

Herijking klimaatrisico's - Overstromingsrisico's nu en in de toekomst



Herijking klimaatrisico's - Overstromingsrisico's nu en in de toekomst

Auteur(s)

Karin de Bruijn

David Stouten

Herijking klimaatrisico's - Overstromingsrisico's nu en in de toekomst

Opdrachtgever	PBL
Contactpersoon	-
Referenties	-
Trefwoorden	herijking, overstroming, risico, toekomst

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	31-10-2025
Projectnummer	11211523-000
Document ID	11211523-000-ZWS-0002
Pagina's	98
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

	Karin de Bruijn David Stouten	

Samenvatting

Inleiding

In Nederland is continu aandacht nodig voor waterveiligheid en wateroverlast. Door klimaatverandering, bodemdaling en sociaaleconomische ontwikkelingen zullen naar verwachting overstromingsrisico's toenemen, zeker wanneer er geen adaptatiestrategieën worden ingezet. Om geïnformeerde keuzes te kunnen maken en om toekomstige spijt te minimaliseren, is het cruciaal om inzicht te hebben in huidige en toekomstige overstromingsrisico's. Ook inzicht in effecten van maatregelen is hierbij belangrijk. Doel van deze studie is dan ook het geven van inzicht in overstromingsrisico's in Nederland nu en in de toekomst bij een aantal context- en adaptatiescenario's.

In deze studie zijn de volgende vragen geadresseerd:

- 1 Welke typen overstromingsrisico's zijn er in Nederland en met welke indicatoren kunnen deze gerepresenteerd worden?
- 2 Hoe veranderen de overstromingsrisico's in de toekomst bij gelijkblijvend beleid?
- 3 Welk beleid en welke maatregelen passen in de adaptatiescenario's "intensiveren" en "transformeren"?
- 4 Wat zijn effecten van de context- en beleidsstrategieën voor de jaren 2050 en 2100?
- 5 Welke kennis ontbreekt nog en is cruciaal voor beleid gericht op het reduceren van (toekomstige) overstromingsrisico's?

Nederland kan overstroomd ten gevolge van storm op zee en het IJsselmeer, door hoge rivierafvoeren en/of door extreme neerslag. Er wordt onderscheid gemaakt door overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem (de grote rivieren, IJsselmeer en de kust) en het regionale systeem en in buitendijks- en binnendijks gebied. In Nederland worden gebieden beschermd tegen wateroverlast en overstromingen door dijken en kunstwerken. Deze zijn ontworpen op basis van bepaalde normen. Denk hierbij aan normen voor rioolsystemen, wateroverlastnormen voor regionale systemen en normen voor kades en dijken. Gebeurtenissen die extremer zijn dan die waarop de watersystemen zijn ontworpen, kunnen leiden tot wateroverlast of overstromingen. Om de gevolgen van deze "bovennormatieve gebeurtenissen" leidend tot overstromingen of wateroverlast te beperken, worden er stresstesten uitgevoerd. Deze geven inzicht in de potentiële gevolgen van deze extreme gebeurtenissen en maken het mogelijk om bewustwording, voorbereiding en respons te verbeteren of kunnen aanleiding zijn om gevolgbeperkende of herstel-versnellende maatregelen te treffen.

In deze rapportage wordt het gevaar, de gevolgen en de combinatie tot risico's beschreven van de verschillende typen overstromingen in de huidige en toekomstige situaties bij continuering van huidig beleid ("Business as Usual" (BAU)). Ook worden de risico's passend bij twee adaptatiescenario's Intensiveren en Transformeren besproken. Er worden hiervoor gevaar, gevolgen en risico-indicatoren gebruikt voor de huidige situatie en BAU. Voor de adaptatiescenario's wordt een meer kwalitatieve analyse gegeven.

Business as Usual (BAU)

In deze studie is het BAU ingevuld als het handhaven van de huidige normen en eisen aan het watersysteem. In de BAU strategie worden daarom bij klimaatverandering de watersystemen zo aangepast dat ze meer neerslag, hogere zeewaterstanden en rivierwaterstanden aan kunnen. De dijken worden versterkt zodat de faalkansen gelijk blijven, en de afvoercapaciteit en/of bergingscapaciteit van het regionale watersysteem wordt vergroot zodat deze blijven voldoen

aan de wateroverlastnormen. Watergangen worden verruimd, er worden bergingsgebieden toegevoegd of vergroot en kunstwerken worden uitgebreid (bv spuikokers en gemalen). Deze BAU-strategie vraagt ruimte en een significante investering, maar lijkt op basis van uitkomsten van het kennisprogramma zeespiegelstijging, technisch haalbaar.

De analyse van het huidige risico en de verandering in risico's bij BAU laten zien dat de kansen op overstromingen tot 2050 sterk afnemen door de dijkversterkingen in het hoofdwatersysteem. De gevolgen zullen enigszins toenemen tot 2050 door met name economische groei en nieuwbouw in overstroombare gebieden. Het gecombineerde effect is een sterke daling van de risico's in 2050 ten opzichte van de huidige risico's. Na 2050, als de keringen aan de normen voldoen en blijven voldoen, nemen de risico's toe: economische groei en bevolkingsgroei gaan door. Bovendien worden op de langere termijn de overstromingskarakteristieken bij een doorbraak ernstiger, vooral bij de kust en in het benedenrivierengebied. Door de hogere zeespiegel stroomt er in de toekomst bij een doorbraak meer water binnen dan dat nu het geval zou zijn.

Op dit moment is de bijdrage van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem, dus de grote rivieren, meren, en de zee aan overstromingsrisico's dominant. In de BAU strategie wordt in 2050 deze bijdrage van dezelfde orde als de bijdrage van overstromingen vanuit de regionale systemen: de kleinere rivieren, watergangen en meren. De bijdrage van het centrale rivierengebied die nu het grootst is, zal in de komende jaren veel kleiner worden. De locatie van de grootste risico's verandert dan van het centrale rivierengebied naar stedelijke gebieden van Amsterdam, Gouda, Zoetermeer en naar gebieden die gevoelig zijn voor overstroming vanuit het regionale systeem in Groningen, Friesland en Noord-Holland. Er is nog geen compleet beeld van de opgave vanuit het regionale systeem. Het watersysteem in Centraal Holland met het Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal zit al aan zijn grenzen in de huidige situatie. De Dommel bij Den Bosch vraagt extra aandacht en ook andere watersystemen vragen aanpassingen zeker die systemen die nu nog kunnen spuien maar in de toekomst moeten gaan pompen vanwege de hogere zeespiegel of frequentere rivierhoogwater.

Het beeld van de huidige en toekomstige risico's is nog niet geheel compleet. Het is vooral gebaseerd op overstromingskansen en maximale waterdieptes. Er is nog te weinig aandacht geweest voor de het verloop en de nasleep van gebeurtenissen terwijl ook die de impact op de maatschappij bepalen. Inzicht in de aanloop, duur en afwikkeling van een overstroming en het herstel van de impact in de huidige situatie en mogelijke veranderingen daarin in de toekomst kunnen bijdragen aan een beter beleid. Om de 5 lagenbenadering met daarin ook bewustzijn en herstel vorm te geven is dat inzicht noodzakelijk. Ook is er te weinig kennis van grootschalige neerslaggebeurtenissen en nog geen landelijk beeld van de opgave van aanpassing van de regionale systemen aan de toekomst.

Invulling van de twee alternatieve adaptatiescenario's

Ook zijn twee adaptatiescenario's bekeken, namelijk: "intensiveren" en "transformeren". Deze zijn ingevuld voor het thema waterveiligheid/wateroverlast. De tijdshorizon die hierbij gebruikt wordt is 2050 en 2100. Bij het inventariseren van mogelijke adaptatiemaatregelen wordt gebruik gemaakt van de meerlaagsveiligheidsbenadering met 5 lagen: Preventie, gevolgbeperking, crisismanagement, herstel en risicobewustzijn. In de huidige strategie is preventie dominant. In de twee alternatieve adaptatiescenario's worden meerdere lagen uit meerlaagsveiligheid ingezet. Het waterveiligheidsbeleid staat min of meer vast tot 2050, zeker voor het hoofdwatersysteem. De strategieën voor 2050 lijken voor waterveiligheid dan ook sterk op de BAU. Voor het regionaal watersysteem en het omgaan met gevaar van grootschalige neerslag is dit minder het geval. Voor die overstromingsrisico's vanuit het regionale systeem en door grootschalige neerslag is veel minder (kwantitatieve) informatie aanwezig waardoor het uitwerken van adaptatiescenario's voor die risico's minder diep kan gaan.

Adaptatiescenario Intensiveren

In “intensiveren” ligt de nadruk op het accommoderen van de huidige functies en het huidige landgebruik op dezelfde locaties als nu het geval is met behulp van vooral technische maatregelen. Hierbij wordt niet alleen gericht op preventie, maar wordt de meerlaagsveiligheidsbenadering beter ingevuld dan in de BAU. In plaats van het handhaven van normen gaat het hier om handhaven van de veiligheid zodat de maatschappij niet te veel hoeft te veranderen. Belangrijke maatregelen in dit adaptatiescenario zijn:

- Preventie: innovatieve dijken, taaie dijken of andere typen dijken of daarvoor geschikte locaties, maatregelen aan het watersysteem en pompen, sluizen, gemalen, stuwen, bergingsgebieden,
- Gevolgbeperking en crisisbeheersing: Goede voorbereiding, waarschuwing, noodmaatregelen, redundantie of back-up systemen voor cruciale gemalen of andere kunstwerken en crisismanagement, voorbereiden van vluchtplaatsen
- Herstel: Verzekeringen en fondsen voor een snel herstel.

Na 2050 gaat dit adaptatiescenario meer richting de denklijn ‘beschermen open’ en wellicht in de nog verdere toekomst richting ‘beschermen gesloten’ van het kennisprogramma zeespiegelstijging. Het kennisprogramma zeespiegelstijging richt zich op extremere scenario’s dan het PBL, maar is wel bruikbaar als doorkijk naar verdere toekomst. Deze doorkijk is belangrijk om inzicht te krijgen in mogelijk toekomstige spijt over investeringen die nu gedaan worden in waterveilig en/of in andere sectoren. Het kennisprogramma zeespiegelstijging heeft zich gericht op vooral dijken en minder of niet op het regionale water systeem, buitendijks gebied en andere maatregelen dan dijken. Er zijn dus aanvullingen nodig op het kennisprogramma om dit adaptatiescenario “intensiveren” in te vullen.

