van de dominante schadeparameter, waarbij rekening wordt gehouden met gebruiksfuncties, is een aandachtspunt voor een integrale risico-analyse.
- Onzekerheden in hydraulische berekeningen: hydraulische berekeningen bevatten onzekerheden, zoals meet- en modelonzekerheden. Door bij een integrale risico-analyse op zoek te gaan naar een economisch optimum voor maatregelen (zoals in de pilot in Hunze en Aa's), kunnen die onzekerheden echter een groot effect hebben op de te treffen maatregelen. In de pilots is geen gevoeligheids- of onzekerheidsanalyse gedaan. Het is daardoor onbekend wat het effect is van de onzekerheden in hydraulische berekeningen op de uitkomsten (de aanbevolen maatregelen). Ook in de huidige sectorale benadering spelen de onzekerheden in hydraulische berekeningen overigens een rol.
- Onzekerheden schadeberekeningen: net als de hydraulische berekeningen bevatten ook de schadeberekeningen onzekerheden. De WSS bleek uitzonderlijk hoge schade getallen op te leveren voor de gebouwde omgeving – met name voor het bepalen van indirecte schade (zoals onbereikbaarheid van wegen). In de pilot in IJsselmonde is een correctie uitgevoerd op de WSS-schadeberekeningen. Ook voor deze berekeningen is het echter onbekend wat de foutmarge is. Omdat net als bij de hydraulische berekeningen, deze schadeberekeningen een grote invloed kunnen hebben op de uiteindelijke set aan maatregelen, zijn (de impact van) deze onzekerheden een aandachtspunt voor de doorontwikkeling van een integrale risico-analyse.
- Het uitdrukken van gevolgen (impact): In hoeverre kijk je naar meer dan geld (harde waarden) en ook naar zachte maatschappelijke waarden (en hoe druk je zachte waarden uit?)

- Uniformering aspecten en grenswaarden risicomatrix en het ruimtelijk zoneren van risicoklassen. Hoe kan dit worden toegepast op een eenvoudige en reproduceerbare wijze?
- De reikwijdte van integraliteit. Een integrale risico-analyse richt zich op wateroverlast, maar niet direct op andere thema's/ontwikkelingen die impact hebben op waterveiligheid: bodemdaling, droogte en waterkwaliteit.
- Gedeelde verantwoordelijkheden en samenwerking tussen partijen vraagt om nieuwe afspraken en samenwerkingsvormen.
- Gelijkheidsbeginsel: hoe zorgen we dat gebieden op eenzelfde manier benaderd en beoordeeld worden als de meerwaarde en toepassing per gebied kan verschillen? De bestuurlijke wens is om gelijke gevallen gelijk te behandelen.
- Transparantie en uitlegbaarheid: een integrale risico-analyse zal op sommige vlakken ingewikkelder zijn dan een sectorale benadering. Toch zullen ook niet-experts (bijv. bestuurders en de omgeving) het nieuwe stelsels moeten begrijpen.

6.3 RELEVANTE ELEMENTEN VOOR METHODIEKVORMING INTEGRALE RISICO-ANALYSE

In deze paragraaf zetten we de belangrijkste elementen voor methodiekvorming op een rij. Paragraaf 6.3.1 en 6.3.2 richten zich op integraliteit, en paragraaf 6.3.3, 6.3.4 en 6.3.5 op de risicobenadering. Voor de elementen genoemd in paragraaf 6.3.1 tot en met 6.3.3 geldt dat zij ook waardevol kunnen zijn in een benadering die niet op risico's gebaseerd is – bijvoorbeeld in een aangepaste vorm van de vigerende veiligheidsbenadering.

6.3.1 QUICKSCAN STUDIEGEBIED OM RELEVANTIE INTEGRALE AANPAK TE BEPALEN

Uit de pilots komt naar voren dat de meerwaarde van een integrale benadering afhangt van de bijdrage aan het risico vanuit verschillende deelsystemen. We raden daarom aan in de methode voor een integrale risico-analyse als eerste stap een QuickScan op te nemen. De QuickScan kan als keuzehulpmiddel dienen om te bepalen welke deelsystemen mee dienen te worden genomen in een integrale risico-analyse.

Met de QuickScan kan de onderlinge verhouding tussen deelsystemen in blootstelling en/of (jaarlijkse) schaderisico in kaart worden gebracht. Hierbij dient in ieder geval gekeken te worden naar de verwachte waterdiepte die optreedt bij het falen van individuele deelsystemen, omdat dit het nut van integrale gevolgbeperkende maatregelen beïnvloedt. De keuze voor de schaal van het studiegebied hangt samen met de aanwezige deelsystemen. De ruimtelijke effecten van maatregelen in een deelsysteem zijn bepalend voor de schaal van het studiegebied (in veel gevallen de schaal van het kleinste gebied dat beschermd wordt door (aaneengesloten) waterkeringen).

