



Evaluatie van de reductie van het overstromingsrisico (APH, actiedoel 1) rekening houdend met de types van maatregelen en beschermingsdoelen conform richtlijn

- Syntheserapport -



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 236



Met de ondersteuning van:



HKV Hydrokontor
Aken

HKV Consultants/Lijn in water
Lelystad

ICBR-expertgroep “Overstromingsrisico’s” (EG HIRI) in het kader van de werkgroep Hoogwater (WG H):

Hendrik Buiteveld (voorzitter)

Wolfgang Zwach (DE), Lennart Gosch (DE-BW), Jürgen Reich (DE-BW)

Holger Kugel (IKSMS)

Urs Nigg (CH), Markus Hostmann (CH)

Jean-Pierre Wagner (FR), Régis Creusot (FR)

Max Schropp (NL), Frank Alberts (NL)

Clemens Neuhold (AT)

Reinhard Vogt, Sabine Siegmund (HWNG Rhein)

ICBR-secretariaat:

Anne Schulte-Wülwer-Leidig, Adrian Schmid-Breton,

Dominique Falloux, Isabelle Traue, Fabienne van Harten, Marianne Jacobs

Met medewerking van:

Gesa Kutschera, Ton Botterhuis (HKV Hydrokontor & HKV Lijn in Water)

Andreas Kaufmann (AT), Gerard Huber (AT-V)

Emanuel Banzer (FL), Stephan Wohlwend (FL), Catarina Proidl (FL)

Colofon

Uitgegeven door de

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

ISBN ???

© IKSr-CIPR-ICBR 2016

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	4
Inleiding.....	7
1. Methode voor de evaluatie van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico	8
1.1 Rekenmethode.....	8
1.2 Gezondheid van de mens	11
1.3 Milieu.....	12
1.4 Cultureel erfgoed.....	13
1.5 Economische bedrijvigheid	14
1.6 Verandering van de overstromingskans als gevolg van hoogwaterverlagende maatregelen	16
2. Resultaten van de evaluatie.....	19
2.1 Algemeen	19
2.2 Gezondheid van de mens (potentieel getroffen personen)	20
2.3 Milieu.....	21
2.4 Cultureel erfgoed.....	23
2.5 Economische bedrijvigheid	25
3. Beoordeling van de indicatoren en de methode	27
3.1 Indicatoren.....	27
3.2 Verdere preciseringen bij de methode	29
Bijlage 1 - Beoordeling van de maatregelen en de indicatoren: effect, inspanningen en geschiktheid voor het Rijnstroomgebied.....	31

Status van het document

De **ICBR** heeft voor de evaluatie van de effecten van maatregelen op het overstromingsrisico een **methode** ontwikkeld, die in een **Geografisch Informatie Systeem (GIS)** geïmplementeerd is.

In dit **syntheserapport** (ICBR-rapport 236, 2016) wordt een samenvatting gegeven van de methode en de resultaten van de berekeningen die met het instrument zijn uitgevoerd voor de evaluatie van de verandering dan wel vermindering van het overstromingsrisico aan de hoofdstroom van de Rijn als gevolg van maatregelen.

Daarnaast bevat het rapport een beoordeling van het effect van maatregelen en indicatoren, aanbevelingen voor het verdere gebruik van het instrument door de ICBR en derden alsmede regels voor het beschikbaar stellen van het instrument.

Het **technische rapport** (ICBR-rapport 237, 2016) geeft een gedetailleerd beeld van de methode, de rekenwijze, het instrument en de bijbehorende gegevens, indicatoren en aannames ten behoeve van de documentatie van de gevolgde aanpak. Dit rapport is tevens een handleiding voor derden die het instrument willen gebruiken.

De methode en het GIS-instrument zijn in de periode 2013-2016 in het kader van de ICBR met de ondersteuning van het consortium HKV Hydrokontor & HKV Lijn in Water ontwikkeld en toegepast in berekeningen. De ICBR-expertgroep "Overstromingsrisicoanalyse" van de werkgroep Hoogwater heeft de opdracht van de ICBR aan het consortium begeleid en de werkzaamheden na afloop van het contract voortgezet.

Opmerking over de beschikbaarstelling van het instrument aan derde gebruikers:

Het instrument en de gebruiksaanwijzing (users guide) kunnen beschikbaar worden gesteld en dit gebeurt in principe gratis (eventueel met onkostenvergoeding).

Toekomstige gebruikers werken op eigen verantwoordelijkheid met het instrument. Als tegenprestatie worden gebruikers verzocht om de ICBR op de hoogte te houden van de toepassing (inclusief eventuele resultaten) en mogelijke verdere ontwikkeling van het instrument.

Als het instrument verder wordt ontwikkeld, krijgt de ICBR een gratis kopie.

De invoergegevens voor de berekeningen en de uitvoergegevens (rekenresultaten) worden vrijgegeven na toestemming van de bronhouder.

Samenvatting en conclusies

De Rijnsoeverstaten hebben in 1998 in het Actieplan Hoogwater (APH, 1998) als een van de vier doelen vastgelegd om het hoogwaterschaderisico in 2005 met 10% en in 2020 met 25% te verminderen ten opzichte van 1995. Voor het APH heeft de ICBR tot dusver periodiek evaluaties uitgevoerd. Bij de evaluatie van de vermindering van het schaderisico in 2000 en 2005 is een veeleer kwalitatieve methode toegepast (zie ICBR-rapport 157).

Het belangrijkste doel van de in 2007 in werking getreden Richtlijn over overstromingsrisico's (ROR, richtlijn 2007/60/EG) is de vermindering van de negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid. In het kader van de regelmatige toetsing van het [overstromingsrisicobeheerplan van het internationaal stroomgebiedsdistrict Rijn \(ORBP\)](#) en de implementatie van de ROR in zesjaarlijkse cycli zal er ook een evaluatie worden uitgevoerd. Analoog aan het APH zal de ICBR de ontwikkeling van het overstromingsrisico in de gehele hoofdstroom van de Rijn in de toekomst beoordelen rekening houdend met uitgevoerde ROR-maatregelen.

De ICBR heeft een evaluatie-instrument ontwikkeld dat zowel gebruikt kan worden voor de toetsing van het APH als voor het ORBP. De ICBR-berekeningen hebben tot doel een kwantitatieve uitspraak te doen.

Anders dan in de beoordeling van de effectiviteit van hoogwatermaatregelen in het kader van het APH in het jaar 2005 is er in de onderhavige evaluatie ook rekening gehouden met de gebieden aan de Rijn bovenstrooms van Iffezheim, d.w.z. de Hoogrijn, het Bodenmeer en de Alpenrijn. De weergegeven resultaten in dit rapport hebben betrekking op het niveau van de hoofdstroom van de Rijn als geheel (analyse op grote schaal), zowel wat de invoergegevens, de resolutie als de ruimtelijke referentie betreft, en kunnen worden gebruikt om het effect van overstromingsrisicobeheersmaatregelen in te schatten.

De berekeningen voor de **evaluatie van de ontwikkeling van het overstromingsrisico** op het niveau van de Rijn hebben de volgende resultaten opgeleverd:

Bij de beschouwing van het risico voor de **mens** wordt vastgesteld dat vooral het in veiligheid brengen/evacuëren van door hoogwater getroffen personen een belangrijke rol speelt. Maatregelen zoals het in veiligheid brengen/evacuëren van potentieel getroffen bevolking, bewustmaking, hoogwaterverwachting, waarschuwings- en alarmplannen en de verandering van de kans helpen het overstromingsrisico af te zwakken. Als alle maatregelen worden uitgevoerd, kan in de drie overstromingsszenario's een vermindering van het risico voor de mens worden geconstateerd van ca. 20% à 40% (periode 1995-2005), ca. 70% à 80% (periode 1995-2020) en ca. 70% à 90% (periode 2015-2030). De maatregelen "planologische voorzorg" en "technische bescherming van objecten" hebben daarentegen een relatief kleine invloed op bestaande risico's. Planologische voorzorgsmaatregelen dienen vooral om nieuwe risico's te voorkomen.

De resultaten in verband met **cultureel erfgoed** en **milieu** zijn gebaseerd op nieuwe, experimentele, niet geteste methodes en laten zien dat de schade aan cultureel erfgoed en milieu in alle scenario's en over alle - op basis van het belang dan wel de kwetsbaarheid gedefinieerde - schadeklassen afneemt naarmate de tijd vordert, als gevolg van de uitvoering van maatregelen. Dit geldt ook voor het overstromingsrisico voor cultureel erfgoed en het milieu.

In alle overstromingsszenario's is er sprake van een vermindering van de schade en het risico van ca. 10% voor cultureel erfgoed en ca. 5% voor milieu in de periode 1995-2005, ca. 40% à 70% voor cultureel erfgoed en milieu in de periode 1995-2020 en ca. 50% à 70% voor cultureel erfgoed en milieu in de periode 2015-2030.

Echter, in het bijzonder bij het onderwerp "milieu" dient er te worden gewezen op de beperkte beschikbaarheid van informatie over maatregelen, hetgeen precieze uitspraken bemoeilijkt. Zoals bij de andere beschermingsdoelen is de verandering van de overstromingskansen vanaf 1995, maar vooral vanaf het zichtjaar 2020, bepalend voor de verandering van het risico.

Voor de **economische bedrijvigheid** is aangetoond **dat het APH-actiedoel om het hoogwaterschaderisico voor 2005 met 10% te verminderen, is bereikt en dat de vermindering van 25% voor 2020 ten opzichte van 1995 kan worden gehaald**. Deze bevindingen bevestigen het vroegere onderzoek van de ICBR naar de toestand in 2005 (zie ICBR-rapport 157). Bovendien laten de resultaten voor alle overstromingsszenario's zien dat het risico in de toekomst, d.w.z. in de periode 2015-2030, kan dalen met ca. 20% à 45%.

Uit de berekeningen voor de verschillende zichtjaren blijkt dat de realisatie van maatregelen mettertijd is toegenomen dan wel zal toenemen, wat tot uitdrukking komt in de resultaten. D.w.z. dat de uitvoering van verschillende maatregelen op het gebied van preventie en paraatheid, inclusief hoogwaterverwachtingen, systemen voor vroegtijdige waarschuwing en (voorbereiding van) crisisbeheersing, sinds 1995 ervoor zorgt dat de groei van de schade in het overstromingsgebied naarmate de tijd vordert wordt afgezwakt ten opzichte van de situatie zonder maatregelen. Dit geldt ook voor maatregelen op het gebied van bescherming, zoals bijv. retentiemaatregelen, die bijdragen aan de vermindering van het risico. Vooral retentiemaatregelen aan de hoofdstroom van de Rijn en de Nederlandse maatregelen in het kader van het programma "Ruimte voor de rivier", die sinds 1995 benedenstrooms van Iffezheim zijn uitgevoerd of waarvan de afronding is gepland voor 2020 of 2030, leveren een grote bijdrage aan de reductie van het overstromingsrisico aan de hoofdstroom van de Rijn als gevolg van de verlaging van de waterstanden en de daaruit resulterende verandering van de kans.

Op basis van de criteria **effectiviteit, inspanningen** voor het inwinnen van gegevens en **relevantie** van de bevindingen voor het niveau van de hoofdstroom van de Rijn zijn er enkele belangrijke **indicatoren** aangewezen waarmee het effect en de ontwikkeling van maatregelen voor overstromingsrisicobeheer - in het algemeen - kan worden aangetoond. Hierbij gaat het met name om

- vrijhouden van overstromingsgebieden en vaststelling van bouwvoorschriften (*indicatoren: verandering van de landgebruiksgegevens en bouwvoorschriften/bestemmingsplannen*);
- uitvoering van waterstandverlagende maatregelen (*indicator: verandering van de overstromingskansen*);
- bescherming tegen overstromingen (*indicator: kans/beschermingsniveau en ontwikkeling/verandering in de tijd*);
- bewustmaking van de bevolking, o.a. door het beschikbaar stellen van overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (*indicator: (update)frequentie van voorlichtingscampagnes*);
- hoogwaterverwachting en -waarschuwing (*indicator: verbetering van de hoogwaterverwachting*);
- rampenbeheersing (*indicatoren: bestaan en updatefrequentie van alarm- en hulpverleningsplannen; aantal waarschuwingssystemen, informatie over rampenoefeningen, minimaal en maximaal veiligheidspercentage voor de getroffen personen in een bepaald gebied*).

De ervaring leert dat de bovenstaande indicatoren volstaan voor een effectieve beoordeling van de maatregelen op het niveau van de hoofdstroom van de Rijn.

De ICBR is van plan om het in de periode 2014-2016 ontwikkelde evaluatie-instrument in de toekomst te gebruiken voor de **regelmatige toetsing van het ORBP van het internationaal Rijndistrict** en om de methode verder te ontwikkelen.

De ICBR pleit ervoor **het instrument en de methode waarop het is gebaseerd** niet alleen **voor gebruik beschikbaar te stellen aan alle staten in het Rijnstroomgebied**, maar ook aan regionale en nationale overheden in het Rijnstroomgebied (staten/regio's/deelstaten en kleinere gebieden).

Hetzelfde geldt voor de toepassing van het instrument in **andere internationale en nationale riviercommissies of geïnteresseerde staten**, d.w.z. dat de ICBR het instrument voor gebruik aanbiedt aan andere stroomgebiedsdistricten of riviercommissies, onderzoeksinstellingen, universiteiten, intergouvernementele commissies en niet-gouvernementele organisaties.

Hierbij dient te worden benadrukt dat voor de toepassing van het instrument in andere (deel)stroomgebieden de nodige gegevens voor de berekeningen beschikbaar moeten zijn, die een specifieke voorbewerking dienen te ondergaan voor ze in het instrument kunnen worden gebruikt.

Inleiding

De Rijnsoeverstaten hebben in 1998 in het Actieplan Hoogwater (APH, 1998) als een van de vier doelen vastgelegd om het hoogwaterschaderisico in 2005 met 10% en in 2020 met 25% te verminderen ten opzichte van 1995. Voor het APH heeft de ICBR tot dusver periodiek evaluaties uitgevoerd. Bij de evaluatie van de vermindering van het schaderisico in 2000 en 2005 is een veeleer kwalitatieve methode toegepast (zie ICBR-rapport 157).

Het belangrijkste doel van de in 2007 in werking getreden Richtlijn over overstromingsrisico's (ROR, richtlijn 2007/60/EG) is de vermindering van de negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid. In het kader van de regelmatige toetsing van het [overstromingsrisicobeheerplan van het internationaal stroomgebiedsdistrict Rijn \(ORBP Rijn deel A\)](#) en de implementatie van de ROR in zesjaarlijkse cycli zal er ook een evaluatie worden uitgevoerd. Analoog aan het APH zal de ICBR de ontwikkeling van het overstromingsrisico in de gehele hoofdstroom van de Rijn in de toekomst beoordelen rekening houdend met uitgevoerde ROR-maatregelen.

