

# Ontwikkeling van het overstromingsrisico in de periode 2015-2030 rekening houdend met nationale beheersmaatregelen

Syntheserapport



Internationale  
Kommission zum  
Schutz des Rheins

Commission  
Internationale  
pour la Protection  
du Rhin

Internationale  
Commissie ter  
Bescherming  
van de Rijn

Rapport Nr. 283



**ICBR-expertgroep "Overstromingsrisico's" (EG HIRI) in het kader van de werkgroep Hoog- en laagwater (WG H)**

Markus Hostmann (CH) (voorzitter)  
Thomas Mann (DE), Nina Mölkner (DE-BW), Felix Rau (DE-SGG Rijn)  
Torsten Fay (BfG)  
Holger Kugel (IKSMS)  
Anne Landrière (FR)  
Max Schropp (NL)  
Sabine Siegmund (HWNG Rijn)

**ICBR-secretariaat:**

Adrian Schmid-Breton, Nikola Schulte-Kellinghaus, Marc Daniel Heintz  
Dominique Falloux, Isabelle Traue, Gwénaëlle Janiaud, Fabienne van Harten, Marianne Jacobs, Dieuwke Beljon

**Met medewerking van:**

Ton Botterhuis (consultant, HKV Lijn in water)  
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

---

[www.iksr.org](http://www.iksr.org)

<https://twitter.com/ICPRhine/>

# Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>1</b>
<b>Samenvatting en conclusies</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Methode voor de evaluatie van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Rekenmethode</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Gezondheid van de mens</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 Milieu</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4 Cultureel erfgoed</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Economische bedrijvigheid</b> .....	<b>16</b>
<b>2.6 Rekening houden met maatregelen in de berekeningen</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6.1 Algemeen</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6.2 Rekening houden met technische beschermingsmaatregelen tegen overstromingen</b> .....	<b>18</b>
<b>3. Resultaten</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1 Gezondheid van de mens</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2 Milieu</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3 Cultureel erfgoed</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4 Economische bedrijvigheid</b> .....	<b>28</b>
<b>3.5 Evaluatie ten aanzien van de internationale ORBP's</b> .....	<b>30</b>
<b>4. Gevoeligheidsanalyse</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1 Invloed van het landgebruik</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2 Invloed van andere datasets op de resultaten</b> .....	<b>34</b>
<b>4.3 Vergelijking met de berekeningen van 2016 (zie ICBR-rapport 236)</b> .....	<b>38</b>
<b>5. Conclusie</b> .....	<b>40</b>
<b>Bijlagen</b> .....	<b>42</b>
<b>Bijlage 1: Bibliografie</b> .....	<b>43</b>
<b>Bijlage 2a: Lijst van de maatregelen en indicatoren die in de methode zijn gebruikt en hun effect op de typen beschermingsdoelen en op de schade of het risico</b> .....	<b>45</b>
<b>Bijlage 2b: Overzicht van de geleverde gegevens over nationale indicatoren/maatregelen (inclusief veiligheidspercentage)</b> .....	<b>46</b>
<b>Bijlage 3: Overzicht van de gebruikte invoergegevens</b> .....	<b>48</b>
<b>Bijlage 4: Aandeel aan het overstromingsgebied per land en per overstromingsscenario</b> .....	<b>49</b>

## Status van het document

De **Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)** heeft voor de evaluatie van de effecten van maatregelen op het overstromingsrisico een **methode** ontwikkeld, die is geïmplementeerd in het op GIS (**Geografisch Informatie Systeem**) gebaseerde instrument, genaamd "**ICPR FloRiAn (Flood Risk Analysis)**"<sup>1</sup>.

In het onderhavige **syntheserapport** (ICBR-rapport 283, 2021) 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 sinds 2015.

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 gevolge aanpak. Dit rapport is tevens een handleiding voor derden die het instrument willen gebruiken.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de belangrijke literatuurbronnen, inclusief ICBR-rapporten en externe publicaties.

De ICBR-expertgroep "Overstromingsrisico's" (EG HIRI), die is opgehangen onder de werkgroep "Hoog- en laagwater" (WG H), heeft de werkzaamheden uitgevoerd en begeleid. Daarbij is de groep technisch ondersteund door het consultancy bureau HKV Lijn in water.

### Opmerking/disclaimer:

De methode die hier wordt voorgesteld, heeft betrekking op een grootschalige analyse van de verandering van het overstromingsrisico als gevolg van maatregelen op het niveau van de Rijn. De met FloRiAn uitgevoerde berekeningen hebben resultaten per land opgeleverd, die in het kader van de ICBR zijn besproken en op het niveau van de Rijn zijn samengevoegd.

De specifieke methode en de gemeenschappelijke, grootschalige gegevensbasis die is gebruikt voor de Rijn kunnen (deels duidelijk) 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 de relatieve veranderingen zijn informatiever want betrouwbaarder.

De ontwikkelde methode en FloRiAn kunnen ook op kleine schaal of regionaal/lokaal worden gebruikt (zie bijlage 1). Echter dienen dan de nodige gegevens overeenkomstig de gewenste, kleine schaal te worden aangepast.

### **Opmerking over de beschikbaarstelling van het instrument "FloRiAn" aan derde gebruikers:**

Het instrument "FloRiAn", de Engelstalige gebruiksaanwijzing (user guide) en het technische referentiedocument (technical reference) evenals testinvoergegevens die als voorbeeld kunnen worden gebruikt, kunnen beschikbaar worden gesteld. Dit gebeurt in principe gratis, eventueel tegen een onkostenvergoeding (hiervoor wordt een eenvoudige gebruiksovereenkomst gesloten). Toepassing door externe gebruikers (zie bijlage 1) is welkom en heeft in het verleden tot verbeteringen in de tool of de methode geleid.

Externe gebruikers werken op eigen verantwoordelijkheid met het instrument. Als tegenprestatie worden de 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.

<sup>1</sup> Meer informatie over de FloRiAn-tool: zie <https://www.iksr.org/nl/themas/hoogwater/overstromingsrisico-instrument-florian>

## Samenvatting en conclusies

De ICBR heeft in 2015 een innovatieve, kwantitatieve methode en een bijbehorend GIS-instrument ontwikkeld om het overstromingsrisico en het effect van maatregelen op de vermindering van dit risico te bepalen. Deze unieke tool, genaamd "[ICPR FloRiAn \(Flood Risk Analysis\)](#)", wordt gebruikt om de ontwikkeling van de overstromingsrisico's langs de Rijn te bepalen en om in het kader van het [internationaal overstromingsrisicobeheerplan van het internationaal stroomgebieddistrict Rijn](#)<sup>2</sup> een regelmatige toetsing uit te voeren van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico; de tool is gebaseerd op de maatregelen in de [nationale/regionale ORBP's](#). Als basis voor de maatregelen en de beschermingsdoelen is de [EU-Richtlijn over overstromingsrisico's \(ROR\)](#) leidend. Het instrument FloRiAn gebruikt als invoergegevens overstromingsgevaarkaarten met een kleine, middelgrote en grote kans (hierna genoemd HQ<sub>extreem</sub>, HQ<sub>gemiddeld</sub>, HQ<sub>frequent</sub>), de vier beschermingsdoelen van de ROR (gezondheid van de mens, milieu, cultureel erfgoed, economische bedrijvigheid) uit de overstromingsrisicokaarten en verschillende types van maatregelen.

Eind 2015 is met het instrument de vermindering van het risico sinds 1995 en zodoende de effectiviteit van maatregelen berekend (zie [ICBR-rapporten 236 en 237](#)). Bij de aanbevelingen voor het toekomstige gebruik van de tool is er ook rekening gehouden met ervaringen van externe toepassingen.

In 2016 heeft de ICBR-werkgroep "Hoog- en laagwater" (WG H) de ICBR-expertgroep "Overstromingsrisico's" (EG HIRI) de volgende opdrachten gegeven:

- Eerste IORBP 2015-2021 volgen en evalueren: Wordt met de maatregelen die voor 2020 (dan wel 2021) op nationaal niveau zijn uitgevoerd een vermindering van het schadepotentieel en het risico bereikt<sup>3</sup>?
- Tweede IORBP 2022-2027 voorlopig analyseren: Hoe zullen het schadepotentieel en het risico zich met de geplande, toekomstige maatregelen tot 2030 (dan wel 2027) ontwikkelen?
- Onderzoek naar de effectiviteit van verschillende maatregelen voor overstromingsrisicobeheer.

De resultaten van de berekening van de ontwikkeling van het risico tot 2030 zijn bovendien vergeleken met het nieuwe doel van het programma [Rijn 2040](#) (d.w.z. minstens 15% minder risico's in 2040 ten opzichte van 2020).

De berekeningen van de EG HIRI hebben het volgende laten zien:

- Eerste IORBP 2015-2021 volgen en evalueren:
  - Tussen 2015 en 2020 is het schadepotentieel voor de mens (aantal getroffen inwoners), het milieu en cultureel erfgoed constant gebleven, bij het beschermingsdoel economie was er een toename. Reden voor de over het algemeen niet aanwezige schadereductie: de waterstandverlagende maatregelen hebben uitsluitend een effect hebben op de overstromingskans en geen invloed op het schadepotentieel.
  - Sterke daling van het risico tussen 2015 en 2020 voor alle beschermingsdoelen. Reden: In de rekenperiode 2015-2020 zijn er veel waterstandverlagende maatregelen uitgevoerd, hetgeen leidt tot een vermindering van het overstromingsrisico.
- Tweede IORBP 2022-2027 voorlopig analyseren op basis van actuele prognoses van de ontwikkeling van de schade, de risico's en de realisatie van maatregelen;
  - Bij HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub> wordt voor geen van de beschermingsdoelen een significante vermindering van het schadepotentieel verwacht tussen 2020 en 2030. Bij HQ<sub>gemiddeld</sub> wordt daarentegen voor alle beschermingsdoelen een grote vermindering van het schadepotentieel voorspeld. Reden hiervoor zijn de geplande maatregelen voor de versterking van de dijken in Nederland.
  - In de periode 2020-2030 is de berekende risicoreductie minder groot. Reden hiervoor: langs de gehele loop van de Rijn zijn er in de periode 2020-2030 in totaal minder waterstandverlagende maatregelen gepland dan in de periode 2015-2020. Daarbij moet worden bedacht dat de in Duitsland geplande waterstandverlagende maatregelen precies in deze periode zullen worden opgeleverd, terwijl de maatregelen in Nederland al voor 2020 zijn uitgevoerd.

<sup>2</sup> In de tekst wordt het internationale plan inclusief de nationale plannen afgekort tot IORBP.

<sup>3</sup> Het overstromingsrisico is het product van de potentiële schade en de kans dat een overstroming zich voordoet. De potentiële schade staat in dit geval voor de waarden, het aantal of de hoeveelheid van vier zogenaamde "beschermingsdoelen" (= de "negatieve gevolgen" in de terminologie van de ROR) die kunnen worden beschadigd of getroffen door een overstroming: "economische bedrijvigheid", "gezondheid van de mens", "milieu" en "cultureel erfgoed".



- Het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma leidt bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  tot een sterke risicoreductie tussen 2020 en 2030 (= bestcasescenario van volledige uitvoering van de projecten aan de rivierdijken voor 2030). In Nederland zouden de overstromingsgebieden bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  dus sterk kunnen worden verkleind. Als de maatregelen niet worden uitgevoerd voor 2030, ontwikkelt het risico zich zoals bij  $HQ_{\text{frequent}}$  en  $HQ_{\text{extreem}}$ . Er zij op gewezen dat er aan de Duits-Franse Bovenrijn en de Duitse Nederrijn door de uitvoering van een groot aantal maatregelen reeds sprake is van een bescherming tegen  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  en er daarom door de afronding van verdere maatregelen maar weinig veranderingen kunnen worden vastgesteld ten opzichte van de gekozen referentie.
- Onderzoek naar de effectiviteit van verschillende maatregelen voor overstromingsrisicobeheer die zijn meegenomen in de berekeningen en ingediend door de landen:
  - Gemiddelde tot sterke vermindering van het risico als gevolg van de nationaal geleverde maatregelen (indicatoren). De omvang van het effect van de nationale maatregelen op de vermindering van het risico verschilt voor de afzonderlijke beschermingsdoelen: Bij het beschermingsdoel mens hebben de nationale maatregelen een groot effect op de risicoreductie door de maatregelen op het gebied van in veiligheid brengen/evacuatie. Bij de beschermingsdoelen economie, milieu en cultuur hebben de nationale maatregelen (indicatoren) altijd nog een significant effect, maar dit effect is lager dan bij het beschermingsdoel mens.
  - ⇨ Sterk effect van waterstandverlagende maatregelen en van beschermingsmaatregelen die inzetten op de verkleining van het overstromingsgebied, rekening houdend met de Nederlandse dijkversterking.
  - Op basis van de verkregen resultaten kan bovendien worden geconcludeerd dat alle types van maatregelen (waterstandverlagende maatregelen, beschermingsmaatregelen ter verkleining van het overstromingsgebied, nationale maatregelen/indicatoren, zoals in veiligheid brengen/evacuëren) een significant effect hebben op de ontwikkeling van het risico. Zonder deze maatregelen zouden de schade en het risico veel hoger zijn.

Het is van belang dat wordt benadrukt dat er in deze resultaten niet expliciet rekening is gehouden met de invloed van een veranderd landgebruik dan wel de ontwikkeling van de gebieden, omdat voor alle drie de onderzoeksjaren slechts één enkele set van landgebruiksgegevens is gebruikt (namelijk Corine Land Cover 2018 - CLC 2018). De reden voor deze keuze is dat de CLC-datasets uit de verschillende jaren (CLC 2006, CLC 2012, CLC 2018) op verschillende wijze zijn ingewonnen en verwerkt, wat van grote invloed is op het berekende overstromingsrisico. Gevoeligheidsanalyses hebben niettemin uitgewezen dat een intensivering van het landgebruik (bijv. toename van het verstedelijkt en industriegebied) het risico met maximaal ca. 15% kan doen stijgen (bijv. beschermingsdoel economie over een periode van 12 jaar).

Daarenboven moet erop worden gewezen dat de basisgegevens van de waterstandverlagende maatregelen afkomstig zijn uit 2010. Wijzigingen die zich sindsdien hebben voorgedaan, bijvoorbeeld in de vorm van aanvullende, uitgevoerde/voorgenomen maatregelen of een toename van het retentievolumen met een effect op de verlaging van de waterstand en de verandering van de overstromingskans, zijn daarom niet meegenomen in de berekeningen. Het is dus mogelijk dat de risicoreductie in de periode 2020-2030 hoger zal zijn dan verwacht op basis van de voorgestelde prognoses. Om een zo actueel mogelijk beeld te krijgen, beveelt de EG HIRI aan om na te gaan of de berekeningen van de expertgroep HVAL (EG HVAL) ten aanzien van de effectiviteit van de waterstandverlagende maatregelen moeten worden geactualiseerd met het oog op toekomstige HIRI-berekeningen.

Opmerking: wij herinneren eraan dat volgens de landen in het Rijnstroomgebied, in overeenstemming met het IORBP van het internationaal Rijndistrict, de beste manier om schade en risico's te verminderen bestaat uit de uitvoering van het hele spectrum van maatregelen voor overstromingsrisicobeheer, van niet-technische maatregelen voor preventie en paraatheid tot technische beschermingsmaatregelen en crisisbeheersing. In dit verband wordt er ook aan herinnerd dat er altijd een restrisico blijft bestaan, ook achter beschermingsvoorzieningen.

De landen in het Rijnstroomgebied hebben de afgelopen jaren al grote successen geboekt met hun inspanningen om het overstromingsrisico te verminderen (zie [Balans van de uitvoering van het Actieplan Hoogwater in het kader van het programma Rijn 2020](#)). Echter, uit de resultaten van de uitgevoerde berekeningen blijkt ook dat de landen hun inspanningen de komende jaren moeten voortzetten om in de toekomst een verdere risicoreductie te kunnen bereiken. De resultaten laten ook de solidariteit tussen de landen in het Rijnstroomgebied zien evenals de gezamenlijke inspanningen om het overstromingsrisico op het niveau van de Rijn te verminderen. Tot slot blijkt ook duidelijk dat regelmatige beoordelingen van de voortgang op dit gebied noodzakelijk zijn.

## 1. Inleiding

De ICBR heeft in 2015 een innovatieve, kwantitatieve methode en een bijbehorend GIS-instrument ontwikkeld om het overstromingsrisico en het effect van maatregelen op de vermindering van dit risico te bepalen. Deze tool, genaamd "ICPR FloRiAn (Flood Risk Analysis)", wordt gebruikt om de ontwikkeling van de overstromingsrisico's langs de Rijn te bepalen en om in het kader van het [internationaal ORBP van het internationaal stroomgebieddistrict Rijn](#) en de bijbehorende [nationale/regionale ORBP's](#) een regelmatige toetsing uit te voeren van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico<sup>4</sup>.

Het overstromingsrisico is het product van de potentiële schade en de kans dat een overstroming zich voordoet. De ROR maakt bij de beschermingsdoelen 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 hoogwatergebeurtenissen<sup>5</sup> centraal.

Als basis voor de maatregelen en de beschermingsdoelen is de [EU-Richtlijn over overstromingsrisico's \(ROR\)](#) leidend. Het instrument FloRiAn gebruikt als invoergegevens ROR-overstromingsgevaarkaarten met een kleine, middelgrote en grote kans (hierna genoemd HQ<sub>extreem</sub>, HQ<sub>gemiddeld</sub>, HQ<sub>frequent</sub>) (zie [kaarten 1 t/m 4](#) en geactualiseerde [Rijnatlas 2020](#)), de vier beschermingsdoelen van de ROR (gezondheid van de mens, milieu, cultureel erfgoed, economische bedrijvigheid) uit de overstromingsrisicokaarten en verschillende types van maatregelen<sup>6</sup>. De types van maatregelen worden gevormd door geplande of uitgevoerde maatregelen, waarover de landen gegevens hebben verzameld en geleverd. In de tool wordt het effect van deze maatregelen op de ontwikkeling van de schade en het risico geschat.

Eind 2015 is met het instrument de vermindering van het risico sinds 1995 en zodoende de effectiviteit van maatregelen berekend ([zie ICBR-rapporten 236 en 237](#)). Bij de aanbevelingen voor het toekomstige gebruik en de optimalisatie van de tool is er ook rekening gehouden met ervaringen van externe toepassingen.

De nieuwe resultaten zijn gebaseerd op de werkzaamheden van de ICBR-expertgroep "Overstromingsrisico's" (EG HIRI) vanaf 2017, die de volgende in het [mandaat van de EG HIRI voor de periode 2018-2021](#) genoemde taken tot doel hebben:

- Eerste IORBP 2015-2021 volgen en evalueren
- Tweede IORBP 2022-2027 voorlopig analyseren op basis van actuele prognoses van de ontwikkeling van de schade, de risico's en de realisatie van maatregelen;
- Onderzoek naar de effectiviteit van verschillende maatregelen voor overstromingsrisicobeheer.

De rekenresultaten tot 2030 zijn bovendien vergeleken met het nieuwe doel van het begin 2020 vastgestelde programma [Rijn 2040](#) (d.w.z. minstens 15% minder risico's in 2040 ten opzichte van 2020).

---

<sup>4</sup> In de tekst wordt het internationale plan inclusief de nationale plannen afgekort tot IORBP.

<sup>5</sup> Vervolgschade, bijvoorbeeld als gevolg van productieonderbrekingen, wordt dus niet ingeschat.

<sup>6</sup> Gebaseerd op de ROR-categorieën (zie "[Guidance for Reporting under the Floods Directive \(2007/60/EC\)](#)")

## 2. Methode voor de evaluatie van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico

*In hoofdstuk 2 wordt de rekenmethode - die in de GIS-tool FloRiAn is geïmplementeerd - voorgesteld voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economische bedrijvigheid. Meer details over de methode zijn te vinden in de [ICBR-rapporten 236 en 237](#). Voor de precieze implementatie van de methode in het rekenproces van de tool FloRiAn wordt verwezen naar de "user guide" en de "technical reference"<sup>7</sup>.*

### 2.1 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 wordt gebruikt om in het kader van het IORBP van het internationaal Rijndistrict een regelmatige toetsing uit te voeren van het effect van maatregelen op het overstromingsrisico. De methode is als GIS-applicatie geïmplementeerd in de tool FloRiAn. Als er een vergelijkbare gegevensbasis beschikbaar is, kan de methode ook in andere (deel-)stroomgebieden worden gebruikt met behulp van de GIS-applicatie FloRiAn. De rekenmethode die in deze paragraaf wordt beschreven, geldt in principe voor **alle vier de beschermingsdoelen**.

De basis voor de methode is de ROR met de nationale overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten, die in het kader van de ICBR op het niveau van de Rijn zijn samengevoegd in de zogenaamde [Rijnatlas](#). De overstromingsgevaarkaarten geven een beeld van de overstromingsdieptes en -gebieden bij scenario's met een kleine, gemiddelde of grote kans op overstromingen. De overstromingsrisicokaarten bevatten informatie over de vier beschermingsdoelen, die wordt verwerkt in de berekeningen. Het principe is afgebeeld in figuur 1. Het overstromingsrisico is daarbij het product van de potentiële schade en de overstromingskans. Voor Nederland zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor het afvoergedomineerde deel van het stroomgebied. Overstromingen vanuit zee zijn buiten beschouwing gebleven.

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. Op basis van literatuurbronnen en deels expert judgement is de maximaal mogelijke reductie van de schade per indicator gedefinieerd (zie ICBR-rapport 237). De landen hebben voor drie gedefinieerde zichtjaren (2015, 2020 en 2030) gegevens over de realisatie of geplande uitvoering van deze maatregelen en de bijbehorende indicatoren geleverd en samengevoegd op het niveau van de Rijn.