Uit de pilots blijkt dat de bijdrage van (regionale) waterkeringen aan het totale risico in diepe polders (grote waterdiepten) met relatief weinig verschil in maaiveldhoogte dominant is. Wanneer dit het geval is, heeft het beperkt zin om naar het integrale risico te kijken: maatregelen gericht op keringen zijn dan al snel het meest effectief. In ondiepe polders (of bij compartimentering), waarbij de verwachte waterdiepte bij het falen van regionale keringen van vergelijkbare omvang is als bij bijvoorbeeld overlopende watergangen, is het sneller zinvol om een integrale risicobenadering toe te passen: hier kunnen integrale gevolgbeperkende maatregelen worden getroffen.

Voor de gebouwde omgeving geldt dat een integrale benadering vaak waardevol is, gezien de wisselwerking bij hevige regenval tussen de inrichting van het maaiveld, riolering en het ontvangende oppervlaktewater (en het achterliggende regionale watersysteem). Dit lichten we verder toe in de volgende paragraaf, 6.3.2.

6.3.2 **INTEGRALE BENADERING VOOR DE GEBOUWDE OMGING**

Uit de pilots komt naar voren dat voor de gebouwde omgeving een integrale benadering snel meerwaarde heeft: op dit moment zijn er ontwerprichtlijnen voor de riolering, en wordt bij de DPRA-stresstest ook naar de interactie met het maaiveld gekeken. In de gebouwde omgeving heeft het oppervlaktewatersysteem echter in grote delen van Nederland ook invloed op het functioneren van de afvoercapaciteit van de riolering in combinatie met de mogelijkheden van berging op, onder en afvoer via het maaiveld. Ook de sturing in het benutten van afvoeren bergingscapaciteit van het oppervlaktewatersysteem (gebouwde omgeving en landelijk gebied) is een interessante koppeling die nu niet altijd volwaardig wordt meegenomen bij watersysteemanalyses en -toetsingen.

De methode voor een integrale risico-analyse zou daarom in de gebouwde omgeving in ieder geval naar de (interactie tussen) riolering, maaiveld en oppervlaktewatersysteem (zowel gebouwde omgeving als achterliggende regionale watersysteem) moeten kijken. Bovendien is het aan te raden om hierbij onderscheid te maken tussen *hinder* en *overlast*. Water op het maaiveld leidt, afhankelijk van de inrichting van het maaiveld, niet altijd tot schade: wanneer water tijdelijk in het straatprofiel kan worden geborgen is er geen probleem. Een benadering waarbij verschillende neerslaggebeurtenissen (intensiteit, ruimtelijke schaal en duur) gecombineerd worden toegepast, heeft daarbij toegevoegde waarde en geeft inzicht in het functioneren van het integrale systeem (inclusief interactie tussen deelsystemen) bij verschillende neerslagbelasting.

6.3.3 **BREDE ANALYSE FAALMECHANISMEN**

Op basis van de pilots raden wij aan om in een integrale risico-analyse een brede analyse van faalmechanismen per deelsysteem te doen, zoals middels een foutenboom in het pilotgebied van Hunze en Aa's. Om de tijdsinspanningen hiervan te beperken, is het aan te bevelen een standaardisatie van faalmechanismen en faalkansen uit te voeren, bijvoorbeeld voor verschillende gebieds-/ systeemtypologieën en technische systemen. Per casus kunnen hier gebied specifieke faalmechanismen en -kansen aan worden toegevoegd.

6.3.4 **RISICO'S UITDRUKKEN IN MAATSCHAPPELIJKE EN ECONOMISCHE GEVOLGEN (IMPACT)**

Het gedeelde beeld dat uit de pilots naar voren komt, is dat risico's van overstromingen en wateroverlast over meer gaat dan economische schade. Het gaat bijvoorbeeld ook over een gevoel van veiligheid en maatschappelijke waarden. In de methode zou voor het bepalen van risico's daarom niet alleen naar financiële gevolgen (economische schade) gekeken moeten worden, maar ook naar maatschappelijke gevolgen. Een puur economische benadering kan leiden tot ongelijke bescherming bij ongelijke economische waarde, en dat is met name bij de functie 'wonen' ongewenst. Een ander vraagstuk is hoe maatschappelijke waarde op een juiste manier uitgedrukt kan worden. Voor methodiekvorming is hier een stap van standaardisatie nodig, bijvoorbeeld in de vorm van een gestandaardiseerde risicomatrix voor wateroverlast en overstromingen, waarin ook maatschappelijke waarden zijn onderscheiden en geclassificeerd).