Het adaptatiescenario Transformeren:

In het adaptatiescenario transformeren richt zich op het aanpassen van het landgebruik en de maatschappij aan nieuwe condities met zoveel mogelijk ruimtelijke maatregelen en natuurlijke processen. De voorkeur gaat uit naar ruimtelijke maatregelen en natuurlijke oplossingen en minder naar technische maatregelen, ook al blijven die nodig. Er ligt een sterkere focus op het zoeken naar meekoppelkansen met andere opgaven zoals de energietransitie, landbouw- en stikstofproblemen en verbeteren van ruimtelijke kwaliteit. Dit adaptatiescenario gaat op de lange termijn meer lijken op de denkrichting “meebewegen” van kennisprogramma zeespiegelstijging. Deze denkrichting is nog niet concreet uitgewerkt. In deze lijn passen bijvoorbeeld meer investeringen in hoog Nederland en minder in overstroombare gebieden. Economische sectoren passen zich aan klimaatverandering aan en ook dat kan invloed hebben op overstromingsrisico's. Zo kan ook vanuit de opgave van zoetwatervoorziening gekozen worden voor aanpassing van het watersysteem en het afsluiten van de Nieuwe Waterweg. Dit heeft dan grote effecten op overstromingsrisico's en de te nemen maatregelen om de rivier veilig naar zee te kunnen laten stromen. Deze interacties en samenhang zijn ook benoemd in de herijking van het Deltaprogramma en zouden verder uitgewerkt moeten worden. Om draagvlak en aanpassingen te krijgen van sectoren is bewustwording nodig en input van ideeën vanuit die sectoren. Hiervoor zijn mogelijk andere analyses, tools, en financieringsconstructies nodig dan nu bestaan. Op dit moment wordt wateroverlast en waterveiligheid immers gezien als verantwoordelijkheid van de overheid. Storylines, oefeningen en discussies kunnen hieraan bijdragen in aanvulling op de meer standaard risicoanalyses.

Belangrijkste bevindingen

- In de toekomst neemt het risico eerst af tot 2050 door dijkversterking en daarna toe door economische groei. Daar waar nu grote overstromingen vanuit de grote rivieren het risico domineren zal volgens de huidige kennis in de toekomst het risico vooral gevormd worden door meer frequente maar minder ernstige overstromingen en wateroverlast in gebieden met regionale watersystemen zoals rond Gouda, Zoetermeer, Groningen en Amsterdam.
- Het huidige beleid gerelateerd aan overstromingsrisico's kijkt vaak al naar 2050. De adaptatiescenario's gaan vooral na 2050 van elkaar verschillen. Voor het managen van overstromingsrisico's gerelateerd aan grootschalige neerslag en overstromingen vanuit het regionale watersysteem zullen de strategieën wel al direct van elkaar kunnen afwijken.
- Het denken vanuit andere invalshoeken geeft mogelijk goede aanknopingspunten voor invulling van andere beleidsstrategieën. Het meer implementeren van meerlaagsveiligheid, het denken vanuit systemen in plaats van losse dijktrajecten en vanuit gebeurtenissen in plaats van maximale waterdieptekaarten kan hier bijvoorbeeld aan bijdragen. Ook is discussie met en inbreng vanuit de maatschappij en verschillende overheden, sectoren en burgers belangrijk om de toekomstige strategieën vorm te geven. Het concretiseren met voorbeelden van de nu vaak nog abstracte strategieën kan hier ook bij helpen.
- Er zijn nog belangrijke kennisleemtes die geadresseerd moeten worden om beter gesteld te staan voor overstromingsgevaar en wateroverlast en om de adaptatiescenario's uit te werken.

In het project zijn kennisleemtes geïdentificeerd, De belangrijkste zijn:

- 1 **De risico-informatie gerelateerd aan risico's door grootschalige neerslag mist:** Op dit moment worden bovenregionale stresstesten voor grootschalige neerslag uitgevoerd door veel regio's in Nederland.
- 2 **De informatie me betrekking tot de impact van overstromingen is niet compleet:** Informatie over de duur van overstroming, de duur van herstel, impacts op het functioneren van de economie en effecten op bijvoorbeeld natuur, op welzijn van bewoners, op cultuur en erfgoed en andere effecten zijn niet goed weergegeven.
- 3 **Er zijn geen plausibel geachte schattingen van de faalkansen van keringen voor de huidige situatie:** De kansen op doorbraak van de primaire keringen zijn niet tot in detail bekend. De hier gebruikte kansen worden beschouwd als een overschatting van de werkelijke kans. Beter inzicht in de faalkansen geeft ook betere risico-informatie. Voor de toekomstige risico's wordt aangenomen dat de dijken aan de normen voldoen.
- 4 De opgave van in het **regionale systeem en de interactie tussen veranderingen in het hoofdwatersysteem en het regionale systeem zijn nog niet goed bekend.**
- 5 De **effecten van sociaaleconomische ontwikkelingen op de potentiële schade** en dus op het economisch risico zijn nog niet duidelijk. Er wordt nu in het algemeen aangenomen dat de economische groei zich lineair vertaalt in een toename van de schade. Echter, de wijze van ontwikkeling kan de kwetsbaarheid voor overstromingen vergroten of verkleinen. Als dit duidelijker wordt, wordt het prioriteren van maatregelen om de risicotoename te beperken ook eenvoudiger.
- 6 **De weerbaarheid of veerkracht van Nederland voor overstromingen is niet goed bekend.** Dit geldt voor de huidige situatie en nog meer voor de toekomst: Het effect van klimaat en socio-economische scenario's op overstromingskarakteristieken, op de duur van overstromingen, op de financiële situatie en op het vermogen om te herstellen is hierbij relevant.

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

1. **Adresseer de kennisleemtes die hierboven zijn geïdentificeerd.**
2. **Gebruik de storyline benadering als aanvulling op risicobenadering** de hier gebruikte benadering waarin risico's per locatie worden bekeken en gesommeerd geeft geen volledige weergave met betrekking tot de impact van overstromingen op de maatschappij. Om beter inzicht te krijgen in het effect op mensen veerkracht en functioneren van de maatschappij is ook informatie over de duur van de overstroming, de duur van het herstel en de duur van economische effecten nodig. Om dit inzicht te verkrijgen is een storyline bruikbaar.
3. **Neem de kans op spijt standaard mee in investeringsbeslissingen:** Om te transformeren en is het meenemen van mogelijke toekomstige systeemkeuzes en veranderingen handig: werkt een investering nu ook als in de toekomst een andere strategie wordt gekozen of als bijvoorbeeld het hoofdwatersysteem anders wordt ingericht? Er is wel gewerkt aan criteria en methodes om dit te doen, bijvoorbeeld in het deltaprogramma, maar het is nog niet standaard dit mee te nemen.
1. **Combineer resultaten van verschillende sectoren en onderwerpen:** Een mogelijke vraag daarbij kan bijvoorbeeld zijn: wat betekent transformatie voor zoetwatervoorziening en wat betekenen keuzes daar voor waterveiligheidsbeleid.
2. **Gebruik de tijd die er nu is om verkenningen te doen** via andere aanvliegroutes of met andere perspectieven of partijen dan standaard is en vergroot kennis van werking van systemen. Hoe kan een toekomstig Nederland er uit zien? Of vraag wat moet blijven functioneren (in plaats van wat is het risico)?
3. **Vul de adaptatiescenario's verder in en kwantificeer de effecten beter.** Nu zijn het nog abstracte richtingen. Het meer concreet maken maakt discussie en keuzes helderder. Kies ook voor mogelijke strategieën voor regio's of deelsystemen: dit zijn naar verwachting combinaties van intensiveren en transformeren.
4. **Zorg voor discussie over wat voor Nederland belangrijk is,** Denk hierbij aan afwegingen tussen weerbaar en efficiënt, en tussen eerlijk en efficiënt, over hoe risico-avers Nederland wil zijn en wat dat betekent voor keuzes. Richt Nederland zich vooral op optimalisatie van kosten en baten met een zekere ondergrens van bescherming zoals nu? Of wil Nederland ook gesteld staan voor outliers/extremen? En hoever kan Nederland daar dan in gaan: In hoeverre wil Nederland ook veerkracht hebben en bestand zijn tegen dergelijke zeer zeldzame maar gevaarlijke gebeurtenissen extremere gebeurtenissen? (e.g. door zeer kleine faalkansen van cruciale objecten, of door redundantie zoals in het stroomnet of bij vitale objecten met back-up voorzieningen of door flexibiliteit van functies te vergroten) of is het voldoende om bijvoorbeeld alleen in noodmaatregelen en voorbereiding te verbeteren en daar budget voor te reserveren?

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	11
1.1	Achtergrond en context	11
1.2	Doel en aanpak	11
1.3	Leeswijzer	15
2	Duiding van overstromingsrisico's in Nederland: typen risico's en risico-indicatoren	16
2.1	Verschillende overstromingstypes en karakteristieken	16
2.2	Risico-indicatoren	25
2.3	Informatiebronnen	26
2.4	Link met sectoren	27
2.5	Adaptatiemaatregelen	27
2.5.1	Typen maatregelen en meerlaagsveiligheid	27
2.5.2	Huidige en toekomstige maatregelen gericht op waterveiligheid en wateroverlast	28
2.5.3	Analyse van het effect van adaptatiescenario's op overstromingsrisico's	31
3	Overstromingsrisico's in de huidige situatie	32
3.1	Gevaar	32
3.1.1	Kans op hoge waterstanden/doorbraak van keringen	32
3.1.2	Overstromingskansen van locaties	34
3.1.3	Waterdiepte	36
3.1.4	Overige parameters	36
3.1.5	Samengestelde gevaarkaarten	39
3.2	Overstromingsgevolgen	42
3.3	Risico's	43
3.4	Samenvatting	50
4	Overstromingsrisico's bij continuering van het huidige waterveiligheidsbeleid ("BAU-Business as Usual")	51
4.1	Invulling van de twee contextscenario's uitgewerkt voor waterveiligheid	51
4.1.1	Klimaatverandering	52
4.1.2	Socio-economische drivers	53
4.2	Invulling en implicaties van de BAU strategie	55
4.2.1	Invulling Strategie BAU: aanpassen watersysteem en keringen om de normen te halen	55
4.2.2	Directe effecten van de maatregelen: Kosten en ruimtebeslag	59
4.3	Effecten op gevaar	61
4.3.1	2050	61
4.3.2	2100	66