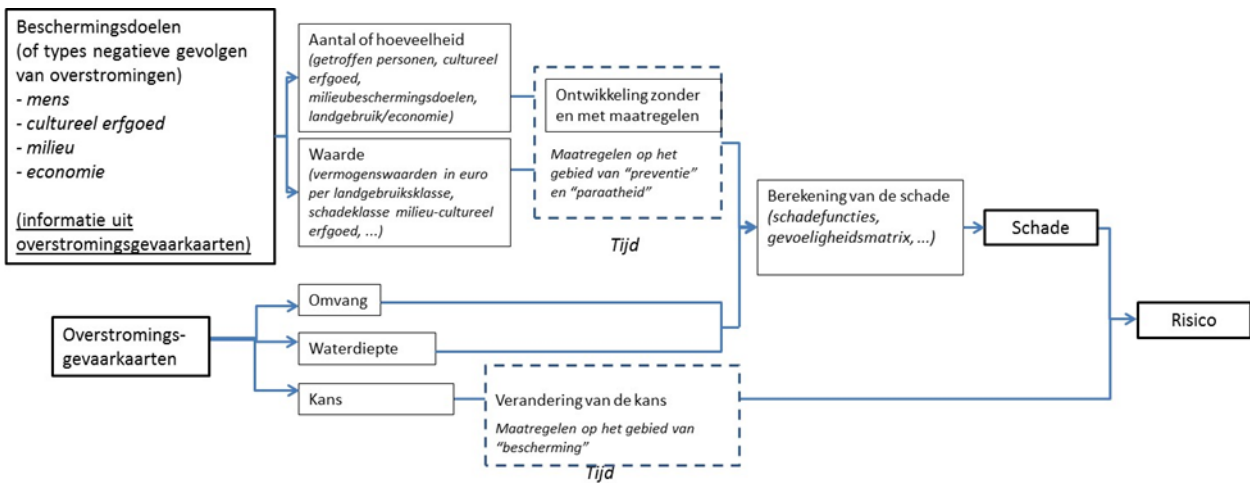
Bij de analyse van het effect van maatregelen op de vermindering van het algemene overstromingsrisico is het belangrijk onderscheid te maken tussen het schadepotentieel en de overstromingskans. De lijst van de bekeken maatregelen en hun algemene, aangenomen effect op de ontwikkeling van de schade, de overstromingskans en het overstromingsrisico is weergegeven in figuur 2, paragraaf 2.6 en bijlagen 2a/2b.

De ICBR heeft berekeningen uitgevoerd van de schade en het risico voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economie in de zichtjaren 2015, 2020 en 2030 (zie figuren 1 en 2). Hiervoor is het effect van verschillende maatregelen berekend.

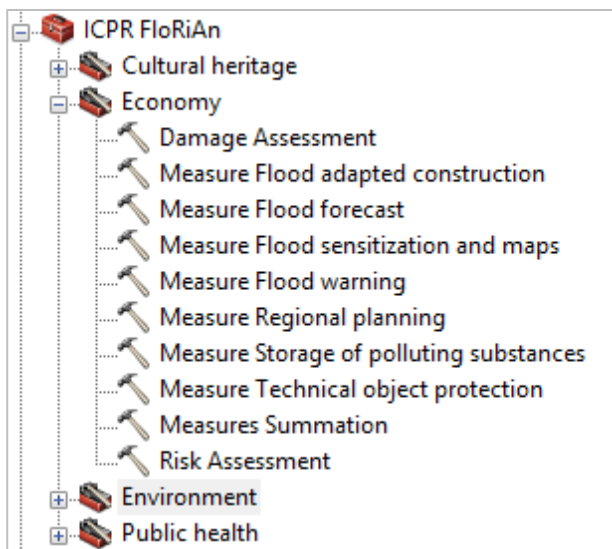
Een centraal punt in het mandaat van de EG HIRI heeft betrekking op de verandering dan wel vermindering van de schade en het risico in de tijd. Dit wordt na de toepassing van FloRiAn, op basis van de output/rekenresultaten van de tool, bepaald.

<sup>7</sup> Kan worden aangevraagd bij de ICBR.

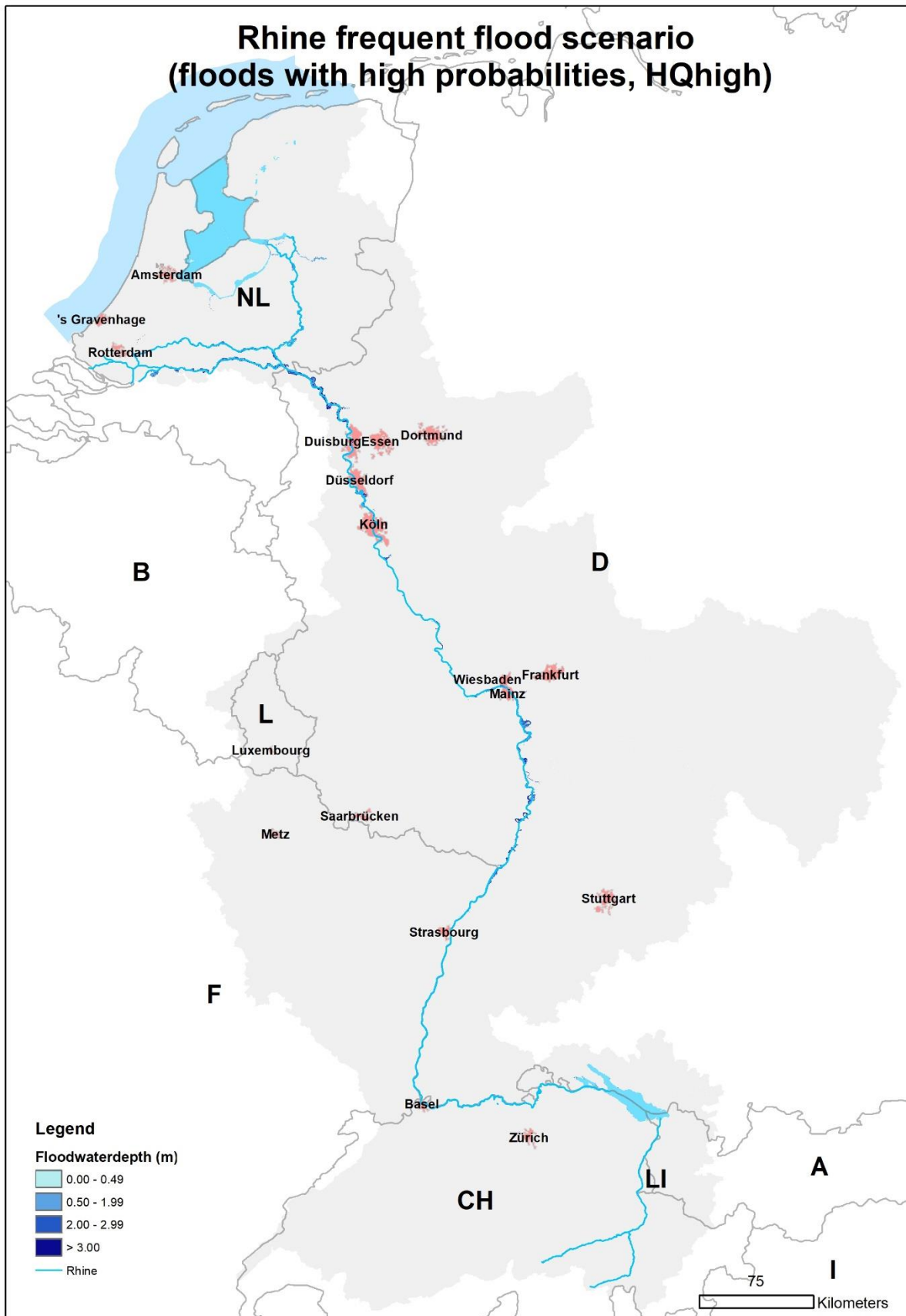




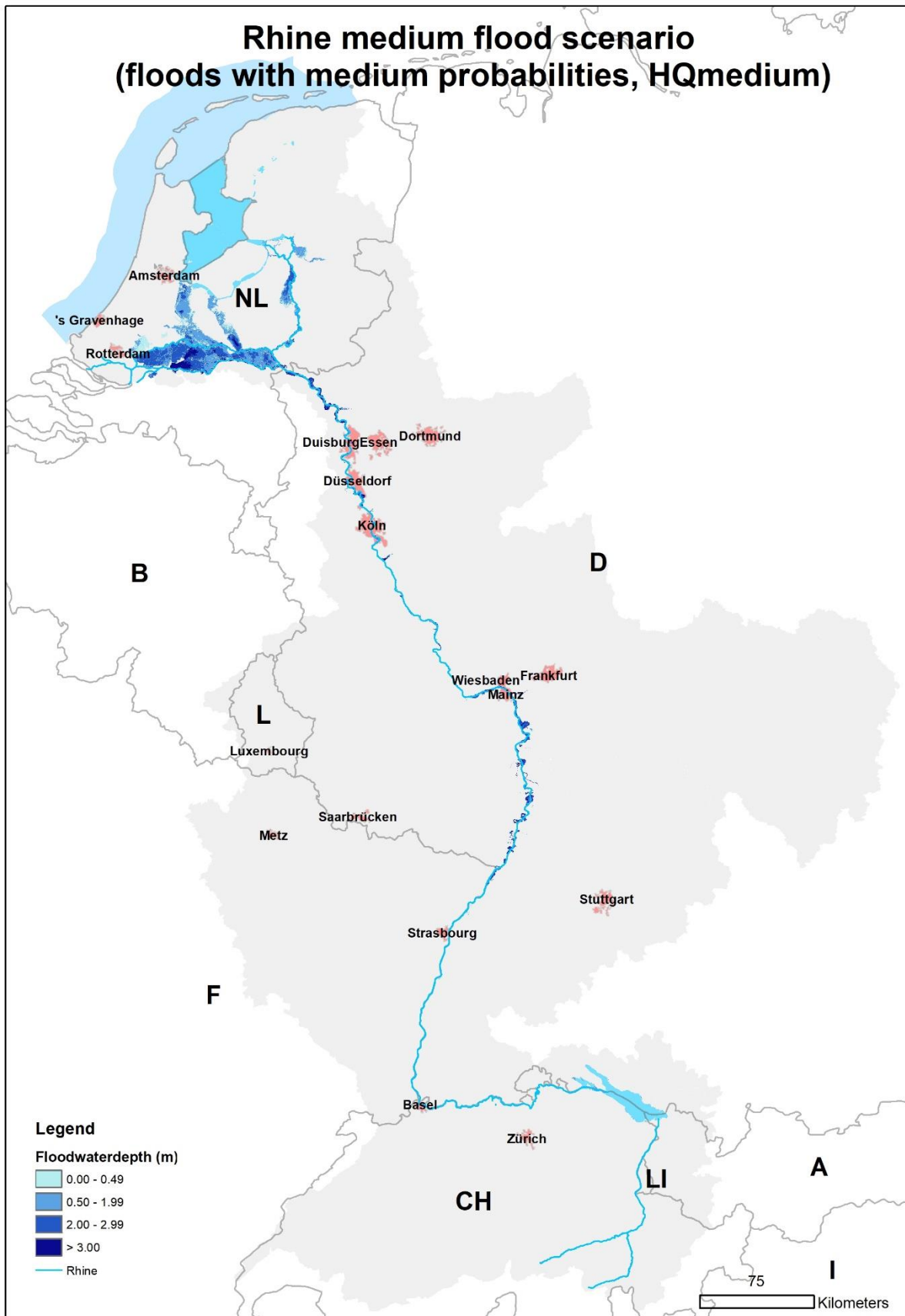
Figuur 1: Werkwijze voor de risicoanalyse, inclusief weergave van de belangrijkste invoergegevens



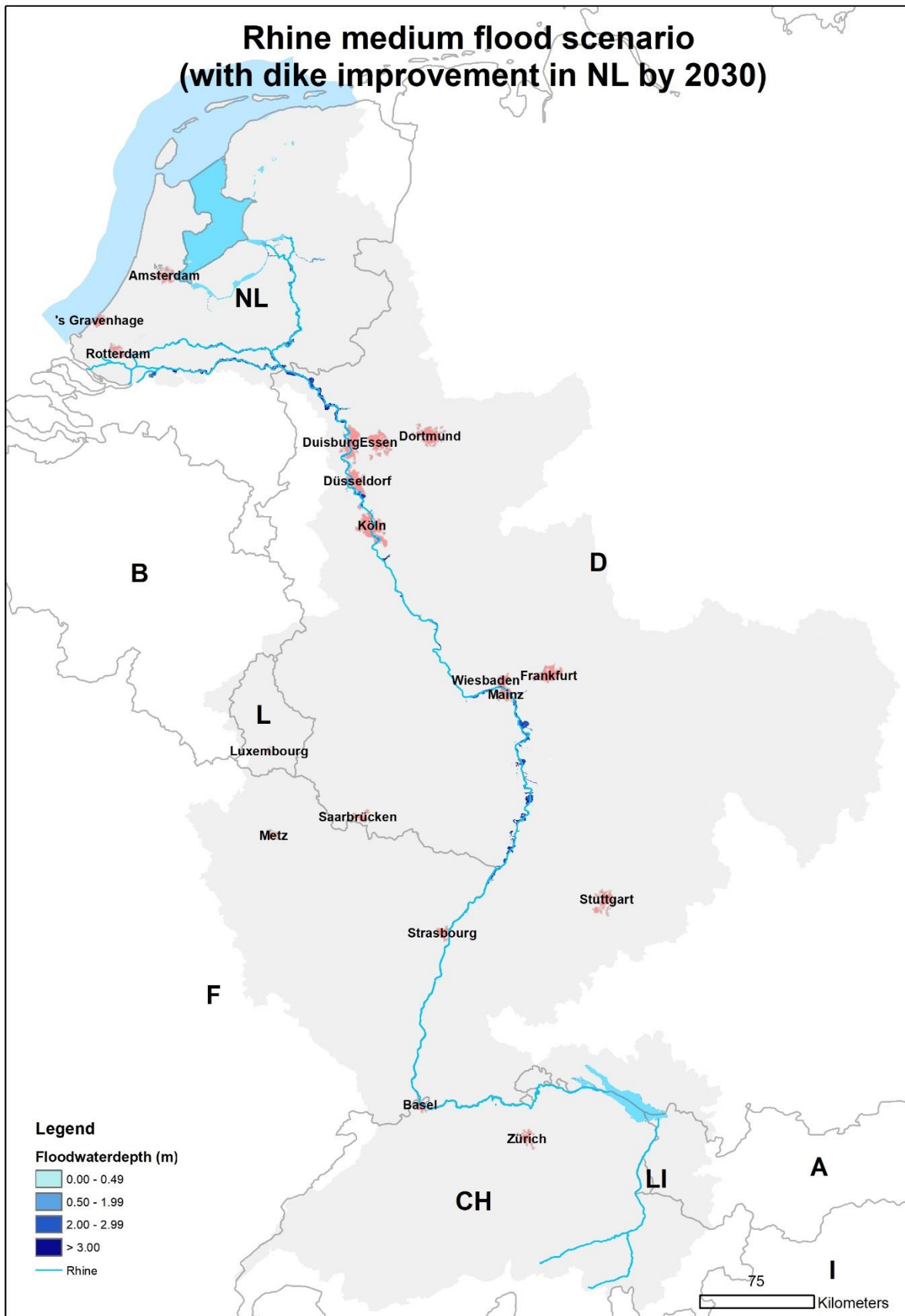
Figuur 2: Rekenmodules/-stappen in FloRiAn (ArcGIS-toolbox)



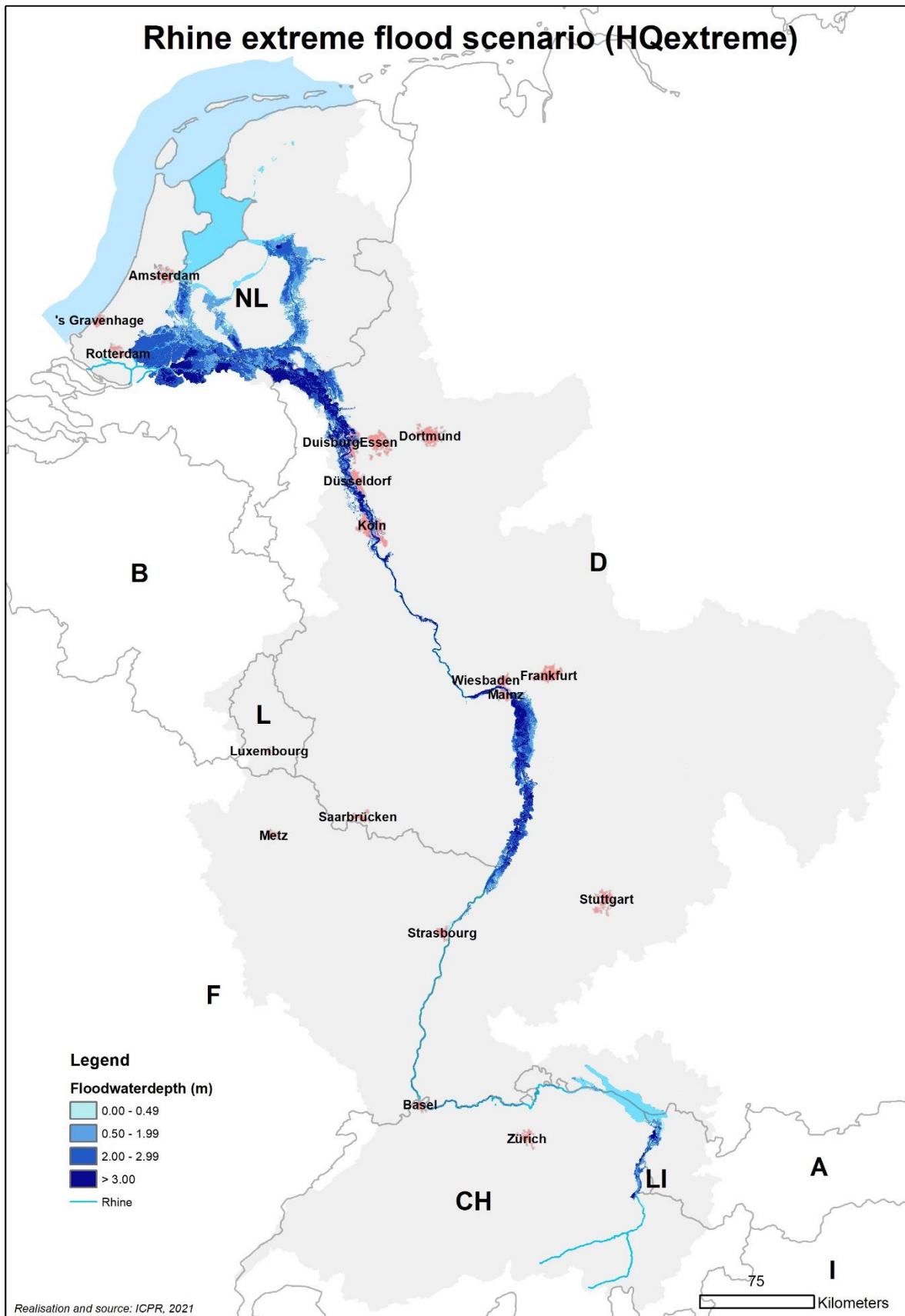
Kaart 1: Overstromingsgevaar aan de Rijn (overstromingsgebieden en -dieptes) in het frequente overstromingsscenario (bron: ICBR-Rijnatlas, aangepast voor de EG HIRI)



Kaart 2: Overstromingsgevaar aan de Rijn (overstromingsgebieden en -dieptes) in het gemiddelde overstromingsscenario (bron: ICBR-Rijnatlas, aangepast voor de EG HIRI)



Kaart 3: Overstromingsgevaar aan de Rijn (overstromingsgebieden en -dieptes) in het gemiddelde overstromingsscenario, rekening houdend met het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma (bron: ICBR-Rijnatlas, aangepast voor de EG HIRI)



Kaart 4: Overstromingsgevaar aan de Rijn (overstromingsgebieden en -dieptes) in het extreme overstromingsscenario (bron: ICBR-Rijnatlas, aangepast voor de EG HIRI)



### **Opmerking in verband met de optimalisatie van de tool en de invoergegevens voor de berekening:**

De FloRiAn-tool is sinds 2016 voortdurend verder ontwikkeld en geoptimaliseerd<sup>8</sup>. Gelet hierop verschillen de FloRiAn-tool en de invoergegevens die voor de methode en de berekeningen nodig zijn (zie figuur 1 en bijlage 3) op de volgende punten van de tool en de invoergegevens die in 2016 zijn gebruikt voor de vorige berekeningen:

- Gebruik van verschillende ArcGIS-versies (GIS-software)
- Optimalisatie van de tool (verbeteringen in de rekenmethode)<sup>8</sup>
- Veranderingen in de invoergegevens:
  - Landgebruiksgegevens (van CLC 2006 naar CLC 2018) (invloed op economie en mens)
  - Veranderingen in de gegevens over nationale maatregelen/indicatoren
  - Veranderingen in de gegevens uit de overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (= inputgegevens uit de nieuwe ICBR-Rijnatlas 2020):
    - Overstromingsgebieden en -dieptes (inclusief verandering in de NL waterdieptes in 2030 (HQ<sub>gemiddeld</sub>) en vier diepteklassen<sup>9</sup> in plaats van continue dieptegegevens) (zie kaarten 1 t/m 4)
    - Gegevens over de beschermingsdoelen en het risico: Economie, mens (nieuwe bepalingmethode voor 2015/2030, zie paragraaf 2.2.a), cultureel erfgoed<sup>8</sup>, milieu
  - Veranderingen in de vermogenswaarden (Liechtenstein - FL) (in overleg met FL zijn de Zwitserse waarden toegepast op FL) (reductie van de schade/het risico)
  - Veranderingen in de veiligheids-/evacuatiepercentages
  - Verschillende correcties in de gegevens

## **2.2 Gezondheid van de mens**

De methode voor de analyse van het beschermingsdoel "gezondheid van de mens" en de bijbehorende rekenstappen zijn weergegeven in figuur 3. De "schade" is hier het "aantal getroffen inwoners". Het risico is het "aantal getroffen inwoners/jaar".