De ICBR heeft een evaluatie-instrument ontwikkeld dat zowel gebruikt kan worden voor de toetsing van het APH als voor het ORBP Rijn deel A. De ICBR-berekeningen hebben tot doel een kwantitatieve uitspraak te doen.

Het overstromingsrisico is het product van de potentiële schade en de overstromingskans. De ROR maakt een onderscheid tussen de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid. Bij alle vier de beschermingsdoelen staan de directe gevolgen / de directe schade van hoogwatergebeurtenissen¹ centraal.

Voor de bepaling van het overstromingsrisico voor de vier beschermingsdoelen wordt er in de berekeningen gebruik gemaakt van de nationale informatie uit de ROR-overstromingsrisicokaarten die is verzameld voor het niveau van de Rijn (zie [Rijnatlas 2015](#)). Daarnaast wordt er rekening gehouden met theoretische, geplande of uitgevoerde maatregelen zoals ingedeeld in de ROR-categorieën (zie "[Guidance for Reporting under the Floods Directive \(2007/60/EC\)](#)"), waarbij het effect van deze maatregelen op de ontwikkeling van het risico wordt geschat.

Voor de gezondheid van de mens wordt als parameter het aantal mensen gebruikt dat door een hoogwater getroffen wordt.

Voor milieu en cultureel erfgoed wordt een andere werkwijze gekozen, waarbij een indeling gebruikt wordt op basis van de combinatie van waterdiepteklassen en een klasse-indeling voor de kwetsbaarheid van potentieel getroffen beschermde gebieden en het belang van culturele erfgoederen. Dit levert een matrix op waarmee de potentiële schade beoordeeld kan worden.

Voor het bepalen van het risico voor economische bedrijvigheid worden Corine Land Cover (CLC)-landgebruikskaarten en ROR-overstromingsgevaarkaarten (zie [Rijnatlas 2015](#)) gebruikt. Deze kaarten zijn beschikbaar voor de gehele hoofdstroom van de Rijn, echter de afzonderlijke landen gebruiken meestal meer gedetailleerde landgebruiksgegevens die nationaal beschikbaar is. Voor de economische bedrijvigheid wordt een monetair risico bepaald op basis van de overstromingsdiepte bij een bepaalde herhalingstijd en de aanwezige vermogenswaarden.

¹ Vervolgschade, bijvoorbeeld als gevolg van productieonderbrekingen, wordt dus niet ingeschat.

Maatregelen die invloed hebben op het overstromingsrisico kunnen worden onderverdeeld in maatregelen die effect hebben op de overstromingskans² en maatregelen die invloed hebben op de potentiële negatieve gevolgen/schade.

In het kader van de ROR zijn op EU-niveau categorieën met maatregelen opgezet. Die categorieën worden hier gehanteerd met volgende hoofdindeling: "preventie", "bescherming", "paraatheid". De twee categorieën "preventie" en "paraatheid" bevatten maatregelen die voornamelijk de potentiële gevolgen beperken, zoals bijv. niet-structurele initiatieven, bewustmaking, opstellen van verwachtingen, communicatie en crisismanagement. De maatregelen onder "bescherming" hebben vooral invloed op de verandering van de overstromingskans, door bijv. het verlagen van de waterstanden door de aanleg van retentiegebieden, het verleggen van dijken, enz.

Om de voortgang van de realisatie van de voorgenomen maatregelen te kunnen volgen, zijn er zogenaamde "indicatoren" gedefinieerd. Deze indicatoren

- zijn representatief voor grotere groepen maatregelen en
- zijn ook met de beschikbare databases meetbaar.

Per indicator is het verband tussen de realisatiegraad van maatregelen en de gevolgen gedefinieerd, waar mogelijk op basis van gekwantificeerde gegevens, maar ook op basis van expert judgement. Het effect van een maatregel is het resultaat van de combinatie van het maximaal mogelijke effect en de realisatiegraad van de maatregel per zichtjaar en gebied.

Geo-informatiesystemen (GIS) bieden goede mogelijkheden om verschillende soorten informatie en data te combineren en een risicoanalyse uit te voeren. In dit verband heeft de ICBR het consortium HKV Hydrokontor & HKV Lijn in Water de opdracht gegeven om een dergelijk instrument als GIS-applicatie te ontwikkelen.

1. Methode voor de evaluatie van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico

In hoofdstuk 1 worden de methode en de resultaten van de berekeningen voor de zichtjaren 1995, 2005, 2015, 2020 en 2020plus³ (~2030) voorgesteld voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economische bedrijvigheid.

1.1 Rekenmethode

De ICBR heeft een kwantitatieve **methode** ontwikkeld **om het overstromingsrisico en het effect van maatregelen op de vermindering van dit risico te bepalen**. Deze methode is gebruikt om de ontwikkeling van de overstromingsrisico's langs de Rijn in de periode 1995-2015 en tot 2020 te bepalen als onderdeel van de uitvoering van het Actieplan Hoogwater, en om in het kader van het ORBP Rijn deel A een regelmatige toetsing uit te voeren van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico. Als er een vergelijkbare gegevensbasis beschikbaar is, kan de methode ook worden gebruikt in andere (deel)stroomgebieden. De methode is als GIS-applicatie geïmplementeerd.

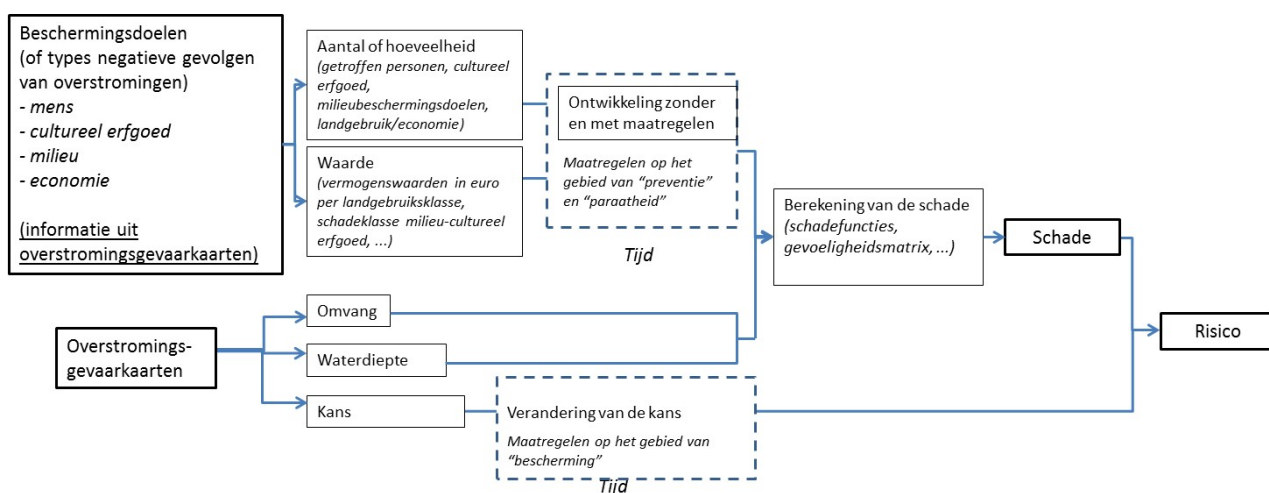
² Voor de bepaling van de (verandering van de) overstromingskans wordt verwezen naar ICBR-rapport 229.

³ APH/ORBP-maatregelen die na 2020 worden uitgevoerd. In het document aangegeven als waterbouwkundige toestand 2030.

De basis voor de methode is de ROR met de overstromingsgevaarkaarten voor gebeurtenissen met een kleine, middelgrote en grote kans op overstromingen en de bijbehorende overstromingsdieptes (navolgend aangeduid als HQextreme, HQmedium en HQhigh) en de verschillende types van maatregelen. Verder wordt er in de berekeningen gebruik gemaakt van de gegevens van de overstromingsrisicokaarten voor de vier beschermingsdoelen (gezondheid van de mens, milieu, cultureel erfgoed, economische bedrijvigheid). Het principe is afgebeeld in figuur 1, waarbij het overstromingsrisico het product is van de potentiële schade en de overstromingskans.

Het HKV-consortium en de ICBR hebben berekeningen uitgevoerd van de schade en het risico voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economische bedrijvigheid in de zichtjaren 1995, 2005, 2015, 2020 en 2030. Hiervoor is het effect van verschillende maatregelen berekend.

Om het effect van maatregelen op de ontwikkeling van het overstromingsrisico voor de verschillende beschermingsdoelen te kwantificeren, zijn er indicatoren gedefinieerd. Deze indicatoren zijn representatief voor een groep van maatregelen en moeten meetbaar zijn. De staten hebben voor verschillende zichtjaren (1995, 2005, 2015, 2020, 2030) gegevens over de realisatie of geplande uitvoering van deze maatregelen/indicatoren verzameld en samengevoegd op het niveau van de ICBR.



Figuur 1: Werkwijze voor de risicoanalyse

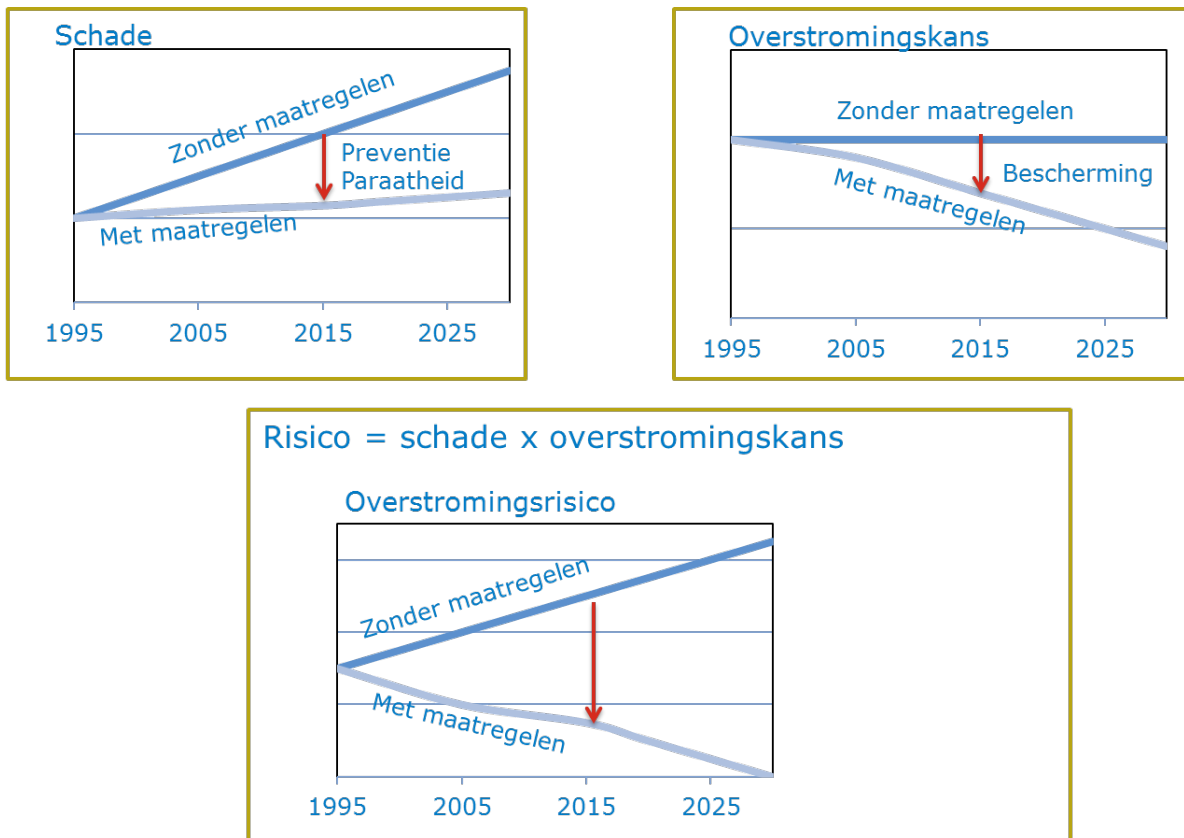
Bij de analyse van het effect van maatregelen op de vermindering van het algemene overstromingsrisico is het belangrijk te onderscheiden tussen het schadepotentieel en de overstromingskans. Het algemene effect van maatregelen op de ontwikkeling van de schade, de overstromingskans en het overstromingsrisico is weergegeven in figuur 2 (en bijlage 1).

Algemeen kan worden gesteld dat niet-structurele initiatieven op het gebied van "preventie" en "paraatheid" zorgen voor een afname van de schade, of anders gezegd: de toename van de schade afzwakken die normaal gesproken in de loop der jaren optreedt. Maatregelen op het gebied van "bescherming" kunnen door de reductie van de omvang van de overstroming als gevolg van waterstanddaling ook een verlagend effect hebben op de schade. Echter, in het onderhavige onderzoek zijn beschermingsmaatregelen alleen meegenomen door middel van de verandering/vermindering van de overstromingskans als gevolg van uitgevoerde of geplande waterstandverlagende maatregelen/retentiemaatregelen (zie hoofdstuk 1.6). Dit beïnvloedt het risico, maar niet de schade. De vermindering van de schade en bijgevolg de vermindering van het overstromingsrisico zijn daarom in dit onderzoek mogelijk onderschat. Het voorgaande kan

worden verklaard doordat alleen de omvang van de overstroming in de situatie 2015 beschikbaar was en niet de omvang van de overstroming in de andere zichtjaren. Hoe de overstromingskans zich in de toekomst zonder maatregelen ontwikkelt, hangt ook af van de invloed van de klimaatverandering. Met mogelijke effecten van de klimaatverandering op de afvoer is in de onderhavige studie geen rekening gehouden.

De combinatie van schade, overstromingskans en maatregelen levert een verandering van het overstromingsrisico op.

Deze beschouwing geldt in principe voor **alle vier de beschermingsdoelen**.



Figuur 2: Definitie van het overstromingsrisico en effect van verschillende maatregelen

De specifieke methode voor de inschatting van het overstromingsrisico en het effect van maatregelen op de ontwikkeling van dit risico, en de gemeenschappelijke gegevensbasis op grote schaal die is gebruikt voor het Rijnstroomgebied kunnen afwijken van de nationale rekenmethodes en -resultaten, die uitgaan van nauwkeurigere databases (bijv. in het kader van de overstromingsrisicobeheerplannen).

De methode berekent weliswaar absolute risico's, maar wat wordt weergegeven zijn betrouwbaardere, relatieve veranderingen.

1.2 Gezondheid van de mens

De methode voor de analyse van het beschermingsdoel “gezondheid van de mens” is weergegeven in figuur 3.