4.4	Effecten op gevolgen	72
4.5	Effecten op risico's	74
4.6	Conclusie en discussie	76
5	Adaptatiescenario's: Intensiveren en Transformeren	78
5.1	Adaptatiescenario Intensiveren	78
5.1.1	Invulling van de strategie	78
5.1.2	Effecten van de strategie	81
5.1.3	Discussie	82
5.2	Adaptatiescenario Transformeren	82
5.2.1	Invullen van de strategie	82
5.2.2	Effecten van de strategie	85
5.2.3	Discussie	85
6	Conclusies, discussie en aanbevelingen	87
6.1	Antwoord op de vragen van PBL	87
6.2	Kennisleemtes en discussie	89
6.3	Aanbevelingen	90
	Referenties	91
A	Denkrichtingen uit het kennisprogramma zeespiegelstijging	93
A.1	Beschermen	93
A.2	Meebewegen	95

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en context

In Nederland is continu aandacht nodig voor waterveiligheid en wateroverlast. Door klimaatverandering, bodemdaling en sociaaleconomische ontwikkelingen zullen naar verwachting overstromingsrisico's toenemen, zeker wanneer er geen adaptatiestrategieën worden ingezet. Om geïnformeerde keuzes te kunnen maken en om toekomstige spijt te minimaliseren, is het cruciaal om inzicht te hebben in huidige en toekomstige overstromingsrisico's. Ook inzicht in effecten van maatregelen en keuzes op dit risico is hierbij belangrijk.

Naast overstromingsrisico's zijn er ook andere klimaatrisico's die mogelijk veranderen en liggen er vragen van specifieke sectoren zoals mobiliteit, energie, drinkwater, land- en tuinbouw, en industrie over het effect van klimaatrisico's en adaptatiescenario's op het functioneren van de sector.

In 2020 besloot het Directeuren Overleg Nationale Klimaatadaptatiestrategie (DO-NAS) daarom om een beleidsondersteunend kennisprogramma voor het nationale klimaatadaptatiebeleid in het leven te roepen. Dit traject bestaat uit een aantal stappen. De eerste stap richt zich op het beschrijven en verkennen van de huidige respectievelijk toekomstige klimaatrisico's in Nederland. De tweede stap betreft het monitoren en evalueren van het adaptatiebeleid. De derde stap levert ten slotte een lange termijn ontwerp voor een effectief monitoring- en evaluatiesysteem voor de periode na 2026.

Dit project gaat over het tweede deel van stap 1: het verkennen van toekomstige klimaatrisico's. Het eerste deel van stap 1, het beschrijven van de huidige klimaatrisico's, werd eind 2023/begin 2024 afgerond (zie PBL 2024). Deze verkenning is in 2024 en 2025 uitgevoerd en wordt eind 2025/begin 2026 gepubliceerd. De invulling van de klimaatrisico's op/voor de verschillende thema's/sectoren wordt ingebracht door verschillende partners. Deze rapportage van Deltares betreft de invulling voor het thema waterveiligheid.

1.2 Doel en aanpak

Doel

Doel van deze studie is het geven van inzicht in de waterveiligheids-/overstromingsrisico's in Nederland nu en in de toekomst en het in beeld brengen van eventuele kennisvragen daarbij. Deze studie maakt onderdeel uit van een bredere verkenning van huidige en toekomstige klimaatrisico's in Nederland.

Aanpak

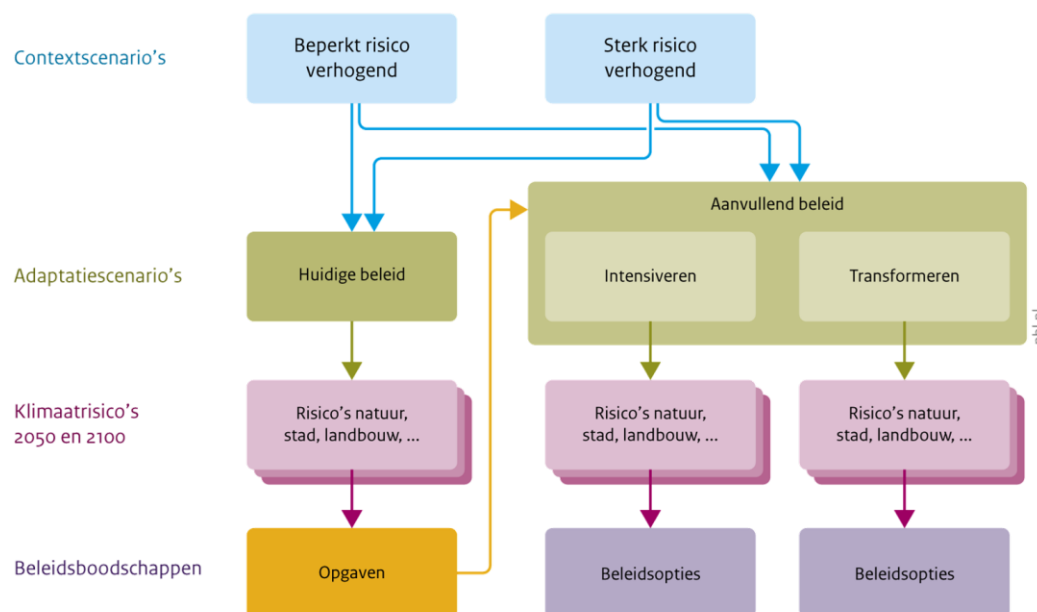
Om te komen tot inzicht in de huidige en toekomstige overstromingsrisico's zijn de volgende vragen geadresseerd:

- 1 Welke typen overstromingsrisico's zijn er in Nederland en met welke indicatoren kunnen deze gerepresenteerd worden?
- 2 Hoe veranderen de overstromingsrisico's in de toekomst bij gelijkblijvend beleid?
- 3 Welk beleid en welke maatregelen passen in de adaptatiescenario's "intensiveren" en "transformeren"?
- 4 Wat zijn effecten van de context- en adaptatiescenario's voor de jaren 2050 en 2100?
- 5 Welke kennis ontbreekt nog en is cruciaal voor beleid gericht op het reduceren van (toekomstige) overstromingsrisico's?

Om de eerste twee vragen te beantwoorden zijn de verschillende typen overstromingen beschreven in hoofdstuk 2 en ook risico-indicatoren benoemd. Ook worden hier modellen en databronnen met betrekking tot deze indicatoren besproken en wordt op hoofdlijnen aangegeven hoe en met welke gegevens effecten van strategieën kunnen worden bepaald. Daarna wordt in hoofdstuk 3 het huidige en toekomstige risico beschreven gebruikmakend van de risico-indicatoren en de twee contextscenario's¹ voor de toekomst. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 en 5 de laatste vragen geadresseerd door de adaptatiescenario's² te beschrijven voor waterveiligheid/wateroverlast en de bijbehorende overstromingsrisico's in beeld te brengen (zie Figuur 1-1 en tabel 1-1).

De context- en adaptatiescenario's zijn op hoofdlijnen voor alle partners, sectoren en klimaatrisico's gelijk. In deze rapportage worden ze uitgewerkt voor het onderwerp waterveiligheid/overstromingsrisico's. De risico's worden bekeken voor het zichtjaar 2050 en voor 2100.

Verkenning toekomstige klimaatrisico's



Bron: PBL

Figuur 1-1 Schematische weergave van aanpak binnen het project 'Monitoring klimaatadaptatie' (Bron: PBL, 2025).

¹ Een adaptatiescenario is een strategie met daarin keuzes met betrekking tot ontwikkelingen die gericht aangepast kunnen worden door beleidsmakers en overheden met het doel om overstromingsrisico's te reduceren

² Een contextscenario is een autonoom scenario met ontwikkelingen die buiten de invloedssfeer liggen van de beleidsmakers en overheden. De hierin beschreven ontwikkelingen zijn niet gericht op het beperken van klimaatrisico's.

Tabel 1-1 De bekeken contextscenario's en adaptatiescenario's.

		Contextscenario's ²	
		Beperkt risico verhogend	Sterk risico verhogend
		Gunstige maatschappelijke ontwikkelingen en beperkte klimaatverandering	Grote economische groei en snelle klimaatverandering
Beleids - scenario's ¹	Business As Usual	Voortzetting huidig beleid	
	Intensiveren	Gericht op het zoveel mogelijk handhaven van de huidige activiteiten en landgebruik op de huidige locaties. Veel technische maatregelen.	
	Transformeren	Sterk ruimtelijk gerichte strategie, aansluiting bij lopende transitie, bodem en water sturend.	

Contextscenario's

De twee contextscenario's geven een bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen zowel qua klimaat als maatschappij. Deze contextscenario's zijn gebaseerd op:

- De nieuwe KNMI-klimaatscenario's (KNMI, 2023);
- De nieuwe Deltascenario's (Deltares, 2024), voor een doorvertaling van de KNMI-klimaatscenario's naar o.a. secundaire klimaateffecten op het watersysteem.
- De nieuwe WLO-scenario's (in de loop van 2024) met ontwikkelingen over o.a. demografie, economie, ruimtegebruik tot 2050 (WLO = Welvaart en leefomgeving, zie <https://www.wlo2015.nl/> voor de eerdere WLO-scenario's uit 2015);

Van de deltasenario's zijn de twee uitersten gekozen: het gematigd respectievelijk, sterk risico verhogende scenario. Voor deze scenario's zijn de risico's in beeld gebracht voor het zichtjaar 2050 en 2100.

Voor maatschappelijke, ruimtelijke en demografische ontwikkelingen zijn voor het zichtjaar 2050 de WLO scenario's gebruikt. Voor het zichtjaar 2100 zijn geen kwantitatieve gegevens beschikbaar. Daarom is in deze analyse voor 2100 een trend aangenomen zoals beschreven in hoofdstuk 4.1.

Tabel 1-2 De koppeling tussen de KNMI'23 scenario's en de Deltascenario's.