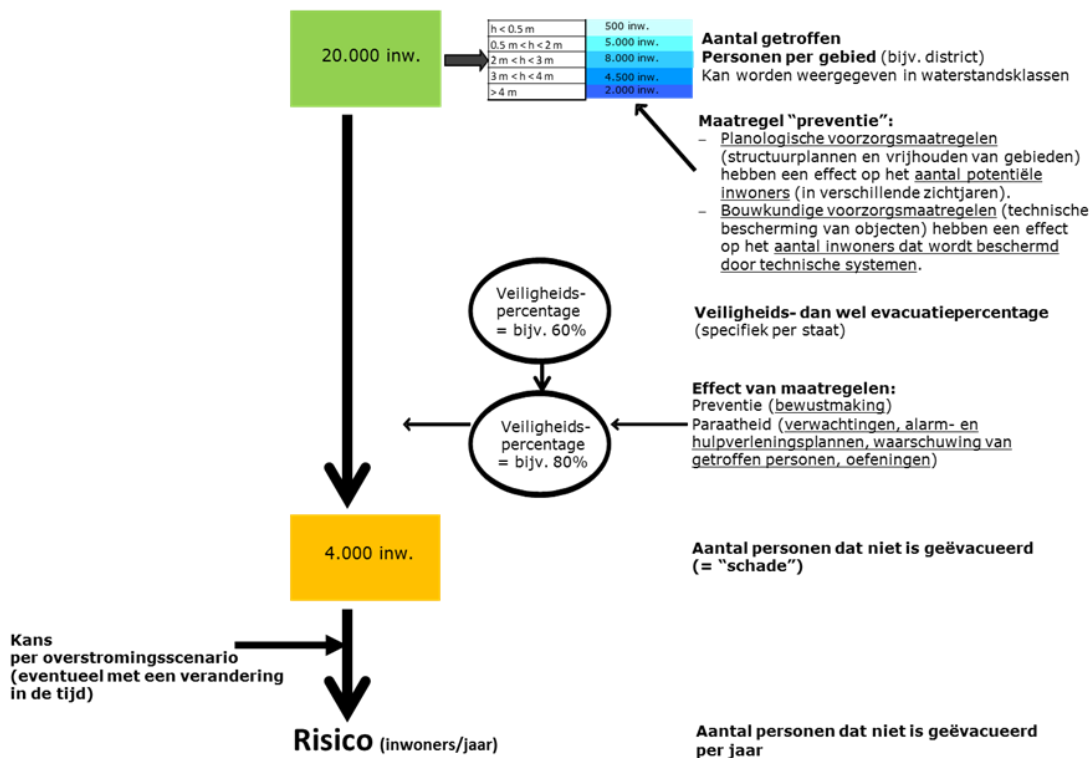
Het risico wordt als volgt berekend:

Risico voor de mens = aantal niet-geëvacueerde getroffen inwoners x kans [aantal/jaar]

<sup>8</sup> Uitzondering: In het kader van de nieuwe berekeningen is geconstateerd dat de nieuwe tool na de optimalisatie weliswaar plausible resultaten oplevert voor de andere onderwerpen, maar niet voor cultureel erfgoed. De nieuwe tool geeft voor de drie overstromingsscenario's (en voor het aanvullende HQ<sub>gemiddeld</sub>-scenario met dijkversterkingen in Nederland voor 2030, zie 2.6.2 - B) zeer vergelijkbare schade-/risicowaarden, hoewel het aantal getroffen culturele erfgoederen sterk verschilt per scenario. De redenen hiervoor worden nog onderzocht. Een en ander zou te wijten kunnen zijn aan een programmeringsfout.

Gelet op het voorgaande is voor de berekening van cultureel erfgoed de vorige versie van de tool als alternatief gebruikt. Er zijn vier verschillende invoerdatasets gemaakt voor de culturele erfgoederen in de drie overstromingsscenario's (en het aanvullende HQ<sub>gemiddeld</sub>-scenario met dijkversterkingen in Nederland voor 2030, zie 2.6.2 - B). Deze aanpak heeft plausible resultaten opgeleverd, die worden voorgesteld in hoofdstuk 3.

<sup>9</sup> Opmerking: Anders dan in de oude Rijnatlas van 2015, die continue waterdieptegegevens bevatte, zijn in de Rijnatlas van 2020 de dieptegegevens al ingedeeld in vier klassen met een enkele dieptewaarde per klasse (49 cm, 1,99 m, 2,99 m, 9,99 m). Dit kan een belangrijke invloed hebben op de resultaten, aangezien er continue waterdieptewaarden (in cm) dienen te worden gebruikt om optimale berekeningen te kunnen uitvoeren met FloRiAn.



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

## Opmerkingen over de methode:

### a. Andere vaststelling van het aantal getroffen inwoners

In bijlage 3 is uitgelegd dat de invoergegevens voor de berekening van het aantal potentieel getroffen inwoners afkomstig zijn van de nationale overstromingsrisicokaarten en bijgevolg van de Rijnatlas 2020. Anders dan in de vroegere HIRI-berekeningen van 2016 is er nu geen factor voor de demografische groei/ontwikkeling toegepast voor de toestand 2030 of voor de uitgangstoestand 2015<sup>10</sup>. Er is besloten om de getroffen inwoners in plaats daarvan als volgt te bepalen:

- **Toestand 2015:** Gegevens van de Rijnatlas 2015 of, als deze informatie niet kon worden gevalideerd of verklaard, gegevens van de atlas 2020 voor de toestand 2015.
- **Toestand 2020:** Gegevens van de atlas 2020.
- **Toestand 2030:** Als er gegevens voor 2015 beschikbaar waren in de atlas 2015, is het aantal inwoners in 2030 vastgesteld op basis van de volgende formule: *Waarde 2030 = waarde 2020 (uit de Rijnatlas 2020) + [(absoluut verschil in 2020 ten opzichte van 2015) x 2]*  
Als er geen gegevens voor 2015 waren, is er voor de toestand 2030 gebruik gemaakt van de gegevens van de atlas 2020.

Dit verklaart waarom er tussen de toestand 2015 en de toestand 2030 sprake is van een toename of stagnatie van het aantal getroffen inwoners, zelfs zonder het effect van maatregelen.

*Opmerking:* In Nederland zijn in de toestand 2030, waarin rekening wordt gehouden met het effect van de maatregelen voor dijkversterking en bijgevolg met de verkleining van het overstromingsgebied bij middelgrote hoogwaters voor 2030 (zie kaarten 2 en 3), de getroffen inwoners bij  $HQ_{\text{frequent}}$  toegepast op  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  (reden: na de uitvoering van de maatregelen voor dijkversterking is het overstromingsgebied in deze twee scenario's vergelijkbaar).

<sup>10</sup> De belangrijkste reden daarvoor is dat er nu reële gegevens over de getroffen inwoners beschikbaar zijn vanuit de Rijnatlas 2015 en de Rijnatlas 2020. Deze gegevens zijn nauwkeuriger dan de theoretische ontwikkelingsfactoren.

## b. Nieuwe gegevens voor de veiligheids-/evacuatiepercentages

Zoals ook bij de andere maatregelen/indicatoren hebben de landen geactualiseerde, van elkaar afwijkende veiligheids-/evacuatiepercentages aangegeven (= aandeel van de inwoners dat tijdens een overstroming in veiligheid gebracht of geëvacueerd kan worden) (zie bijlage 2b).

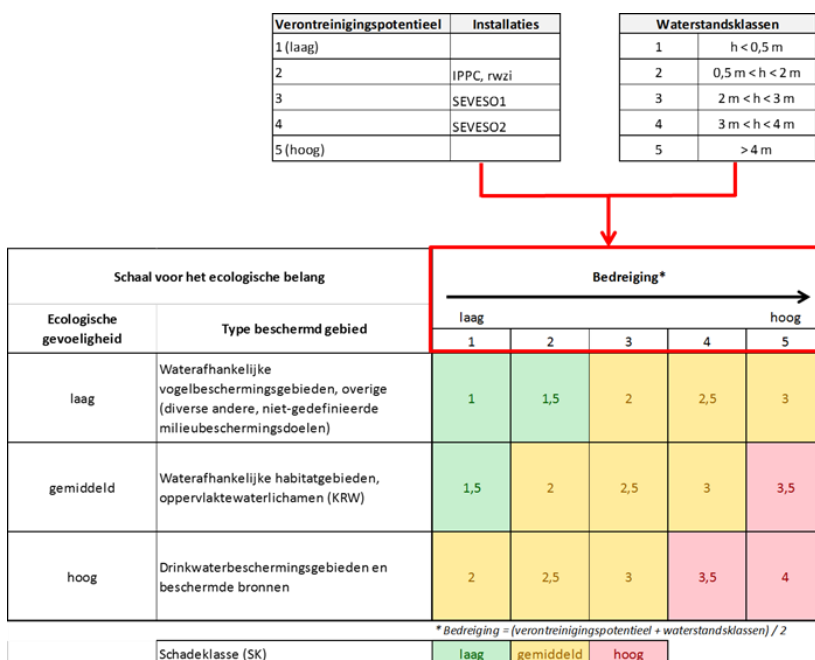
## 2.3 Milieu

De methode voor de analyse van het beschermingsdoel "milieu" en de bijbehorende rekenstappen zijn weergegeven in figuur 4. *Opmerking:* Anders dan bij de beschermingsdoelen economie en mens variëren de invoergegevens, d.w.z. het aantal/de waarden van de beschermde gebieden en de industriële installaties die worden ingevoerd in de berekeningen, niet in de loop der tijd (hetzelfde aantal in 2015, 2020, 2030).

Het uitgangspunt van deze ICBR-methode voor de beoordeling van door overstroming teweeggebrachte risico's voor het milieu is dat niet de overstroming zelf, maar wel het hierdoor veroorzaakte onderlopen van potentieel vervuilende installaties (RIE-installaties<sup>11</sup>, Seveso-bedrijven<sup>12</sup> en rioolwaterzuiveringsinstallaties) schade berokkent aan drinkwater-/natuurbeschermings-/vogelbeschermingsgebieden conform KRW<sup>13,14</sup>. Hoe beter een installatie door maatregelen<sup>15</sup> is beschermd tegen overstromingen, hoe kleiner het gevaar dat een drinkwateronttrekkingspunt en/of beschermd gebied verder benedenstrooms wordt getroffen.

De rekenmethode (weergegeven in figuur 4) levert een beoordeling in drie schadeklassen op: "laag", "gemiddeld" en "hoog", uitgedrukt in schade-indices/-punten (hoe hoger de index, hoe groter de schade). 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).



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

<sup>11</sup> Installaties conform [richtlijn 2010/75/EU inzake industriële emissies \(RIE\)](#)

<sup>12</sup> Bedrijven conform [richtlijn 2012/18/EU](#) (Seveso-III-richtlijn of richtlijn zware ongevallen)

<sup>13</sup> Bijlage IV, nummer 1 van de [EU-KRW \(richtlijn 2000/60/EG\)](#): drinkwaterbeschermingsgebieden en beschermde bronnen, waterafhankelijke gebieden die zijn aangewezen voor de bescherming van habitats of van soorten (habitatgebieden), waterafhankelijke vogelbeschermingsgebieden

<sup>14</sup> Met mogelijke schade door directe effecten van overstromingen op het milieu is in het onderzoek geen rekening gehouden.

<sup>15</sup> Bij het beschermingsdoel "milieu" wordt er alleen gekeken naar de maatregelen "technische bescherming van objecten" en "aan hoogwater aangepaste opslag van watergevaarlijke stoffen" (zie bijlagen 2a/2b).

## 2.4 Cultureel erfgoed

De methode voor de analyse van het beschermingsdoel "cultureel erfgoed" en de bijbehorende rekenstappen zijn weergegeven in figuur 5. *Opmerking:* Anders dan bij de beschermingsdoelen economie en mens variëren de invoergegevens, d.w.z. het aantal en de waarde van de culturele erfgoederen die worden ingevoerd in de berekeningen, niet in de loop der tijd (hetzelfde aantal in 2015, 2020, 2030). Zoals op bladzijde 14 (voetnoot 8) al is beschreven, is er om technische redenen, die verband houden met de geactualiseerde FloRiAn-tool, voor de actuele berekeningen voor cultureel erfgoed gebruik gemaakt van een specifieke set van invoergegevens per overstromingsscenario. Hierbij is de eerste versie van FloRiAn toegepast.

Schade aan cultureel erfgoed wordt kwantitatief - maar niet financieel - geschat op basis van een combinatie van het belang van het culturele erfgoed (UNESCO-werelderfgoed, locaties van historisch belang, monumenten) en de waterdiepte. Maatregelen helpen om het culturele erfgoed te beschermen en schade te voorkomen (net als bij het beschermingsdoel "economische bedrijvigheid", zie bijlagen 2a/2b).

De matrixbeoordeling volgt dezelfde principes als bij het beschermingsdoel milieu. Door de over alle schadeklassen opgetelde, gemiddelde schade-index te vermenigvuldigen met de overstromingskans wordt het risico verkregen (= opgetelde, gemiddelde schade-index per jaar).

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
-------------------	------	-----------	------

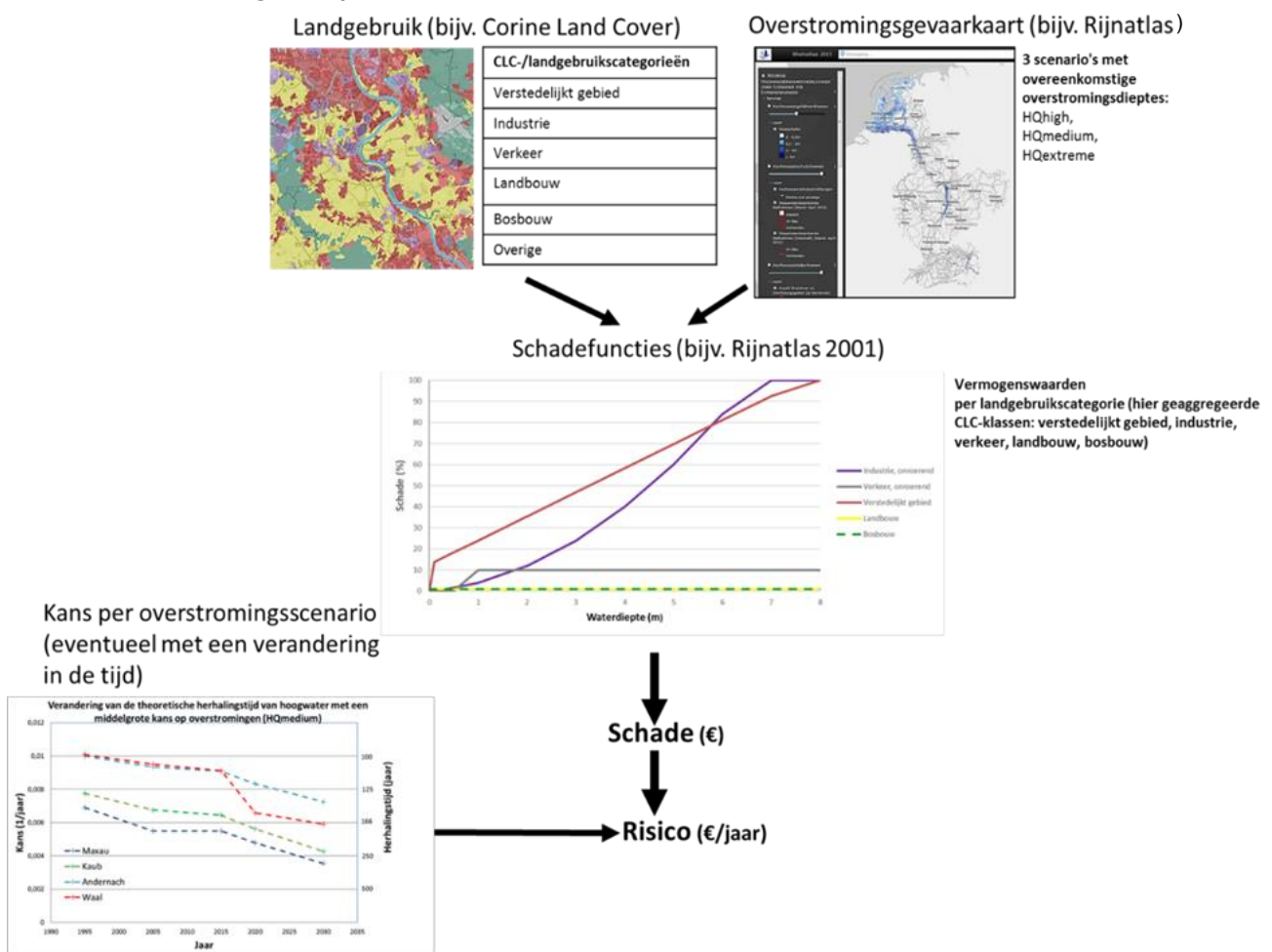
Figuur 5: Matrix voor de beoordeling van de schade aan cultureel erfgoed

## 2.5 Economische bedrijvigheid

De methode voor de analyse van het beschermingsdoel "economie" en de bijbehorende rekenstappen zijn weergegeven in figuur 6.

De potentiële (directe) economische schade wordt aan de hand van landgebruiksgegevens (CLC 2018) en waterdieptegegevens in de drie overstromingsscenario's ([ICBR-Rijnatlas 2020](#)) berekend met behulp van schadefuncties en vermogenswaarden (uit de ICBR-Rijnatlas 2001) voor de categorieën "verstedelijkt gebied", "industrie", "verkeer", "landbouw" en "bosbouw". Vermogenswaarden (= euro/m<sup>2</sup> per landgebruiscategorie) zijn bij de vorige/oude berekeningen (zie ICBR-rapport 237) op basis van de economische groei dan wel de consumentenprijsindex (in de tijd) aangepast aan de daadwerkelijke situatie<sup>16</sup>, d.w.z. dat er voor de drie zichtjaren (2015, 2020, 2030) verschillende invoerwaarden bestaan. Diverse maatregelen (zie bijlagen 2a/2b) dragen bij aan de verandering van de schade of de kans.

Vermenigvuldiging van de schade met de overstromingskans resulteert in het risico (zie hoofdstuk 2.1 en figuur 6).



Figuur 6: Werkwijze voor de analyse van het overstromingsrisico voor de economische bedrijvigheid

<sup>16</sup> In de voorliggende rekenresultaten zijn de vermogenswaarden niet verder geactualiseerd.



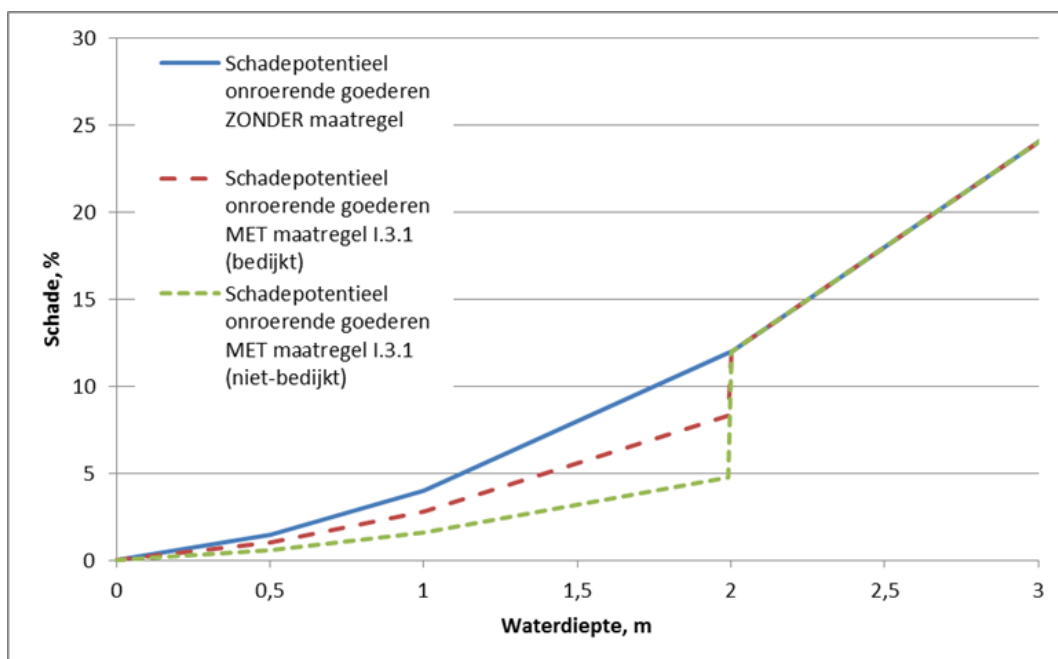
## 2.6 Rekening houden met maatregelen in de berekeningen

### 2.6.1 Algemeen

De berekening van het effect van maatregelen in de tool verschilt naargelang het type maatregel of indicator (invloed op het schadepotentieel of de kans) en het bekeken beschermingsdoel (gezondheid van de mens, milieu, cultureel erfgoed en economische bedrijvigheid):

- Veranderingen in het aantal getroffen inwoners door evacuatie in combinatie met verdere maatregelen (beschermingsdoel mens) (zie figuur 3).
- Veranderingen in de effectafstand van potentieel gevaarlijke installaties (beschermingsdoel milieu).
- Verandering van de schadefuncties als gevolg van maatregelen (beschermingsdoelen economie en cultureel erfgoed), bij wijze van voorbeeld weergegeven in de onderstaande figuur 7. Dit leidt in elke waterdiepteklasse tot lagere waarden.
- Naast het afzonderlijke effect van maatregelen zijn er ook wisselwerkingen tussen maatregelen, die in afhankelijkheidsmatrices voor bedijkt en niet-bedijkt gebied zijn beschreven. Er wordt aangenomen dat bepaalde maatregelen het meeste effect hebben als ze in combinatie met andere maatregelen worden toegepast en berekend (bijv. iemand kan zichzelf en zijn have en goed beter beschermen als die persoon bewust is gemaakt van het gevaar en als de overstromingsverwachting en -waarschuwing goed werken).

Het effect van technische maatregelen ter bescherming tegen overstromingen wordt voorgesteld in het volgende hoofdstuk 2.6.2.



Figuur 7: Verandering van de schadefunctie voor schade aan onroerende goederen (schade aan gebouwen) als gevolg van "bouwkundige voorzorgsmaatregelen" in bedijkt en niet-bedijkt gebied (zie ICBR-rapport 237)

## 2.6.2 Rekening houden met technische beschermingsmaatregelen tegen overstromingen

### A. Verandering van de overstromingskans als gevolg van waterstandverlagende maatregelen

*Gedetailleerde informatie en figuren in verband met het onderzoek en de methodes voor de bepaling van de verandering van de kans en de verwerking hiervan in de tool/methode zijn te vinden in de ICBR-rapporten 236 en 237.*

Waterstandverlagende maatregelen hebben een effect op de ontwikkeling van het risico als gevolg van de theoretisch berekende verandering van de overstromingskans.

De ICBR heeft de effectiviteit van uitgevoerde en geplande hoogwaterverlagende maatregelen<sup>17</sup> op de waterstanddaling aan de Rijn geëvalueerd (zie ICBR-rapport 199, 2012) en vervolgens een methode ontwikkeld om de verandering van de overstromingskans in te schatten (zie ICBR-rapport 229, 2015). De in de HIRI-methode en in de tool gebruikte resultaten in verband met de verandering van de overstromingskans zijn gewijzigde herhalingstijden<sup>18</sup> voor hoogwater met een grote, middelgrote en kleine kans op overstromingen ( $HQ_{\text{frequent}}$ ,  $HQ_{\text{gemiddeld}}$ ,  $HQ_{\text{extreem}}$ ) in de drie zichtjaren/waterbouwkundige toestanden.

De ICBR-expertgroep "Hoogwatervalidatie" (EG HVAL) heeft geen resultaten berekend voor het zichtjaar 2015 (alleen voor 2010, 2020 en 2030). Daarom is er in de voorliggende berekeningen van het risico voor het zichtjaar 2015 gebruik gemaakt van de realisatiegraad van de maatregelen in 2010 (toestand 2010). Bovendien moet erop worden gewezen dat de landen in 2010 alleen een ruwe inschatting konden maken van welke waterstandverlagende maatregelen ze in de periode 2020-2030 wilden gaan uitvoeren. Wijzigingen die sindsdien zijn aangebracht, zijn daarom niet meegenomen in de berekeningen.

Een actuele lijst van reeds uitgevoerde en voorgenomen maatregelen is te vinden in het [tweede IORBP](#) en in de [ICBR-Rijnatlas 2020](#).