6.3.5 **COMBINATIE OBJECT- EN SYSTEEMBENADERING OM TOT DOELMATIGE KEUZES TE KOMEN**

Uit de pilots blijkt dat een integrale risico-analyse vraagt om een combinatie van een object- en systeembenadering. In de methode voor integrale risico-analyse zou dit daarom ook moeten worden opgenomen. Het bepalen van het risico op wateroverlast op objectniveau vormt het uitgangspunt in een integrale risico-analyse, maar om tot doelmatige keuzes te komen, is soms ook een systeembenadering nodig. Dit is bijvoorbeeld nodig om de afweging tussen maatregelen op objectniveau, zoals het verhogen van drempelhoogtes bij individuele

gebouwen, of op systeemniveau, zoals het versterken van een regionale kering, te maken. Overigens gaat deze afweging niet alleen over de keuze tussen maatregelen op objectniveau of maatregelen op systeemniveau, maar ook over de keuze tussen maatregelen gericht op gevolgbeperking (laag 2 en 3) of maatregelen gericht op het verkleinen van de kans op overstroming (laag 1) – dus aansluitend bij het principe meerlaagsveiligheid. Een integrale risico-analyse faciliteert daarmee het nemen van doelmatige beslissingen, die niet gericht zijn op het “koste wat kost” voldoen aan de norm: het is soms goedkoper en eenvoudiger om gevolgbeperkende maatregelen te treffen op objectniveau.

Voor nieuwbouw en bestaande bouw zien wij op basis van de pilots verschillende toepassingen:

- Voor nieuwbouw kan een combinatie van een object- en systeemgerichte benadering helpen bij locatie en inrichtingskeuzes. Bij de vigerende benadering kan de aanleg van een nieuwe wijk tot een strengere norm leiden, maar juist bij het aanleggen van een nieuwe wijk kunnen vaak doelmatig objectgerichte maatregelen getroffen kunnen worden (bijvoorbeeld ophogen, kades, vloerpeil en drempels).
- Voor bestaand gebied: als je niet alleen naar de kans op wateroverlast kijkt, maar ook de gevolgen meeneemt, kunnen vitale functies (en andere objecten) beter beschermd worden. Dit is in sommige gevallen doelmatiger, dan voor het gehele gebied de kans op wateroverlast te verkleinen.

Methodisch zou een object- en systeemgerichte benadering gecombineerd kunnen worden door naar plaatsgebonden blootstelling te kijken, zoals dat in de pilot in IJsselmonde is gedaan door verwachte waterdiepte tegen herhalingstijd uit te zetten. Hierbij worden hydraulische simulaties voor waterdiepten, zoals die nu gemaakt worden, op een andere manier weergegeven. Wanneer men niet alleen naar blootstelling, maar ook naar risico wil kijken, zouden per functie risicoklassen aan deze blootstelling gekoppeld kunnen worden. Deze kunnen door middel van kaarten gevisualiseerd worden (zoneren). De methode van een plaatsgebonden blootstelling of overstromingskans is eerder uitgewerkt en toegepast in de klimaateffectatlas⁵.

6.4 AANBEVELINGEN VOOR VERVOLGSTAPPEN

In deze paragraaf geven we aanbevelingen voor toekomstig onderzoek om de methode voor een integrale risico-analyse verder te brengen. De aanbevelingen zijn gebaseerd op de voorgaande paragrafen.

Integraal of sectoraal?

1. Uitwerken van een beslisboom of QuickScan: De QuickScan zou als keuzehulp moeten fungeren bij de afweging of een integrale risico-analyse meerwaarde heeft voor bepaald studiegebied.

Blootstelling aan wateroverlast

2. Uitwerken van een foutenboom met waar mogelijk gestandaardiseerde faalmechanismen en faalkansen (brede analyse van faalmechanismen).

⁵ <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/plaatsgebonden-overstromingskans>

Risico's wateroverlast

3. Praktijkonderzoek doen naar de relatie tussen monetaire schade en sociaal/maatschappelijke schade. Welke maatschappelijke schade vindt het bestuur van een waterschap of gemeente niet acceptabel en dient dus onderdeel te zijn van de maatschappelijke afweging? Een eerste indruk op basis van praktijkervaringen: schade aan vitale en kwetsbare functies met een regionale impact, ziekenhuizen, verpleeghuizen, begraafplaatsen.
4. Standaardiseren van een risicomatrix wateroverlast met kernwaarden en risicoklassen (economische en maatschappelijke waarden).
5. Ontwikkelen van een standaardmethodiek voor risicozonering (visualiseren van risico's op gebiedsniveau; vervolg uitwerking pilot Limburg).
6. Nader onderzoeken relatie tussen schade en type blootstelling (maatgevende schadeparameters per gebruiksfunctie).
7. Voortzetten doorontwikkeling huidige waterschadeschatter (WSS). Aandachtspunten zijn de gebouwde omgeving en (op termijn) de integratie van WSS met de Schade en Slachtoffer Module (SSM).

Integrale gebiedsnorm gebouwde omgeving

8. Verkennen mogelijkheden en draagvlak voor ontwikkelen integrale gebiedsnorm voor de gebouwde omgeving. De volgende deelsystemen zouden moeten worden meegenomen: inrichting maaiveld, riolering en het oppervlaktewatersysteem (zowel gebouwde omgeving als achterliggende regionale watersysteem).

BIJLAGE A

HUIDIGE STELSEL NORMERING

WATEROVERLAST EN OVERSTROMINGEN

Dit hoofdstuk is gebaseerd op hoofdstuk 3 uit Integrale risico-analyse voor wateroverlast: een verkenning (STOWA, 2022).