	Beperkt risico verhogend	Sterk risico verhogend
KNMI-scenario	Ln (lage uitstoot, nat)	Hn, (hoge uitstoot droog/nat)
Deltascenario	Ruim24	Stoom24

Adaptatiescenario's

Om de beleidsruimte van klimaatadaptatie te kunnen verkennen worden drie adaptatiescenario's bekeken (zie PBL (2025) en hoofdstuk 5):

- *Business as usual*: Deze dient als een soort referentie welke de noodzaak voor strategieën voor klimaatadaptatie aangeeft. In deze strategie wordt het huidige beleid voortgezet.
- *Intensiveren*: strategie met meer technische maatregelen voor aanpak van klimaatverandering en beperkte ruimtelijke consequenties.
- *Transformeren*: sterk ruimtelijk gerichte strategie, water en bodem in hoge mate sturend, maximale aansluiting bij lopende transitie (o.a. landbouw, woningbouw, energie), benutten van meekoppelkansen, *nature-based solutions*.

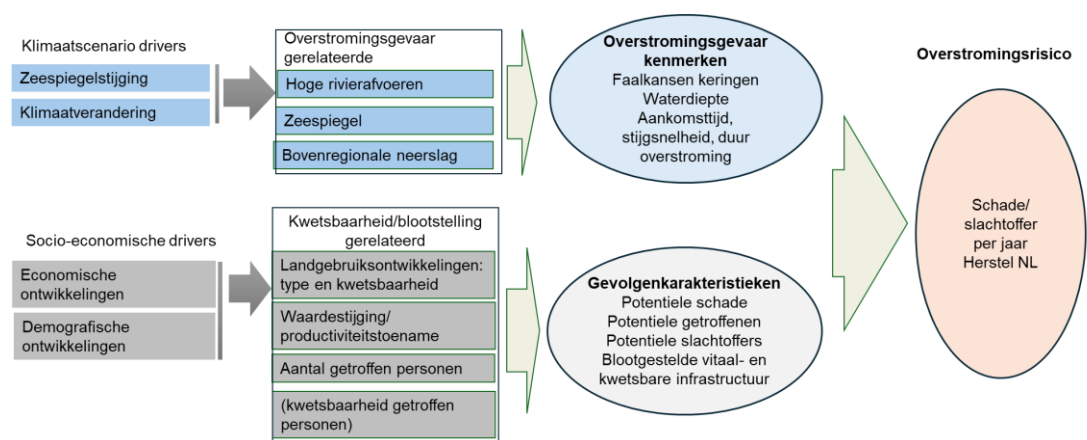
Risico-parameters

Voor de beleids- en contextscenario's wordt het effect bepaald op de verschillende aspecten die bijdragen aan het risico, namelijk:

- klimaatdreiging of hier: overstromingsgevaar;
- blootstelling en kwetsbaarheid, hier: samengenomen als karakteristieken van de potentiële gevolgen van overstromingen.

Ook wordt het gecombineerde effect op overstromingsrisico's beschreven. De indicatoren die hierbij gebruikt worden, zijn beschreven in hoofdstuk 2.

De verschillende context- en adaptatiescenario's worden geanalyseerd door te kijken naar de klimaatscenario-drivers en hun vertaling naar de bepalende dreigingen gerelateerd aan overstromingsgevaar en naar socio-economische drivers en hun effect op kwetsbaarheid en blootstelling en daarmee op overstromingsgevolgkarakteristieken. Ook het gecombineerde effect op de risico's wordt bekeken (zie Figuur 1-2).



Figuur 1-2 Gebruikte lijn bij het analyseren van de effecten van drivers uit de contextscenario's op toekomstige overstromingsrisico's: bepalen van effecten op de risico-aspecten gevaar, en gevolgen (als functie van blootstelling en kwetsbaarheid) en op het risico.

Gebruik van bestaande kennis en aansluiting bij andere trajecten

Er wordt bij deze risicobeschrijving zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande kennis en aangesloten bij andere projecten of documenten. De partners in het project zoals TNO en de WUR kunnen de resultaten mogelijk gebruiken voor hun meer diepgaande analyse voor die sector waarin zij meerdere klimaatrisico's beschouwen (bijvoorbeeld mobiliteit of elektriciteit).

Resultaat

Uit de risicoanalyse volgen niet alleen conclusies met betrekking tot de overstromingsrisico's en veranderingen daarin voor verschillende scenario's maar ook conclusies met betrekking tot kennisleemtes en aanbevelingen. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 7.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst een overzicht gegeven de verschillende typen overstromingen en overstromingskarakteristieken en de indicatoren waarmee het risico geduid kan worden. In hoofdstuk 3 wordt het risico voor de huidige situatie toegelicht.

In hoofdstuk 4 wordt de invulling voor de strategie “business as usual” voor waterveiligheid en wateroverlast gespecificeerd en vervolgens worden de effecten van deze strategie voor de twee toekomstscenario’s besproken. Hieruit worden conclusies getrokken. In hoofdstuk 5 wordt hetzelfde gedaan voor de twee adaptatiescenario’s en tenslotte worden in hoofdstuk 6 conclusies en aanbevelingen gegeven en kennisleemtes benoemd.

2 Duiding van overstromingsrisico's in Nederland: typen risico's en risico-indicatoren

2.1 Verschillende overstromingstypes en karakteristieken

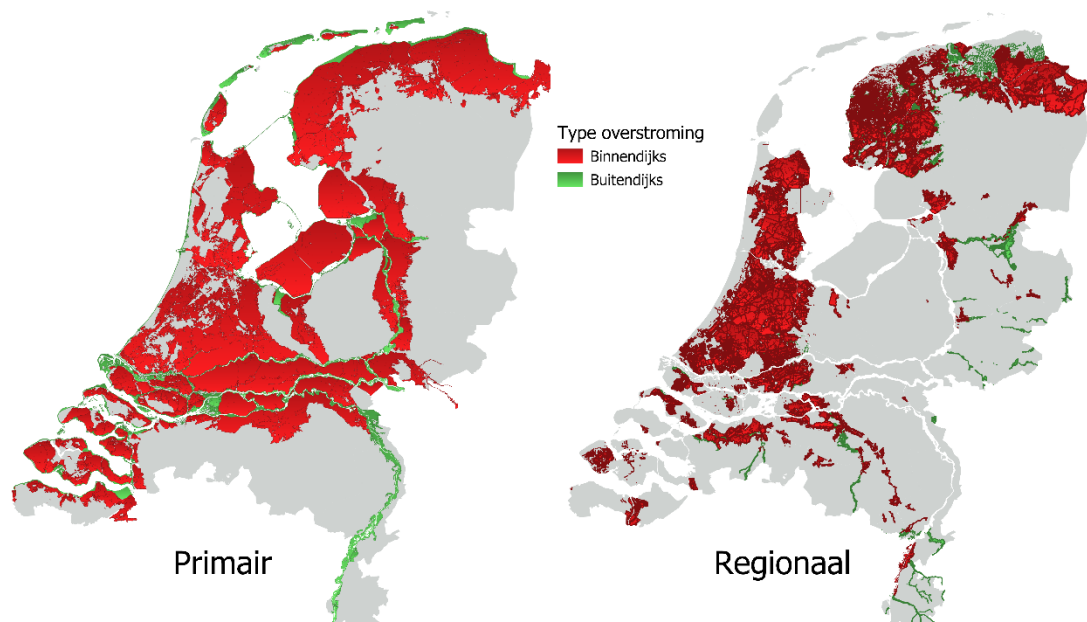
Nederland ligt in een delta aan de kust. Een groot deel van het land is potentieel overstroombaar en wordt bedreigd door hoge rivierafvoeren, stormen op zee of de grote meren, extreme grootschalige of zeer intensieve neerslag of combinaties van die bedreigingen. Doordat er continu gewerkt wordt aan het verbeteren van watermanagement, bescherming tegen overstromingen, en aanpassing in gebieden die niet beschermd zijn tegen overstromingen is de kans op rampen klein. De kans op overstroming, de kenmerken van overstromingen en de potentiële gevolgen verschillen per type bedreiging, overstroming en per gebied. Het waterbeheer en waterveiligheidsbeleid is afgestemd op de verschillende typen overstromingen.

Typen overstromingen

De potentiële overstromingen in Nederland zijn onder te verdelen in de volgende typen:

- *Overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem:* Het hoofdwatersysteem bestaat uit de grote rivieren, de IJsselmeergebieden, Zeeuwse estuaria en de kust (zie Figuur 2.1 voor het bedreigde gebied). Er zijn twee typen overstromingen
 - Door doorbraken in primaire keringen langs het hoofdwatersysteem
 - Overstromingen op locaties buiten de primaire of regionale keringen (bijvoorbeeld in kustplaatsen, en van buitendijkse locaties langs de rivieren)
- *Overstromingen vanuit het regionale systeem:* kleinere rivieren, polder-boezemsystemen en kleinere meren (zie Figuur 2.1 voor het bedreigde gebied). Ook hier kunnen zowel overstromingen ontstaan in beekdalen of op boezemlanden door het buiten de oever treden van waterlopen en in beschermde gebieden door doorbraken van regionale keringen
- Overstromingen door extreme en langdurige grootschalige neerslag.

Lokale extreme piekbuien met meestal een korte duur geven wateroverlast. Deze overlast kan lokaal ernstig zijn, maar valt hier buiten de scope van het project.