### B. Effect van technische beschermingsmaatregelen tegen overstromingen en van maatregelen om het overstromingsgebied te verkleinen

Bij verschillende paraatheids-/voorzorgsmaatregelen (zie indicatoren in de bijlagen 2a/2b) wordt het effect gedifferentieerd naargelang de vraag of het gebied/riviertraject in kwestie is beschermd/bedijkt<sup>19</sup> of niet-beschermd/niet-bedijkt. In het algemeen wordt daarbij aangenomen dat in niet-bedijkte gebieden die vaker te maken krijgen met overstromingen de ervaring met hoogwater en de persoonlijke voorzorg van potentieel getroffen inwoners groter zijn, waardoor het reducerende effect van paraatheids-/voorzorgsmaatregelen op de potentiële schade ook groter is.

Daartegenover staat dat de (invoer-)gegevens in verband met overstromingsgebieden en -dieptes uit de Rijnatlas 2020 op verschillende plekken aan de Rijn en afhankelijk van het scenario al overeenkomen met een beschermde situatie (zo worden er voor AT/FL/CH aan de Alpenrijn alleen voor  $HQ_{\text{extreem}}$  overstromingsgebieden aangegeven). Zonder technische beschermingsmaatregelen zou de schade/het risico nog veel groter zijn. De landen aan de Rijn hebben een verschillend aandeel in het overstromingsgebied, wat invloed heeft op het eindresultaat van de schade en het risico. Uitgaand van een analyse van de Rijnatlasgegevens nemen de volgende landen het grootste aandeel in aan het overstromingsgebied per overstromingsscenario:

- $HQ_{\text{extreem}}$ : grootste gebied NL; op één na grootste gebied DE (qua orde van grootte vergelijkbaar met NL);
- $HQ_{\text{gemiddeld}}$ : grootste gebied NL; op één na grootste gebied - maar met grote afstand - DE;
- $HQ_{\text{gemiddeld}}$  (met dijkversterking in NL): grootste gebied DE; op één na grootste gebied NL;
- $HQ_{\text{frequent}}$ : grootste gebied DE; op één na grootste gebied NL (qua orde van grootte vergelijkbaar met DE);

<sup>17</sup> Bijv. retentiemaatregelen, maatregelen uit "Ruimte voor de rivier" in Nederland.

<sup>18</sup> 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.

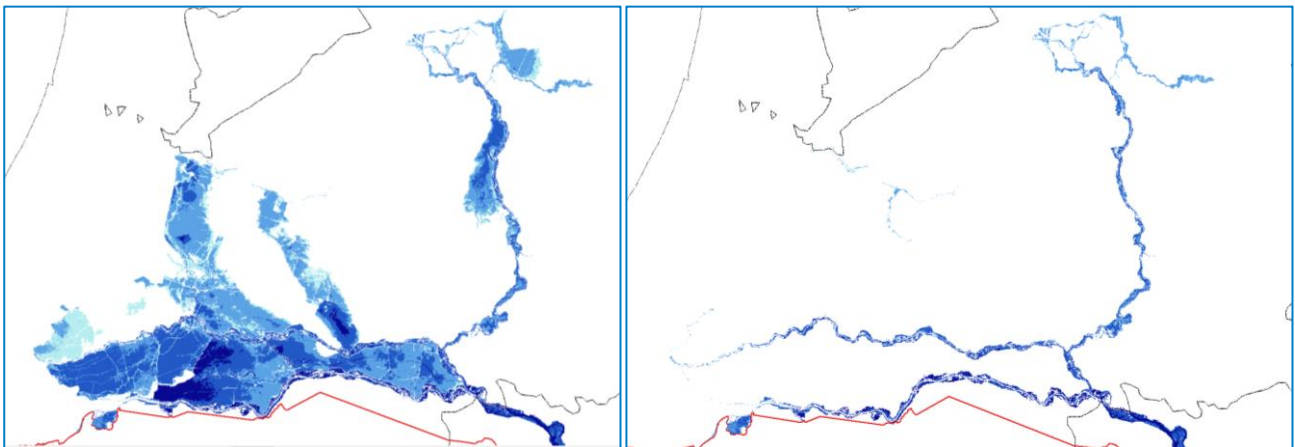
<sup>19</sup> De in aanmerking komende voorzieningen voor de bescherming tegen overstromingen zijn weergegeven in de [Rijnatlas 2020](#).

Een gedetailleerd overzicht van de nationale aandelen aan het overstromingsgebied is opgenomen in bijlage 4.

Een nieuw element in de voorliggende berekeningen is de verwerking van de dijkversterkingsmaatregelen die voor 2030 zijn gepland in Nederland. Nederland heeft per 1 januari 2017 de normering voor de primaire keringen gewijzigd. In de nieuwe normen is meer dan voorheen rekening gehouden met het overstromingsrisico: de kans op overstromen én de gevolgen van een overstroming. Uiterlijk in 2050 moeten alle primaire keringen aan de nieuwe normen voldoen. Uit een beoordeling blijkt dat met name in het rivierengebied veel keringen nu niet aan de nieuwe normen voldoen en deze keringen zullen met voorrang worden versterkt. Het [Hoogwaterbeschermingsprogramma \(HWBP\)](#) (in de rest van dit document ook wel "dijkversterkingsprogramma" genoemd) is verantwoordelijk voor het prioriteren en programmeren van de dijkversterkingen en kent een voortrollende planning voor de komende zes jaar met een doorkijk voor de zes jaar daarna. In de huidige planning (2021-2026) is een groot aantal keringen langs de drie Rijntakken in Nederland geprogrammeerd, zodat verwacht mag worden dat in 2030 het overstromde gebied bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  aanzienlijk gereduceerd zal zijn. Omdat nu niet precies bekend is hoe in 2030 de situatie zal zijn, zijn met FloRiAn twee situaties doorgerekend: een worst case waarin de toestand van de keringen hetzelfde is als in 2020 en een best case waarin alle keringen zijn versterkt, zodanig dat bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  geen binnendijkse overstromingen meer optreden (zie kaarten 2 en 3 en figuur 8). Aannemend dat het bestcasescenario bewaarheid wordt, zal het overstromingsgebied in Nederland bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  in de periode 2020-2030 85,6% kleiner worden. Er is voor gekozen om de berekeningen voor de gunstigste situatie uit te voeren, d.w.z. zonder modellering van dijkdoorbraken.

Terwijl als invoergegevens in de oude berekeningen voor alle zichtjaren en voor de drie scenario's dezelfde overstromingsgebieden en -dieptes werden gebruikt, is deze keer - gelet op de bovengenoemde Nederlandse maatregelen - in 2030 een gereduceerd overstromingsgebied toegevoegd aan de berekening van het gemiddelde overstromingsscenario. Dit heeft een zeer grote invloed op de vermindering van de schade en het risico (zie hoofdstuk 3).

Tot een bepaalde hoogwaterstand is bedijking weliswaar doeltreffend, maar als de dijken breken of er zich een groter hoogwater voordoet, zijn de gebieden achter de dijken niet meer beschermd. Niet-technische maatregelen voor overstromingsrisicobeheer, zoals voorlichting of crisisbeheersing, zijn daarom bijzonder belangrijk.



Figuur 8: Links:  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  vóór NL Hoogwaterbeschermingsprogramma (2015 en 2020); rechts:  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  na NL Hoogwaterbeschermingsprogramma (2030) (zie ook kaarten 2 en 3)

### 3. Resultaten

In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de berekeningen voor de zichtjaren 2015, 2020 en 2030 beschreven voor de vier beschermingsdoelen mens, milieu, cultureel erfgoed en economie. Centraal staat daarbij de vraag hoe het schadepotentieel en het risico zich ontwikkelen in de tijd. Het gaat om de relatieve ontwikkeling van het schadepotentieel en het risico.

#### 3.1. Gezondheid van de mens

Het **aantal getroffen inwoners** stijgt met toenemende intensiteit/omvang van de overstroming (van HQ<sub>frequent</sub> tot HQ<sub>extreem</sub>), omdat de overstromingsgebieden en -dieptes bij extreme hoogwatergebeurtenissen groter zijn dan bij gemiddelde en frequente gebeurtenissen (zie kaarten 1 t/m 4 en bijlage 4).

In de periodes 2015-2020 en 2020-2030 (zie tabel 1 en figuur 9) is er sprake van een stagnatie of minimale reductie van het aantal getroffen inwoners. In het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> neemt het aantal getroffen inwoners in 2030 zeer sterk af t.o.v. 2015 of 2020. De reden daarvoor zijn de geplande maatregelen in Nederland om de overstromingsgebieden en -dieptes te reduceren.

Er zij op gewezen dat er aan de Duits-Franse Bovenrijn en de Duitse Nederrijn door de uitvoering van een groot aantal maatregelen reeds sprake is van een bescherming tegen HQ<sub>gemiddeld</sub> en er daarom door de afronding van verdere maatregelen maar weinig veranderingen kunnen worden vastgesteld ten opzichte van de gekozen referentie. Een en ander betekent dat zonder de geplande dijkversterkingsmaatregelen in Nederland het aantal getroffen inwoners bij HQ<sub>gemiddeld</sub> hetzij een stagnatie, hetzij een minimale reductie laat zien in de periode 2015-2030 dan wel 2020-2030.

Tabel 1: Ontwikkeling van de schade voor de gezondheid van de mens

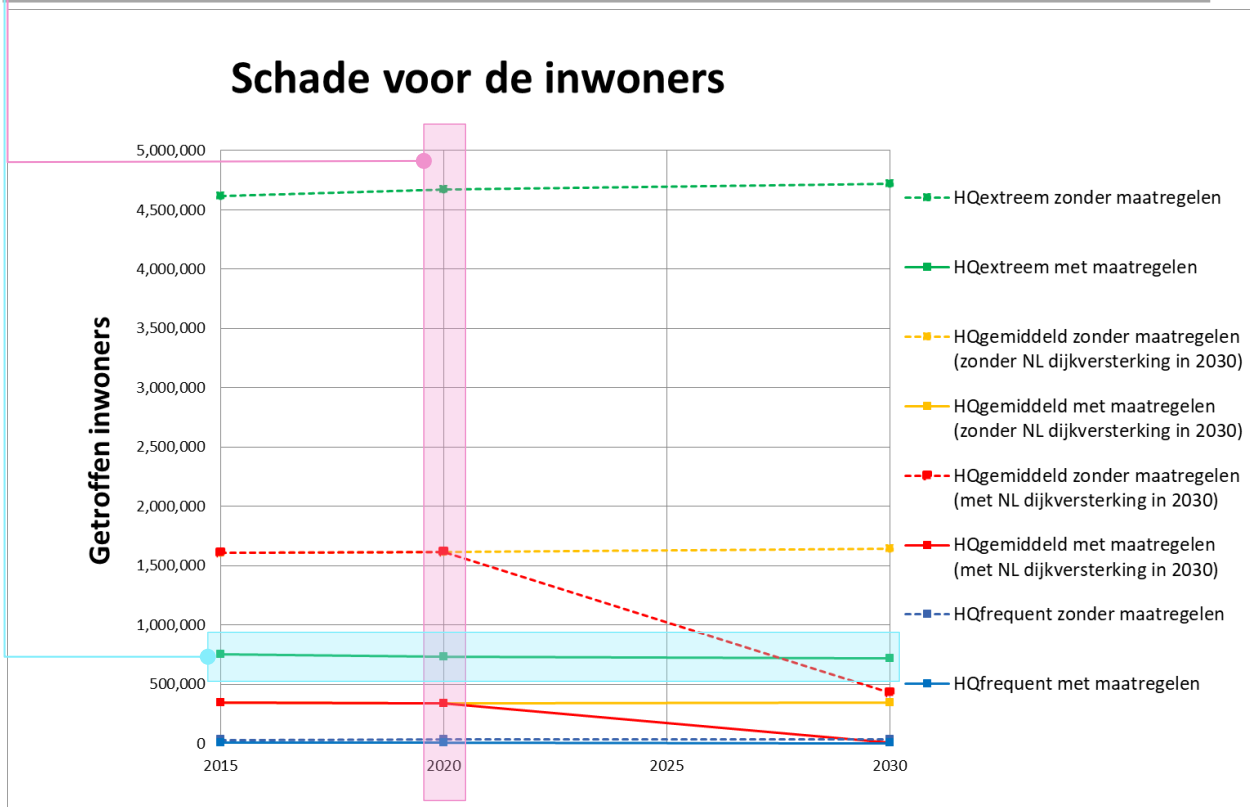
Ontwikkeling van de getroffen personen na de uitvoering van alle maatregelen (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQ <sub>frequent</sub> met maatregelen	-2	-2	-1
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-99	-2	-99
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-2	-2	0
HQ <sub>extreem</sub> met maatregelen	-4	-2	-1

**Leeswijzer voor figuur 9:** In deze figuur worden de berekende schadewaarden (hier het "aantal getroffen inwoners") zonder effect van de maatregelen (= stippellijn) dan wel rekening houdend met maatregelen (= doorgetrokken lijn) weergegeven voor de drie rekenjaren (2015, 2020, 2030). Dit is gedaan voor elk van de vier overstromingsscenario's (HQ<sub>frequent</sub>, HQ<sub>gemiddeld</sub> zonder inachtneming van de verbetering van de Nederlandse dijken in 2030, HQ<sub>gemiddeld</sub> met inachtneming van de verbetering van de Nederlandse dijken in 2030, HQ<sub>extreem</sub>). Daarbij moet erop worden gewezen dat de berekening van de schade zonder inachtneming van de overstromingskans en bijgevolg zonder de invloed van de waterstandverlagende maatregelen wordt uitgevoerd (in tegenstelling tot de berekening van de risico's, zie figuur 10).

De figuur kan vanuit twee oogpunten worden bekeken:

- Verticale interpretatie per jaar: hier wordt een vergelijking gemaakt tussen de situatie met en zonder maatregelen (d.w.z. reductie van de schade als gevolg van de uitvoering van de maatregelen). Zo zouden er in 2020, als er geen maatregelen waren genomen, bij een HQ<sub>extreem</sub> meer dan 4,5 miljoen inwoners zijn getroffen. Als er wel rekening wordt gehouden met maatregelen zouden er in 2020 bij dezelfde kans van optreden nog slechts ca. 750.000 inwoners zijn getroffen.
- Horizontale interpretatie in de tijd: hier wordt er een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de schade in de periode 2015-2030. Zo daalt het aantal getroffen inwoners bij een HQ<sub>extreem</sub> van ca. 750.000 in 2015 naar ca. 730.000 in 2020.

*Opmerking: De figuren volgen voor alle vier de beschermingsdoelen en voor "schade" en "risico" dezelfde structuur. Daarom kan deze leeswijzer voor alle beschermingsdoelen als hulpmiddel worden gebruikt.*



Figuur 9: Ontwikkeling van het aantal inwoners dat wordt getroffen door overstromingen (met en zonder maatregelen, en met en zonder Nederlandse dijkversterking in 2030)

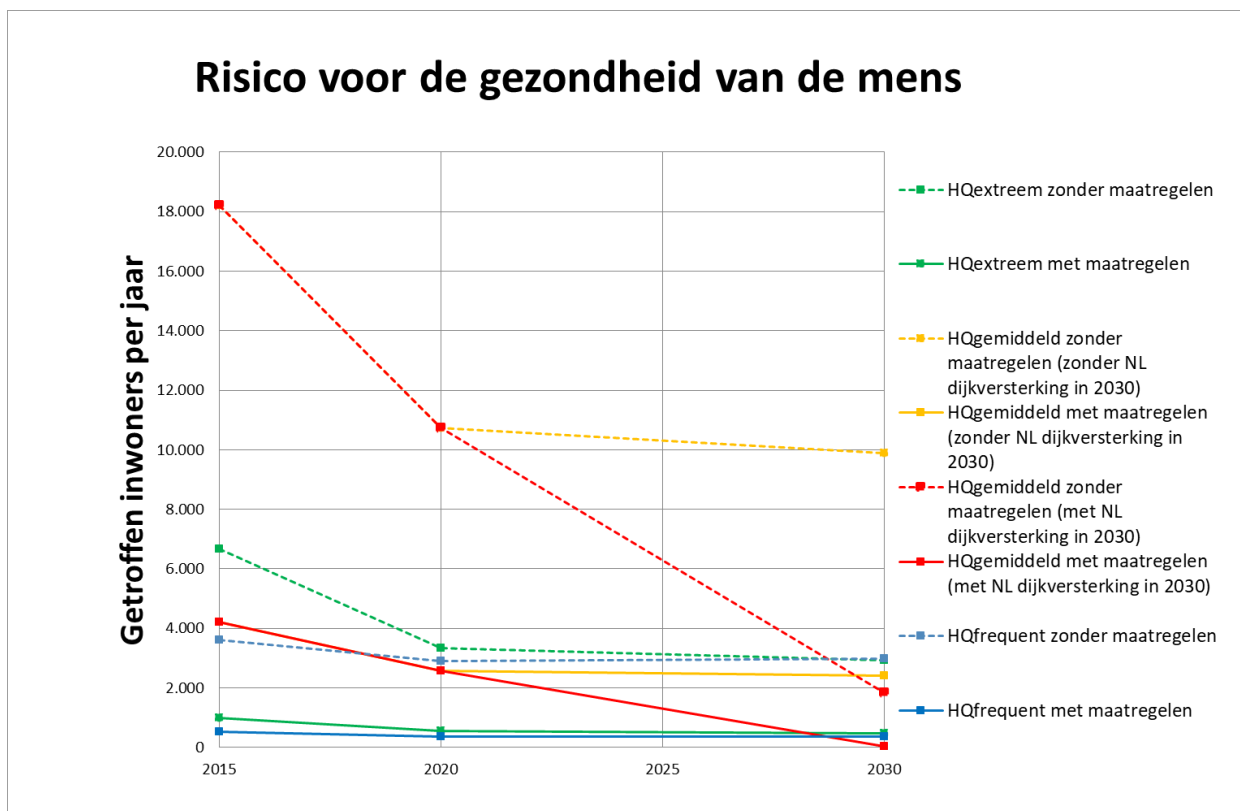


Het **risico** wordt uitgedrukt in de eenheid "aantal getroffen inwoners/jaar". In de periode 2015-2020 neemt het risico duidelijk af (tot 44%), voornamelijk door het effect van de waterstandverlagende maatregelen (zie tabel 2 en figuur 10). Dit geldt zowel voor de situatie zonder als de situatie met het effect van maatregelen (indicatoren) (resultaten vergelijkbaar met die in ICBR-rapport 236, 2016). In de periode 2020-2030 bedraagt de vermindering van het risico 18% en is daarmee kleiner dan in de periode 2015-2020. De kleinere risicoreductie in de periode 2020-2030 komt doordat er in de periode 2020-2030 over het algemeen minder waterstandverlagende maatregelen zijn gepland langs de gehele Rijn dan in de periode 2015-2020 (zie hoofdstuk 2). Daarbij moet worden bedacht dat de aan de Duits-Franse Bovenrijn en de Duitse Nederrijn geplande waterstandverlagende maatregelen precies in deze periode zullen worden opgeleverd, terwijl de maatregelen in Nederland al voor 2020 zijn uitgevoerd.

Rekening houden met het Nederlandse dijkversterkingsprogramma resulteert bij het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> in de periode 2020-2030 in een zeer grote risicoreductie van 98%. Zonder het Nederlandse dijkversterkingsprogramma zou de risicoreductie uitkomen op 6%.

Tabel 2: Ontwikkeling van het risico voor de gezondheid van de mens

Ontwikkeling van het risico bij de getroffen inwoners (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-33	-31	-2
HQgemiddeld met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-99	-39	-98
HQgemiddeld met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-43	-39	-6
HQextreem met maatregelen	-54	-44	-18



Figuur 10: Kans op gevolgen met en zonder maatregelen (getroffen inwoners/jaar) (= risico)

Opmerking in verband met onderstaande **analyse van de effectiviteit** van maatregelen<sup>20</sup>:

Hieronder wordt de nadruk gelegd op de analyse van de effectiviteit van de verschillende types van maatregelen die in paragraaf 2.6 worden beschreven. De maatregelen ter vermindering van de schade (nationale maatregelen, zogenaamde "indicatoren" en maatregelen in het kader van het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma, zogenaamde "maatregelen voor de reductie van overstromingsgebieden") kunnen op basis van hun effect per jaar worden geanalyseerd. Vervolgens wordt de situatie met en zonder maatregelen vergeleken.

Bij de waterstandverlagende maatregelen die tot verschillen in de overstromingskansen leiden en bijgevolg tot een directe invloed op het risico, worden de effecten van deze maatregelen in de tijd, d.w.z. tussen de verschillende jaren, onderzocht.

De **effectiviteit van de maatregelen** met betrekking tot het beschermingsdoel mens kan als volgt worden samengevat op basis van figuur 10:

- Grote invloed van waterstandverlagende maatregelen (verlaging van de kans).  
Bijvoorbeeld: tot 44% risicoreductie voor  $HQ_{\text{extreem}}$  tussen 2015 en 2020;
- Zeer grote invloed van maatregelen voor de verkleining van overstromingsgebieden (in onze analyse zijn dit de maatregelen in het kader van het HWBP in NL), voorbeeld: 98% risicoreductie voor  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  tussen 2020 en 2030;
- Grote invloed van nationale maatregelen/indicatoren (in het bijzonder veiligheids-/evacuatiepercentage) (analyse per jaar in figuur 10, d.w.z. gerelateerd aan een onderzoeksjaar met en zonder maatregelen): 88% risicoreductie voor  $HQ_{\text{frequent}}$  en  $HQ_{\text{extreem}}$  of anders uitgedrukt, en bij wijze van voorbeeld voor het jaar 2020 en  $HQ_{\text{frequent}}$ , het risico daalt van ca. 3.000 getroffen inwoners in een situatie zonder maatregelen naar ca. 350 in een situatie met maatregelen.