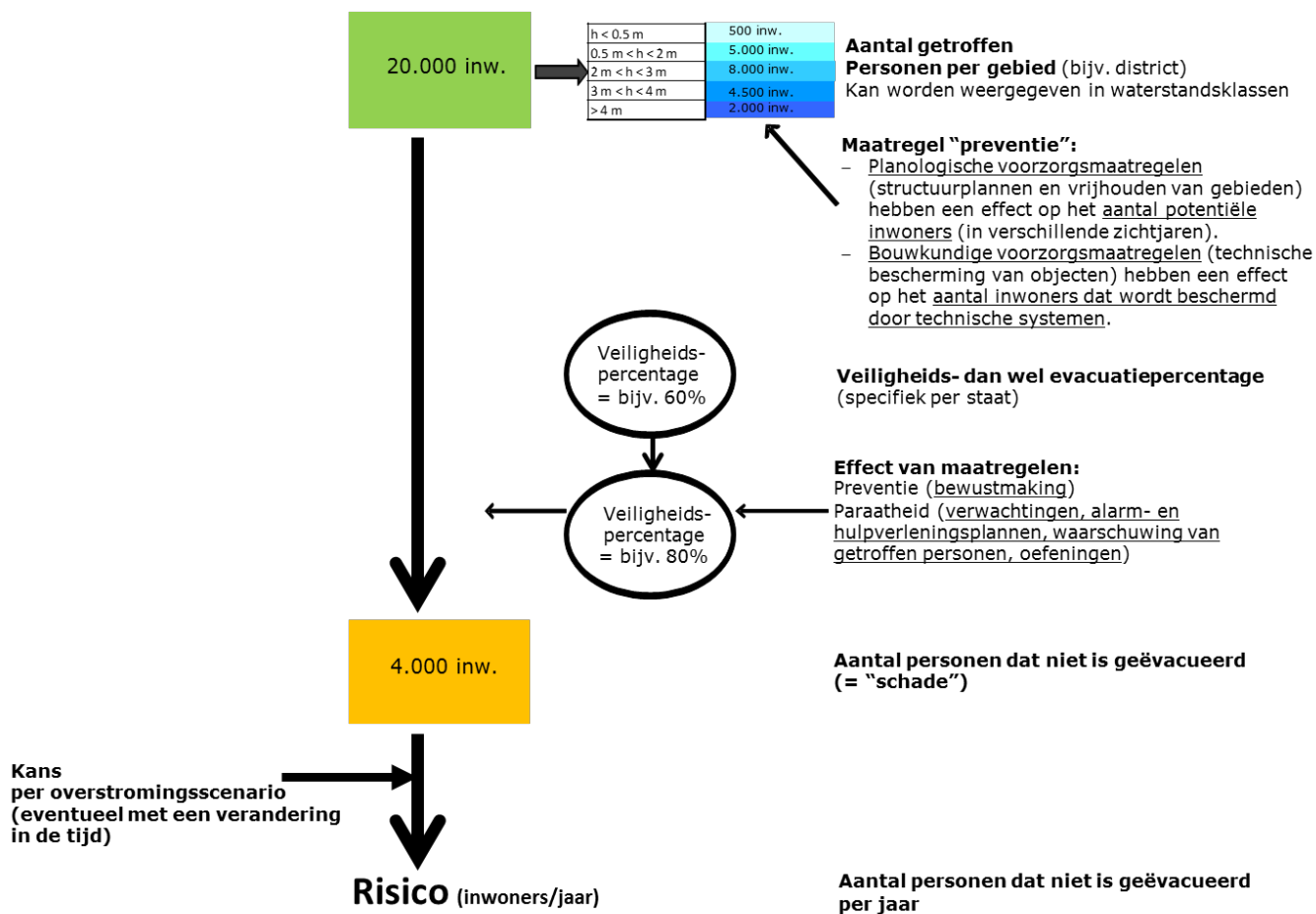
In een eerste stap wordt de getroffen bevolking bepaald per overstromingsscenario en waterdiepteklasse.

De gezondheid van de mens wordt in deze berekeningen gedefinieerd als het aantal potentieel door hoogwater getroffen personen in een ondergelopen gebied. Zodoende kan er ook rekening worden gehouden met maatregelen zoals het vrijhouden van bebouwing of bouwkundige voorzorg, die het aantal getroffen personen in verschillende zichtjaren veranderen.

Uit deze informatie resulteert in een tweede stap het aantal personen per regio dat voorafgaand aan een eventuele overstroming kan worden geëvacueerd (= “veiligheidspercentage”) en bijgevolg niet meer is bedreigd. Dit “veiligheidspercentage” kan worden verbeterd d.m.v. maatregelen zoals bewustmaking, verwachting, waarschuwing en crisisbeheersing.

Het risico wordt als volgt berekend:

Risico mens = aantal getroffen x (1 – veiligheidspercentage) x kans [aantal / jaar]



Figuur 3: Analyse van het overstromingsrisico en effect van maatregelen op de “gezondheid van de mens”

1.3 Milieu

Het uitgangspunt van deze nieuwe methode voor de beoordeling van door overstroming teweeggebrachte risico's voor het milieu⁴ is dat niet de overstroming zelf, maar wel het hierdoor veroorzaakte onderlopen van bedrijven en installaties schade berokkent aan oppervlaktewaterlichamen die in een goede of zeer goede ecologische toestand verkeren en aan beschermde gebieden conform KRW⁵. Negatieve gevolgen zijn verontreinigingen van wateren en ondergelopen gebieden als gevolg van het overstromen van potentieel vervuilende installaties (IPPC-installaties⁶, SEVESO-bedrijven⁷ en rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's)). Met mogelijke schade door directe effecten van overstromingen op het milieu is in het onderzoek geen rekening gehouden.

De beoordeling van de schade aan het milieu vindt plaats in twee stappen (zie figuur 4):

- In de eerste stap wordt het verontreinigingspotentieel van een installatie gecombineerd met de waterdiepte. Het grootste verontreinigingspotentieel met de grootste waterdiepte vormt de grootste bedreiging. De bedreiging wordt bepaald per installatie en overstromingsscenario, en uitgedrukt door middel van een kwalitatieve schaal (1 t/m 5).
- In de tweede stap wordt deze bedreiging gecombineerd met het ecologische belang van een beschermd gebied.

Deze beoordeling resulteert in drie schadeklassen ("laag", "gemiddeld" en "hoog") en in een index per beschermd gebied. Voor de onderhavige studie zijn de schade-indices per overstromingsscenario en zichtjaar bij elkaar opgeteld (= opgetelde schade-index). Door deze opgetelde schade-index te vermenigvuldigen met de overstromingskans wordt het risico verkregen (= opgetelde schade-index per jaar).

Bij het beschermingsdoel milieu wordt er gekeken naar de maatregelen "technische bescherming van objecten" en "aan hoogwater aangepaste opslag van watergevaarlijke stoffen" (zie bijlage).

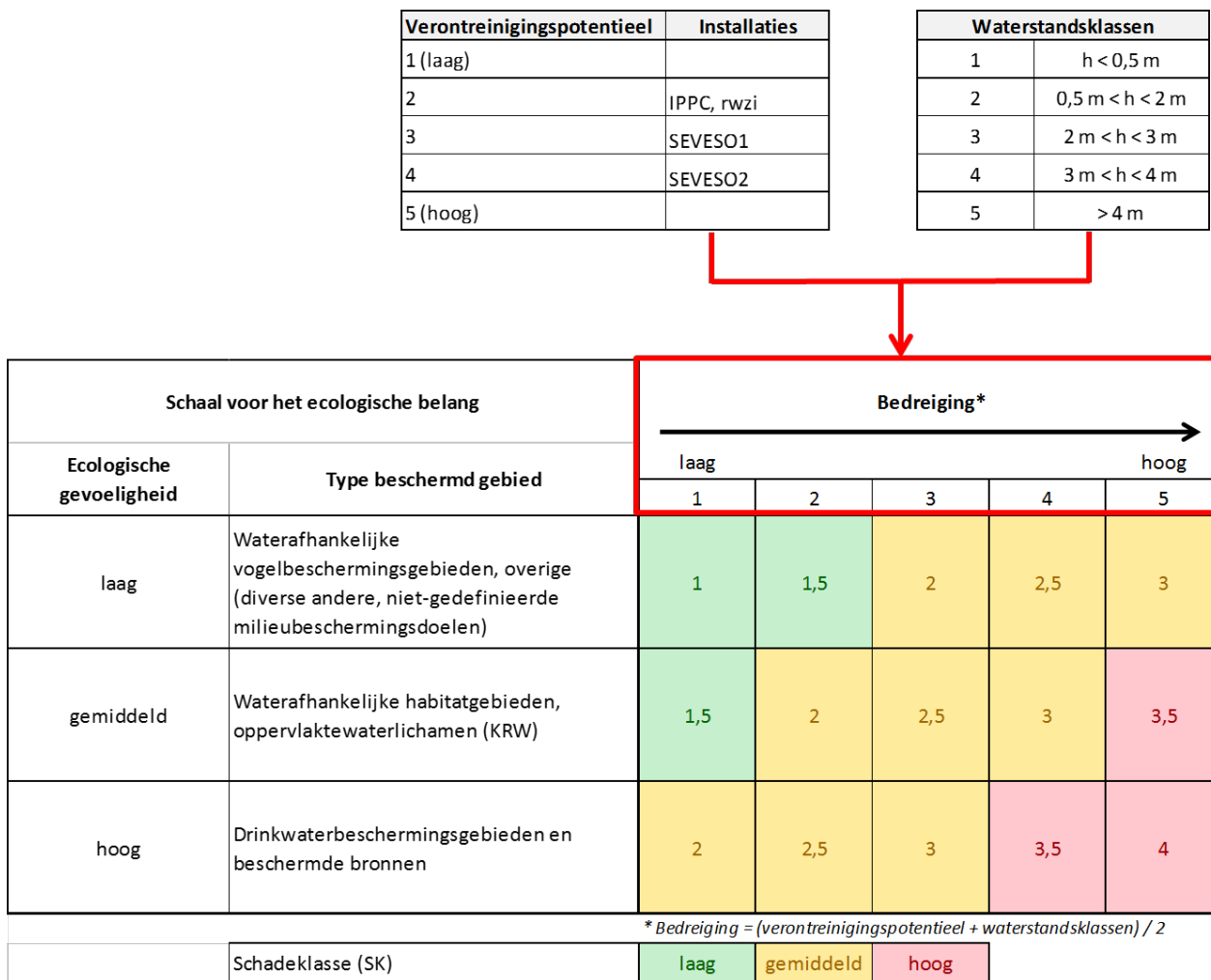
Hoe beter een installatie is beschermd tegen overstromingen, hoe kleiner de potentieel getroffen zone benedenstrooms en hoe kleiner het gevaar dat een drinkwateronttrekkings- en/of natuurbeschermingsgebied is getroffen.

⁴ Deze vereenvoudigde werkwijze voor de inschatting van het overstromingsrisico op grote schaal wijkt deels duidelijk af van de analyses van het overstromingsrisico die voor dezelfde installaties zijn uitgevoerd in het kader van de overstromingsrisicobeheerplannen.

⁵ Bijlage IV, nummer 1, sub i en v van richtlijn 2000/60/EG: drinkwaterbeschermingsgebieden en beschermde bronnen, waterafhankelijke habitatgebieden, waterafhankelijke vogelbeschermingsgebieden

⁶ Installaties overeenkomstig richtlijn 96/61/EG inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC-richtlijn; inmiddels vervangen door richtlijn 2010/75/EU inzake industriële emissies, kortweg RIE genoemd). Bij de toekomstige, verdere ontwikkeling van het instrument zouden er RIE-installaties moeten worden bekeken.

⁷ Bedrijven overeenkomstig richtlijn 96/82/EG betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken (ook wel Seveso II-richtlijn genoemd). Deze richtlijn is per 1 juni 2015 vervangen door richtlijn 2012/18/EG (Seveso III-richtlijn).



Figuur 4: Methode voor de beoordeling van de schade aan het milieu

1.4 Cultureel erfgoed

Schade aan cultureel erfgoed kan kwantitatief worden geschat op basis van een combinatie van het belang van het cultureel erfgoed⁸ (verschilt per type cultureel erfgoed: UNESCO-werelderfgoed, locaties van historisch belang, monumenten) en de waterdiepte. Met de hier ontwikkelde matrix kan een relatieve, maar geen monetaire beoordeling worden gegeven.

Als informatie over het gedefinieerde belang / de gedefinieerde waarde van cultureel erfgoed wordt gecombineerd met de waterdieptes ontstaat er een specifieke matrix voor de beoordeling van de schade aan cultureel erfgoed (zie tabel 1). Terwijl een beperkt cultureel belang gecombineerd met waterstanden onder 2 m weinig schade oplevert aan cultureel erfgoed, is de schade bij hogere waterstanden vanaf 2 m gemiddeld of hoog.

De matrixbeoordeling levert voor elk cultureel object een schade-index op, die wordt ingedeeld bij één van de drie schadeklassen ("laag", "gemiddeld" en "hoog"). Voor de onderhavige studie zijn alle schade-indices van een object over alle schadeklassen bij elkaar opgeteld (= opgetelde schade-index). Door deze over alle schadeklassen opgetelde, gemiddelde schade-

⁸ Aangezien er in het onderhavige project wordt gewerkt met een geaggregeerde gegevensbasis voor de inschatting van het overstromingsrisico op grote schaal, is de methode vereenvoudigd. De selectie van culturele erfgoederen en de classificatie van hun "belang" wijkt daarom deels aanzienlijk af van de werkwijze die wordt gevolgd in de overstromingsrisicobeheerplannen.

index te vermenigvuldigen met de overstromingskans wordt het risico verkregen (= opgetelde, gemiddelde schade-index per jaar).

De maatregelen die hierop effect hebben, zijn dezelfde als bij het beschermingsdoel "economische bedrijvigheid" (zie hoofdstuk 1.5), wat gedetailleerd wordt uitgelegd in de bijlage.

Tabel 1: Matrix voor de beoordeling van de schade aan cultureel erfgoed

Schaal voor het culturele belang	Schaal voor het fysische effect (waterstand)				
	1 h < 0,5 m	2 0,5 m < h < 2 m	3 2 m < h < 3 m	4 3 m < h < 4 m	5 > 4 m
1 lokaal belang (historische monumenten, overige)	1	1,5	2	2,5	3
2 nationaal belang (beschermd gebied / beschermde zone in steden)	1,5	2	2,5	3	3,5
3 internationaal belang (UNESCO-werelderfgoed)	2	2,5	3	3,5	4

Schadeklasse (SK)	laag	gemiddeld	hoog
-------------------	------	-----------	------

1.5 Economische bedrijvigheid

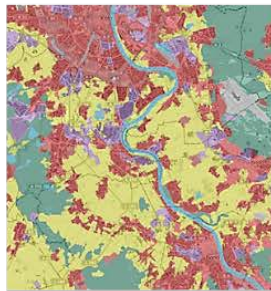
De potentiële economische schade wordt aan de hand van landgebruikskaarten (in dit geval Corine Land Cover-kaarten = CLC2006) en de drie waterdieptekaarten voor de drie overstromingsscenario's berekend met behulp van schadefuncties "waterdiepte-schade"⁹ en vermogenswaarden (uit de ICBR-Rijnatlas 2001) voor de categorieën verstedelijkt gebied, industrie, verkeer, land- en bosbouw.