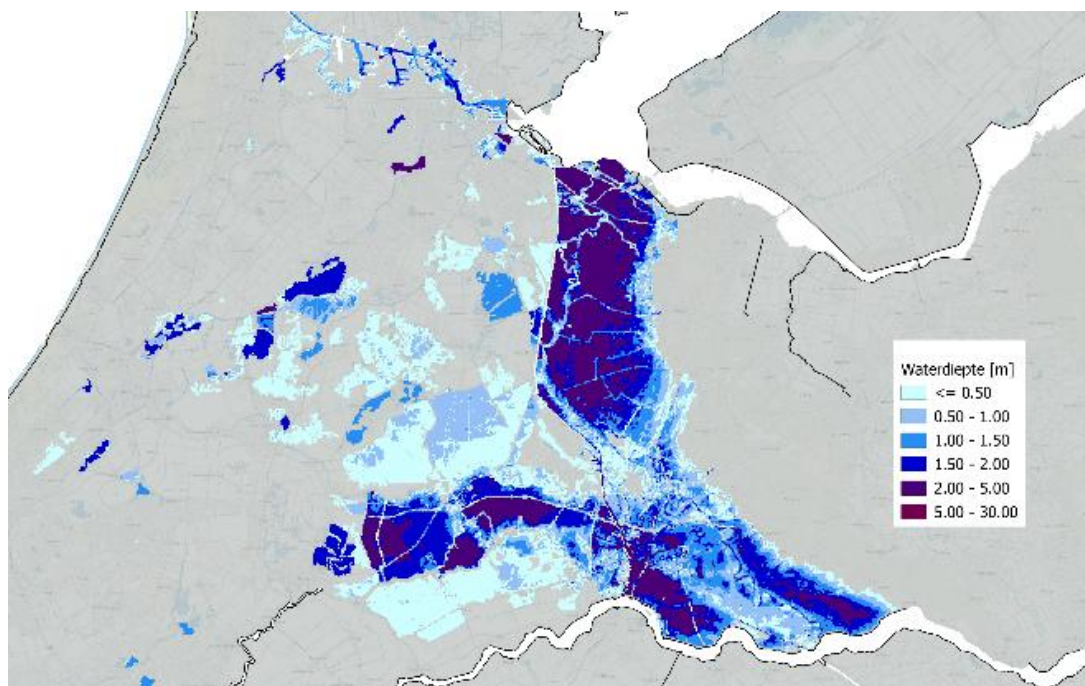
Figuur 2-1 Bedreigde gebieden van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem (links) en vanuit het regionale systeem (rechts) zowel buitendijks, als binnendijks (bron: gemaakt op basis van data uit LIWO, 2024).

Overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem

Bij doorbraken van keringen in het hoofdwatersysteem kunnen grote gevolgen optreden. Ze kunnen levensbedreigend zijn en rampzalig voor grotere gebieden. De gevolgen hangen af van de doorbraaklocatie. Als voorbeeld is de maximale waterdiepte kaart (Figuur 2-2) gegeven van een potentiële doorbraak van de Lekdijk bij Amerongen. Bij dit scenario worden 720.000 getroffen, 402 slachtoffers (uitgaande van 75% evacuatie) en een schade van 38 miljard euro verwacht³. Bij een doorbraak in Limburg, op de Waddeneilanden of bv. bij Arnhem waar het bedreigde gebied kleiner is en er minder mensen getroffen worden zullen de gevolgen kleiner zijn. Een beeld van de maximale diepte per locatie door een overstroming uit het hoofdwatersysteem is gegeven in Figuur 2-3.

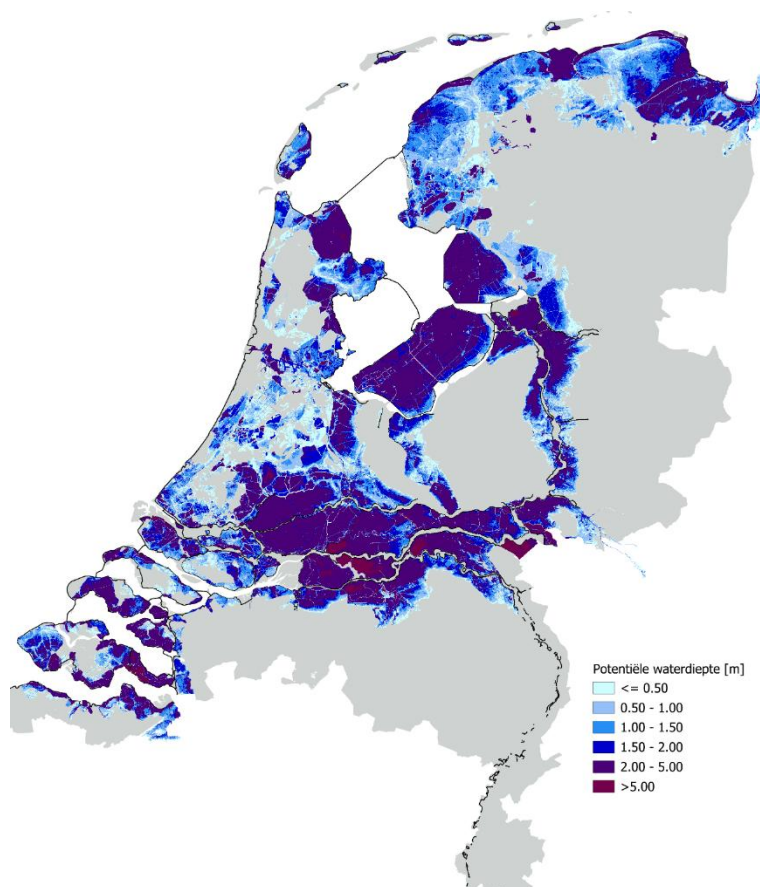
De gevolgen hangen samen met het volume aan water dat het gebied in stroomt (verschil tussen de rivierwaterstand en maaiveldhoogte, grootte van de ontstane bres) , de grootte en inrichting (bv compartimenterende secundaire keringen) van het gebied achter de doorbraaklocatie, het landgebruik en het effect op de economie of op andere locaties en de duur van de overstroming. Overstromingsduur kan variëren van uren tot maanden. Overigens is in de gevolgbeoordeling wel op globale wijze de duur van uitval van getroffen functies in het overstroomde gebied meegenomen, maar wordt niet standaard het indirecte effect op andere locaties beschouwd, bijvoorbeeld als door een overstroming een logistieke keten verstoord raakt. Bij het bepalen van passende normen is destijds wel dit indirecte effect zeer globaal beschouwd door middel van opslagfactoren (Kind, 2011). Ze worden hier specifiek genoemd omdat de overstromingsduur significant kan wijzigen door klimaatverandering, omdat het binnengestroomd volume groter wordt en de uitstroom minder door de hogere zeewaterstanden, ook na een storm. Bij de bepaling van het potentiële aantal slachtoffers worden ook de mogelijkheden voor evacuatie meegewogen. Hierbij is gekeken naar de waarschuwingstijd, en het al dan niet optreden van storm die evacuatie bemoeilijkt, het aantal en de locatie van inwoners en de capaciteit van het wegennet.

³ Gebaseerd op de gegevens in LIWO ([Bekijken overstromingssscenario's](#)) voor het scenario 20674 met doorbraak bij Amerongen bij 1/2000 afvoer op de Rijn takken (geraadpleegd op 10/4/2025)



Figuur 2-2 Maximale waterdiepte ten gevolge van een doorbraak in de Lekdijk bij Amerongen bij een gebeurtenis met een maatgevende afvoer (maatgevend voor het dijkontwerp tot 2017. Deze afvoer heeft een overschrijdingskans van 1/1250 per jaar).

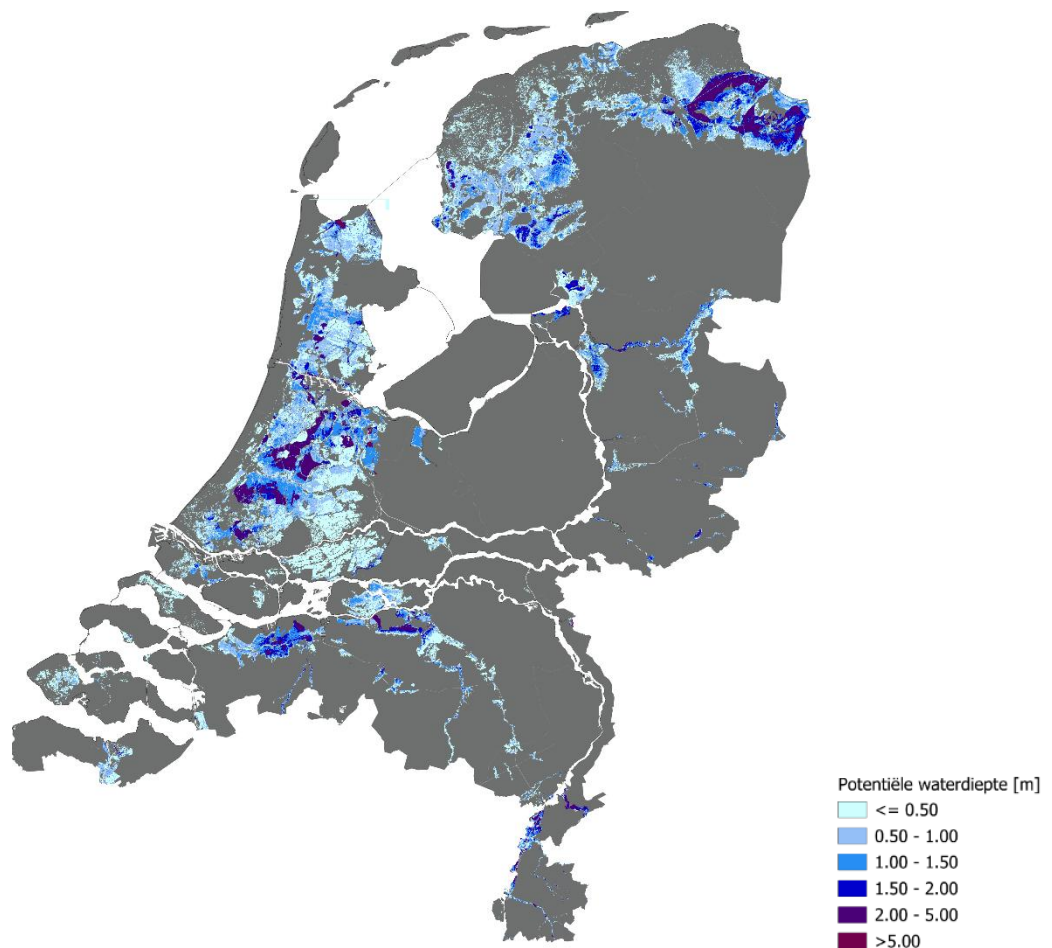
Overstromingen van gebieden buiten de keringen, zoals van boulevards van kustplaatsen of de buitendijkse gebieden in Rijnmond-Drechtsteden en het rivierengebied worden vaak beschouwd als wateroverlast. Overstromingen in buitendijkse gebieden zijn in het algemeen gemakkelijker te voorspellen dan in door dijken beschermde gebieden en de gevolgen zijn vaak kleiner doordat het landgebruik is aangepast aan de grotere overstromingskans, zeker in de meer frequent overstromende gebieden. Voorbeelden zijn de buitendijks gebieden in het centrum van Dordrecht waar de kans 1/10 per jaar is op ongeveer 20 cm water en campings in het rivierengebied die zo ongeveer eens per jaar tot eens per 5 jaar in de winter overstromen. Ook enkele stadswijken van Rotterdam en de industriegebieden als de Botlek bij Rotterdam liggen buitendijks. Overstromingen in het buitendijks gebied duren in het algemeen kort: zodra het hoogwater voorbij is vallen deze gebieden weer droog. Denk hierbij aan orde van dagen of voor het rivierengebied aan een week. De overstromingskans van deze gebieden is niet genormeerd en deze gebieden vallen in het algemeen onder de verantwoordelijkheid van de gemeentes. Er is beleid om in het bovenrivierengebied (daar waar de rivier gedomineerd wordt door de rivierafvoer en niet door het getij) niet buitendijks te bouwen, zeker niet op locaties die bepalend zijn voor de afvoercapaciteit.