A.1 OVERZICHT VIGERENDE VEILIGHEIDSBENADERINGEN

Voor de verschillende watersystemen bestaan ontwerpregels en richtlijnen die in het verleden zijn ontstaan en al lange tijd worden gebruikt. Omdat de watersystemen afzonderlijk worden beschouwd is de aanpak ook apart ontwikkeld. In het algemeen kan worden gesteld dat als de waterdieptes en de omvang van de schade (zowel in impact in euro's als de ruimtelijke omvang en niet materiële schade) toenemen, de eisen aan het desbetreffende watersysteem strenger zijn. Dat verklaart dan ook dat er relatief water op straat voorkomt in de gebouwde omgeving. De ontwerpnorm voor de riolering bedraagt 1x per 2 jaar.

Voor langdurige gebiedsneerslag zijn inundatienormen vastgesteld door provincies. Voor grasland is bijvoorbeeld eens in de 10 jaar wateroverlast acceptabel, voor akkerbouw en bebouwd gebied eens in de 25 en 100 jaar. Voor het afleiden van deze inundatienormen is in de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw ook gekeken naar een MKBA⁶, al zijn de normen door een bestuurlijke afweging iets strenger geworden zoals beschreven in het Nationaal Bestuursakkoord Water⁷. De normen zijn vastgelegd uiteindelijk in provinciale verordeningen.

Voor regionale keringen is de normklasse afhankelijk van de schade in een polder na een doorbraak. De normen, uitgedrukt in een overschrijdingskans van een waterstand, variëren van eens in de 10 tot 1000 jaar. Let op, deze norm is niet gelijk aan de kans op een doorbraak. Ook deze normen zijn vastgelegd in provinciale verordeningen.

Voor primaire waterkeringen zijn de overstromingskansnormen gebaseerd op een MKBA en op slachtofferrisico's en vastgelegd in de Waterwet. Als naar risico's wordt gekeken dan is er wel logica, naarmate de impact van een gebeurtenis groter is dan zijn de gestelde preventie-eisen strenger.

De aanpak voor ruimtelijke adaptatie is later ontstaan en gaat uit van de andere bovenstaande veiligheidsbenaderingen. De opgave die volgt uit het ruimtelijke adaptatie spoor gaat er vanuit dat aan de normen is voldaan.

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

7 <https://www.helppdeskwater.nl/publish/pages/130138/nbw-actueeldefinitief2506200.pdf>

In Tabel 1 is een overzicht opgenomen waarin de samenhang tussen de normen voor het watersysteem en de waterkeringen zijn gepresenteerd vanuit de invalshoek van de risico-benadering. Hierna zijn de verschillen en overeenkomsten geschetst.

TABEL 1 OVERZICHT NORMERING DEELSYSTEMEN EN ACHTERLIGGENDE UITGANGSPUNTEN

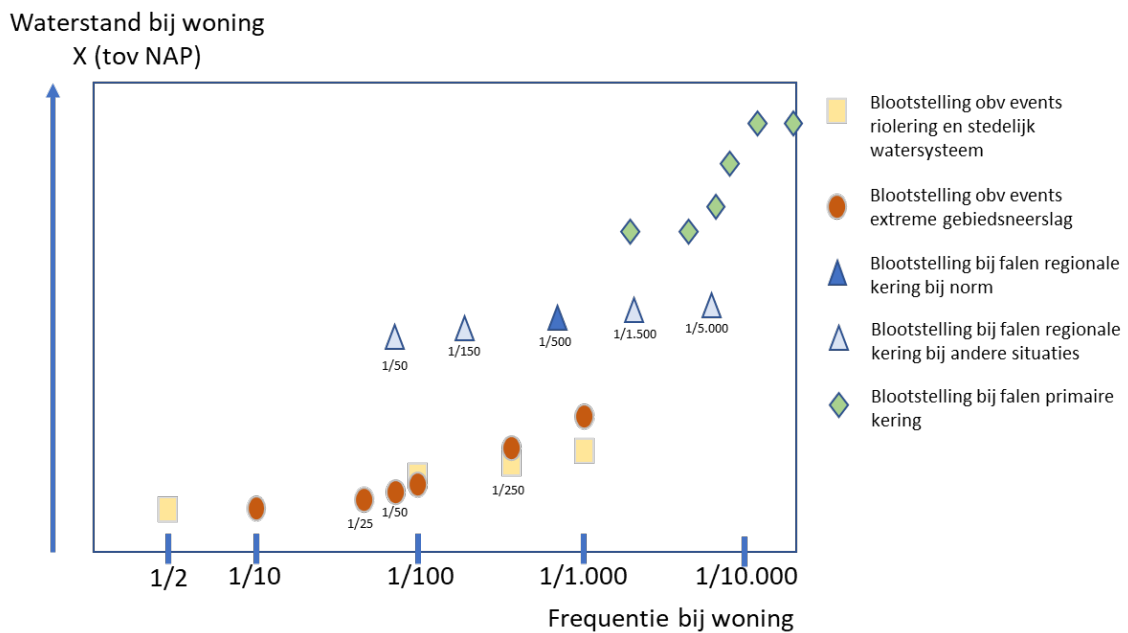
	Primaire keringen	Regionale keringen	Buitendijks	Provinciale normering wateroverlast	Extreme piek neerslag	Ruimtelijke adaptatie
Achterliggende principes	Economische optimalisatie	Economische optimalisatie	Eigen verantwoordelijkheid	Economische optimalisatie	In de praktijk ontstane optimalisatie	Watersysteem voldoet aan de normen
	Basisveiligheid (slachtoffers)	Samenhang extreme neerslag	Niet afwentelen			Afspraak in dialoog met stakeholders over knelpunten
	Vitale gevolgen					
	Groepsrisico					
Eisen hebben betrekking op	Faalkans waterkering (overstromingskans)	Faalkans waterkering (overschrijdingskans waterstand)	Bouwvoor-schriften, Geen waterhuis-houdkundig effect	Inundatiekans per vorm van grondgebruik	Riolering: maatgevende bui	Afspraken gemaakt in dialoog
					Water op straat orde eens per 2 jaar	
Orde grootte terugkeertijd normen	100-1.000.000 jaar	10-1000 jaar	Hele bereik	10-100	2-... (100)	
Omvang gevolgen	Regio's	Polder	Meerdere lokale plaatsen	Polder boezem-systeem	Wijk	