---

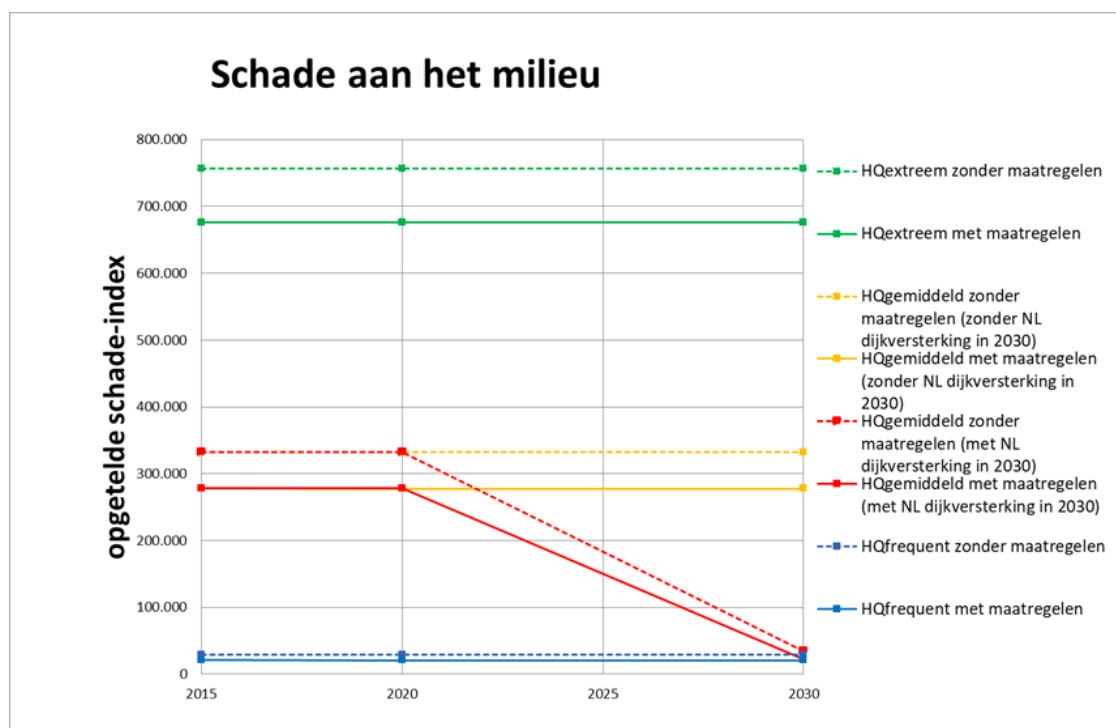
<sup>20</sup> Deze opmerking geldt voor alle vier de beschermingsdoelen

### 3.2 Milieu

Voor het beschermingsdoel milieu wordt met betrekking tot de **schade** geconstateerd dat de opgetelde schade-index<sup>21</sup> in de periode 2015-2020 stagneert, behalve bij HQ<sub>frequent</sub> (zeer lichte reductie dankzij verbeterde maatregelen in Duitsland in 2020 ten opzichte van 2015; de andere landen hebben voor de drie onderzoeksjaren dezelfde maatregelen geleverd) (zie tabel 3 en figuur 11). In de twee scenario's HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub> doet zich in de periode 2020-2030 hetzelfde voor. Echter, in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> is er in de periode 2020-2030 sprake van een zeer sterke vermindering van het schadepotentieel als gevolg van het geplande Hoogwaterbeschermingsprogramma in Nederland. Als er geen rekening werd gehouden met dit Nederlandse dijkversterkingsprogramma, zou de potentiële schade aan het milieu ook in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> stagneren.

Tabel 3: Ontwikkeling van de schade aan het milieu

Relatieve verandering van de schade (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQ <sub>frequent</sub> met maatregelen	-2	-2	0
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-92	0	-92
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	0	0	0
HQ <sub>extreem</sub> met maatregelen	0	0	0



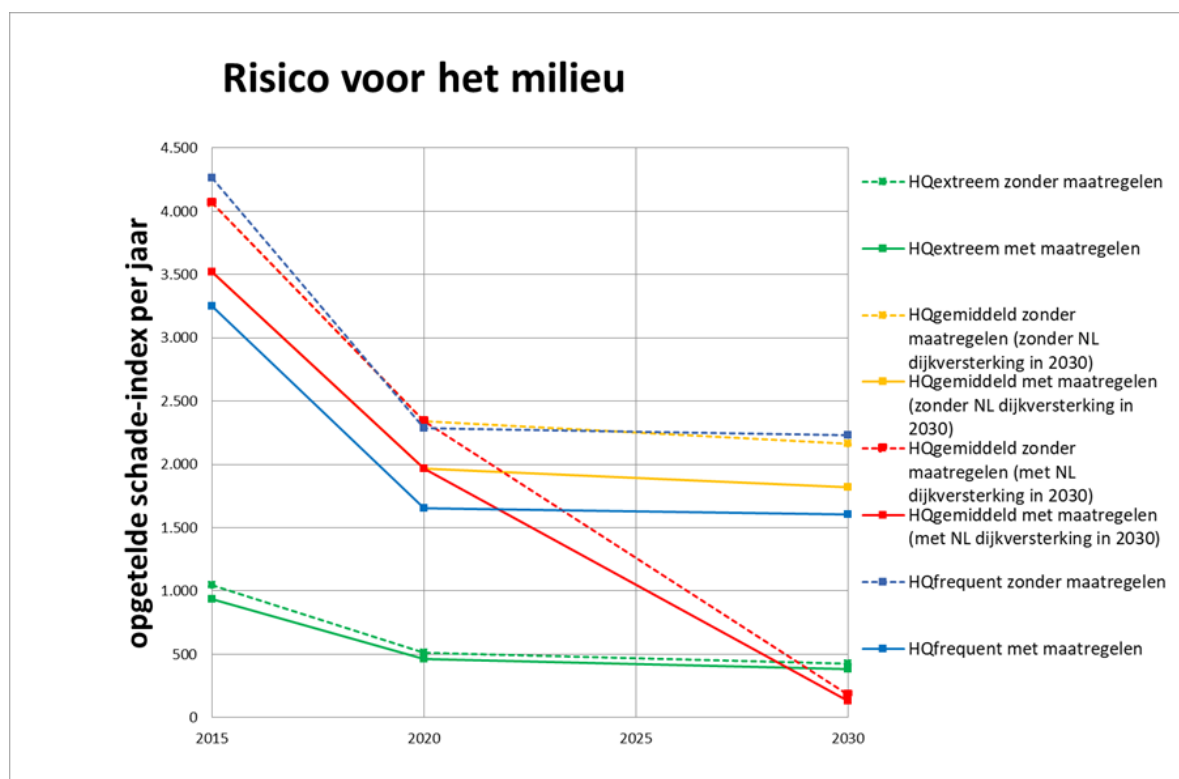
Figuur 11: Ontwikkeling van de potentiële schade aan het milieu (opgetelde schade-index)

<sup>21</sup> Opgetelde schade-index: totale milieuschade over alle schadeklassen

Bij het **risico** voor het beschermingsdoel milieu is dezelfde constatering van toepassing als voor het beschermingsdoel mens (zie tabel 4 en figuur 12). Als gevolg van de waterstandverlagende maatregelen langs de gehele Rijn neemt het risico in de periode 2015-2020 sterker af dan in de periode 2020-2030. In het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> is er in de periode 2020-2030 sprake van een significante vermindering van het risico. De reden is het geplande Hoogwaterbeschermingsprogramma in Nederland. Als er geen rekening werd gehouden met dit Nederlandse dijkversterkingsprogramma, zou het risico in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> slechts licht dalen.

Tabel 4: Ontwikkeling van het risico voor het milieu

Relatieve verandering van het risico (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-51	-49	-3
HQgemiddeld met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-96	-44	-93
HQgemiddeld met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-48	-44	-8
HQextreem met maatregelen	-59	-51	-17



Figuur 12: Ontwikkeling van het risico voor het beschermingsdoel milieu in de drie scenario's (met en zonder maatregelen) (alle schadeklassen samen)

De **effectiviteit van de maatregelen** op het beschermingsdoel milieu kan als volgt worden samengevat:

- Grote invloed van waterstandverlagende maatregelen (verlaging van de kans). Bijvoorbeeld: tot 51% risicoreductie voor HQ<sub>extreem</sub> tussen 2015 en 2020;
- Zeer grote invloed van maatregelen voor de verkleining van overstromingsgebieden (bijv. NL maatregelen). Bijvoorbeeld: 93% risicoreductie voor HQ<sub>gemiddeld</sub> tussen 2020 en 2030;
- Relatief grote invloed van maatregelen die verband houden met "nationale indicatoren" (analyse per jaar in figuur 12): 10-28% risicoreductie voor alle overstromingsscenario's.

### 3.3 Cultureel erfgoed

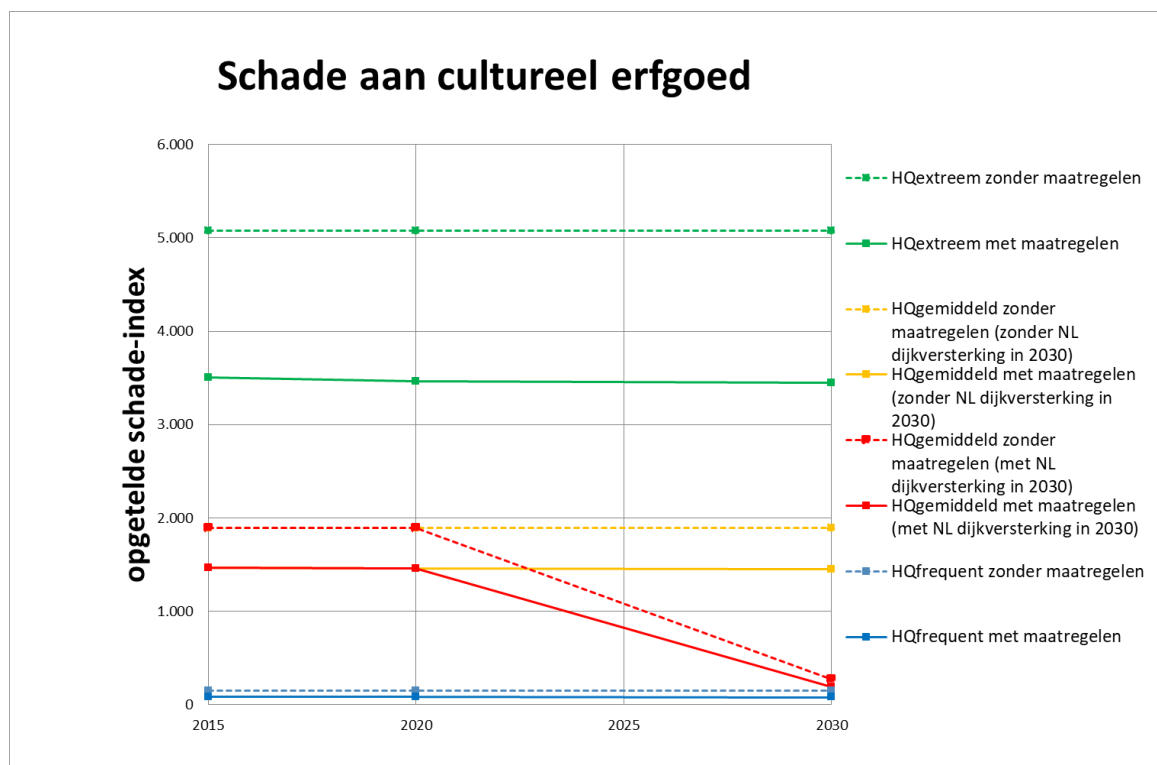
*Opmerking: Zoals op bladzijde 14 (voetnoot 8) al is beschreven, is er om technische redenen, die verband houden met de actuele FloRiAn-tool, voor de actuele berekeningen voor cultureel erfgoed gebruik gemaakt van een specifieke set van invoergegevens per overstromingsscenario.*

*Daarbij is de eerste versie van FloRiAn toegepast.*

Voor het beschermingsdoel cultureel erfgoed wordt op basis van de berekeningen vastgesteld dat de opgetelde schade-index<sup>22</sup> - m.a.w. de **schade** - in de periode 2015-2020 alleen in zeer beperkte mate daalt (ca. 1%) (zie tabel 5 en figuur 13). Het schadepotentieel ontwikkelt zich in de periode 2020-2030 op dezelfde manier als bij de andere beschermingsdoelen: geen verandering van het schadepotentieel voor HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub>, maar een zeer sterke vermindering van het schadepotentieel voor HQ<sub>gemiddeld</sub> (reden: gepland Hoogwaterbeschermingsprogramma in NL). Als er geen rekening werd gehouden met dit dijkversterkingsprogramma, zou de potentiële schade in de periode 2020-2030 ook in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> stagneren.

Tabel 5: Ontwikkeling van de schade aan cultureel erfgoed

Relatieve verandering van de schade (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQ <sub>frequent</sub> met maatregelen	-2	-1	0
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-87	-1	-87
HQ <sub>gemiddeld</sub> met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-1	-1	0
HQ <sub>extreem</sub> met maatregelen	-2	-1	0



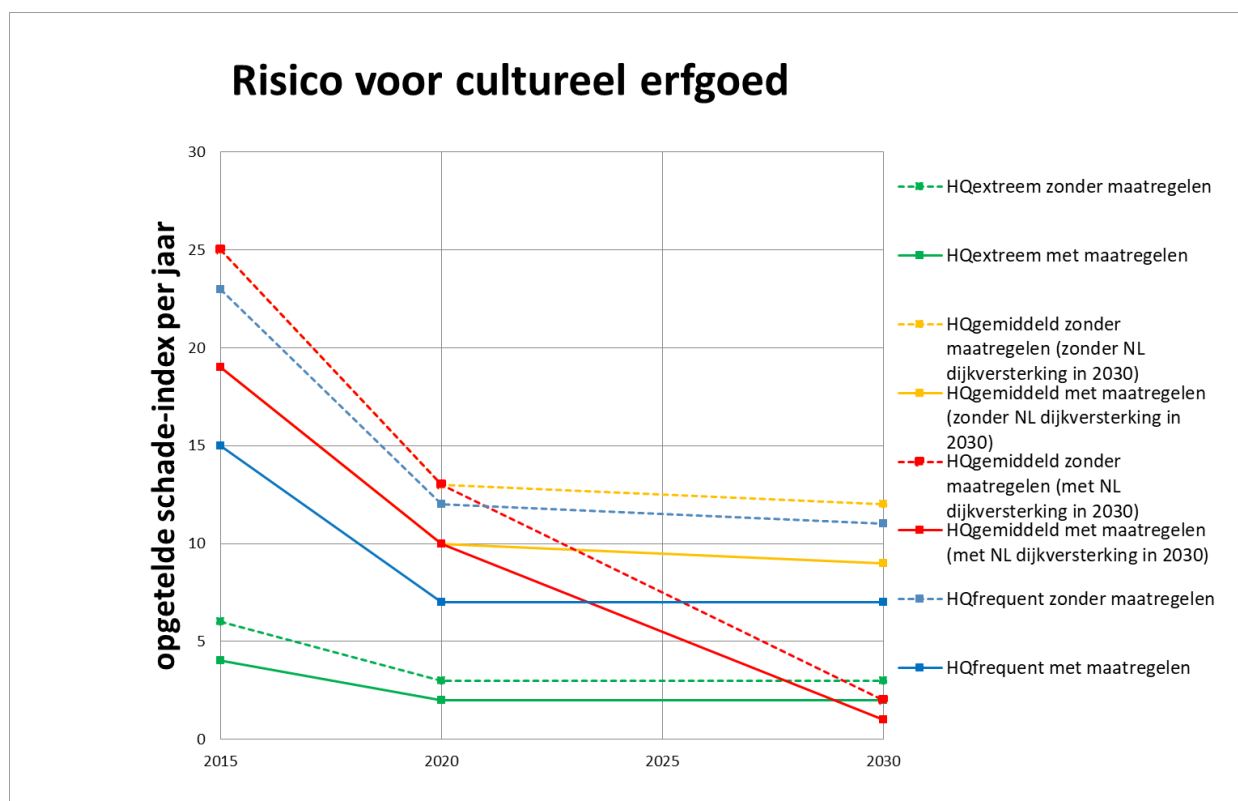
Figuur 13: Ontwikkeling van de potentiële schade aan cultureel erfgoed (opgetelde schade-index)

<sup>22</sup> Opgetelde schade-index: totale schade aan cultureel erfgoed over alle schadeklassen

Als gevolg van de waterstandverlagende maatregelen langs de gehele Rijn neemt het **risico** voor het beschermingsdoel cultureel erfgoed in de periode 2015-2020 sterker af dan in de periode 2020-2030 (zie tabel 6 en figuur 14).

Tabel 6: Ontwikkeling van het risico voor cultureel erfgoed

Relatieve verandering van het risico (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-53	-53	0
HQgemiddeld met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-95	-47	-90
HQgemiddeld met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-53	-47	-10
HQextreem met maatregelen	-50	-50	0



Figuur 14: Ontwikkeling van het risico voor het beschermingsdoel cultureel erfgoed (opgetelde gemiddelde schade-index per jaar over alle schadeklassen)

De **effectiviteit van de maatregelen** op het beschermingsdoel cultureel erfgoed kan als volgt worden samengevat:

- Grote invloed van waterstandverlagende maatregelen (verlaging van de kans). Bijvoorbeeld: ongeveer 50% risicoreductie voor alle overstromingsscenario's tussen 2015 en 2020;
- Zeer grote invloed van maatregelen voor de verkleining van overstromingsgebieden (bijv. NL Hoogwaterbeschermingsprogramma). Bijvoorbeeld: 90% risicoreductie voor HQgemiddeld tussen 2020 en 2030;
- Gemiddelde tot grote invloed van maatregelen die verband houden met "nationale indicatoren" (analyse per jaar in figuur 14): 24-50% risicoreductie voor alle overstromingsscenario's.



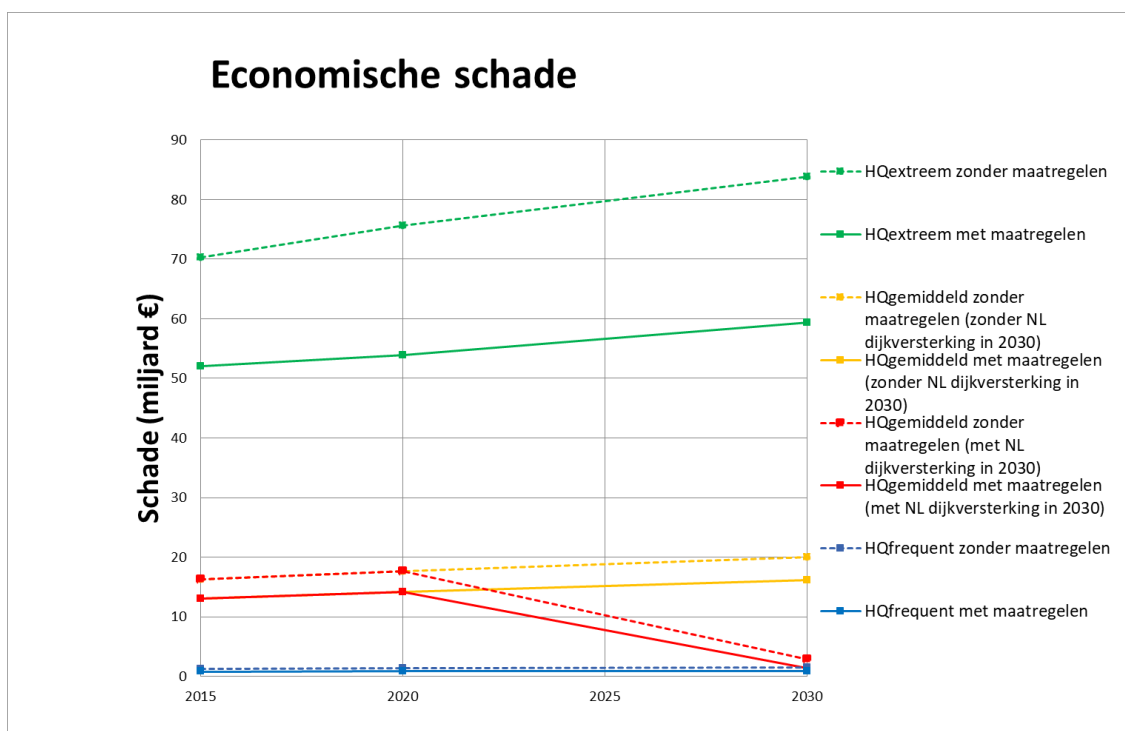
### 3.4 Economische bedrijvigheid

In verband met de economische **schade** moeten de volgende resultaten worden benadrukt (zie tabel 7 en figuur 15):

- Het schadepotentieel is het grootst in het scenario HQ<sub>extreem</sub> vanwege het feit dat bij een extreem gebeurtenis het grootste gebied wordt overstroomd.
- Het schadepotentieel (zonder en met maatregelen) neemt in de loop der tijd toe (tot 14% bij HQ<sub>gemiddeld</sub> in 2030 zonder NL dijkversterking). Dit ligt aan de toename van de vermogenswaarden in de tijd als gevolg van de economische groei. D.w.z. dat de maatregelen hier niet volstaan om de trend van de schadetoename om te keren. Zonder de maatregelen zou de stijgende trend echter nog sterker zijn.
- Als er rekening wordt gehouden met het geplande Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma is er in de periode 2020-2030 een zeer sterke vermindering van het schadepotentieel in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub>. Zonder dit Nederlandse dijkversterkingsprogramma neemt het schadepotentieel ook in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> toe. Daarbij moet worden bedacht dat er in veel gebieden al een bescherming tegen HQ<sub>gemiddeld</sub> is bereikt.
- Als elk jaar apart wordt bekeken (zie analyse per jaar in figuur 15), dan blijkt dat de maatregelen die verband houden met de "nationale indicatoren" ervoor kunnen zorgen dat het schadepotentieel duidelijk kleiner wordt (alle overstromingsscenario's samen 20% tot 36%, en 53% met NL dijkversterking).