Vermogenswaarden worden op basis van de economische groei dan wel de consumentenprijsindex (in de tijd) aangepast aan de daadwerkelijke situatie/periode. Vermenigvuldiging van de schade met de overstromingskans, die ook kan veranderen als gevolg van de uitvoering van verdere waterstandverlagende maatregelen (zie hoofdstuk 1.6), resulteert in het risico (zie figuur 5).

Er wordt geen rekening gehouden met indirecte economische schade als gevolg van productieverlies in getroffen bedrijven of als gevolg van de onderbreking van de toeleveringsketen. In bijvoorbeeld de autosector kan deze schade soms vele malen groter zijn dan de directe potentiële schade. In het kader van de onderhavige analyse van het overstromingsrisico op grote schaal waren geen gedetailleerdere gegevens beschikbaar die nodig zouden zijn geweest om met de hier toegepaste fundamentele werkwijze de indirecte economische schade op kleinschaliger niveau te berekenen.

⁹ Met de stroomsnelheid wordt in deze grootschalige beschouwing geen rekening gehouden.

Landgebruik (bijv. Corine Land Cover)



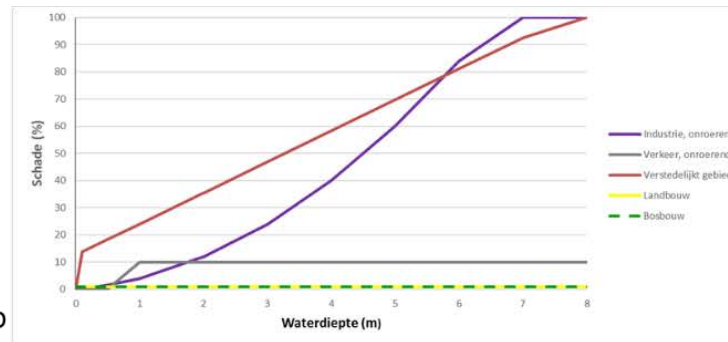
CLC-/landgebruikscategorieën
Verstedelijkt gebied
Industrie
Verkeer
Landbouw
Bosbouw
Overige

Overstromingsgevaarkaart (bijv. Rijnatlas 2015)



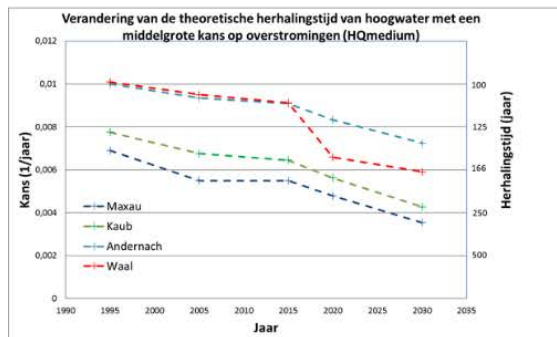
3 scenario's met overeenkomstige overstromingsdieptes:
 HQhigh,
 HQmedium,
 HQextreme

Schadefuncties (bijv. Rijnatlas 2001)



Vermogenswaarden per landgebruikscategorie (hier geaggregeerde CLC-klasse: verstedelijkt gebied, industrie, verkeer, landbouw, bosbouw)

Kans per overstromingsscenario (eventueel met een verandering in de tijd)



Schade (€)

Risico (€/jaar)

Figuur 5: Werkwijze voor de analyse van het overstromingsrisico voor de economische bedrijvigheid

1.6 Verandering van de overstromingskans als gevolg van hoogwaterverlagende maatregelen

Alleen technische beschermingsmaatregelen hebben een effect op de ontwikkeling van het risico, doordat ze de overstromingskans veranderen.

In de onderhavige analyse is bij de berekening van de verandering van de kansen rekening gehouden met de reeds uitgevoerde of nog uit te voeren maatregelen ter bescherming tegen overstromingen in het kader van het APH tot 2015 en in het kader van de implementatie van de ROR.

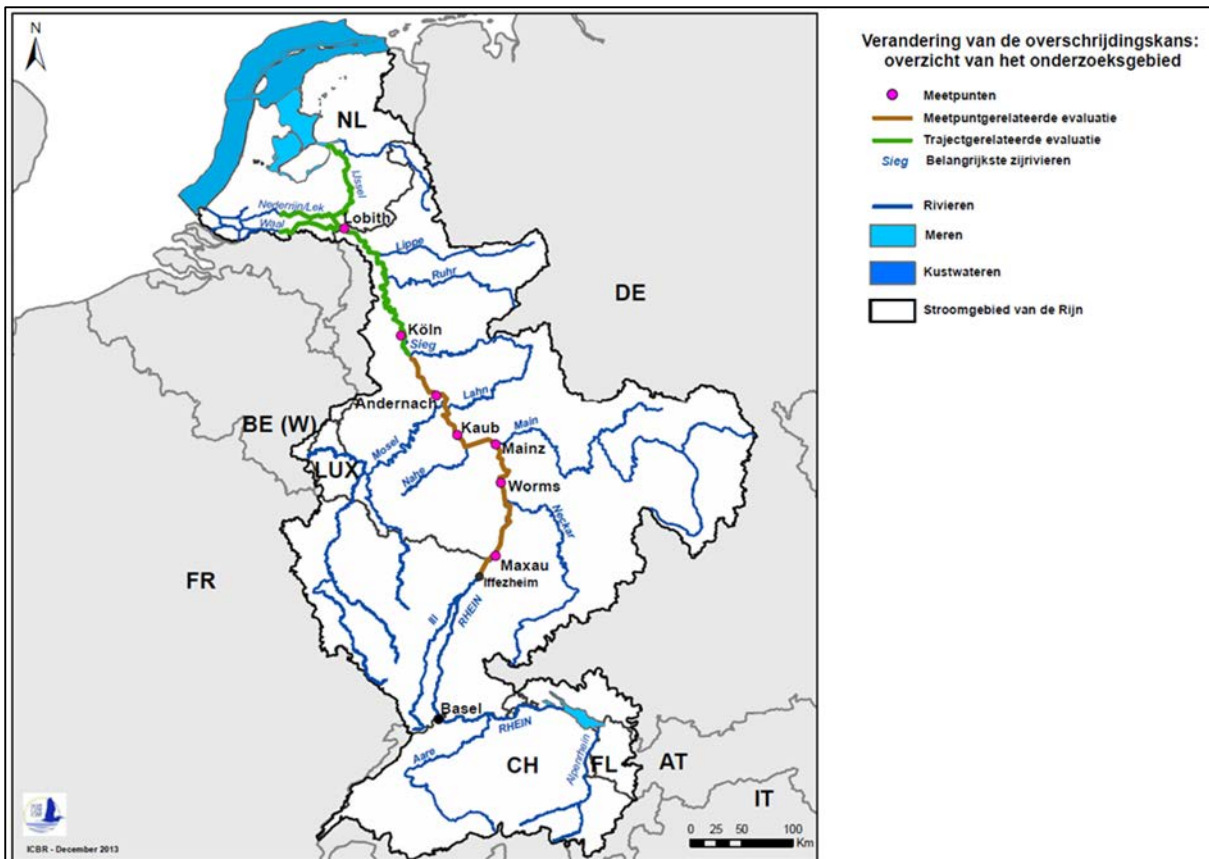
De ICBR heeft de effectiviteit van uitgevoerde en geplande hoogwater-/waterstandverlagende maatregelen aan de Rijn geëvalueerd (retentiemaatregelen, maatregelen in het Nederlandse programma "Ruimte voor de rivier", zie ICBR-rapport 199) en vervolgens een methode ontwikkeld om de verandering van de overstromingskans in te schatten (zie ICBR-rapport 229).

Hierbij moet worden benadrukt dat de waterstandverlagende maatregelen waarmee rekening is gehouden betrekking hebben op het Rijntraject benedenstrooms van Bazel, d.w.z. dat de verandering van de kans is berekend van het meetpunt Maxau tot en met de Nederlandse Rijntakken. In de analyse is geen rekening gehouden met maatregelen bovenstrooms van Bazel, die de kansen beïnvloeden. Er is aangenomen dat de toenmalige toestand van de dijken voldeed aan de nationale normering. In de berekeningen van de kansen conform ICBR-rapport 229 is daarom geen rekening gehouden met de werkelijke toestand van de dijken en dus de latere verbeteringen (zoals bijv. in het kader van het Nederlandse Deltaplan Grote Rivieren - DGR).

De uitkomst van de inschatting van de verandering van de overstromingskans zijn gewijzigde herhalingstijden voor hoogwater met een grote, middelgrote en kleine kans op overstromingen (HQhigh, HQmedium, HQextreme) in de zichtjaren dan wel waterbouwkundige toestanden 1995, 2005, 2010¹⁰, 2020 en 2030 (zie gedetailleerde waarden en informatie in ICBR-rapport 229). Deze kansen zijn als invoergegevens gebruikt voor de onderhavige berekening van het risico met het instrument (zie figuren 7 t/m 9).

In het algemeen laten de resultaten zien dat verlagingen van het waterpeil als gevolg van verschillende waterstandverlagende maatregelen aan de Rijn ook leiden tot een daling van de overstromingskans, wat omgekeerd betekent dat de herhalingstijd toeneemt.

¹⁰ In de onderhavige berekeningen van het risico is er voor het zichtjaar 2015 gebruik gemaakt van de toestand 2010.

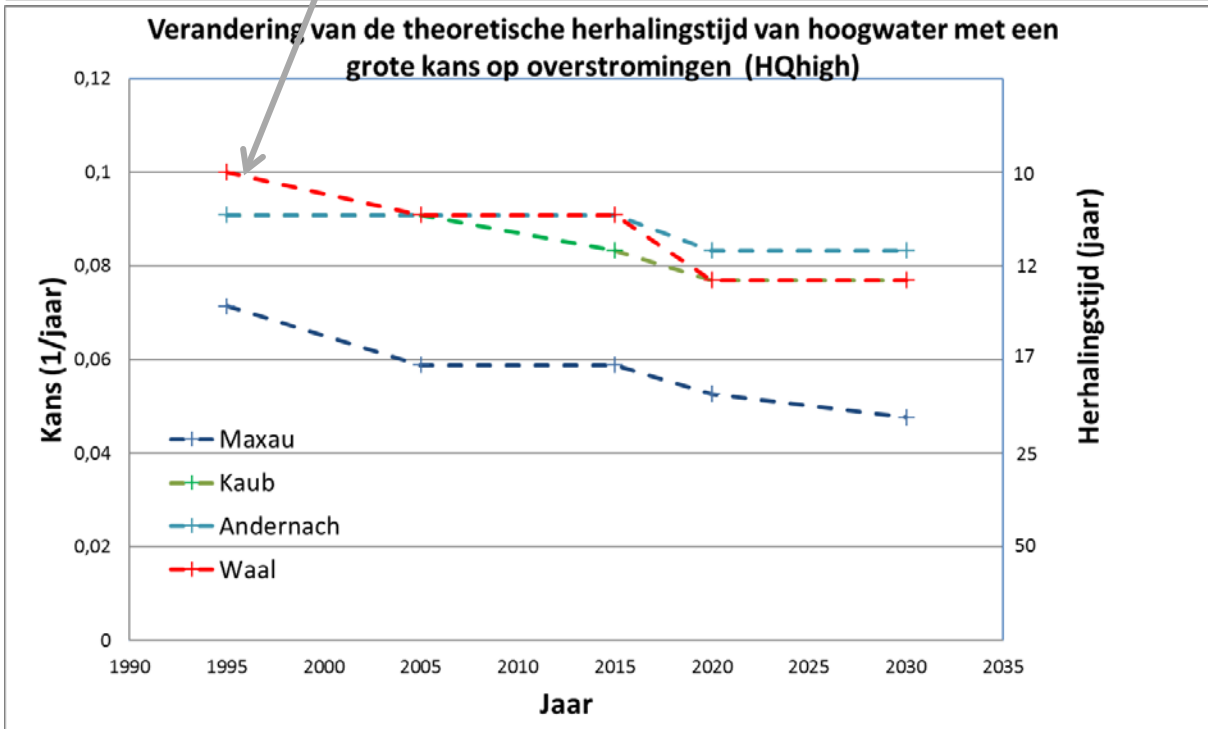


Figuur 6: Overzicht van de meetpunten in het kader van de evaluatie van de verandering van de kans

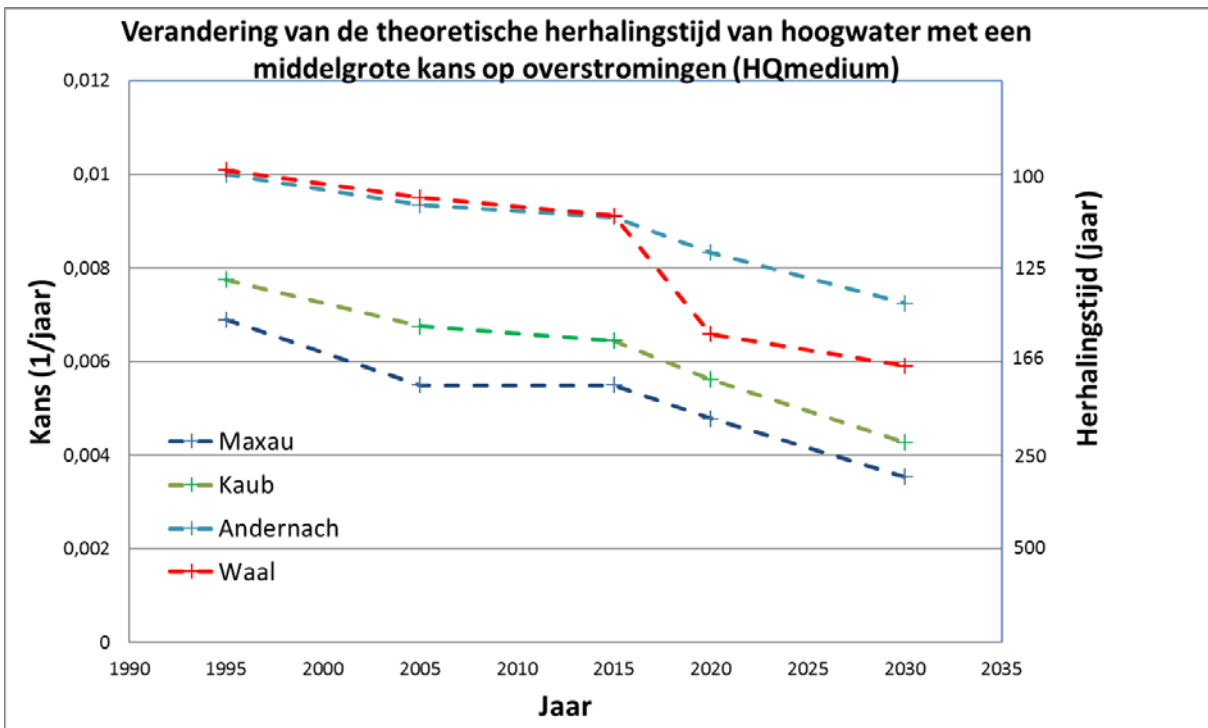
In de volgende drie figuren zijn voor vier geselecteerde meetpunten (zie kaart in figuur 6: drie meetpunten in Duitsland en één aan de Nederlandse Rijntak de Waal) telkens de kansen (linker y-as) en de herhalingstijden (rechter y-as) in verschillende jaren afgebeeld voor de scenario's HQhigh, HQmedium en HQextreme (respectievelijk figuur 7, 8 en 9).