A.2 ONDERLIGGENDE INFORMATIE BIJ TOEPASSING VAN DEZE BENADERINGEN

Op basis van de vigerende veiligheidsbenaderingen worden al analyses gemaakt over het functioneren van het watersysteem. Hierbij worden neerslaggebeurtenissen, al dan niet in combinatie met andere factoren, onderzocht. Met behulp van hydrologische en hydraulische modellen de optredende waterstanden worden bepaald gegeven de afmetingen en beheer van het watersysteem. Met behulp van schade- (en soms slachtoffer-) modellen wordt de economische schade bepaald.

Bij het toepassen van deze benaderingen ligt de nadruk op een systeemgerichte benadering en daarmee op het dimensioneren van het water(keringen)systeem, en niet zozeer op de mogelijke blootstelling in het gebied of bij een object. In dit hoofdstuk geven we aan de hand van een voorbeeld een overzicht van de informatie die reeds beschikbaar is. We gaan hierbij uit van een gebied dat beschermd wordt door primaire en regionale keringen zoals opgenomen in figuur 11.

FIGUUR 11 BESCHIKBARE INFORMATIE OVER BLOOTSTELLING DIE TEN GRONDSLAG LIGT AAN DE VIGERENDE BENADERINGEN. IEDER PUNT IN DEZE FIGUUR HOORT BIJ EEN BEREKENING DIE WORDT GEMAAKT IN HET KADER VAN DE HUIDIGE NORMERINGEN



In deze figuur is opgenomen welke modelberekeningen al worden gemaakt. Hierbij is telkens de overstromingsdiepte gepresenteerd die op een bepaalde locatie kan voorkomen. De verschillende kleuren en iconen geven aan welke normering van toepassing is:

- Voor stedelijk gebied betreft het de ontwerpregels aangevuld met de buien uit de standaard stresstest.
- Voor regionale wateroverlast zijn het de terugkeertijden bij de verschillende inundatienormen aangevuld met de buien uit de standaard stresstest.
- Voor regionale keringen zijn het de gevolgen die horen bij de verschillende normklassen zoals die bepaald zijn voor het afleiden van de normen.
- Voor primaire keringen zijn het de gevolgen die optreden bij doorbreken van de keringen.

Riolering en het stedelijke watersysteem⁸

Voor extreme piekneerslag en het dimensioneren van rioleringen en stedelijk watersystemen wordt traditioneel gewerkt met een maatgevende bui. Deze bui wordt gebruikt om te bepalen wat de capaciteit is van het riool. Overtollige neerslag wordt op straat geborgen. Water op straat is hierbij eens in de 2 jaar toegestaan.

Omdat het ontwerp van de buitenruimte verandert en omdat er meer rekenkracht beschikbaar is, wordt er ook meer aandacht besteed aan extreme neerslaggebeurtenissen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van fictieve buien waarbij een bepaald neerslagvolume in een eenheid van tijd valt (bv 40, 60, 80, 100 en 120mm per uur of op basis van de STOWA neerslagstatistieken), historische neerslaggebeurtenissen als 28 juni 2011 gemeten op een KNMI-station in Herwijnen (waarbij 70 minuten 93 mm aan neerslag viel en waarvan de ruimtelijke spreiding bekend is) of gebaseerd op radarmetingen.

⁸ Zie detail info op <https://www.riool.net/impact-extreme-neerslag-stedelijk-gebied-waarom-en-met-welke-buien->

In de gestandaardiseerde stresstest⁹ zijn standaard neerslaggebeurtenissen opgenomen. Voor korte duur zijn dat neerslaggebeurtenissen van 1/100 en 1/250 per jaar voor een neerslagduur van 1 uur, en 1/1.000 per jaar voor een neerslagevent van 2 uur.