Tabel 7: Ontwikkeling van de schade aan economie

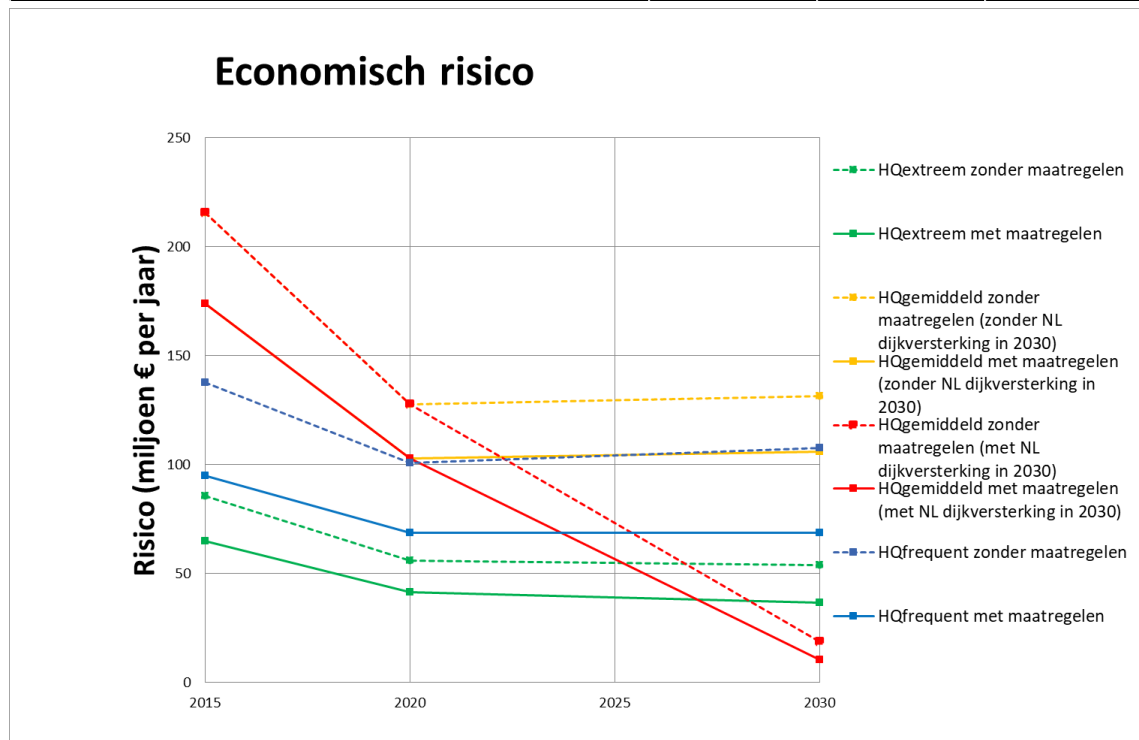
Relatieve verandering van de schade (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	12	2	10
HQgemiddeld met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-90	8	-90
HQgemiddeld met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	23	8	14
HQextreem met maatregelen	14	4	10



Figuur 15: Orde van grootte van de ontwikkeling van de schade aan het beschermingsdoel economie in de tijd (miljard euro)

Tabel 8: Ontwikkeling van het risico voor het beschermingsdoel economie

Relatieve verandering van het risico (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-28	-28	0
HQgemiddeld met maatregelen (met NL dijkversterking in 2030)	-94	-41	-90
HQgemiddeld met maatregelen (zonder NL dijkversterking in 2030)	-39	-41	3
HQextreem met maatregelen	-44	-36	-12



Figuur 16: Ontwikkeling van het risico voor het beschermingsdoel economie in de tijd (miljoen euro/jaar)

Bij het beschermingsdoel economie is er - net als bij de andere beschermingsdoelen - in de periode 2015-2020 sprake van een duidelijke afname van het **risico** (tussen 28% en 41%) (zie tabel 8 en figuur 16). Dit is het gevolg van het effect van de waterstandverlagende maatregelen langs de gehele Rijn.

In de periode 2020-2030 kan er in het scenario HQ<sub>extreem</sub> slechts een kleine vermindering van het risico (12%) worden vastgesteld; in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> is de reductie zeer groot (90%), aannemend dat de geplande dijkversterking in Nederland doorgaat. Echter, als de dijkversterking in Nederland niet als gepland kan worden uitgevoerd, neemt het risico ook in het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> licht toe. Verder is er bij HQ<sub>frequent</sub> een stagnatie van het risico zichtbaar. Reden voor de stagnatie/toename van het risico in enkele scenario's: de maatregelen (inclusief waterstandverlaging) kunnen de toename van de schade in de loop der tijd niet omkeren, maar wel de ontwikkeling van het risico in grote mate afremmen. Immers, als er geen maatregelen werden genomen, zou het risico wellicht veel sterker stijgen.

De **effectiviteit van de maatregelen** op het beschermingsdoel economie kan als volgt worden samengevat:

- Grote invloed van waterstandverlagende maatregelen (verlaging van de kans). Bijvoorbeeld: 41% risicoreductie voor HQ<sub>gemiddeld</sub> tussen 2015 en 2020;
- Zeer grote invloed van maatregelen voor de verkleining van overstromingsgebieden (bijv. NL Hoogwaterbeschermingsprogramma). Bijvoorbeeld: 90% risicoreductie voor HQ<sub>gemiddeld</sub> tussen 2020 en 2030;

- Gemiddelde invloed van maatregelen voor paraatheid/preventie ("nationale indicatoren") (zie figuur 16, analyse per jaar) op de schade en bijgevolg ook het risico: 19-36% risicoreductie voor alle overstromingsscenario's dan wel 45% risicoreductie met NL dijkversterking.

### 3.5 Evaluatie ten aanzien van de internationale ORBP's

*In de onderhavige paragraaf worden de vragen die in het mandaat zijn gesteld, beantwoord en beoordeeld aan de hand van de resultaten die in hoofdstuk 3 zijn gepresenteerd.*

#### a) Eerste IORBP 2015-2021 volgen en evalueren

*Vraag:*

Wordt met de maatregelen die voor 2020 (dan wel 2021) op nationaal niveau zijn uitgevoerd een vermindering van het schadepotentieel en het risico bereikt?

*Resultaten:*

- De resultaten laten voor alle beschermingsdoelen een sterke daling van het risico zien tussen 2015 en 2020. Reden: In de periode 2015-2020 zijn er veel waterstandverlagende maatregelen uitgevoerd langs de gehele Rijn, hetgeen heeft geleid tot een vermindering van het overstromingsrisico. Ook de nationale maatregelen/indicatoren hebben - door hun effect op de schade - een invloed op het risico, hoewel in mindere mate.
- In verband met het schadepotentieel laten de resultaten - rekening houdend met nationale maatregelen/indicatoren - de volgende ontwikkeling zien tussen 2015 en 2020:
  - constant schadepotentieel voor het beschermingsdoel mens;
  - constant schadepotentieel voor het beschermingsdoel milieu;
  - constant schadepotentieel voor het beschermingsdoel cultureel erfgoed;
  - toename voor het beschermingsdoel economie. Reden: de nationale maatregelen kunnen het effect van de toename van de vermogenswaarden in de tijd als gevolg van de economische groei niet omkeren, maar ze remmen wel de ontwikkeling van het risico af.

*Conclusie*

Met de maatregelen die voor 2020 op nationaal niveau zijn uitgevoerd, wordt een duidelijke vermindering van het risico bereikt (voor alle beschermingsdoelen). Bij het schadepotentieel is er sprake van een toename (beschermingsdoel economie) of een stagnatie (beschermingsdoelen mens, milieu en cultureel erfgoed).

#### b) Tweede IORBP 2022-2027 voorlopig analyseren

*Vraag:*

Hoe zullen het schadepotentieel en het risico zich met de geplande, toekomstige maatregelen tot 2030 (dan wel 2027) ontwikkelen?

*Resultaten:*

In de periode 2020-2030 laten de resultaten een minder grote vermindering van het schadepotentieel en het risico zien voor  $HQ_{\text{frequent}}$  en  $HQ_{\text{extreem}}$  (en voor  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  in de situatie zonder dijkversterking in NL). Voor het beschermingsdoel economie nemen het schadepotentieel en het risico zelfs enigszins toe. Reden: in de periode 2020-2030 zijn er langs de gehele loop van de Rijn in totaal minder waterstandverlagende maatregelen gepland dan in de periode 2015-2020. Bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  nemen het schadepotentieel en het risico alleen sterk af als er rekening wordt gehouden met de geplande maatregelen voor de versterking van de dijken in NL, die bij  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  leiden tot een ingrijpende verkleining van het overstromingsgebied.

### Conclusie

Bij HQ<sub>gemiddeld</sub> zullen het schadepotentieel en het risico duidelijk afnemen tot 2030, als de maatregelen voor de versterking van de dijken in NL doorgaan.

Bij HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub> zullen het schadepotentieel en het risico - op basis van de actuele gegevens - tot 2030 constant blijven of licht toenemen (beschermingsdoel economie). Dit geldt ook voor HQ<sub>gemiddeld</sub> indien de maatregelen voor de dijkversterking in NL niet zouden worden uitgevoerd.

### c) Effectiviteit van verschillende maatregelen

#### Vraag:

Wat is de effectiviteit van verschillende maatregelen voor overstromingsrisicobeheer?

#### Resultaten en conclusie

- De resultaten laten een gemiddelde tot sterke vermindering van de schade en het risico zien als gevolg van de nationaal geleverde maatregelen (indicatoren). Dit kan o.a. worden vastgesteld op basis van de vergelijking van de situatie zonder en met maatregelen per jaar (2015, 2020, 2030), dus niet op basis van de ontwikkeling in de tijd (zie figuren in de paragrafen 3.1 t/m 3.4).
- Algemeen geldt dat bepaalde maatregelen het grootste effect hebben als ze in combinatie met andere maatregelen worden toegepast en berekend.
- De omvang van het effect van de nationale maatregelen op de vermindering van de schade en het risico verschilt:
  - Bij het beschermingsdoel mens hebben de nationale maatregelen een groot effect op de risicoreductie. Dit is voornamelijk het gevolg van maatregelen op het gebied van in veiligheid brengen/evacuatie.
  - Bij de beschermingsdoelen milieu, cultuur en economie hebben de nationale maatregelen (indicatoren) altijd nog een belangrijk reducerend effect, maar dit effect is kleiner dan bij het beschermingsdoel mens.
- Met waterstandverlagende maatregelen kan door de theoretische verandering van de kansen een zeer grote risicoreductie worden bereikt (zie resultaten in de paragrafen 3.1 t/m 3.4).
  - Maatregelen ter verkleining van de overstromingsdieptes/-gebieden (NL Hoogwaterbeschermingsprogramma) leiden tot een zeer grote vermindering van de schade en bijgevolg ook het risico; dit effect doet zich voor tot een bepaalde hoogwaterstand en mits de dijk niet breekt (zie resultaten in de paragrafen 3.1 t/m 3.4).
- De andere beschermingsmaatregelen tegen overstromingen (dijken, keermuren, enz.) hebben een invloed op het effect van paraatheids-/preventiemaatregelen (nationale indicatoren) (zie paragrafen 2.6.1 en 2.6.2): deze maatregelen kunnen een groter effect hebben als er eerst geen beschermingsvoorzieningen tegen overstromingen waren.

## 4. Gevoeligheidsanalyse

In het onderhavige hoofdstuk wordt geanalyseerd hoe gevoelig de resultaten reageren op veranderingen in de invoergegevens, de toegepaste methodiek of de FloRiAn-versie. Hiermee kan er uitsluitend worden gegeven over hoe robuust de verkregen resultaten zijn en wat de invloed is van een verandering in de invoergegevens.

Concreet is er gekeken naar de invloed van de landgebruiksgegevens (paragraaf 4.1), de Rijnatlasgegevens en andere invoergegevens, zoals maatregelen (indicatoren) (paragraaf 4.2). Bovendien zijn de resultaten van 2020 vergeleken met de resultaten van 2016 (zie paragraaf 4.3), hetgeen tegelijkertijd ook de invloed van de optimalisatie van de tool laat zien.

*Opmerking: De in het onderhavige hoofdstuk beschreven analyses voor het beschermingsdoel economie<sup>23</sup> zijn alleen voor het onderzoeksjaar 2020 uitgevoerd, d.w.z. dat de invoergegevens voor 2020 zijn gebruikt en er geen rekening is gehouden met het effect van het Hoogwaterbeschermingsprogramma in Nederland voor 2030. Daarnaast zijn voornamelijk de verschillen bij de schade/risico's zonder invloed van maatregelen berekend en geëvalueerd. Aangenomen wordt dat de verschillen die in het kader van de schade- en/of risicoberekening zijn vastgesteld ook zullen terugkomen in de resultaten van de situatie waarin rekening wordt gehouden met de invloed van maatregelen.*

### 4.1 Invloed van het landgebruik

#### *Uitgangssituatie*

In de resultaten die worden voorgesteld in hoofdstuk 3 is de invloed van in de tijd veranderd landgebruik (bijv. toenemende stedelijke ontwikkeling) nog niet meegenomen. Dit komt omdat er geen prognosegegevens voor de toekomst beschikbaar zijn voor de landgebruiksgegevens (CLC) en de bestaande CLC-datasets voor de jaren 2006, 2012 en 2018 niet 100% vergelijkbaar zijn. De bovengenoemde CLC-datasets (CLC 2006, CLC 2012, CLC 2018) zijn op verschillende wijze ingewonnen en verwerkt, wat een grote invloed heeft op het berekende overstromingsrisico. Daarom is er voor de berekeningen van alle zichtjaren (2015, 2020, 2030) gebruik gemaakt van de actuele set van landgebruiksgegevens (CLC 2018). Als de demografische en de economische groei de komende decennia echter een vergelijkbare ontwikkeling laten zien als in de afgelopen twintig jaar, moet worden aangenomen dat dit ook een invloed zal hebben op het schadepotentieel en het overstromingsrisico.

Gelet op het voorgaande is de invloed van veranderd landgebruik geanalyseerd in het kader van gevoeligheidsberekeningen. Omdat er geen prognosegegevens voor de toekomst beschikbaar zijn voor de landgebruiksgegevens, is er gekozen voor een retrospectieve aanpak. Daarbij is onderzocht hoe het landgebruik tussen 2006 en 2018 is veranderd<sup>24</sup>. Als aanvulling op de CLC-datasets CLC 2006 en CLC 2018 is voor de uitgebreide analyse van de ontwikkeling van het landgebruik gebruik gemaakt van de datasets "Corine Land Cover Changes (CHA)" voor de periodes 2006-2012 en 2012-2018 die in het kader van Copernicus voor dit doeleinde zijn ontwikkeld. Deze datasets moesten eerst worden voorbereid voor de berekeningen.

In een eerste stap is onderzocht hoe het landgebruik in de periode 2006-2018 is veranderd. Hiervoor is het gebied bekeken dat onderloopt bij extreem hoogwater. In een tweede stap is de invloed van deze verandering in het landgebruik op het schadepotentieel en het overstromingsrisico berekend met de FloRiAn-tool<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> De methodiek en de monetaire rekenresultaten voor het beschermingsdoel economie zijn het concreetst en daarom is ervoor gekozen om primair dit beschermingsdoel voor de analyse te gebruiken. Uitzondering: Paragraaf 4.2b) bevat aanvullend ook de resultaten van de onderzoeken naar het beschermingsdoel economie voor het jaar 2030 en het beschermingsdoel mens (2020).

<sup>24</sup> De CLC-gegevens zijn minder geschikt als gevolg van onnauwkeurigheden in de vergelijkbaarheid die voortvloeien uit verschillen in de methode voor de totstandbrenging van de datasets.

<sup>25</sup> Opmerking: Veranderingen in het landgebruik en de toename van de schade/het risico vertonen niet per se een lineaire ontwikkeling, omdat de toename van de schade en het risico afhankelijk is van de overstromingsdiepte en de overstromingskans.

*Uit de resultaten van deze gevoeligheidsberekeningen blijkt het volgende:*

- Zowel in de periode 2006-2012 als in de periode 2012-2018 zijn er veranderingen in het landgebruik/de gebiedsbestemming. In de periode 2006-2012 zijn deze veranderingen groter (ca. 96 km<sup>2</sup>) dan in de periode 2012-2018 (ca. 70 km<sup>2</sup>).
- De grootste verandering heeft betrekking op de twee landgebruikscategorieën "verstedelijkt gebied" en "industrie"<sup>26</sup>. Deze veranderingen vloeien voornamelijk voort uit een verandering van landbouwgebieden en gebieden die onder constructie waren in verstedelijkt gebied en industriegebied. Daarnaast is er tussen 2012-2018 sprake van een verdichting in het verstedelijkte gebied.
- Als gevolg van de nieuwe bestemming van gebieden en de toename van verstedelijkte en industriegebieden evenals in zekere mate ook de toename van landbouwgebieden in de overstromingsgebieden, neemt ook de schade aan verstedelijkte, industriële en agrarische gebieden toe, vooral in de scenario's HQ<sub>gemiddeld</sub> en HQ<sub>extreem</sub>. In het scenario HQ<sub>frequent</sub> neemt het schadepotentieel niet significant toe.
- Een toename van het landgebruik kan leiden tot een significante toename van het schadepotentieel en het risico. Uit vergelijkende berekeningen met CLC 2006 en CLC 2018 blijkt dat een toename van het landgebruik over een periode van twaalf jaar het schadepotentieel en het risico voor het beschermingsdoel economie met 8-14% zou kunnen doen stijgen.
- Deze cijfers moeten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, gezien deze berekeningen op een retrospectieve aanpak zijn gebaseerd en vooral de CLC-datasets uit de verschillende jaren (CLC 2006 en CLC 2018) om methodologische redenen niet direct onderling vergelijkbaar zijn.
- Echter, deze resultaten indiceren dat een toename van stedelijke en industriële gebieden in overstromingsgebied voor 2040 zou kunnen leiden tot een significante toename van het schadepotentieel en het risico. Daarom is het zeer belangrijk dat de economische ontwikkeling op risico's wordt gebaseerd, d.w.z. dat nieuwe woonwijken en industriebedrijven niet in overstromingsgebied worden gebouwd en dat ook de verdichting van verstedelijking en industrie buiten overstromingsgebieden plaatsvindt. Indien er in overstromingsgevoelige gebieden wordt gebouwd, moet de nieuwe bebouwing worden aangepast aan de risico's/het hoogwater.

---

<sup>26</sup> Geldt ook voor de categorie "Overige", waarvoor in de tool geen berekeningen worden uitgevoerd.



## 4.2 Invloed van andere datasets op de resultaten

Tabel 9: Samenvatting van de resultaten van de gevoeligheidsanalyses (oude vs. nieuwe gegevens) van de invloed van de overstromingsdieptes/-gebieden (Rijnatlasgegevens), andere inputgegevens en nationale maatregelen ("indicatoren")

### Schade

Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van de schade (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQfrequent	HQgemiddeld	HQextrem
Invloed van de oude (Rijnatlas 2015) vs. de nieuwe (Rijnatlas 2020) waterdieptes/-gebieden op de schade	Nieuwe atlas 2020	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Oude atlas 2015	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Economie	2020	-47	278	-6
Nieuwe atlas 2020				Oude input-gegevens (2016)			Economie	2020	0	0	-4
Oude atlas 2015				Oude input-gegevens (2016)			Economie	2020	-47	278	-11
Invloed van oude waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe waterdieptes/-gebieden en inputgegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de schade	Nieuwe atlas 2020	Nieuwe maatregelen (2021)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Nieuwe atlas 2020	Oude maatregelen (2016)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Gezondheid van de mens	2020	-12	0	2
Economie							2020	-10	-1	-16	
							2030	-4	0	-16	

### Risico's

Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van het risico (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQhigh	HQmed	HQext
Invloed van de oude (Rijnatlas 2015) vs. de nieuwe (Rijnatlas 2020) waterdieptes/-gebieden op de risico's	Nieuwe atlas 2020	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Oude atlas 2015	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Economie	2020	-49	263	-15
Nieuwe atlas 2020				Oude input-gegevens (2016)			Economie	2020	4	2	8
Oude atlas 2015				Oude input-gegevens (2016)			Economie	2020	-49	263	-2
Invloed van oude waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de risico's	Nieuwe atlas 2020	Nieuwe maatregelen (2021)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Nieuwe atlas 2020	Oude maatregelen (2016)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Gezondheid van de mens	2020	-3	3	14
Economie							2020	-3	1	-8	
							2030	-1	2	-15	

\*Waterstandverlagende maatregelen en het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma staan niet op deze lijst. Voor de gezondheid van de mens hebben de maatregelen betrekking op de evacuatie.

\*\* Meer invoergegevens: Dit zijn andere types van gegevens dan waterdieptes die voor de berekeningen worden gebruikt. Deze gegevens zijn algemene gegevens (bijv. administratieve gebieden) of zijn verbonden met de vier beschermingsdoelen.

\*\*\*Berekening zonder nationale maatregelen ("indicatoren").

Algemene opmerking: alle berekeningen zijn uitgevoerd met CLC 2018 (= een identieke landgebruiksdataset) □

**Leeswijzer voor tabel 9:** Deze tabel geeft een overzicht van de uitgevoerde analyses van de invloed van verschillende invoergegevens (zie bijlage 3) op de rekenresultaten. Daarbij wordt telkens een referentiedataset vergeleken met een alternatieve dataset. De alternatieve dataset, die voor de vergelijking in kwestie bepalend is, is **rood** gemarkeerd.

Voorbeeld: Regel 1 bij schade: Hier wordt een vergelijking gemaakt tussen de berekeningen met nieuwe waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2020 ("referentie") en de resultaten van de berekeningen met de oude waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2015 ("alternatief"). Het verschil bedraagt -47% in het scenario HQ<sub>frequent</sub>. Dit betekent dat de schade op basis van de nieuwe waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2020 47% kleiner is dan de schade op basis van de oude waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2015. In het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> is de schade op basis van de nieuwe waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2020 278% groter dan de schade op basis van de oude waterdieptes/-gebieden uit de Rijnatlas 2015.

## a) Invloed van de Rijnatlasgegevens en andere invoergegevens

In het kader van gevoeligheidsanalyses is de invloed van de oude invoergegevens voor de HIRI-berekeningen, inclusief de overstromingsdieptes en -gebieden van de [Rijnatlas 2015 \(RA2015\)](#), onderzocht en vergeleken met de nieuwe invoergegevens voor de toestand 2020, inclusief de [Rijnatlas 2020 \(RA2020\)](#). De vergelijking had telkens betrekking op de schade en het risico zonder de nationale maatregelen (indicatoren).

In een eerste analyse wordt geprobeerd om de invloed van de variatie in de overstromingsdieptes/-gebieden (gevaar) te onderscheiden van de invloed van andere invoergegevens (beschermingsdoelen) door gebruik te maken van gegevens van de RA2020 en de RA2015 en van nieuwe of oude invoergegevens uit HIRI-berekeningen.

Dit is onderzocht op basis van twee benaderingen:

- 1) Gebruik van de nieuwe invoergegevens uit de actuele berekeningen met toepassing van de dieptes/gebieden van de RA2015, maar met behoud van CLC 2018 (om de berekeningen/de invloed niet te vertekenen);
- 2) Gebruik van de invoergegevens uit de berekeningen van 2016 met toepassing van de dieptes/gebieden van de RA2020, maar met behoud van CLC 2018.

Een tweede analyse maakt de veranderingen in de rekenresultaten duidelijk als alle gegevens van de RA2020 en de RA2015 - gebruik makend van CLC 2018 - in de tool worden ingevoerd. Uit deze analyse zijn resultaten verkregen die zeer vergelijkbaar zijn met die uit de eerste analyse, *benadering 1*).