De waterstanddaling die is of nog zal worden bereikt dankzij retentiemaatregelen en maatregelen om de rivier meer ruimte te geven, heeft tot gevolg dat de kans dat een overstroming zich voordoet kleiner wordt, waardoor ook het overstromingsrisico verder daalt.

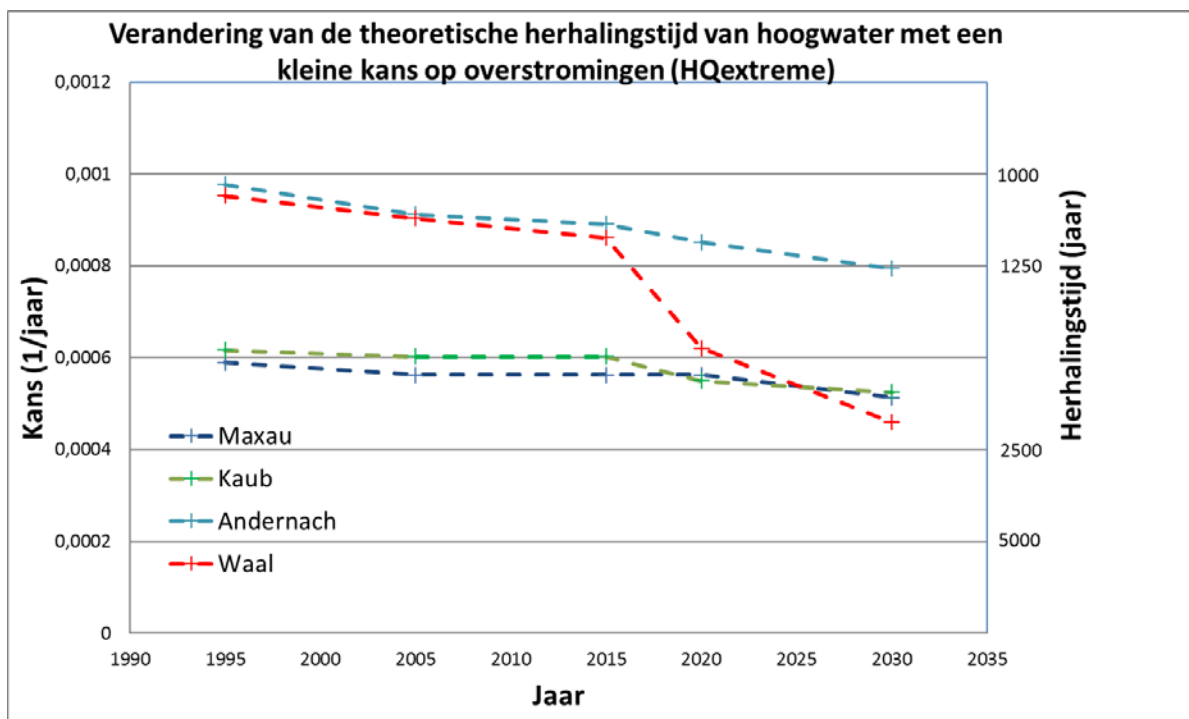
Leesvoorbeeld figuur 7: De rode stippellijn (Waal) laat een verandering in de herhalingstijd van HQhigh-gebeurtenissen zien: een gebeurtenis die in 1995 om de 10 jaar voorkomt, doet zich in 2030 om de 12 jaar voor, d.w.z. dat HQhigh-gebeurtenissen zeldzamer worden door de verlaging van de overstromingskans.



Figuur 7: Verandering van de kans (linker y-as) en de herhalingstijd (rechter y-as) van het HQhigh-scenario in verschillende jaren en op vier verschillende meetpunten (Rijn/Waal)



Figuur 8: Verandering van de kans (linker y-as) en de herhalingstijd (rechter y-as) van het HQmedium-scenario in verschillende jaren en op vier verschillende meetpunten (Rijn/Waal)



Figuur 9: Verandering van de kans (linker y-as) en de herhalingstijd (rechter y-as) van het HQextreme-scenario in verschillende jaren en op vier verschillende meetpunten (Rijn/Waal)

2. Resultaten van de evaluatie

In hoofdstuk 2 worden de resultaten van de berekeningen voor de zichtjaren 1995, 2005, 2015, 2020 en 2030 beoordeeld voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economie. De resultaten worden voorgesteld met betrekking tot i) het doelbereik voor actiedoel 1 van het APH (= verlaging van het schaderisico met 10% voor 2005 en 25% voor 2020 ten opzichte van 1995¹¹) en ii) het doel van de vermindering van de negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid in het kader van de implementatie van de ROR.

2.1 Algemeen

In de hoofdstukken 2.2 t/m 2.4 wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste aspecten en conclusies uit de evaluatie van de rekenresultaten voor de vier beschermingsdoelen op het niveau van de hoofdstroom van de Rijn als geheel.

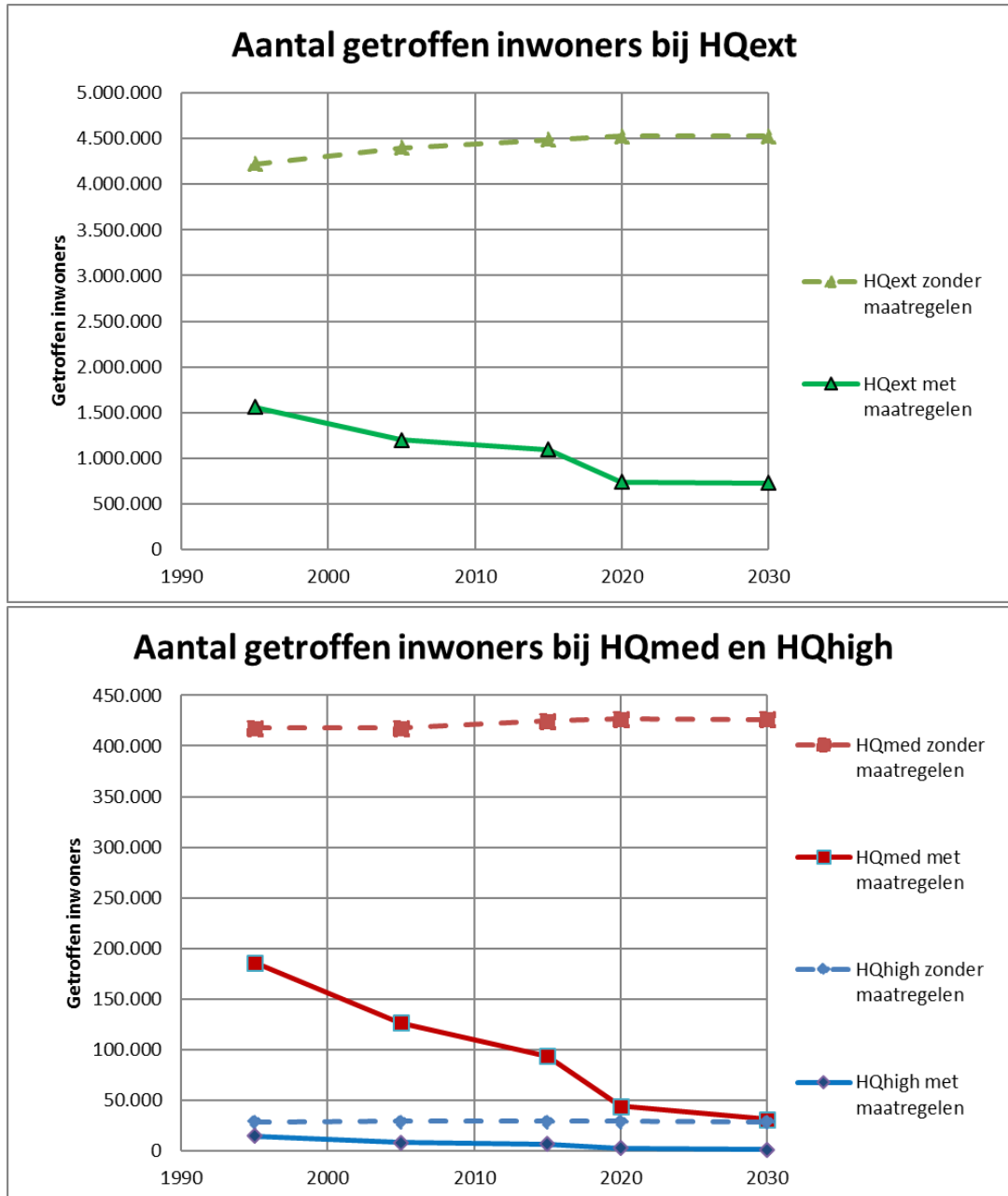
Algemeen kan worden gesteld dat de combinatie van maatregelen die zijn gericht op de vermindering van de schade, en maatregelen die de waterstand verlagen en daardoor de kans veranderen mettertijd leidt tot een verlaging van het risico voor de vier beschermingsdoelen.

De ICBR-methodiek voor de gezondheid van de mens, het milieu en het cultureel erfgoed is deels experimenteel en kan afwijken van nationale onderzoeksresultaten. Er worden weliswaar absolute risico's berekend voor de vier beschermingsdoelen, maar relatieve veranderingen worden betrouwbaarder geacht.

¹¹ Aanname voor de toestand 1995: geen maatregelen

2.2 Gezondheid van de mens (potentieel getroffen personen)

Als er geen maatregelen worden genomen, vertoont de bevolking (= potentieel door overstroming getroffen personen) de gehele bekeken periode (1995-2030) een stijging dan wel stagnatie (zie figuur 10). De meeste getroffen personen zijn er bij extreem hoogwater, omdat het overstromingsgebied in dit scenario het grootst is.



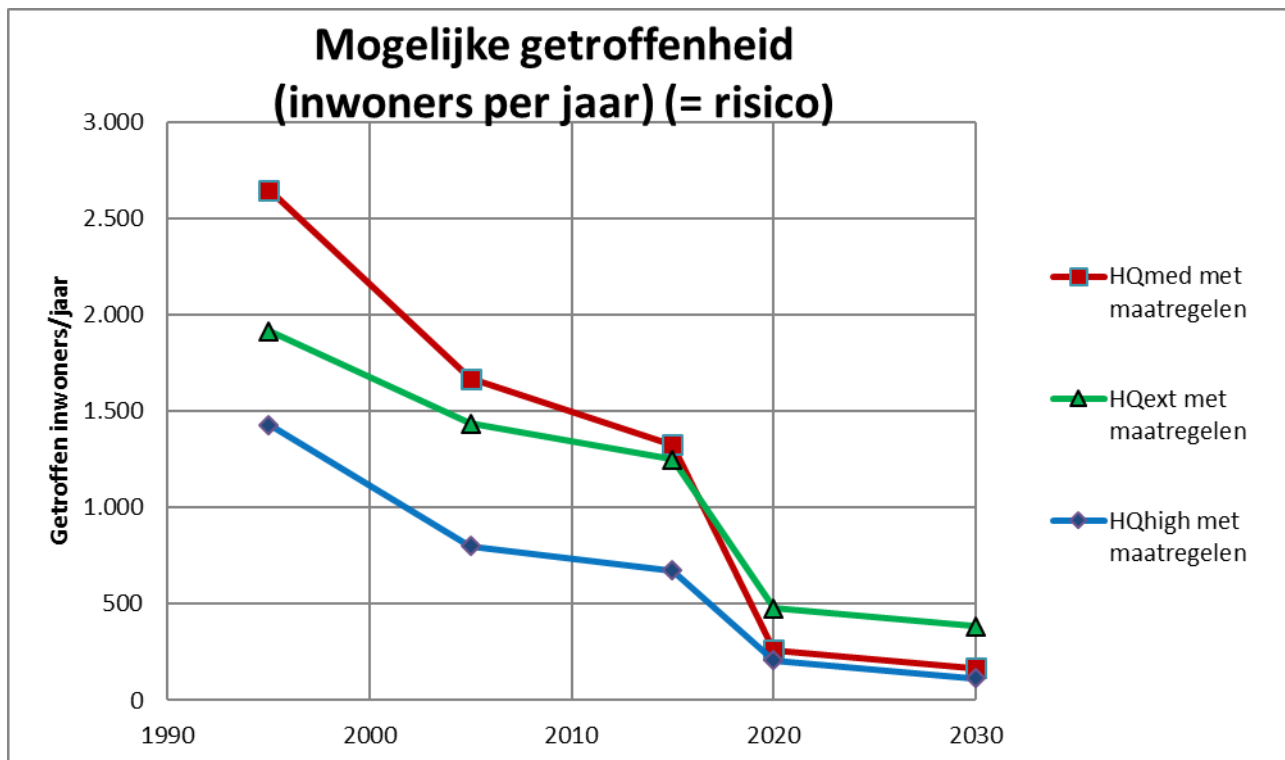
Figuur 10: Ontwikkeling van het aantal personen dat wordt getroffen door overstromingen

Het risico daalt in de bekeken periode voornamelijk als gevolg van veiligheidsmaatregelen, zoals evacuatie, en als gevolg van de verandering van de kans door de uitvoering van waterstandverlagende maatregelen. Het grootste risico voor de gezondheid van de mens (= aantal potentieel getroffen personen) bestaat volgens de berekeningen bij HQmedium en HQextreme (zie figuur 11 en tabel 2).

Maatregelen als “planologische voorzorg” en “technische bescherming van objecten” hebben een relatief kleine invloed op het aantal getroffen personen vóór de uitvoering van veiligheidsmaatregelen (d.w.z. voordat mensen zijn geëvacueerd of in veiligheid gebracht).