Provinciale normering wateroverlast

Om te bepalen of het watersysteem op orde is en voldoet aan de normen worden ook hier hydrologische en hydraulische analyses gemaakt. En wordt gebruik gemaakt van diverse methode als tijdreeksen en stochastische benaderingen of maatgevende buien. Op basis van de methode wordt bepaald wat de terugkeertijd is van een waterdiepte in een gebied, en of er inundaties plaatsvinden. Alhoewel de focus ligt op de normen en de hierbij horende terugkeertijden, zijn in de meeste gevallen ook informatie beschikbaar over kleinere terugkeertijden.

Daarnaast is er in de gestandaardiseerde stresstest ook aandacht voor extreme gebiedsneerslag. Ook hiervoor zijn standaard neerslaggebeurtenissen gedefinieerd met frequenties van 1/100, 1/250 en 1/1.000pj met een duur van 48 uur.

Regionale keringen

Voor het afleiden van de normen van de regionale keringen wordt de schade na falen van de waterkering bepaald, immers uit de schade volgt de normklasse. Hiervoor wordt de schade bepaald als gevolg van een doorbraak bij een terugkeertijd van de waterstand op de regionale rivier of boezem bij 1/10, 1/30, 1/100, 1/300 en 1/1.000pj. Om deze schade te kunnen bepalen is het noodzakelijk de inundatiedieptes te bepalen in een gebied.

Opgemerkt wordt dat de kans op falen van regionale keringen op basis van de richtlijn normering boezemkaden (gemiddeld) 5x kleiner is dan de overschrijdingsfrequentie van de waterstand die als norm wordt gebruikt. Om de faalkans onder dezelfde noemer te brengen zou dus aangenomen kunnen worden dat de faalkans 5x kleiner is dan de norm. Er zijn echter ook aanwijzingen dat er nog meer reststerkte is bij sommige regionale waterkeringen.

Primaire keringen

Voor het afleiden van de normen van de primaire keringen is het schade- en slachtoffer-risico bepaald. Hierbij is rekening gehouden met de faalkans op een traject, en de mogelijke gevolgen van falen. Bij deze gevolgen is gebruik gemaakt van de meest waarschijnlijke scenario's (bv een 1/1.000 per jaar waterstand) en van extremere scenario's (bij een waterstand die een 10x kleinere kans van voorkomen heeft). Daarnaast zijn er ook enkele extreme scenario's beschikbaar.

Voor het werkelijke overstromingsrisico kan op eenzelfde manier gebruik worden gemaakt van de actuele sterkte van waterkeringen. Op deze manier kan op iedere locatie in Nederland de kans op een bepaalde overstromingsdiepte worden bepaald¹⁰.

⁹ <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/wateroverlast/informatie-maat/basisgegevens/>

¹⁰ Zie bijvoorbeeld <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/mijn-waterrisicoprofiel>.

A.3 SYNTHESE EN VERSCHILLENDE VIGERENDE VEILIGHEIDSBENADERINGEN

Aan alle benaderingen ligt een risicobenadering ten grondslag

Het valt op dat aan de (normen)kaders voor waterkeringen, het watersysteem en ook de riolering integrale risico afwegingen ten grondslag liggen. Bij deze integrale afwegingen is zowel gekeken naar de kans van voorkomen als naar de gevolgen en de kosten van maatregelen. De normen zijn wel los van elkaar tot stand gekomen.

Per watersysteem is een vertaling gemaakt naar eigen criteria en zijn de eisen uitgedrukt in verschillende parameters, deze vereisen nog een vertaalslag voor toepassen in een integrale benadering.

Hierbij is telkens een breed palet aan maatregelen bekeken waaronder ook gevolgbepurende maatregelen. Echter zowel voor primaire keringen, regionale keringen, provinciale normering wateroverlast en lokale piekneerslag zijn de ontwerpnormen vertaald naar eisen gericht op voorkomen van overlast. Dit vertaalt zich (in de praktijk) naar eisen voor de afmetingen van waterkeringen, het watersysteem en de riolering. Deze maatregelen waren het meest doelmatig, maar ook te vertalen naar heldere criteria voor de waterbeheerders die hiermee de watersystemen kunnen ontwerpen en onderhouden.

De manier waarop de normen zijn uitgedrukt is anders voor de verschillende benaderingen. Hierdoor zijn de risico's niet een op een vergelijkbaar en is een vertaling nodig (die ook mogelijk is).

Impliciet is er ook een referentie afgesproken over de acceptabele blootstelling bij verschillende frequenties.

Gegeven de verschillende normeringen en scenario's waarin er sprake is van overbelasting blijkt dat er al impliciet een referentie bestaat voor geaccepteerde blootstelling als functie van de terugkeertijd.