Tabel 10: Uittreksel uit tabel 9, uitgevoerde gevoeligheidsanalyse voor paragraaf 4.2a en resultaten

Schade											
Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van de schade (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQfrequent	HQgemiddeld	HQextrem
Invloed van de oude (Rijnatlas 2015) vs. de nieuwe (Rijnatlas 2020) waterdieptes/-gebieden op de schade	Nieuwe atlas 2020	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Oude atlas 2015	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Economie	2020	-47	278	-6
Invloed van oude invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe inputgegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de schade				Nieuwe atlas 2020		Oude input-gegevens (2016)	Economie	2020	0	0	-4
Invloed van oude waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe waterdieptes/-gebieden en inputgegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de schade				Oude atlas 2015		Oude input-gegevens (2016)	Economie	2020	-47	278	-11

Risico's											
Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van het risico (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQhigh	HQmed	HQext
Invloed van de oude (Rijnatlas 2015) vs. de nieuwe (Rijnatlas 2020) waterdieptes/-gebieden op de risico's	Nieuwe atlas 2020	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Oude atlas 2015	Geen***	Nieuwe input-gegevens (2021)	Economie	2020	-49	263	-15
Invloed van oude invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe invoergegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de risico's				Nieuwe atlas 2020		Oude input-gegevens (2016)	Economie	2020	4	2	8
Invloed van oude waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2015 en HIRI-berekeningen 2016) vs. nieuwe waterdieptes/-gebieden en invoergegevens (Rijnatlas 2020 en HIRI-berekeningen 2021) op de risico's				Oude atlas 2015		Oude input-gegevens (2016)	Economie	2020	-49	263	-2

\*Waterstandverlagende maatregelen en het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma staan niet op deze lijst. Voor de gezondheid van de mens hebben de maatregelen betrekking op de evacuatie.  
\*\* Meer invoergegevens: Dit zijn andere types van gegevens dan waterdieptes die voor de berekeningen worden gebruikt. Deze gegevens zijn algemene gegevens (bijv. administratieve gebieden) of zijn verbonden met de vier beschermingsdoelen.  
\*\*\*Berekening zonder nationale maatregelen ("indicatoren").

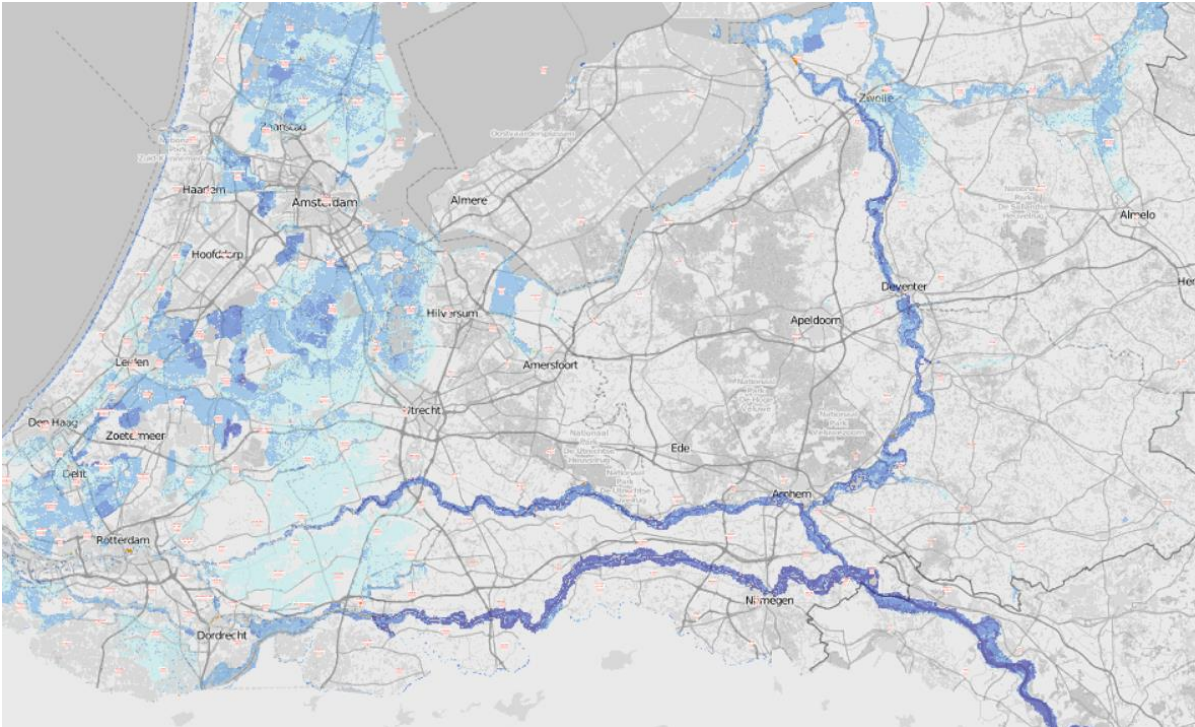
Algemene opmerking: alle berekeningen zijn uitgevoerd met CLC 2018 (= een identieke landgebruiksdataset) □

### Tussentijdse conclusie

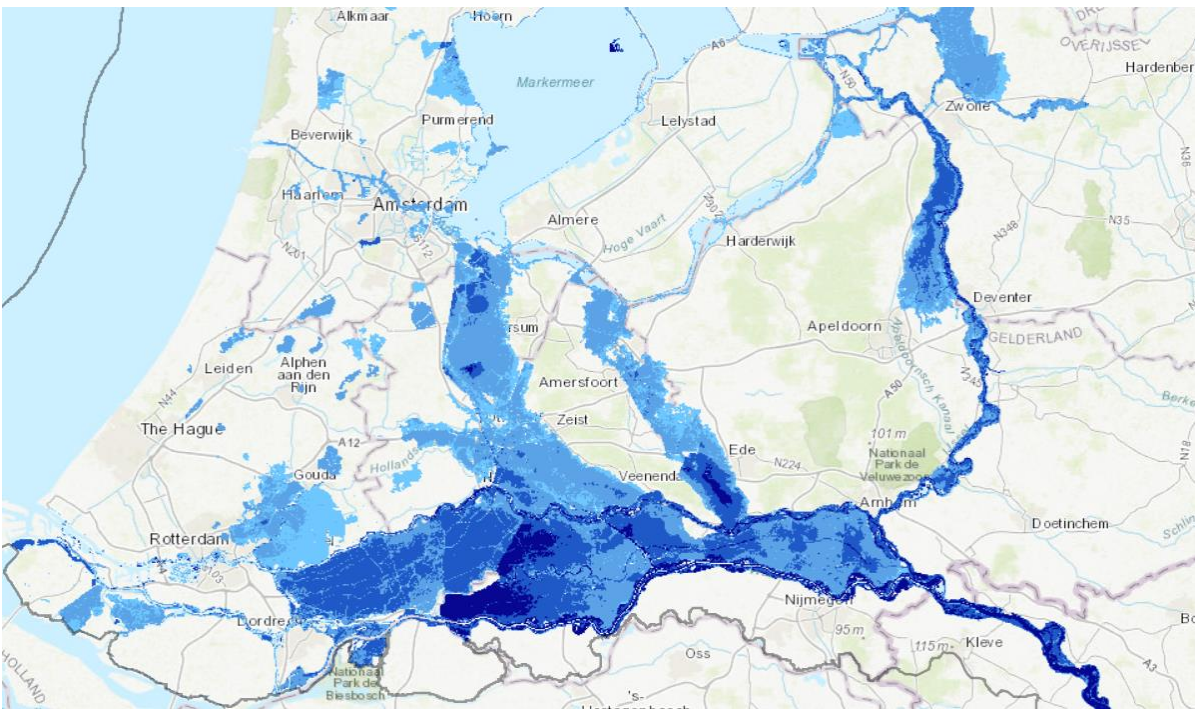
Uit de analyse van de invloed van de Rijnatlasgegevens blijkt het volgende:

De schade en het risico worden in belangrijke mate beïnvloed door de verandering van de RA-waterdieptes/-gebieden, o.a. de veranderingen in de overstromingsdieptes/-gebieden voor HQgemiddeld in Nederland in de nieuwe RA2020 t.o.v. de oude RA2015 (= toename van de HQgemiddeld-gebieden/dieptes in de nieuwe t.o.v. de oude atlas) (zie kaarten 2 en 3 evenals figuren 17 en 18 als uittreksels uit de RA2015 en de RA2020 voor Nederland). Het is ook een vaststaand feit dat de verandering van de overstromingsdieptewaarden in de nieuwe atlas (vooraf vastgestelde waarden, die in vier waterdiepteklassen zijn geclassificeerd) vergeleken met de oude atlas (continue waterdieptewaarden) een rol kan hebben gespeeld in de verschillen tussen de schaderesultaten.

Bij het risico speelt daarnaast de invloed van de onder *benadering 2)* aangegeven veranderingen in de riviertrajecten met kansinformatie een rol.



Figuur 17: **Oude** overstromingsgebieden/-dieptes voor  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  uit de RA2015 in Nederland



Figuur 18: **Nieuwe** overstromingsgebieden/-dieptes voor  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  uit de RA2020 in Nederland (zonder maatregelen voor dijkversterking)



## b) Invloed van geactualiseerde nationale inventarisaties van maatregelen/indicatoren

Voor de actuele berekeningen hebben de landen hun informatie over de maatregelen/indicatoren geactualiseerd dan wel opnieuw geleverd (zie bijlage 2b) ten opzichte van wat voor de oude berekeningen (2015) is gebruikt. Een groot verschil is dat bij de berekeningen van 2015 voor Duitsland de gegevens over maatregelen van Baden-Württemberg zijn geëxtrapoleerd naar de andere Duitse deelstaten. Dit leidde tot een overschatting van de realisatie en het effect van de maatregelen. Voor het onderhavige onderzoek hebben daarentegen alle Duitse deelstaten aan de Rijn gegevens geleverd.

Op basis van berekeningen per jaar (2020 en 2030) waarin de effecten van de oude en de nieuwe maatregelen worden vergeleken<sup>27</sup>, kunnen de volgende verschillen worden vastgesteld op het niveau van de Rijn:

- Beschermingsdoel mens (bijvoorbeeld voor het jaar 2020): Actuelere en exactere gegevens over maatregelen/indicatoren, in het bijzonder voor Duitsland, neigen ertoe om het aantal getroffen inwoners bij HQ<sub>frequent</sub> te reduceren en bij HQ<sub>extreem</sub> enigszins te verhogen. Bij HQ<sub>gemiddeld</sub> zijn er amper verschillen.
- Beschermingsdoel economie (bijvoorbeeld voor de jaren 2020 en 2030): Hier worden de grootste reducties bij HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub> bereikt. De redenen voor deze verschillen zijn hierboven al uitgelegd. Bij HQ<sub>gemiddeld</sub> zijn er amper verschillen.

Tabel 11: Uittreksel uit tabel 9, uitgevoerde gevoeligheidsanalyse voor paragraaf 4.2b en resultaten

Schade											
Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van de schade (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem
Invloed van oude vs. nieuwe nationale maatregelen ("indicatoren")* op de schade (gezondheid van de mens, economie)	Nieuwe atlas 2020	Nieuwe maatregelen (2021)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Nieuwe atlas 2020	Oude maatregelen (2016)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Gezondheid van de mens	2020	-12	0	2
							Economie	2020	-10	-1	-16
								2030	-4	0	-16

Risico's											
Type van gevoeligheidsanalyse	Referentie			Alternatief			Beschermingsdoel	Onderzoeksjaar	Verandering van het risico (%)		
	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**	Waterdieptes/-gebieden	Nationale maatregelen ("indicatoren")*	Meer input**			HQhigh	HQmed	HQext
Invloed van oude vs. nieuwe nationale maatregelen ("indicatoren")* op de risico's (gezondheid van de mens, economie)	Nieuwe atlas 2020	Nieuwe maatregelen (2021)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Nieuwe atlas 2020	Oude maatregelen (2016)	Nieuwe input-gegevens (2021)	Gezondheid van de mens	2020	-3	3	14
							Economie	2020	-3	1	-8
								2030	-1	2	-15

\*Waterstandverlagende maatregelen en het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma staan niet op deze lijst. Voor de gezondheid van de mens hebben de maatregelen betrekking op de evacuatie.  
\*\* Meer invoergegevens: Dit zijn andere types van gegevens dan waterdieptes die voor de berekeningen worden gebruikt. Deze gegevens zijn algemene gegevens (bijv. administratieve gebieden) of zijn verbonden met de vier beschermingsdoelen.  
\*\*\* Berekening zonder nationale maatregelen ("indicatoren").

Algemene opmerking: alle berekeningen zijn uitgevoerd met CLC 2018 (= een identieke landgebruiksdataset) □

<sup>27</sup> Hier zijn met uitzondering van de maatregelen (indicatoren) dezelfde invoergegevens (RA2020, CLC 2018, inwonertallen, enz.) gebruikt als in de nieuwe berekeningen. Alleen de maatregelen zijn veranderd (= oude vs. nieuwe maatregelen) om uitsluitend hun effect te kunnen zien. Bij het beschermingsdoel mens is de informatie over het in veiligheid brengen/evacueren bij gebrek aan tijd niet aangepast.

In het kader van een vergelijking van de ontwikkeling van de schade en het risico in de tijd (beschermingsdoel economie; zie tabel 12), bijvoorbeeld voor de periode 2020-2030, zijn er bij de toepassing van de oude en de nieuwe indicatoren geen grote verschillen vastgesteld, ondanks verschillende absolute waarden. De oude maatregelen neigen ertoe om de reductie voor HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>gemiddeld</sub> te overschatten, nieuwe maatregelen hebben een grotere reductie bij HQ<sub>extreem</sub>.

Tabel 12: Vergelijking van de ontwikkeling van de schade en het risico in de tijd bij de toepassing van nieuwe en oude gegevens over maatregelen/indicatoren (**economie**)

Reductie/ontwikkeling 2020-2030 met maatregelen (%)						Verschillen bij de ontwikkeling van de schade/het risico (in procentpunten)		
NIEUWE MAATREGELEN			OUDE MAATREGELEN					
Schade met maatregelen (ontwikkeling 2020-2030 in %)						Schade met maatregelen (procentpunten)		
HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem	HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem	HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem
10	12	10	2	11,5	10	8	1	0
Risico met maatregelen (ontwikkeling 2020-2030 in %)						Risico met maatregelen (procentpunten)		
HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem	HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem	HQfrequent	HQgemiddeld	HQextreem
0	3	-12	-1,5	2	-4,5	1,5	0,5	-7,5

### 4.3 Vergelijking met de berekeningen van 2016 (zie ICBR-rapport 236)

#### *Uitgangssituatie*

De FloRiAn-tool is sinds 2016 voortdurend verder ontwikkeld en geoptimaliseerd. Daarom verschillen de FloRiAn-tool en de invoergegevens die voor de methode en de berekeningen nodig zijn (zie paragraaf 2.1 en bijlagen 2a, 3) van de oude berekeningen (zie ICBR-rapport 236).

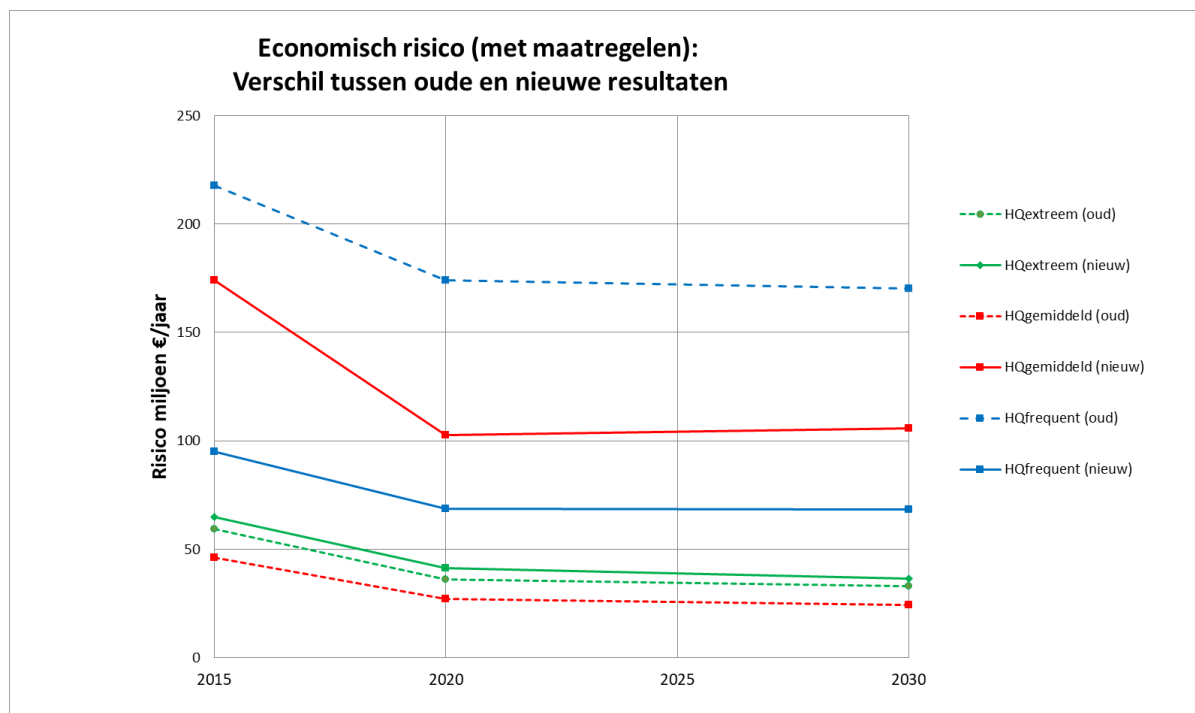
Als gevolg van het grote aantal verschillende invoergegevens kunnen de absolute waarden van de resultaten van de oude berekeningen niet worden vergeleken met de nieuwe berekeningen (zie figuur 1928). In het kader van een kwaliteitscheck is het echter wel mogelijk om de ontwikkeling van het risico in de tijd te vergelijken (zie tabel 13).

Hieronder worden de resultaten voor het economische risico (met het effect van maatregelen) vergeleken.

Tabel 13: Vergelijking van de relatieve verandering van het risico in de oude en de nieuwe berekeningen

Resultaten 2016 (HIRI-rapport 236)			
Relatieve verandering van het risico (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-22	-20	-2
HQgemiddeld met met maatregelen	-47	-41	-10
HQextreem met maatregelen	-44	-39	-8
Resultaten 2021			
Relatieve verandering van het risico (%)			
	Gehele periode	Eerste ORBP	Tweede ORBP
	2015-2030	2015-2020	2020-2030
HQfrequent met maatregelen	-28	-28	0
HQgemiddeld met met maatregelen	-39	-41	3
HQextreem met maatregelen	-44	-36	-12

<sup>28</sup> De tabel en de figuur beelden voor HQ<sub>gemiddeld</sub> niet het effect af van het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma voor 2030.



Figuur 19: Vergelijking tussen de oude en de nieuwe resultaten

#### Resultaten:

- Uit de resultaten blijkt dat de tendens van de ontwikkeling van het risico voor  $HQ_{\text{gemiddeld}}$  en  $HQ_{\text{extreem}}$  voor het beschermingsdoel economie in de twee berekeningen (2016 en 2021) vergelijkbaar is voor de gehele periode 2015-2030 en de fase van het eerste IORBP (periode 2015-2020). Dit geldt ook voor  $HQ_{\text{frequent}}$ , hoewel de verschillen hier iets groter zijn. Beide berekeningen laten in de fase van het eerste IORBP (periode 2015-2020) een grote risicoreductie zien. In de fase van het tweede IORBP (periode 2020-2030) is de situatie iets anders: terwijl de berekeningen van 2016 voor alle overstromingsscenario's een relatieve afname van de risico's in de periode 2020-2030 laten zien, is dit in de berekeningen van 2021 alleen bij  $HQ_{\text{extreem}}$  het geval. In de andere scenario's wordt uitgegaan van een stagnatie of zelfs een zeer kleine toename.
- Bij de absolute waarden zijn er verschillen tussen de resultaten van 2016 en 2021. Deze verschillen zijn toe te schrijven aan de verschillende datasets die zijn gebruikt voor de twee berekeningen (o.a. andere datasets voor overstromingsdieptes/-gebieden, nieuwe CLC-dataset, realistischere gegevens over maatregelen).



## 5. Conclusie

De expertgroep "Overstromingsrisico's" (EG HIRI) heeft in opdracht van de werkgroep "Hoog- en laagwater" (WG H) kwantitatieve berekeningen uitgevoerd om het eerste en het tweede overstromingsrisicobeheerplan te controleren. Deze berekeningen zijn gedaan met de unieke en innovatieve tool "["ICPR FloRiAn" \(Flood Risk Analysis\)](#)", die in 2015 is ontwikkeld en sindsdien verder is ontwikkeld en geoptimaliseerd.

De resultaten van de berekeningen laten zien dat er met FloRiAn kwantitatieve uitspraken kunnen worden gedaan over de ontwikkeling van het overstromingsrisico en het schadepotentieel voor de verschillende beschermingsdoelen. De resultaten zijn plausibel en komen op hoofdlijnen overeen met de resultaten van 2016. Daarnaast blijkt uit de vele gevoeligheidsanalyses die hebben plaatsgevonden dat de variatie van landgebruik, overstromingsdieptes/-gebieden (uit de Rijnatlas) en maatregelen (indicatoren) een, afhankelijk van het overstromingsscenario, (zeer) belangrijke invloed heeft op de rekenresultaten. Als er bij de schaderesultaten een verschil wordt vastgesteld, zet dit verschil zich door bij de risico's.

Op basis van de verkregen resultaten kan bovendien worden geconcludeerd dat alle types van maatregelen (waterstandverlagende maatregelen, beschermingsmaatregelen ter verkleining van het overstromingsgebied, nationale maatregelen/indicatoren, zoals in veiligheid brengen/evacueren) een significant effect hebben op de ontwikkeling van het risico. Zonder deze maatregelen zouden de schade en het risico veel hoger zijn. *Opmerking: Wij herinneren eraan dat volgens de landen in het Rijnstroomgebied, in overeenstemming met het IORBP van het internationaal Rijndistrict, de beste manier om schade en risico's te verminderen bestaat uit de uitvoering van het hele spectrum van maatregelen voor overstromingsrisicobeheer, van niet-technische maatregelen voor preventie en paraatheid tot technische beschermingsmaatregelen en crisisbeheersing. In dit verband wordt er ook aan herinnerd dat er altijd een restrisico blijft bestaan, ook achter beschermingsvoorzieningen.*

Voor de periode van het eerste IORBP (2015-2021) is er sprake van een sterke daling van het overstromingsrisico. Dit positieve effect is te danken aan het grote aantal waterstandverlagende maatregelen dat in deze periode is uitgevoerd en meegenomen in de berekeningen. Tussen 2015 en 2020 is het schadepotentieel voor de mens, het milieu en cultureel erfgoed constant gebleven, bij het beschermingsdoel economie was er een toename. Reden voor de niet-significante schadereductie: De waterstandverlagende maatregelen hebben uitsluitend een effect op de overstromingskans en geen invloed op het schadepotentieel.

Voor de periode van het tweede IORBP (2022-2027) wijzen de actuele prognoses erop dat het risico bij HQ<sub>frequent</sub> en HQ<sub>extreem</sub> minder sterk kan worden gereduceerd. Het scenario HQ<sub>gemiddeld</sub> laat een tegengesteld beeld zien: hier tekent zich tussen 2020 en 2030 een sterke risicoreductie af. De reden hiervoor is het geplande Hoogwaterbeschermingsprogramma in Nederland. De schade vertoont in dezelfde periode geen significant dalende ontwikkeling. Opmerking: De bevindingen voor het tweede IORBP zijn slechts een prognose vanuit de huidige toestand. Een effectieve uitspraak over hoe het schadepotentieel en het risico zich in de periode 2020-2030 gaan ontwikkelen, is pas in 2030 mogelijk.