Tabel 2: Ontwikkeling van het risico

	Relatieve verandering van het risico sinds 1995 (%)				Relatieve verandering van het risico sinds 2015 (%)	
	1995-2005	1995-2015	1995-2020	1995-2030	2015-2020	2015-2030
HQhigh	-45	-50	-85	-90	-70	-80
HQmed	-35	-50	-90	-95	-80	-85
HQext	-25	-35	-75	-80	-60	-70



Figuur 11: Mogelijke getroffenheid rekening houdend met alle maatregelen (getroffen personen/jaar) (= risico)

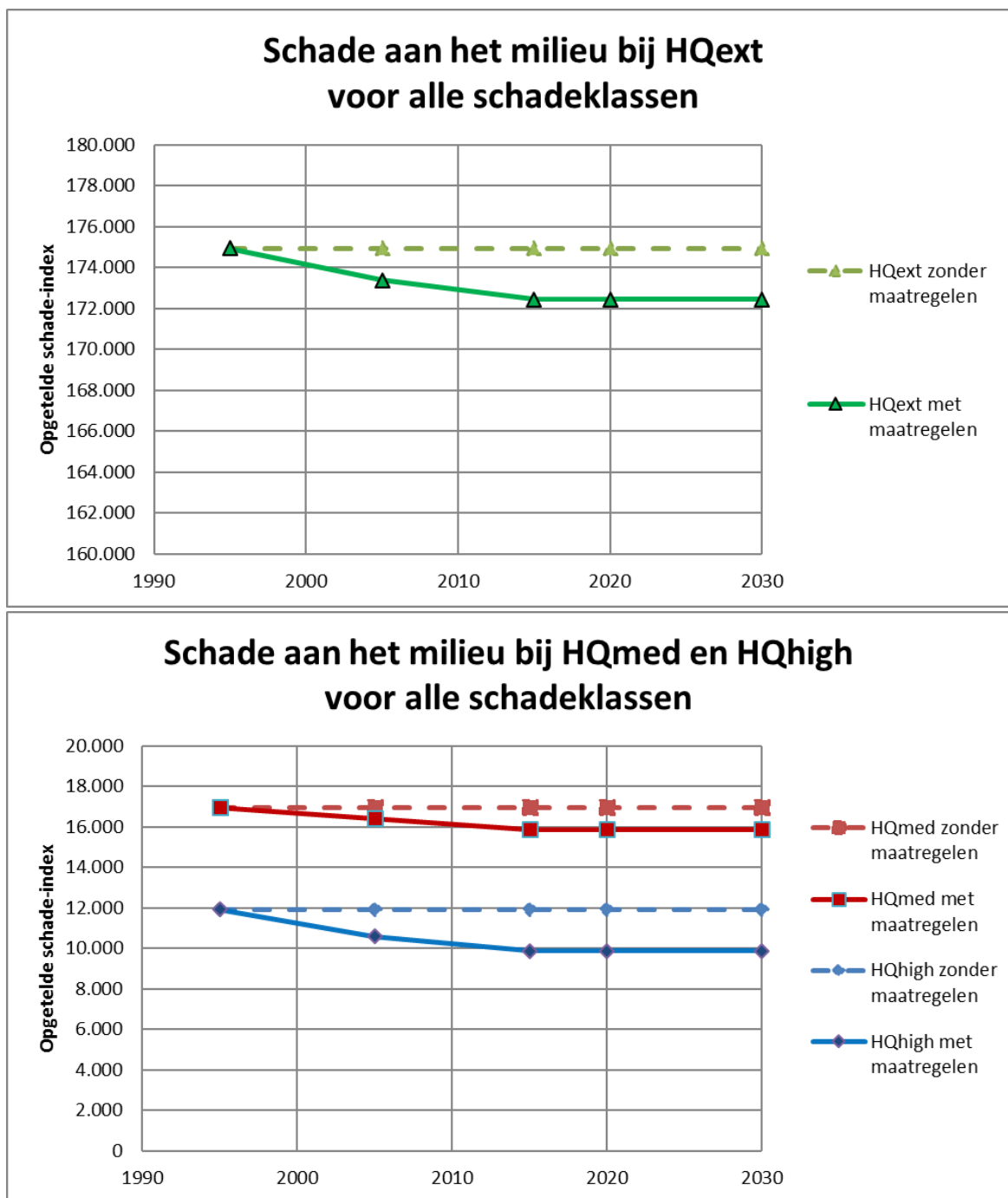
2.3 Milieu

Voor het milieu kan worden geconstateerd dat de opgetelde schade-index¹² (rekening houdend met maatregelen¹³) enigszins daalt dan wel stagneert in de bekeken periode (1995-2030). De grootste schade wordt vastgesteld bij extreem hoogwater. Verder geldt: hoe extremer de hoogwatergebeurtenis, hoe groter het oppervlak van getroffen watergerelateerde beschermde gebieden (*niet afgebeeld*).

In de periode 1995-2015 kan in de drie overstromingsscenario's een vermindering van de totale schade aan het milieu worden bereikt door de uitvoering van maatregelen (“technische bescherming van objecten” bij industriële en rioolwaterzuiveringsinstallaties en “aan hoogwater aangepaste opslag van watergevaarlijke stoffen” bij industriële installaties en huishoudens). De daling van de schade zet niet door na 2015, omdat de maatregelen in de zichtjaren 2020 en 2030 onveranderd blijven (zie figuur 12).

¹² Opgetelde schade-index: totale milieuschade over alle schadeklassen

¹³ NB: De berekende potentiële milieuschade zonder maatregelen is in alle vijf de zichtjaren identiek, omdat de invoergegevens hetzelfde zijn.

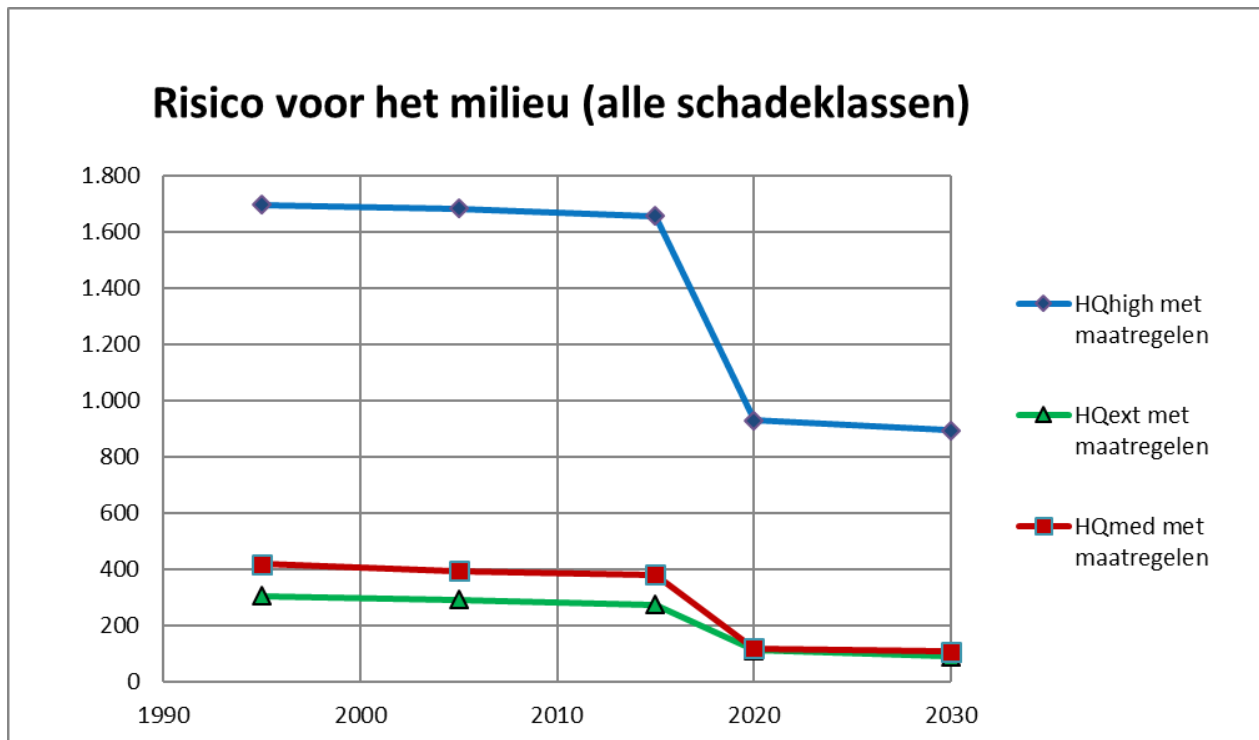


Figuur 12: Ontwikkeling van de potentiële schade aan het milieu (opgetelde schade-index)

Het overstromingsrisico vertoont over de gehele bekeken periode (1995-2030) een algemene verandering, maar de reductie als gevolg van de veranderde kansen is het duidelijkst tussen 2015 en 2020/2030. Het risico is het grootst voor HQhigh (zie figuur 13 en tabel 3). Zoals bij alle beschermingsdoelen is de verandering van de overstromingskans, vooral vanaf 2020 benedenstrooms van Iffezheim, bepalend voor de verandering van het risico.

Tabel 3: Ontwikkeling van het risico

	Relatieve verandering van het risico sinds 1995 (%)				Relatieve verandering van het risico sinds 2015 (%)	
	1995-2005	1995-2015	1995-2020	1995-2030	2015-2020	2015-2030
HQhigh	< -5	< -5	-45	-45	-45	-45
HQmed	-5	-10	-70	-75	-70	-75
HQext	-5	-10	-65	-70	-60	-70



Figuur 13: Ontwikkeling van het risico rekening houdend met alle maatregelen (opgetelde schade-index per jaar over alle schadeklassen) (Y-as)

2.4 Cultureel erfgoed

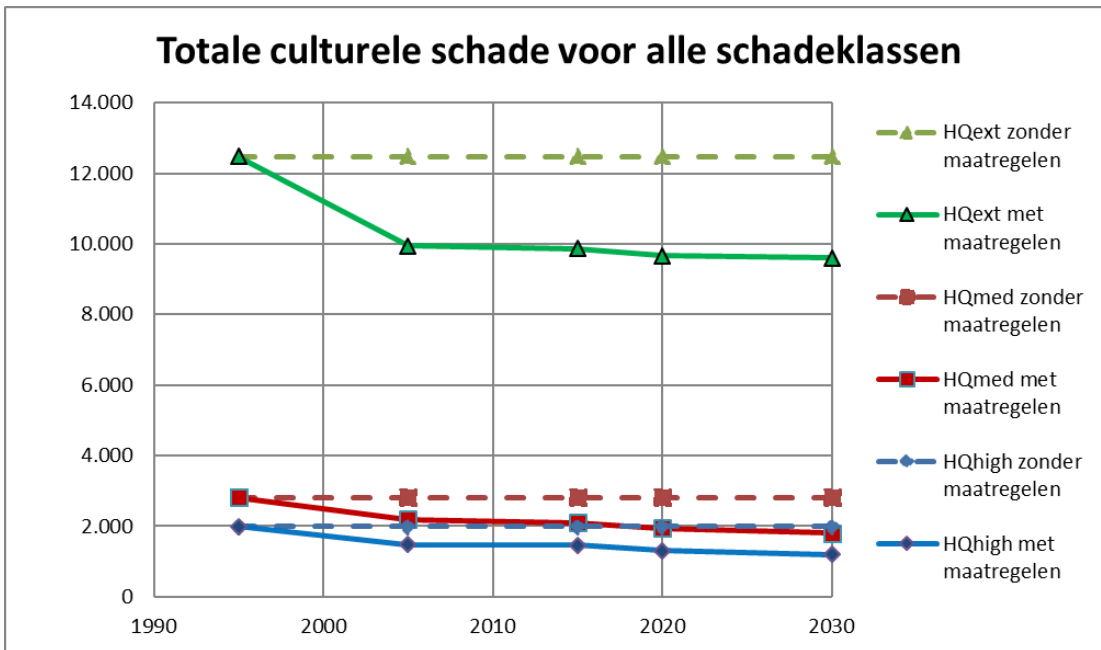
Bij cultureel erfgoed kan aan de hand van de berekeningen worden geconstateerd dat de opgetelde schade-index¹⁴ (rekening houdend met maatregelen¹⁵) in de periode 1995-2005 een reductie en in de periode 2005-2030 een (zeer) kleine reductie vertoont. De grootste schade wordt aangericht bij extreem hoogwater (zie figuur 14).

In alle scenario's leidt de uitvoering van maatregelen mettertijd tot een duidelijke daling van het risico, d.w.z. meer dan 50% in 2030 (hier wordt de grootste schade aangericht bij HQhigh, zie figuur 15 en tabel 4).

Het aantal of het oppervlak (*niet afgebeeld*) van de getroffen beschermingsdoelen neemt toe naarmate de overstromingskans afneemt, d.w.z. naarmate de hoogwatergebeurtenissen groter worden; en - zoals bij de andere beschermingsdoelen - is de verandering van de overstromingskansen (vooral vanaf het zichtjaar 2020) benedenstrooms van Iffezheim bepalend voor de verandering van het risico.

¹⁴ Opgetelde schade-index: totale schade aan cultureel erfgoed over alle schadeklassen

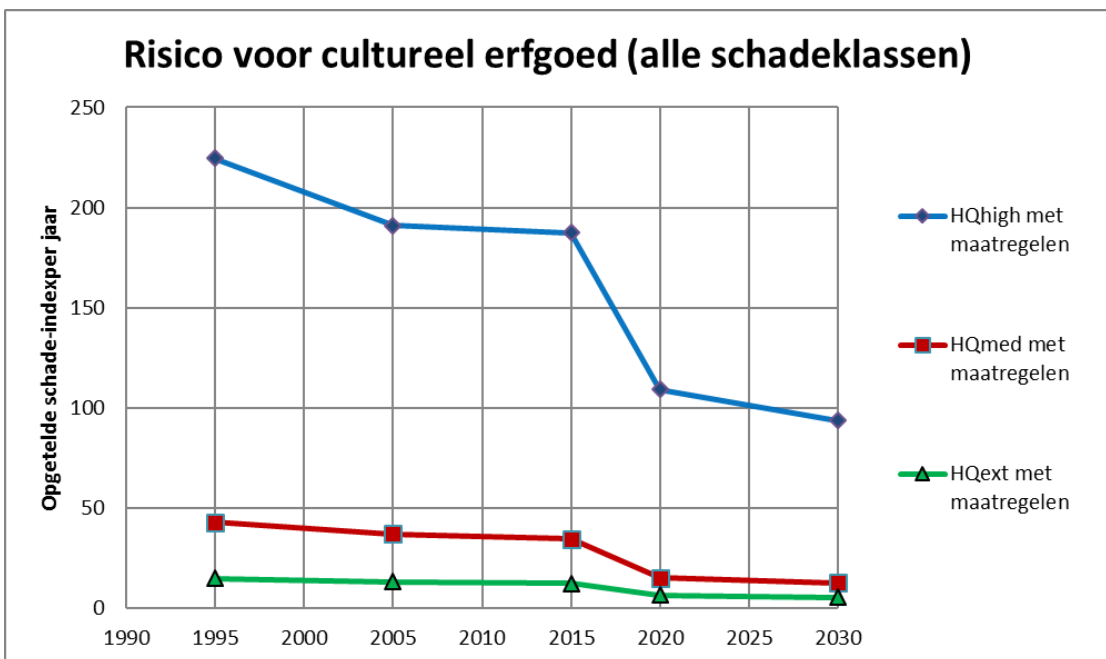
¹⁵ NB: De berekende potentiële culturele schade zonder maatregelen is in alle vijf de zichtjaren identiek, omdat de invoergegevens hetzelfde zijn.