Veel informatie is al beschikbaar

Op basis van de analyses die ten grondslag liggen aan normeringen, beoordelingen en stresstesten is al veel informatie beschikbaar over mogelijke blootstelling en de kans van optreden. Bij de toepassing van deze analyses heeft de focus altijd gelegen op het water-(keringen)systeem zelf. Dat betekent dat de berekeningen die nodig zijn voor een integrale analyse voor een aanzienlijk deel nu ook al (los van elkaar) worden gemaakt. Aandacht is nodig voor de correlaties tussen deze systemen.

De benadering voor ruimtelijke adaptatie is gebaseerd op een gebiedsproces en blootstelling aan wateroverlast met externe stakeholders, de andere benadering op kwantitatieve analyses gericht op het dimensioneren van het watersysteem.

De benadering van ruimtelijke adaptatie is de enige benadering waarbij de blootstelling aan de gevolgen van wateroverlast kan leiden tot extra knelpunten. Hierbij is er echter geen uniform referentiekader wat kan leiden tot grote verschillen tussen regio's en is deze benadering afhankelijk van de karakters van de betrokken mensen.

Voor de uitwerking van de afspraken van het risicodialoog is het ook van belang de afspraken vast te leggen en te koppelen aan de zorgplicht van iedere stakeholder.

De gestelde eisen bij een norm zijn in het algemeen strenger als het beschermd belang groter is. Dat betekent dat iedere benadering zich vooral richt op een bepaalde range aan terugkeertijden die voor het ontwerp van dit systeem relevant zijn (en niet zozeer kijkt naar meer of minder extreme events).

De normen zijn veelal door bestuurlijke overwegingen strenger dan het economisch optimum.

Ook blijkt uit de uiteindelijke normstelling dat het niet alleen gaat om economische motieven, ook andere factoren spelen een rol. Bestuurlijke overwegingen hebben vrijwel in alle gevallen ertoe geleid dat de normen strenger zijn (al is de vraag in welke mate de totale kosten van een totale andere orde zijn omdat we nog redelijk bij het optimum zijn). Dat betekent dat in deze gevallen er voor gekozen is minder doelmatig te werken waar tegenover staat dat overlastgebeurtenissen ook minder vaak voorkomen.

BIJLAGE B

ONDERZOEKSVRAGEN VOOR PILOTSTUDIES

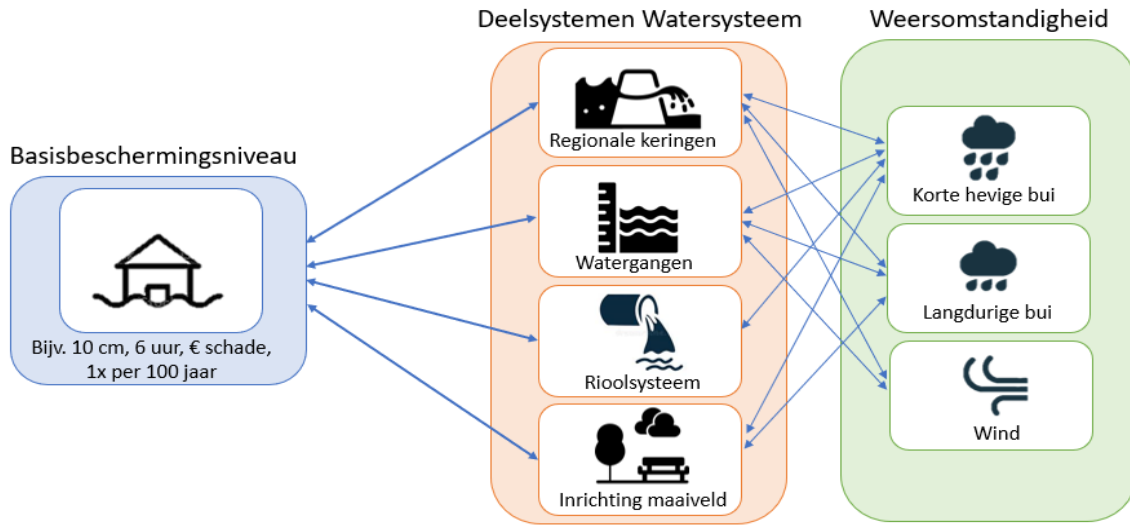
Het onderzoek is opgesplitst in zes onderzoeksvragen. De eerste twee onderzoeksvragen richten zich op de methodiek. De volgende drie onderzoeksvragen gaan in op de toepassing van de methode op een gebied en de vergelijking met de huidige werkwijze.

1. Hoe druk je binnen een integrale risicobenadering het (basis)beschermingsniveau op een locatie in het gebied uit en hoe bepaal je het?
 - Hoe groot en eenvormig is de locatie/het gebied waarvoor we het beschermingsniveau willen bepalen?
 - Welke eenheden zijn essentieel voor het bepalen van het beschermingsniveau? Denk aan waterdiepte, duur, kwetsbaarheid van objecten/functies, frequentie, etc.
 - Ga uit van een bepaald geaccepteerd schaderisico (€ per gebied per jaar). Hoe vertaal je dit vervolgens naar het beschermingsniveau (de mate waarin een gebied wordt beschermd tegen wateroverlast)?
 - Hoe reken je het beschermingsniveau uit? Is de methode smart en reproduceerbaar?
 - Hoe maak je het beschermingsniveau eenvoudig inzichtelijk en uitlegbaar richting inwoners en gebruikers? Denk aan eenvoudige kaarten/figuren.
 - Hoe verhoudt dit beschermingsniveau zich tot het principe 'water en bodem als basis'?