De landen in het Rijnstroomgebied hebben de afgelopen jaren al grote successen geboekt met hun inspanningen om het overstromingsrisico te verminderen (zie [Balans van de uitvoering van het Actieplan Hoogwater in het kader van het programma Rijn 2020](#)). Echter, uit de resultaten van de uitgevoerde berekeningen blijkt ook dat de landen hun inspanningen de komende jaren moeten voortzetten om in de toekomst - bijvoorbeeld in het kader van het [programma Rijn 2040](#) - een verdere risicoreductie te kunnen bereiken. De resultaten laten daarnaast zien hoe belangrijk het is om de maatregelen uit te voeren die voor 2030 gepland zijn.

Voor de toekomstige optimalisatie van de werkzaamheden of activiteiten stelt de EG HIRI de volgende mogelijke verbeteringen voor:

- Er moet van worden uitgegaan dat meerdere lidstaten in de tijd tot 2040 waterstandverlagende maatregelen zullen uitvoeren. Daarom beveelt de EG HIRI met het oog op mogelijke toekomstige HIRI-berekeningen aan dat ook de berekeningen van de expertgroep HVAL in verband met de effectiviteit van deze maatregelen worden geactualiseerd. Daarbij dient er rekening te worden gehouden met de recente stand van de realisatie/planning van de maatregelen.
- De EG HIRI beveelt aan dat de landen de waterdieptegegevens voor de Rijnatlas in de toekomst weer als continue waarden (in cm of dm) aanleveren, als deze gegevens op nationaal niveau beschikbaar zijn. Dit leidt tot nauwkeurigere resultaten in de FloRiAn-berekeningen. De overeenstemming tussen de atlasgegevens (aangeleverd door de delegaties in de EG GIS) en de gegevens die voor de HIRI-berekeningen zijn geformatteerd/voorbereid moet over het algemeen worden verbeterd/versterkt.
- Volgens de EG HIRI zou het zinvol zijn om het tijdstip waarop gegevens opgevraagd en berekeningen uitgevoerd worden beter af te stemmen op de werkzaamheden voor de actualisering van de nationale overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (d.w.z. ook de Rijnatlas) en de ORBP's. Daarom beveelt de EG HIRI aan om eerst de actualisering van de Rijnatlas en de rapportage van de ORBP'n aan de EU (met informatie over de uitvoering van maatregelen) af te wachten, voordat de EG HIRI begint met het verwerken van gegevens en het uitvoeren van berekeningen. Immers, deze informatie is het uitgangspunt voor de gegevensopvraging en de berekeningen met de tool FloRiAn.
- De EG HIRI vindt de ondersteuning van de Duitse dienst voor hydrologie (BfG) (bijv. voor de formattering van gegevens en voor testberekeningen) zeer waardevol.
- Daarnaast dienen voor de toekomstige berekeningen nog de volgende vragen te worden beantwoord:
  - Is het zinvol om de schadefuncties en vermogens-/schadewaarden te actualiseren?
  - Is het zinvol om de prognosewaarden voor de getroffen inwoners te actualiseren op basis van nieuwe, officiële statistische/demografische gegevens over de bevolkingsgroei?
  - Is het mogelijk om de indicatoren te preciseren en de gegevens over de indicatoren beter beschikbaar te maken?
  - Is het mogelijk om het effect van afzonderlijke maatregelen/indicatoren te toetsen?
  - Is het wenselijk om in de toekomst gebruik te maken van de resultaten van de berekeningen voor het zogenaamde integrale risico of de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de schade (d.w.z. het gemiddelde risico per jaar over een langere periode) (in het onderhavige rapport was dit niet gewenst)? Zo ja, zou de tool hiervoor moeten worden gecontroleerd/geoptimaliseerd.
  - Het probleem in de rekenmodule voor cultureel erfgoed in de nieuwe tool onderzoeken en oplossen.

# Bijlagen

## Bijlage 1: Bibliografie

### ICBR

ICBR: Algemene pagina over de FloRiAn-tool en de werkzaamheden van de EG HIRI: <https://www.iksr.org/nl/themas/hoogwater/overstromingsrisico-instrument-florian>

ICBR (2011): Evaluatie van de effectiviteit van maatregelen ter verlaging van de hoogwaterstanden in de Rijn - uitvoering van het Actieplan Hoogwater in de periode 1995-2010 en doorkijk naar 2020 en 2020+ (rapport 199)

ICBR (2015): Rijnatlas 2015 (link: [http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/ICPR\\_NL/index.html?lang=nl](http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/ICPR_NL/index.html?lang=nl)).

ICBR (2015): Inschatting van de verandering van de overschrijdingskans als gevolg van hoogwaterverlagende maatregelen langs de Rijn (rapport 229)

ICBR (2015): Eerste internationaal overstromingsrisicobeheerplan van het internationaal Rijndistrict (*inclusief informatie over/links naar de nationale plannen*) (Link: [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_nl/Rijnkaart/ORBP\\_2015.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_nl/Rijnkaart/ORBP_2015.pdf))

ICBR (2016): Syntheserapport "Evaluatie van de reductie van het overstromingsrisico (Actieplan Hoogwater, actiedoel 1) rekening houdend met de types van maatregelen en beschermingsdoelen conform richtlijn 2007/60/EG (ROR)" (rapport 236)

ICBR (2016): Technisch rapport "Instrument en methode voor de evaluatie van de verandering dan wel vermindering van het overstromingsrisico" (rapport 237)

ICBR (2016; intern): User's guide to the ICPR GIS Instrument for evaluating the reduction of the risk of flooding taking into account the protection objectives in accordance with Floods Directive.

ICBR (2020): Rijnatlas 2020 (link: <https://www.iksr.org/nl/publieksvoorlichting/documenten/archief/kaarten/rijnatlas> en <https://geoportal.bafg.de/karten/rijnatlas/>).

ICBR (2020): Tweede internationaal overstromingsrisicobeheerplan van het internationaal Rijndistrict (concept) (*inclusief informatie over/links naar de nationale plannen*) (Link: [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/DKDM/Dokumente/BWP-HWRMP/NL/bwp\\_NI\\_2de\\_IORPB\\_2020.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/BWP-HWRMP/NL/bwp_NI_2de_IORPB_2020.pdf))

ICBR (2020): Balans van de uitvoering van het Actieplan Hoogwater in het kader van het programma Rijn 2020 (link: [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/DKDM/Dokumente/Broschueren/NL/bro\\_NI\\_Balans\\_van\\_Rijn\\_2020.pdf](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Broschueren/NL/bro_NI_Balans_van_Rijn_2020.pdf))

ICBR (2020): Communiqué van de zestiende Rijnministersconferentie en programma Rijn 2040 (link: <https://www.iksr.org/nl/icbr/rijn-2040>)

### Belangrijke externe publicaties

2017: "ICPR FloRiAn: GIS-Instrument zur Ermittlung der Wirksamkeit von Maßnahmen auf das Hochwasserrisiko und erste Anwendung am Rhein", A. Schmid-Breton, G. Kutschera, EG HIRI; Korrespondenz Wasserwirtschaft 2017 Nr. 11, zie <https://de.dwa.de/de/kw-korrespondenz-wasserwirtschaft.html>

2017: Poster in het kader van Interpraevent – CH: [https://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_nl/Hoogwater/Poster\\_HIRI\\_nl.jpg](https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_nl/Hoogwater/Poster_HIRI_nl.jpg)

2018: "A Novel Method for Evaluation of Flood Risk Reduction Strategies: Explanation of ICPR FloRiAn GIS-Tool and Its First Application to the Rhine River Basin", A. Schmid-Breton,

G. Kutschera, T. Botterhuis, EG HIRI; MDPI Geosciences - Special Issue Hydrological Hazard: Analysis and Prevention, siehe <https://www.mdpi.com/2076-3263/8/10/371>

2021: "Evaluating past and future flood risk reduction in the Rhine river basin", A. Schmid-Breton, N. Schulte-Kellinghaus; Budapest University of Technology and Economics (publicatie in het kader van de conferentie FLOODrisk 2020), zie <https://repositorium.omikk.bme.hu/handle/10890/15562>

### **Externe toepassingen van de tool**

2017: Maria Kaiser (prof. aan de TU München), "*Risk-based flood protection planning under climate change and modeling uncertainty: a pre-alpine case study*", (zie <https://nhess.copernicus.org/articles/18/1327/2018/nhess-18-1327-2018.pdf>) (vgl. HIRI(1)17\_Kaiser\_Article NHES)

2017: Helen Harzendorf (RWTH Aachen/STEB Köln) (masterscriptie) "*Anwendung und Weiterentwicklung eines Instruments zum Nachweis der Reduzierung des Überflutungsrisikos im Stadtgebiet Köln*" (vgl. HIRI(1)17\_Harzendorf)

2017/2018: De informatie-uitwisseling met andere gebruikers, zoals de LfU BY, is samengevat in het verslag HIRI(1)18-02.

2019: Iris Buntrock (Uni. Darmstadt en Büro Infrastruktur und Umwelt, Sandra Pennekamp) (Bachelorscriptie): "*Ansätze zur Wirkungsermittlung von Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement: Nachweis der Änderung des Hochwasserrisikos im Einzugsgebiet der Donau (Baden-Württemberg) mit Hilfe des FloRiAn-Tool*" (zie HIRI(2)18-03\_IrisBuntrock Bachelorarbeit)

2019: Erika Lindqvist (Uni. Göteborg, SE) (masterscriptie), "*Investigating flood risk cost in Kungsbacka (Sweden) using the ICPR FloRiAn GIS-tool*" (zie <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/62245>)

2016 - 2021 Verschillende andere toepassingen, zoals het onderzoek naar het effect van de dijkbescherming voor de stad Neuss, toepassing van de tool in het kader van het project BMBF-R2K-Klim+ (RWTH Aken), vergelijking FloRiAn vs. LATIS door Vlaanderen (BE), gebruik van de tool door de National University of Malaysia.

## Bijlage 2a: Lijst van de maatregelen en indicatoren die in de methode zijn gebruikt en hun effect op de typen beschermingsdoelen en op de schade of het risico

Type van maatregelen conform ROR	Indicator	Effect op: potentiële schade risico  Meegenomen/getroffen beschermingsdoelen: mens milieu cultureel erfgoed economie
<b>Preventie</b>		
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  Technische bescherming van objecten bij gevaarlijke installaties	Gebieden die zijn beschermd door technische voorzieningen of mobiele systemen	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie milieu
Aan hoogwater aangepaste opslag van watergevaarlijke stoffen in huishoudens/gemeentes  Technische bescherming van objecten bij gevaarlijke installaties	Beveiliging van olietanks en opslag op hogere verdiepingen	potentiële schade cultureel erfgoed, economie milieu
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
<b>Bescherming tegen overstromingen</b>		
Retentiemaatregelen	Verandering van de kans	potentiële schade risico mens, milieu, cultureel erfgoed, economie
Dijken, dammen, keermuren, mobiele beschermingsvoorzieningen, ...  Onderhoud/vernieuwing van technische voorzieningen ter bescherming tegen overstromingen	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
<b>Paraatheid</b>		
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);  informatie over rampenoefeningen inclusief frequentie	potentiële schade mens, cultureel erfgoed, economie  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



## Bijlage 2b: Overzicht van de geleverde gegevens over nationale indicatoren/maatregelen (inclusief veiligheidspercentage)

Opmerking: Wanneer in de tabel "geen gegevens geleverd (-)" staat, betekent dit dat de delegaties geen gegevens hebben en/of de maatregelen voor hen niet van toepassing zijn.

Maatregelen/indicatoren		(Deel)staten					
Nr.	Naam	AT <sup>29</sup>	CH <sup>30</sup>	DE <sup>31</sup>	FR <sup>32</sup>	FL <sup>33</sup>	NL <sup>34</sup>
Beschermingsdoel mens, cultuur, economie							
I.1.1	Planologische voorzorgsmaatregelen	+	+	+	+	-	+
I.3.1*	Waterrobuust bouwen	+	+	-	+	-	+
I.3.2*	Technische bescherming van objecten	+	+	-	+	-	-
I.3.3*	Aangepaste opslag	+	-	-	+	-	-
I.4.1	Voorlichtingscampagnes/ overstromingsgevaarkaarten	+	+	+	+	+	+
III.1.1	Verwachting <sup>35</sup>	+	+	+	+	+	+
III.2.1	Waarschuwing, hulpverleningsplannen, enz.	+	+	+	+	+	+
Veiligheids-/evacuatiepercentage (mens)		+	+	+	+	+	+
Beschermingsdoel milieu							
I.3.2	Technische bescherming van objecten	-	-	+	+	-	+
I.3.3	Aangepaste opslag	-	-	+	+	-	+

\* Beschikbaar stellen van de gegevens, de EG HIRI (2019) acht dit niet prioritair.

<sup>29</sup> AT: Dezelfde informatie als uit de berekeningen van 2016. I.3.2 (milieu) en I.3.3 (milieu): Er bestaan in Oostenrijk weliswaar installaties die door technische voorzieningen worden beschermd tegen overstromingen, maar omdat er geen informatie is verstrekt over het beschermingsniveau zijn de gegevens niet gebruikt voor de berekeningen.

<sup>30</sup> CH: Alleen III.2.1 is in 2019 geactualiseerd. Wat betreft de andere indicatoren zijn er geen wijzigingen of zijn er geen gegevens beschikbaar.

<sup>31</sup> DE: Bij de oude resultaten zijn voor Duitsland de gegevens van BW geëxtrapoleerd naar de andere Duitse deelstaten. Voor het onderhavige onderzoek hebben daarentegen alle Duitse deelstaten aan de Rijn gegevens geleverd. Details: I.1.1, I.4.1 en III.2.1 (evenals veiligheidspercentage) door alle Duitse deelstaten geleverd. I.3.2 (milieu): alle Duitse deelstaten met uitzondering van BY. I.3.3 (milieu): RP en NRW.

<sup>32</sup> FR: Alles werd indien nodig geactualiseerd, met uitzondering van I.3.2.

<sup>33</sup> FL: Dezelfde informatie als uit de berekeningen van 2016. Opmerking in verband met I.1.1 en I.3.1: Deze maatregelen bestaan weliswaar in Liechtenstein, maar er zijn geen datasets, omdat er - zoals in de meeste landen - geen voorschriften zijn voor de extreme gebeurtenis. Bij frequentere gebeurtenissen zijn er geen gebieden getroffen, wat betekent dat er geen informatie kan worden aangegeven. I.3.2 (milieu): Er zijn in Liechtenstein geen IPPC- of Seveso-installaties, wat betekent dat deze gegevens niet zijn verstrekt. Er is één rwzi die wordt getroffen bij HQ<sub>extreem</sub> en niet genoeg kan worden beschermd tegen deze gebeurtenis.

<sup>34</sup> NL: I.1.1, I.3.3, I.4.1, III.2.1 (evenals veiligheidspercentage) werden geactualiseerd. De rest is afkomstig van de berekeningen uit 2016.

<sup>35</sup> Informatie is geleverd door de centrales voor hoogwaterverwachting aan de Rijn (HWVZ).

Geactualiseerde informatie over de veiligheids-/evacuatiepercentages:

<b>Minimaal veiligheids-/evacuatiepercentage (zonder maatregelen) (in %) EVAFRAC</b>	<b>Maximaal veiligheids-/evacuatiepercentage (met maatregelen) (in %) EVAFMAX</b>
<i>Bijvoorbeeld: 20 = 20% van de inwoners kan in veiligheid worden gebracht</i>	<i>Bijvoorbeeld: 80 = 80% van de inwoners kan in veiligheid worden gebracht</i>
<b>CH, AT, FL (oude gegevens zijn niet veranderd):</b>	
20	80
<b>DE (Beleid "Niemand achterlaten"), FR</b>	
100	100
<b>NL (informatie per deelgebied)</b>	
<b>Deelgebied</b>	
Bovenrivierengebied	76
Overgangsgebied naar Rijn-Maasmonding	64
Oostelijke Rijn-Maasmonding	12
IJsseldelta	55

**Bijlage 3: Overzicht van de gebruikte invoergegevens**

Invoergegevens	
Gegevens	Wie/waar?
<b>Algemeen</b>	
Bestuurlijke/politieke grenzen	Rijnatlas 2020, ROR-kaarten, LAU/NUTS-datasets (ECOSTAT)
<b>Overstromingsdieptes/-gebieden</b>	
Overstromingsdieptes en -gebieden (raster), 3 scenario's, zichtjaar 2020	Rijnatlas 2020
<b>Overstromingskansen</b>	
Overstromingskansen - van de Alpenrijn tot Iffezheim (inclusief Bodenmeer)	ICBR/HIRI (zie ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport), geactualiseerd), tweede IORBP van het internationaal Rijndistrict
Overstromingskansen - van Iffezheim tot de Rijndelta (zie ook "waterstandverlagende maatregelen" onderaan)	ICBR/HVAL (zie ICBR-rapport 199 en 229 en ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport))
Trajecten met kansen per overstromingsscenario (polygoon, shape) (zie ook "waterstandverlagende maatregelen" onderaan)	ICBR/HIRI/HVAL (zie ICBR-rapport 199 en 229 en ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport, geactualiseerd))
<b>Landgebruik</b>	
CORINE Landcover 2018 (in de testfase/voor gevoeligheidsanalyse ook gebruik gemaakt van CLC 2006)	Copernicus (EU)
CLC Changes 2006-2012 en 2012-2018	
<b>Beschermingsdoel economie</b> (zie ook landgebruik)	
Schadefuncties (uit Rijnatlas 2001)	ICBR (Rijnatlas 2001), (deel)staten
Specifieke vermogenswaarden (uit Rijnatlas 2001)	ICBR (Rijnatlas 2001), (deel)staten
Economische groei/consumentenprijsindex (o.a. voor scenario 2030)	ICBR, (deel)staten (zie ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport))
<b>Beschermingsdoel mens</b>	
Inwoners drie scenario's, zichtjaar 2020	Rijnatlas 2020 (enkele gegevens konden ook worden overgenomen uit de Rijnatlas 2015)
Demografische verandering/prognose	Rijnatlas 2020
<b>Beschermingsdoel cultureel erfgoed</b>	
Culturele erfgoederen	Rijnatlas 2020 (Opmerking: Om technische redenen die verband houden met de geactualiseerde FloRiAn-tool is er voor de actuele berekeningen voor cultureel erfgoed gebruik gemaakt van een specifieke set van invoergegevens per overstromingsscenario. Hierbij is de eerste versie van FloRiAn toegepast.)
<b>Beschermingsdoel milieu</b>	
Drinkwaterbeschermings- en drinkwateronttrekkingsgebieden	Rijnatlas 2020
Beschermde habitatgebieden	Rijnatlas 2020
Vogelbeschermingsgebieden	Rijnatlas 2020
IPPC-installaties (shapefiles) en/of Seveso-bedrijven (shapefiles)	Rijnatlas 2020, HIRI (zie nationale maatregelen/indicatoren)
Rioolwaterzuiveringsinstallaties (shapefiles)	Rijnatlas 2020, HIRI (zie nationale maatregelen/indicatoren en ook ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport)), ICBR/EEA (of nationale gegevensbanken)
Trajecten die in een goede of zeer goede ecologische toestand verkeren (conform KRW) (niet meer toegepast in 2021)	ICBR (KRW)/SGBP
<b>Maatregelen/indicatoren</b> (algemeen, voor nauwkeurigere informatie over maatregelen/indicatoren zie ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport))	
Realisatie van nationale maatregelen (indicatoren)	HIRI, HWVZ (verwachtingscentrales langs de Rijn), (deel)staten, eerste en tweede IORBP van het internationaal Rijndistrict
Evacuatiepercentages	HIRI, (deel)staten
Effect(en) van de maatregelen (indicatoren)	Literatuur/ICBR-HIRI/HKV, zie ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport)
Beschermingsvoorzieningen tegen overstromingen	Rijnatlas 2020
Aanpassing van de beschermingsvoorzieningen tegen overstromingen (reductie van het overstromingsgebied) (in dit geval nieuwe maatregelen uit het Nederlandse Hoogwaterbeschermingsprogramma)	Rijnatlas 2020, extra Nederlandse gegevens
Waterstandverlagende maatregelen	HVAL (zie ICBR-rapport 199 en 229), ICBR-rapport 237 (technisch HIRI-rapport) Tweede IORBP van het internationaal Rijndistrict (laatste stand van de uitvoering van de maatregelen, niet gebruikt voor de HIRI-berekeningen)

## Bijlage 4: Aandeel aan het overstromingsgebied per land en per overstromingsscenario

Flood waterdepth areas per countries							
<b>EXT</b>							
Waterdepth classes	Wdepth classes cm	DE	NL	FR	CH	AT	LI
1 (0-49 cm)	49	18560	33158	1279	2133	3869	127
2 (50-199 cm)	199	63726	144661	17	3846	3382	1027
3 (200-299 cm)	299	103561	181196	27	3869	1975	2319
4 (300-9999 cm)	9,999	114927	49162	73	3365	208	0
TOTAL (Hectar)		300,774	408,177	1,396	13,213	9,434	3,473
TOTAL (Km2)		3,007.74	4,081.77	13.96	132.13	94.34	34.73
<b>ME</b>							
Waterdepth classes	Wdepth classes cm	DE	NL	FR	CH		
1 (0-49 cm)	49	2347	27343	20	147		
2 (50-199 cm)	199	8386	97213	21	237		
3 (200-299 cm)	299	24749	78561	19	99		
4 (300-9999 cm)	9,999	34445	16735	52	138		
TOTAL (Hectar)		69,927	219,852	112	621		
TOTAL (Km2)		699.27	2,198.52	1.12	6.21		
<b>ME30 (NL dike improvement)</b>							
Waterdepth classes	Wdepth classes cm	DE	NL	FR	CH		
1 (0-49 cm)	49	2348	677	20	147		
2 (50-199 cm)	199	8389	9096	21	237		
3 (200-299 cm)	299	24748	15460	19	99		
4 (300-9999 cm)	9,999	34444	6406	52	138		
TOTAL (Hectar)		69,929	31,639	112	621		
TOTAL (Km2)		699.29	316.39	1.12	6.21		
<b>LO</b>							
Waterdepth classes	Wdepth classes cm	DE	NL	FR	CH		
1 (0-49 cm)	49	2595	2444	0	60		
2 (50-199 cm)	199	11450	15206	2	131		
3 (200-299 cm)	299	12632	11419	42	122		
4 (300-9999 cm)	9,999	23277	2571	23	144		
TOTAL (Hectar)		49,954	31,640	67	457		
TOTAL (Km2)		499.54	316.40	0.67	4.57		