Figuur 14: Ontwikkeling van de potentiële schade aan cultureel erfgoed (opgetelde schade-index) (Y-as)

Tabel 4: Ontwikkeling van het risico

	Relatieve verandering van het risico sinds 1995 (%)				Relatieve verandering van het risico sinds 2015 (%)	
	1995-2005	1995-2015	1995-2020	1995-2030	2015-2020	2015-2030
HQhigh	-15	-15	-50	-60	-40	-50
HQmed	-15	-20	-65	-70	-55	-65
HQext	-10	-15	-55	-65	-50	-55



Figuur 15: Ontwikkeling van het risico rekening houdend met alle maatregelen (opgetelde gemiddelde schade-index per jaar over alle schadeklassen)

2.5 Economische bedrijvigheid

De resultaten voor “economische bedrijvigheid” (economie) laten zien dat - hoewel de potentiële schade normaal gesproken als gevolg van de economische groei met de jaren toeneemt (1995-2015, 1995-2020/2030 of 2015-2020/2030) - de grootste schade wordt vastgesteld bij kleine kansen, d.w.z. extreem hoogwater (zie figuur 16).

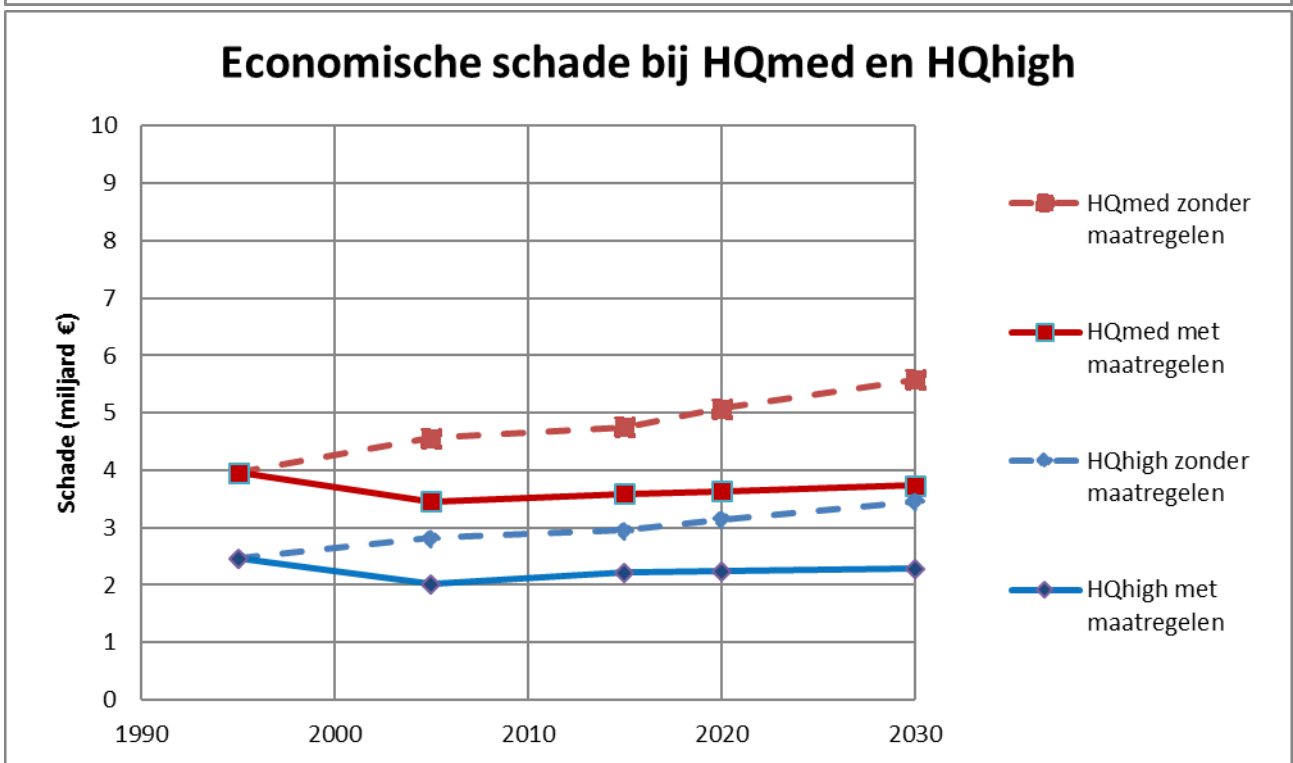
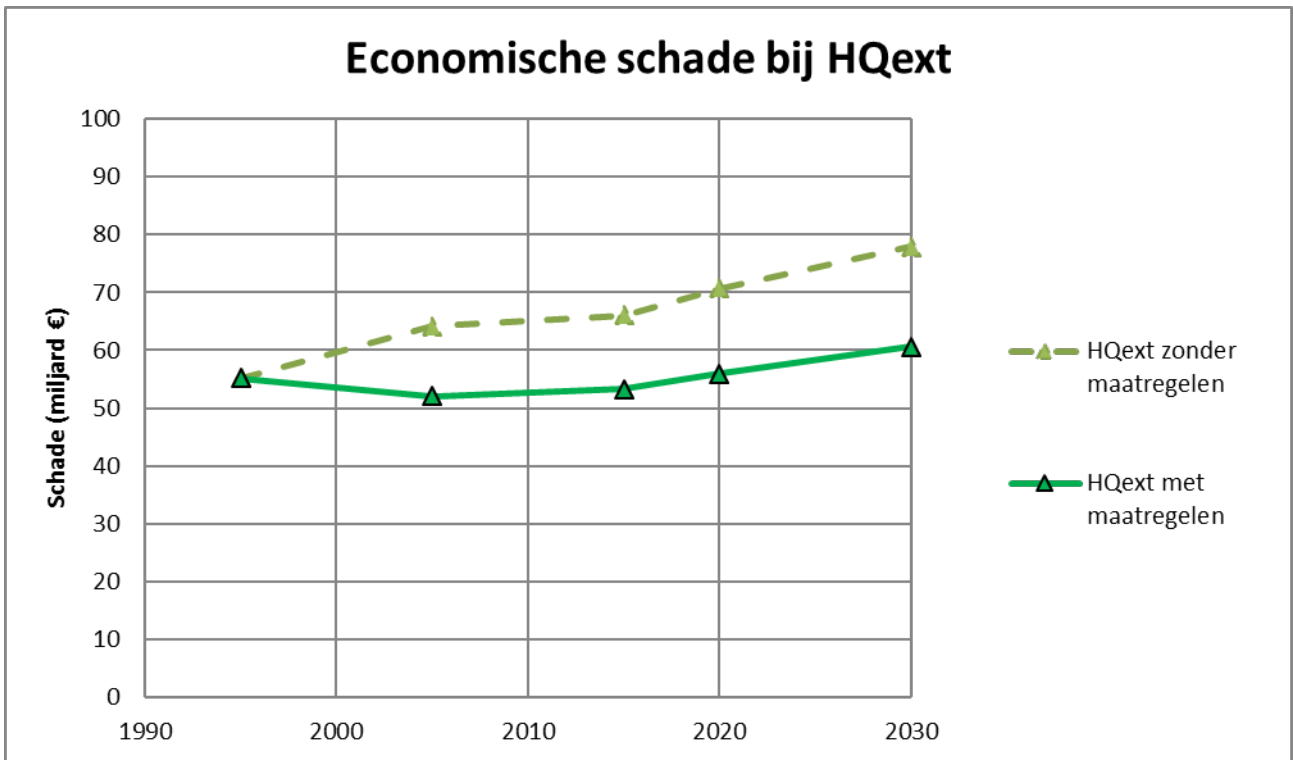
Echter, het grootste risico wordt bij HQhigh vastgesteld. Voor de drie overstromingsscenario's geldt dat het risico over de gehele periode afneemt (1995-2030) (zie figuur 17 en tabel 5). In dit verband wordt erop gewezen dat zoals bij de informatie over de waterdiepte en de omvang van de overstroming, die is overgenomen uit de nationale overstromingsgevaarkaarten van 2015 (zie toelichtingen in hoofdstuk 1.5), ook voor de berekeningen van de schade voor alle zichtjaren uitsluitend is uitgegaan van de beschrijving van het landgebruik in de meest recente en betrouwbare dataset (CLC 2006).

Gelet op het voorgaande kon er bij de ontwikkeling van de schade en dus het risico in de loop der jaren geen rekening worden gehouden met de bovengenoemde aspecten (ontwikkeling van de waterstand en de omvang van de overstroming en ontwikkeling van het landgebruik in de loop der jaren).

De resultaten (tabel 5) laten zien dat voor de **economische bedrijvigheid rekenkundig is aangetoond dat het APH-actiedoel om het schaderisico voor 2005 met 10% te verminderen ten opzichte van 1995 is bereikt. Ook het APH-actiedoel om het schaderisico voor 2020 met 25% te verminderen ten opzichte van 1995 zal worden gehaald.**

Deze bevindingen bevestigen het vroegere onderzoek van de ICBR naar de toestand in 2005 in het kader van de uitvoering van het APH (zie ICBR-rapport 157). Een verklaring ligt in de uitvoering van verschillende maatregelen in de loop der jaren en hun invloed op de risicoreductie¹⁶. Vooral de vele retentiemaatregelen en de maatregelen in het Nederlandse programma “Ruimte voor de rivier” die in 2020 dan wel 2030 benedenstrooms van Iffezheim zullen zijn uitgevoerd, leveren een grote bijdrage aan de reductie van het overstromingsrisico aan de hoofdstroom van de Rijn (als gevolg van de verlaging van de waterstanden en de daaruit resulterende verandering van de kans). Echter, naast waterstandverlagende maatregelen zorgen ook verschillende maatregelen op het gebied van preventie en paraatheid, inclusief hoogwaterverwachtingen, systemen voor vroegtijdige waarschuwing en (voorbereiding van) crisisbeheersing er sinds 1995 voor dat de groei van de schade in het overstromingsgebied naarmate de tijd vordert wordt afgezwakt (zie figuur 16).

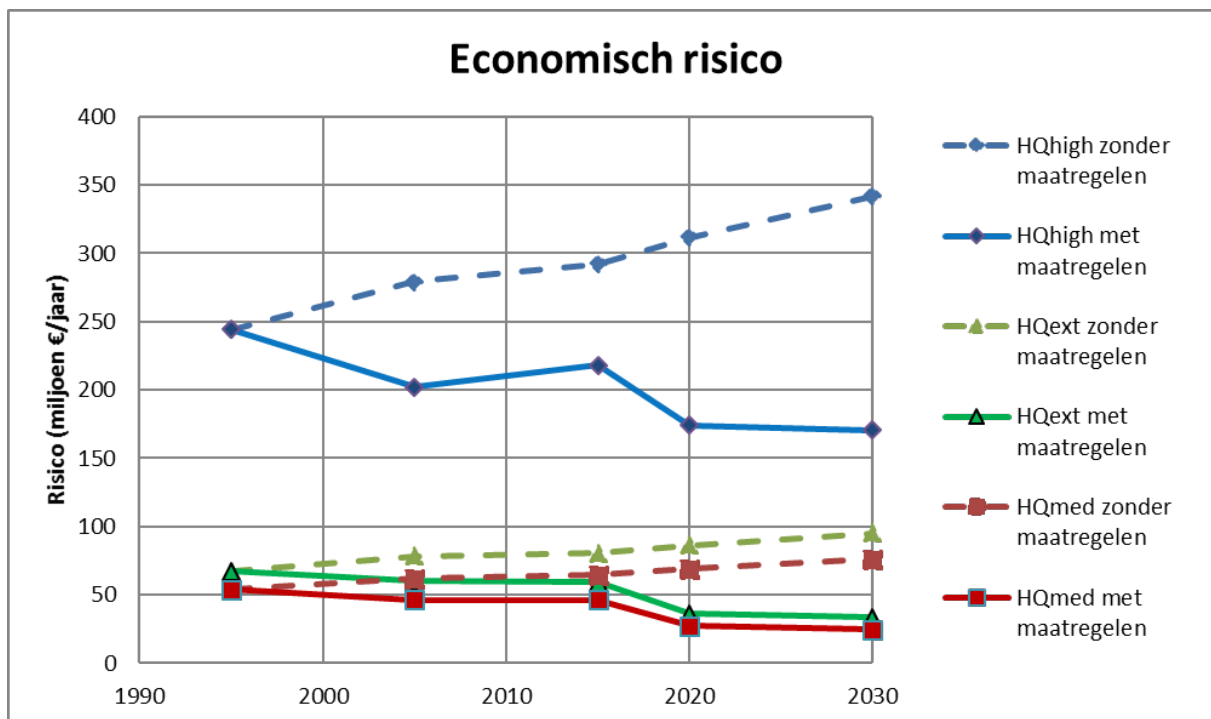
¹⁶ De vermindering van de schade is echter effectiever bij HQhigh en HQmedium (lichte toename van de schade in de loop der jaren) dan bij HQextreme (grotere toename van de schade in de loop der jaren).