2. Hoe maak je de vertaling van het (locatie specifieke) beschermingsniveau naar de kans op het falen van een deelsysteem binnen het watersysteem? En hoe maak je vervolgens de vertaling naar de kans van het optreden van een relevante weersomstandigheid?
 - Welke oorzaken leiden tot het overschrijden van het beschermingsniveau?
 - Wat is de bijdrage vanuit de verschillende deelsystemen (kans op falen) op het beschermingsniveau (kans op schade)? In hoeverre is er sprake van correlatie tussen de omstandigheden en deelsystemen?
 - Hoe bereken je, vanuit het beschermingsniveau beschouwd, de kans op het falen van een deelsysteem?
 - Wat is de kans op relevante weeromstandigheden die leiden tot de kans op falen van verschillende deelsystemen? Hoe reken je met deze verschillende kansen?
 - In hoeverre zijn weersomstandigheden, die tot het falen van deelsystemen kunnen leiden, gecorreleerd? Zijn deze oorzaken uitwisselbaar?
 - Welke maatgevende buien/relevante weersomstandigheden moeten tenminste beschouwd worden?

FIGUUR 12

HET BASISBESCHERMINGSNIVEAU KAN UITGEDRUKT WORDEN IN VERSCHILLENDE EENHEDEN (BIJV. MAXIMALE SCHADE, MAXIMALE WATERDIEPTE, DUUR, SCHADEKOSTEN, KANS). DIT KAN VERTAALD WORDEN NAAR EEN KANS OP FALLEN VAN ÉÉN VAN DE DEELSYSTEMEN EN EEN KANS VAN OPTREDEN VAN VERSCHILLENDE WEERSOMSTANDIGHEDEN. DE CORRELATIE TUSSEN DEZE DEELSYSTEMEN EN WEERSOMSTANDIGHEDEN ONDERLING IS (NOG) ONBEKEND



3. Welke aandachtspunten komen naar voren in het proces, bij de uitvoering van de methodiek (onderzoeksvraag 1 en 2)? Denk hierbij aan:
 - Afstemming tussen overheden vanuit verschillende taken en verantwoordelijkheden.
 - Politiek bestuurlijke overwegingen bij gebiedsgerichte keuzes (omgaan met verschillen in beschermingsniveau voor dezelfde functies tussen gebieden).
 - Uitlegbaarheid: communicatie richting belanghebbenden.

4. Welke opgave doet zich voor wanneer de huidige situatie in het gebied wordt vergeleken met het gewenste (basis)beschermingsniveau zoals gedefinieerd voor onderzoeksvraag 1 en 2? Met de huidige situatie bedoelen we de huidige inrichting van het maaiveld en de deelsystemen van het watersysteem waarbij die voldoen aan de vigerende normering.
 - Wat betekent dit beschermingsniveau voor het ontwerp van de regionale waterkeringen / het watersysteem / het rioolsysteem / de inrichting van het maaiveld? In hoeverre wijkt het gewenste ontwerp af van het huidige ontwerp¹¹ op basis van de vigerende normering? Wat is het tekort of is er sprake van over dimensionering?
 - Wat betekent dit beschermingsniveau voor het ontwerp van de regionale waterkeringen, het watersysteem het rioolsysteem en de inrichting van het maaiveld wanneer deze in samenhang beschouwd worden?
 - Wat is de opgave voor het huidige klimaat en voor het toekomstige klimaat in 2050?

5. Welke maatregelen kunnen de kans van optreden van wateroverlast bij de locatie/het gebied beïnvloeden? Welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief?
 - Maak onderscheid tussen maatregelen die getroffen kunnen worden binnen het deelsysteem van het watersysteem dat niet aan de (vigerende) norm voldoet, elders in het watersysteem en buiten het watersysteem (ruimtelijke inrichting).

¹¹ Met het huidige *ontwerp* bedoelen we het ontwerp waarmee voldaan wordt aan de vigerende normeringen. We spreken hier bewust niet over de huidige *toestand*, aangezien het mogelijk is dat er op dit moment sprake is van een tekort ten opzichte van het ontwerp dat voor de normering gewenst is.

6. Welke maatregelen kunnen *de gevolgen* van wateroverlast bij de locatie/het gebied beïnvloeden? Welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief?
 - Maak onderscheid tussen maatregelen die getroffen kunnen worden binnen het deelsysteem van het watersysteem dat niet aan de (vigerende) norm voldoet, elders in het watersysteem en buiten het watersysteem (ruimtelijke inrichting en crisisbeheersing).