Figuur 2-3 Maximale waterdiepte kaart ten gevolge van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem (zowel buitendijks, als binnendijks) (voor alle doorbraaklocaties is het maximale scenario gebruikt beschikbaar op 03-9-2024).

Overstromingen vanuit het regionale systeem

Overstromingen vanuit het regionale systeem zijn in het algemeen beperkter van omvang dan vanuit het hoofdwatersysteem. Ze ontstaan door doorbraken van regionale dijken, boezemkades of door het buiten de over treden van kleinere rivieren. Zoals in 2021 bleek kunnen de gevolgen regionaal alsnog groot zijn: bij de overstromingen vanuit de Limburgse beken door extreme neerslag was de schade zo'n 350 M€ en moesten ook duizenden mensen geëvacueerd worden uit overstroomd of bedreigd gebied (ENW, 2021). Bij doorbraken van regionale keringen is het overstroomd gebied kleiner dan bij overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem, de duur korter en zijn de gevolgen meer lokaal. De kans op dergelijke overstromingen is wel groter dan op overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem. Het totale gebied dat bedreigd is door overstromingen vanuit het regionale systeem is wel groot (zie Figuur 2-4).



Figuur 2-4 Waterdieptekaart ten gevolge van overstromingen vanuit het regionale watersysteem (zowel buitendijks als binnendijks) Bron: data LDO sept 2024.

Overstromingen door grootschalige neerslag

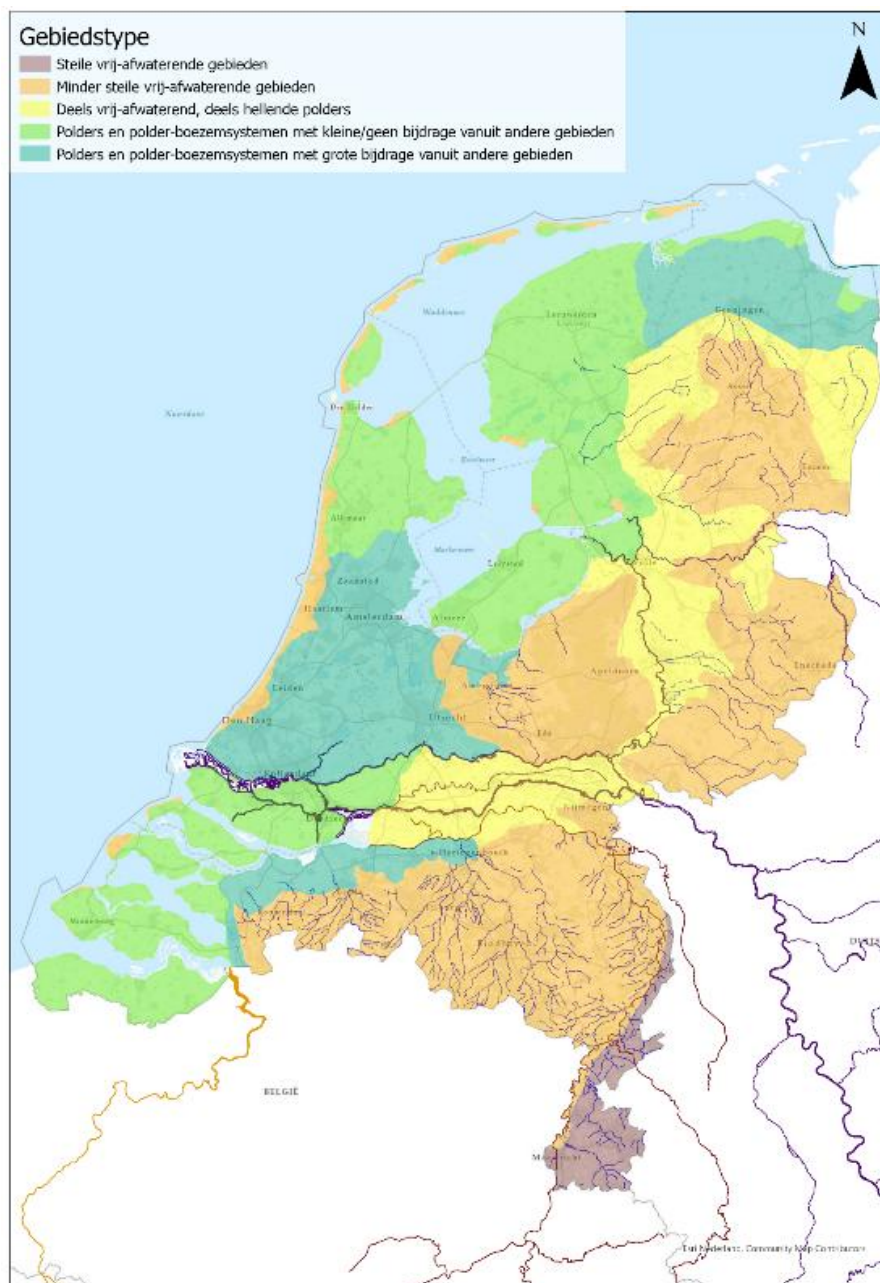
Half juli 2021 leidde extreme neerslag in 2 á 3 dagen in het grensgebied van Nederland, België en Duitsland (in een gebied zo groot als half Nederland) tot een ramp in Duitsland en België en grote schade in Nederland. 200 mensen kwamen om, infrastructuur werd vernietigd en de autoriteiten waren niet voldoende voorbereid omdat een dergelijke gebeurtenis totaal niet was verwacht. Door de gebeurtenis in 2021 in Limburg (en Duitsland en België) is de vraag opgekomen of andere regio's in Nederland wel gesteld zouden staan voor dergelijke grootschalige neerslag of dat daar ook (ontwrichtende?) wateroverlast zou optreden. Er is uit de eerste studies gekomen dat door grootschalige neerslag ook elders overlast kan optreden:

- In hellende gebieden vooral langs waterlopen en daar waar water accumuleert of samenkomt: hier is de overlast in het algemeen kort durend (orde een dag) en lokaal, maar
- mogelijk wel gevaarlijk;
- In polder-boezemsystemen in grote gebieden en op veel lagere delen van polders doordat de afvoercapaciteit van de polder- gemalen niet ontworpen is op dit soort extreme grote neerslaghoeveelheden: hier is de overlast beperkt tot een klein laagje water maar wel langdurig (week of weken) en treedt deze op in veel- of grotere gebieden.

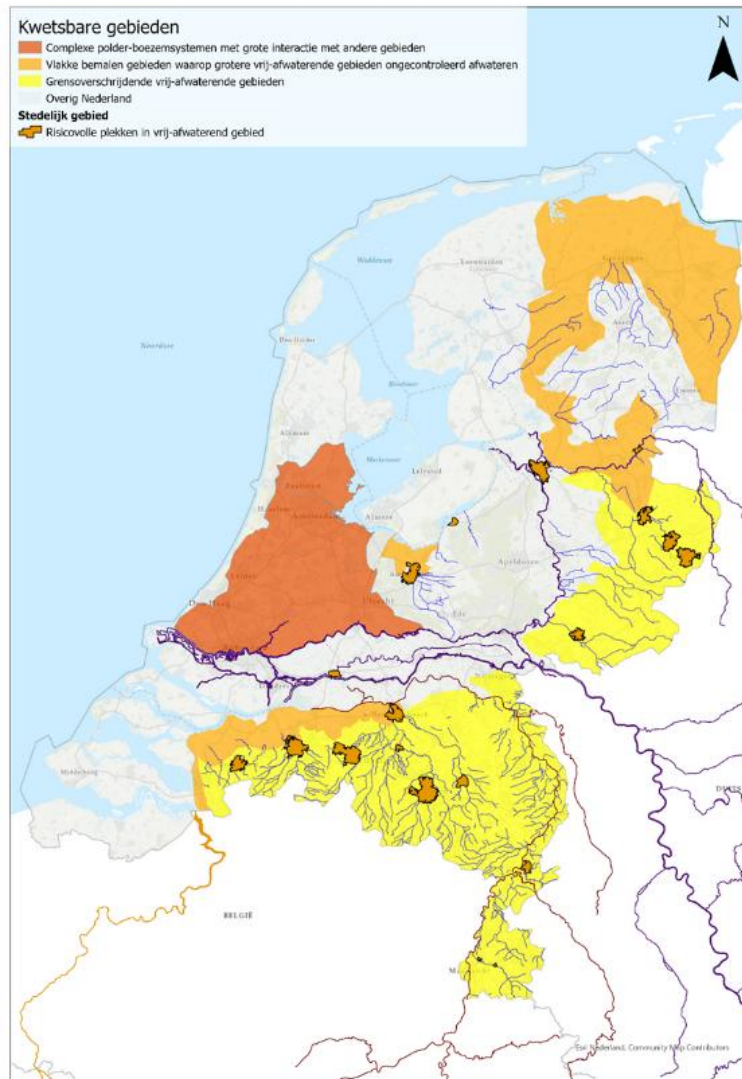
Extra aandacht is nodig bij grootschalige neerslag voor gebieden waar hellende beken vrij en ongecontroleerd instromen in lagere vlakkere boezems zoals in Noord-Brabant de beken/rivieren uit Vlaanderen doen, en in Groningen de beken vanuit het Drents Plateau doen, zal juist bij bovenregionale neerslagsystemen overlast ontstaan.