Figuur 16: Orde van grootte van de ontwikkeling van de schade (miljard euro)

Tabel 5: Ontwikkeling van het risico

	Relatieve verandering van het risico sinds 1995 (%)				Relatieve verandering van het risico sinds 2015 (%)	
	1995-2005	1995-2015	1995-2020	1995-2030	2015-2020	2015-2030
HQhigh	-15	-10	-30	-30	-20	-20
HQmed	-15	-15	-50	-55	-40	-45
HQext	-10	-10	-45	-50	-40	-45
Integraal	-10	-10	-45	-45	-35	-40



Figuur 17: Ontwikkeling van het risico (miljoen euro/jaar)

3. Beoordeling van de indicatoren en de methode

3.1 Indicatoren

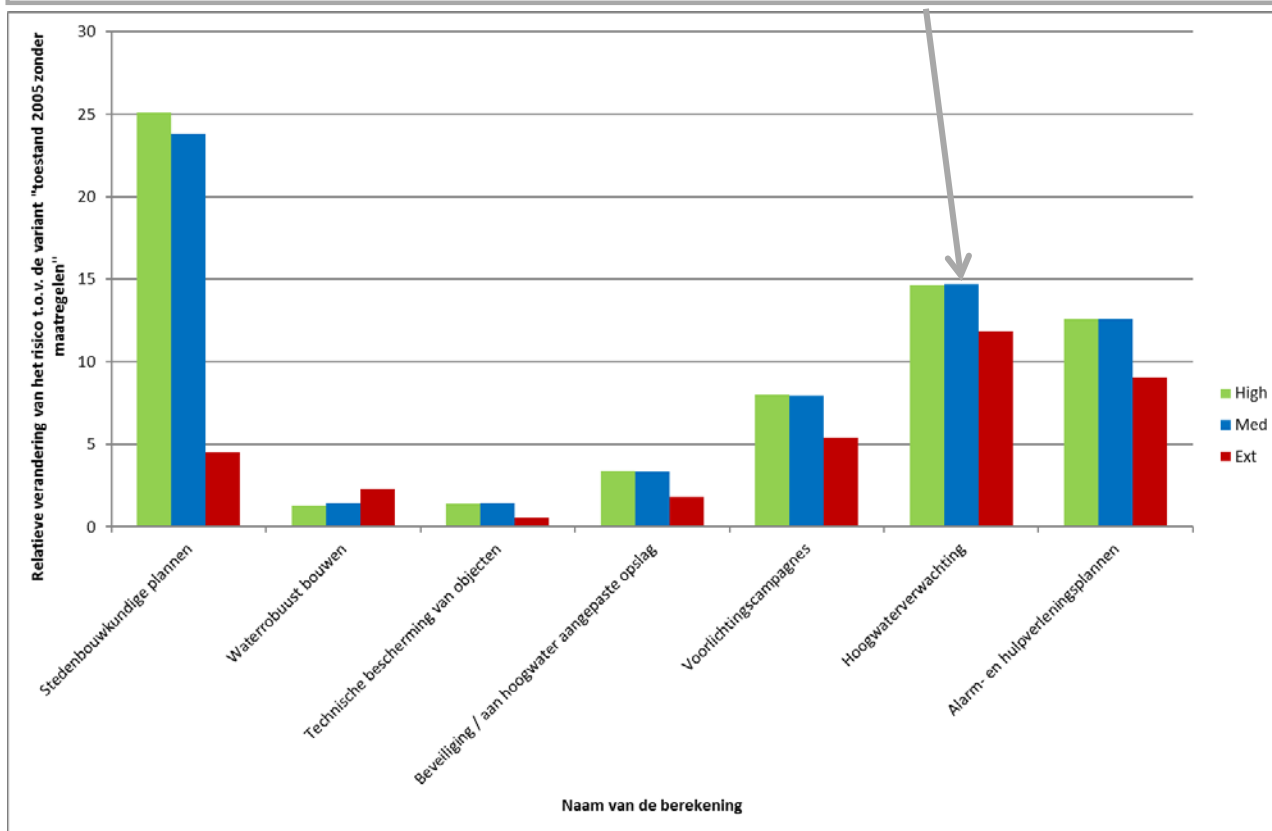
Ten behoeve van de berekening van het effect van maatregelen zijn er indicatoren gedefinieerd. Daarbij is er gebruik gemaakt van de ROR-categorieën van maatregelen. Voor elke categorie van maatregelen is een indicator vastgesteld die representatief is voor de groep van maatregelen in kwestie. Op basis van literatuurbronnen en deels expert judgement is de maximale reductie van de schade per indicator geschat en gedefinieerd.

De realisatiegraad, d.w.z. welke en hoeveel maatregelen er nu al en in de toekomst (zullen) zijn uitgevoerd/gerealiseerd, is meegenomen in de berekeningen. De gegevens/informatie over de gerealiseerde of voorgenomen maatregelen is aangeleverd door de Rijnsoeverstaten.

De uitgevoerde berekeningen in verband met de ontwikkeling van het risico voor de vier beschermingsdoelen geven uitsluitsel over het effect van de som van de maatregelen. Naast deze berekeningen is er een zogenaamde gevoeligheidsanalyse uitgevoerd (zie details en samenvatting in het "technische rapport" - ICBR-rapport ..., figuur 18) waarmee het effect van afzonderlijke, hypothetische maatregelen op de ontwikkeling/vermindering van de economische schade/het economische risico kon worden geschat.

De gevoeligheidsanalyse had betrekking op de maatregelentypes "preventie" en "paraatheid", die een effect hebben op de schade. Maatregelen op het gebied van "bescherming" hebben een groot direct effect op de risicoreductie, zoals al is verduidelijkt in de hoofdstukken 1.1 en 1.6.

Leesvoorbeeld figuur 18: De relatieve verandering van het risico als gevolg van de maatregel “hoogwaterverwachting” in het scenario HQmedium (blauwe balk) bedraagt ca. 15% ten opzichte van de variant “toestand 2005 zonder maatregelen”. D.w.z. dat de maatregel “hoogwaterverwachting” het risico in het scenario HQmedium met 15% verlaagt.



Figuur 18: Verandering van het risico met afzonderlijke indicatoren ten opzichte van de variant zonder maatregelen (resultaten van de gevoeligheidsanalyse naar het effect van maatregelen)

Overzicht van de belangrijkste bevindingen in verband met de **maatregelen** die in de onderhavige analyse worden gebruikt:

- De meeste maatregelen op het gebied van “paraatheid” en “preventie” die zijn gepland voor frequente en gemiddelde overstromingsscenario's (HQhigh en HQmedium) laten in deze scenario's een groter effect zien dan in het scenario voor extreme gebeurtenissen (HQextreme).
- Op het niveau van het Rijnstroomgebied sorteren “bouwkundige voorzorgsmaatregelen” het minste effect. Echter, in kleinere onderzoekseenheden/-gebieden kunnen bouwkundige voorzorgsmaatregelen substantieel bijdragen aan de risicoreductie.
- De maatregelen “voorlichtingscampagnes”, “hoogwaterverwachting” en “alarm- en hulpverleningsplannen” leveren een belangrijke bijdrage aan de verbetering van de situatie in het Rijnstroomgebied.
- Veruit het grootste effect op de economische bedrijvigheid wordt bij HQhigh en HQmedium gehaald met de maatregel “stedenbouwkundige plannen”, die een reglementering van de bebouwing in overstromingsgebied of het vrijhouden van bebouwing inhoudt.
- Hoewel ze niet direct zijn bekeken in de gevoeligheidsanalyse kan worden gesteld dat maatregelen op het gebied van “bescherming” in grote mate meehelpen het risico te verkleinen.

De **indicatoren zijn beoordeeld** (zie bijlage) op basis van theoretische en reële analyseresultaten en op basis van de inspanningen voor het beschikbaar stellen, inwinnen en

verwerken van gegevens. Uitgaande van deze beoordeling en met het oog op de taken van de ICBR in verband met de berekening van de ontwikkeling van het risico ten behoeve van de toetsing van de uitvoering van het ORBP in het internationaal Rijndistrict zijn de volgende indicatoren het relevantst:

- vrijhouden van overstromingsgebieden en vaststelling van bouwvoorschriften (*indicatoren: verandering van de landgebruiksgegevens en bouwvoorschriften/bestemmingsplannen*);
- uitvoering van waterstandverlagende maatregelen (*indicator: verandering van de overstromingskans*);
- bescherming tegen overstromingen (*indicator: kans/beschermingsniveau en ontwikkeling/verandering in de tijd*);
- bewustmaking van de bevolking, o.a. door het beschikbaar stellen van overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (*indicator: (update)frequentie van voorlichtingscampagnes*);
- hoogwaterverwachting en -waarschuwing (*indicator: verbetering van de hoogwaterverwachting*);
- rampenbeheersing (*indicatoren: bestaan en updatefrequentie van alarm- en hulpverleningsplannen; aantal waarschuwingssystemen, informatie over rampenoefeningen, minimaal en maximaal veiligheidspercentage voor de getroffen personen in een bepaald gebied*).

Dit betekent dat er voor de evaluatie van de effectiviteit van de hierboven genoemde indicatoren (en de bijbehorende maatregelen) genoeg gegevens beschikbaar zijn of in de toekomst kunnen worden verwacht. Met deze indicatoren kan de effectiviteit van maatregelen op het niveau van het Rijndistrict worden beoordeeld.

Daarnaast kunnen maatregelen zoals “waterrobuust bouwen”, “technische bescherming van objecten” en “aangepaste opslag” lokaal of regionaal een groot effect hebben op de vermindering van het risico of de schade. Echter, voor het niveau van de hoofdstroom van de Rijn zijn de indicatoren voor deze maatregelen minder geschikt, omdat voor het inwinnen van gegevens een grote inspanning nodig is. Bovendien bleek de informatie voor deze maatregelen niet altijd beschikbaar te zijn.

3.2 Verdere preciseringen bij de methode

In verband met de toepassing van de methode en de indicatoren wordt er gewezen op belangrijke aannames en restricties:

Gemeenschappelijke gegevensbasis en beschouwing op grote schaal

- Als gevolg van de specifieke methode en de grootschalige, gemeenschappelijke gegevensbases die zijn toegepast op het Rijnstroomgebied kunnen de resultaten die in de onderhavige studie zijn berekend, afwijken van de nationale rekenresultaten die zijn gebaseerd op nauwkeurigere gegevens. Een voorbeeld hiervan zijn de CLC-gegevens die de ICBR heeft gebruikt en die een gemeenschappelijke gegevensbasis vormden voor het Rijnstroomgebied als geheel. In absolute zin zijn er verschillen, maar relatief gezien zijn die voor deze evaluatie van weinig belang.
- Er zijn verschillende redenen waarom enige voorzichtigheid is geboden bij de berekende absolute cijfers en waarom ze zeker niet geschikt zijn als input voor een kosten-batenanalyse:
 - In de berekeningen zijn voor alle zichtjaren dezelfde overstromingsgevaarkaarten gebruikt, wat betekent dat de werkelijke verkleining van het overstromingsgebied

als gevolg van waterstandverlagende maatregelen niet wordt afgebeeld. Dit kan leiden tot een vertekening van de geregistreerde schade.

- o Niet alle maatregelen zijn gedetailleerd opgenomen in de berekeningen - dit is bijv. het geval voor beschermingsmaatregelen zoals dijkverbeteringen - wat kan leiden tot een onderschatting van de risicoreductie.
- De indicator "vrijhouden van overstromingsgebieden en aangepast landgebruik", d.w.z. de **ontwikkeling van de landgebruiksoppervlakken** in de periode 1990-2006 kon niet worden meegenomen in de berekeningen (dit geldt met name voor de economie). De reden hiervoor is dat er in de berekeningen voor alle types economische bedrijvigheid alleen gebruik kon worden gemaakt van de dataset CLC2006, omdat de vroegere CLC-datasets (1990 en 2000) te veel zwakke punten vertoonden. Het resultaat kan alleen worden verbeterd door bij toekomstige berekeningen gebruik te maken van betere/nauwkeurigere landgebruiksgegevens.

Gebruik van expert judgement

- In de berekeningen is informatie opgenomen over het effect van maatregelen op het gebied van "paraatheid" en "preventie" die baat zou hebben gehad bij een betere wetenschappelijke onderbouwing. Echter, in het kader van deze studie was dat onmogelijk. Daarom is de ICBR voor informatie over maatregelen, hun effect en realisatiegraad uitgegaan van de beschikbare gegevensbronnen en expert judgement. De schattingen en aannames in verband met de maatregelen zouden in de toekomst moeten worden vervangen door verbeterde kennis en gedetailleerdere datasets.
- Identieke indicatoren kunnen op uiteenlopende/heterogene manieren zijn ingevuld en "geïnterpreteerd".

Beschikbaarheid en verzameling van gegevens

- Voor sommige indicatoren konden de staten geen gegevens inwinnen. Dit is bijv. het geval voor de indicatoren "waterrobuust bouwen", "technische bescherming van objecten" en "aangepaste opslag", die veel gedetailleerde gegevens vergen.

Bijlage 1 - Beoordeling van de maatregelen en de indicatoren: effect, inspanningen en geschiktheid voor het Rijnstroomgebied

Type van maatregelen conform ROR	Indicator	Effect op: potentiële schade risico Meegenomen/getroffen beschermingsdoelen: mens milieu cultureel erfgoed economie	Hoeveel effect op het risico? <i>(op basis van de gevoeligheidsanalyse en de rekenresultaten)</i> groot klein tot gemiddeld	Inspanningen voor het inwinnen en verwerken van gegevens klein (grote beschikbaarheid) gemiddeld (gemiddelde beschikbaarheid) groot (lage beschikbaarheid)	Indicator geschikt voor een analyse <u>op het niveau van het Rijnstroomgebied</u>
					geschikt niet geschikt
Preventie					
Ruimtelijke ordening, regionale plannen en structuurplannen	Bouwvoorschriften/bestemmingsplannen waarin regels voor de bescherming tegen overstromingen zijn opgenomen (waterrobuust bouwen)	potentiële schade mens, cultureel erfgoed economie			
Vrijhouden van overstromingsgebieden en aangepast landgebruik	Verandering van de landgebruikgegevens (CLC-gegevens)	potentiële schade mens economie			
Waterrobuust plannen, bouwen en renoveren	Uitgevoerde maatregelen voor waterrobuust bouwen	mens, cultureel erfgoed, economie			
Technische bescherming van objecten in huishoudens/gemeentes	Gebieden die zijn beschermd door technische voorzieningen of mobiele systemen	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie milieu			
Technische bescherming van objecten bij gevaarlijke installaties					
Aan hoogwater aangepaste opslag van watergevaarlijke stoffen in huishoudens/gemeentes	Beveiliging van olietanks en opslag op hogere verdiepingen	potentiële schade cultureel erfgoed, economie milieu			
Technische bescherming van objecten bij gevaarlijke installaties					
Overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten beschikbaar stellen / bewustwording van het belang van persoonlijke voorzorg, voorlichting en voorbereiding op overstromingen	(Update) frequentie van voorlichtingscampagnes	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie			
Bescherming tegen overstromingen					
Retentiemaatregelen	Verandering van de kans	potentiële schade risico mens, milieu, cultureel erfgoed, economie			
Dijken, dammen, keermuren, mobiele beschermingsvoorzieningen, ...	Voor deze maatregelen wordt ook een kans aangegeven: procentuele ontwikkeling/verandering van de overstromingskans tussen 1995 en nu door de verbetering van de bescherming	potentiële schade risico mens, milieu, cultureel erfgoed, economie			
Onderhoud/vernieuwing van technische voorzieningen ter bescherming tegen overstromingen					
Paraatheid					
Hoogwaterinformatie en verwachting	Verbetering van de hoogwaterverwachting binnen een vastgestelde periode	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie			
Alarm- en hulpverleningsplannen (incl. wederopbouw) / waarschuwing van getroffen personen / oefeningen / opleidingen	Bestaan van alarm- en hulpverleningsplannen en frequentie van actualisering van deze plannen; aantal waarschuwingssystemen (waarschuwingroutes en communicatiemiddelen);	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie			
	informatie over rampenoefeningen inclusief frequentie	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie			
Veiligheid/in veiligheid brengen/evacuatie van (potentieel) getroffen personen	Minimaal en maximaal veiligheidspercentage voor de getroffen personen in een bepaald gebied	mens			