Ook bij Delfland en vooral in het stroomgebied van het Amsterdam-Rijnkanaal Noordzeekanaal zal overlast ontstaan omdat de afvoercapaciteit van de boezems naar het buitenwater beperkt is waardoor poldergemalen en bij het ARK-NZK ook boezemgemalen naar het ARK-NZK te maken kunnen krijgen met maalstops waardoor langdurig in grote gebieden overlast kan ontstaan (De Bruijn & Slager, 2022; De Bruijn en Juch, 2022; De Bruijn en Maas, 2023). Een indicatie is gegeven in Figuur 2.5 en 2.6).

Op dit moment worden in verschillende regio's stresstesten voor bovenregionale neerslag uitgevoerd om meer zicht te krijgen op de gevolgen, om de voorbereiding te kunnen verbeteren en eventueel de gevolgen mee te kunnen wegen in keuzes in ruimtelijk beleid en om de gebieden waar maatschappelijke ontwrichting kan ontstaan te identificeren. Deze stresstesten worden uitgevoerd als opvolging van de aanbevelingen van de beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast (Min. IenW, 2022)



Figuur 2-5 Indicatie van verschillende gebiedstypes met betrekking tot de verwachte overlast bij grootschalige neerslag (Bron: De Bruijn & Maas, 2023).



Figuur 2-6 Indicatie van aandachtsgebieden met betrekking tot de voorbereiding of het rekening houden met grootschalige neerslag (Bron: De Bruijn & Maas, 2023).

Management van overstromingsrisico's

Het beleid om de verschillende typen overstromingsdreigingen te mitigeren verschilt. Voor de keringen in het hoofdwatersysteem zijn er in 2017 (nieuwe) normen gesteld door de nationale overheid en opgenomen in de Omgevingswet. Deze normen geven de maximale kans op doorbraak van een dijk- of duingedeelte of voor de faalkans van een voorliggende kering zoals de Maeslantkering, Afsluitdijk of het spui- en gemaalcomplex bij IJmuiden. De maximale toelaatbare kansen variëren van 1/100 per jaar voor de Limburgse dijken tot 1/100.000 per jaar bij bijvoorbeeld Hansweert in Zeeland. De meeste keringen zijn genormeerd op een maximale kans van doorbreken van 1/1000 tot 1/10.000 per jaar⁴. De normen zijn afgeleid op basis van criteria gerelateerd aan efficiency, gelijkheid of eerlijkheid en het beperken van maatschappelijke ontwrichting zodat in alle door primaire keringen beschermde gebieden ten minste een basisbeschermingsniveau wordt gegeven en gebieden waar doorbraak leidt tot grote maatschappelijke gevolgen extra beschermd worden. De waterveiligheidsnormen worden iedere 12 jaar geëvalueerd. Iedere 12 jaar worden ook de keringen beoordeeld door de Waterschappen om te zien of ze aan de gestelde normen voldoen.

⁴ Bij bijvoorbeeld Hansweert is de ondergrensnorm 1/100.000 per jaar omdat hier bij doorbraak duizenden slachtoffers kunnen vallen.

Indien nodig worden de keringen versterkt binnen het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) om te zorgen dat in 2050 alle dijken aan de norm voldoen.

Ook het regionale watersysteem moet voldoen aan normen. Deze normen zijn gesteld door de provincies en hangen in het algemeen sterk samen met de verwachte gevolgen van overstromingen en dus met landgebruik: in stedelijke gebieden zijn watersystemen vaak ontwikkeld op de eens in de 100 jaar waterstanden en in rurale gebieden op eens in de 25 jaar condities. Dit betekent in feite dat als een agrarische polder bebouwd wordt, de norm van de keringen en van wateroverlast in het gebied zou moeten worden aangepast. Het watersysteem volgt dan dus de landgebruiksontwikkeling.

Voor grootschalige neerslag is extra aandacht sinds de overstromingen van 2021 in Limburg en het buitenland. Het gaat hier om boven-normatieve situaties: situaties die extremer zijn dan waar het watersysteem op ontworpen is. De vraag is of Nederland hiervoor voldoende gesteld staat of dat extra voorbereiding of maatregelen of ander ruimtelijk beleid nodig zijn om de gevolgen te beperken of herstel te versnellen of om te voorkomen dat de kwetsbaarheid in de toekomst verder toeneemt (Min. IENW, 2022). Om deze vraag te beantwoorden worden bovenregionale stresstesten voor grootschalige wateroverlast uitgevoerd en zullen vervolgens dialogen met betrokkenen georganiseerd worden. De provincies coördineren deze stresstesten. Het ministerie (Het Directoraat Generaal Water en Bodem - DGWB), Waterschappen, gemeentes, veiligheidsregio's zijn betrokken.

Samenvattend met betrekking tot management van wateroverlast en overstromingen:

Er zijn diverse normen, standaarden en trajecten die gezamenlijk bijdragen aan het weerbaar maken van een gebied tegen extreme regenval en hoogwater. Om een gebied gesteld te laten staan voor neerslag en hoogwater wordt:

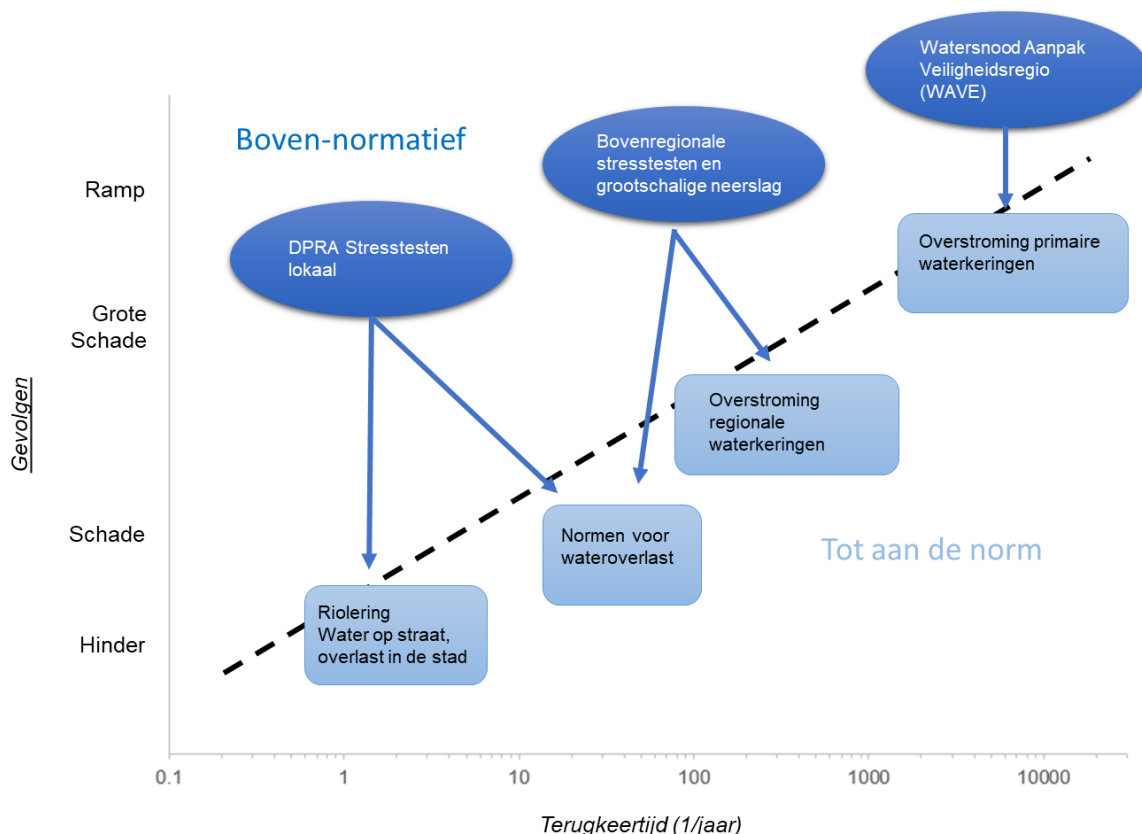
- 1 het watersysteem zo ontworpen dat de meer frequente neerslaggebeurtenissen en hoogwaters niet leiden tot schade.
- 2 Voor de meer zeldzame neerslaggebeurtenissen en hoogwaters wordt geprobeerd het land zo in te richten en zo voorbereid te zijn dat de wateroverlast die optreedt niet uitmondt in een ramp. Voor deze zeldzamere gebeurtenissen worden stresstesten uitgevoerd op basis waarvan eventueel gevolgbeperkende maatregelen uitgevoerd kunnen worden en crisismanagement verbeterd kan worden.

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de bestaande normen en stresstesten en Figuur 2-7 geeft een schematisch overzicht van de verschillende normen en trajecten voor bovennormatieve gebeurtenissen (De Bruijn & Maas, 2023).

Tabel 2-1 Overzicht van verschillende trajecten gerelateerd aan het weerbaar maken van gebieden tegen wateroverlast en hoogwater (Bron: De Bruijn & Maas, 2023).

	Normen voor ontwerp van het watersysteem				Trajecten gericht op maatregelen t.b.v. schadebeperking door bovennormatieve gebeurtenissen		
Type	Water-overlast (NBW)	Riolering	Regionale keringen	Primaire keringen en rijks keringen	DPRA stresstesten	Bovenregionale stresstesten	WAVE
Event	Neerslag ¹	Korte intensieve buien	Neerslag ¹	Rivierafvoer/storm	Neerslag ¹	Neerslag ¹	Rivierafvoer/storm
Focus	Keringen en watersysteem				Effect op wateroverlast/duur, gevolgen en respons, Relatie met ruimtelijk beleid, Water en bodem sturend, vitale functies en crisismanagement		
Schaal	Polder/afwateringsgebied	Riool(deel)systeem	dijktraject	dijktraject	Gemeente/ focus op lokale korte intensieve buien	Groot gebied met samenhang andere gebieden	Dijkkring, of regio
Coördinator	Waterschap	Gemeente	Waterschap	HWBP/WS/provincie	Gemeentes (+ WS)	Provincies i.s.m. WSen, RWS, VR,	Veiligheidsregio

¹Eventueel in combinatie met omstandigheden die afwatering bemoeilijken zoals storm en hoge peilen op buitenwater.



Figuur 2-7 Globaal gebiedsrisico-overzicht: De vierkante blokken geven onderwerpen weer waar normen voor zijn die zorgen dat het watersysteem ingericht is op gebeurtenissen die voorkomen met bepaalde overschrijdingskansen en de ovals geven trajecten weer die zich richten op het voorbereid zijn op bovennormatieve gebeurtenissen.

2.2 Risico-indicatoren

Om het overstromingsrisico toe te lichten worden gevaar-, gevolgen en risicoparameters beschreven.

Voor **gevaar** zijn dit de volgende parameters:

- Overschrijdingskansen van dreigingen:
 - op hoogwaters, i.c.m. golven (of stormen/wind) en neerslagextremen
 - op dijkdoorbraak.
- Overstromingskarakteristieken:
 - Kans op bepaalde waterdieptes: kans op meer dan 0m, 0,20 en 2 m waterdiepte op een locatie.
 - Aankomsttijd, stijgsnelheid en stroomsnelheid (als beschikbaar);
 - Overstromingsduur.
- Samengestelde Gevaarkaart
 - Lokaal schadegevaar: integratie van kansen op waterdieptes: Deze kaart geeft een indicatie van de potentiële jaarlijks gemiddelde schade op die locatie die een eengezinshuis zou hebben als het op die locatie zou staan.
 - Lokaal Individueel Risico (LIR): de kans om als individu op die locatie te overlijden als het individu zich daar zou bevinden.

De gevolgen worden ten eerste beschreven als de potentiële economische schade. Hierin kan per schadecategorie gekeken worden, maar dat is in deze rapportage niet gedaan. Daarnaast is ook gekeken naar potentiële getroffen (inwoners van overstroomd gebied) en dodelijke slachtoffers. Er is hier niet in detail gekeken naar gevolgen voor vitale functies, maatschappelijke ontwrichting en naar indirecte effecten zoals gevolgen op het investeringsklimaat, of op handelsmogelijkheden. Ook gevolgen voor natuur, welzijn van mensen en gezondheid zijn hier niet in detail meegenomen.

Om het **risico** te duiden zijn de volgende indicatoren gebruikt:

- Economisch risico (schade in euro's/ jaar), Slachtofferrisico (aantal slachtoffers/ jaar)
- Aantal mensen in een gebied met LIR groter dan 10^{-5} per jaar.
- Kwantitatieve indicatie van overige risico's (vitale functies, macro-economische aspecten)

In hoofdstuk 3 worden deze karakteristieken/indicatoren op hoofdlijnen beschreven voor de genoemde typen overstromingsdreigingen.

2.3 Informatiebronnen

Voor het bepalen van de risico's is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande kennis. Belangrijke projecten en databronnen hierbij zijn weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Databronnen ten behoeve van het invullen van de risico-indicatoren.

Risico-indicator of element ervan	Databron	Link of referentie
Actuele en normkansen van regionale en primaire keringen	LIWO: viewer die informatie weergeeft uit de Landelijke Database (LDO) Overstromingen en ook kaarten geeft gemaakt op basis van de overstromingssimulaties en andere informatie in de LDO	LIWO: Kaarten Geraadpleegd in sept-okt 2024
Waterdieptes en waterdieptekansenkaarten voor de huidige situatie		Waterveiligheidsportaal Kaartbeelden
Samengestelde gevaarkaarten voor de huidige situatie en voor een situatie waarin keringen aan de normen voldoen (doel voor 2050)		
Gevolgen van overstromingen in de huidige situatie		
Risicokaarten		
Deltascenario's	Deltascenario's en PBL kaarten	Deltascenario's Wat is het nationaal Deltaprogramma? Deltaprogramma En: Actualisering landgebruik Deltascenario's 2023 — Vrije Universiteit Amsterdam Zie ook: Deltares (2024), PBL (2023)
Effecten van zeespiegelstijging en klimaatverandering op overstromingsrisico's	Kennisprogramma Zeespiegelstijging Rapportage tussenbalans	Links: Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging
Grootschalige neerslag	Rapportages beleidstafel	Voorkomen kan niet, voorbereiden wel. Allemaal aan de slag Rapport Rijksoverheid.nl Methode voor bovenregionale stresstesten voor grootschalige neerslag Waterbom - onderzoek en aanbevelingen Deltares

Gebruikte modellen en tools:

- LIWO ([Kaarten](#)): Landelijk informatiesysteem Water en Overstromingen
- SSM (Standaard schade en slachtoffermodule [Schade- en Slachtoffer Module | Informatiepunt Leefomgeving](#))
- Toolbox van LIWO: scripts en tools ontwikkeld voor het maken van de kaarten op LIWO met de Google Earth Engine
- RuimteScanner en Damagescanner t.b.v. analyse van effecten van scenario's op landgebruik en effecten op schade ([RuimteScanner](#) | [Planbureau voor de Leefomgeving](#))

2.4 Link met sectoren

In deze rapportage staan overstromingsrisico's centraal. Hierbij wordt gefocust op slachtoffer- en schaderisico's, maar wordt verder niet ingegaan op specifieke effecten op het functioneren van sectoren als landbouw, industrie, of op macro-economische effecten. Ook wordt de impact op vitaal en kwetsbare functies niet uitgediept. Deze impacts zijn wel relevant en worden apart in detail meegenomen in andere projectonderdelen van het overkoepelende project.

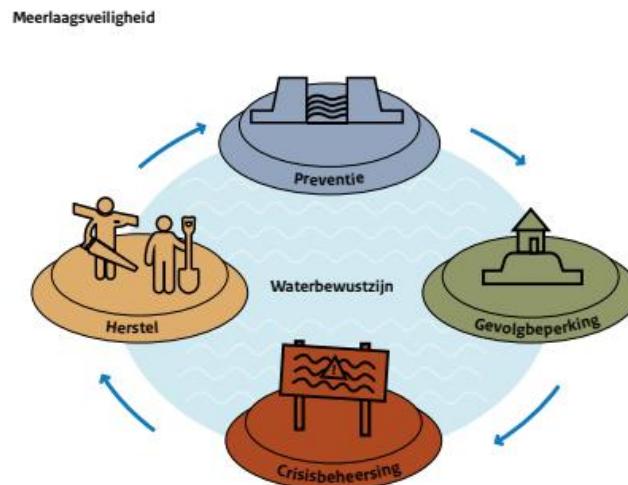
2.5 Adaptatiemaatregelen

2.5.1 Typen maatregelen en meerlaagsveiligheid

Om gesteld te staan voor extreme storm, neerslag, hoge rivierafvoeren zijn verschillende typen maatregelen mogelijk. Deze kunnen gecombineerd worden tot een consistente strategie gericht op "meerlaagsveiligheid" (MLV). MLV bestaat uit vijf lagen.

De eerste laag is preventie: overlast door de meest frequente neerslag en hoogwaters wordt voorkomen door preventieve maatregelen die de afvoer- en of bergingscapaciteit van een watersysteem vergroten of het gebied tegen water beschermend door dijken en kades. Deze dijken worden ontworpen om bijvoorbeeld waterstanden die meer dan eens in de 1000 jaar voorkomen buiten te kunnen houden. Deze laag is nu de belangrijkste laag in waterveiligheid gerelateerd aan overstromingen door storm en hoge rivierafvoeren vanuit de zee, het IJssel- en Markermeer en de grote rivieren.

De tweede laag is gevolgbeperking: extreme situaties waarop het watersysteem niet is ingericht mogen niet leiden tot rampen. Deze gevolgbeperkingsmaatregelen vinden vooral plaats in gebieden met grote overstromingskansen of voor sectoren die cruciaal zijn voor de maatschappij en die absoluut niet mogen uitvallen, of die bij uitval zeer ontwrichtende cascade-effecten geven. Voorbeelden van maatregelen in deze laag zijn bijvoorbeeld aangepast bouwen, of risicozonering.



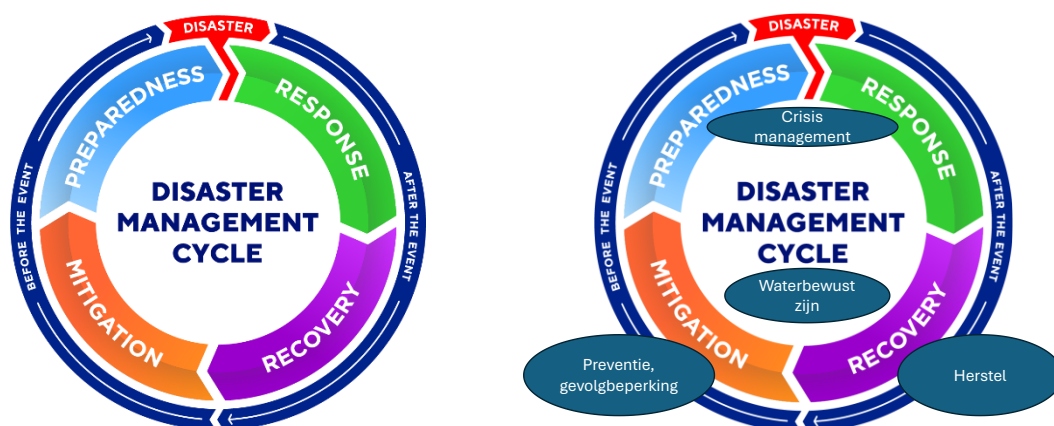
Figuur 2-8 De Meerlaagsveiligheidsbenadering (Min IENW, 2023).

De derde laag is crisisbeheersing: door voor te bereiden en de juiste informatie te delen en besluiten te nemen kunnen waterschappen, Rijkswaterstaat, veiligheidsregio's, en lokale overheden zo goed mogelijk handelen bij dreigende wateroverlast en overstroming en kunnen ze anderen de juiste informatie en adviezen geven om zo de gevolgen van hoogwater en wateroverlast te beperken. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld protocollen en plannen voor waterberging, monitoring, waarschuwing, noodreparaties en evacuatie.

De vierde laag is herstel: Het herstel na een situatie met schade of overlast belangrijk om de impact zo kort mogelijk te laten duren. Maatregelen in deze laag zijn bijvoorbeeld verzekeringen, en het op voorraad houden van de meest cruciale reserveonderdelen van vitale infrastructuurobjecten. Deze laag is nu nog vaak onderbelicht.

De vijfde laag die in het midden van Figuur 2-8 is aangegeven is waterbewustzijn. Deze is toegevoegd door de beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast omdat met een groter waterbewustzijn overheden, bedrijven en burgers bij kunnen dragen aan het beperken van overlast en overstromingsrisico's. Om dit mogelijk te maken is soms een vertaling van gevaar- en risico-informatie nodig naar relevante informatie voor de betrokkenen en ook is communicatie belangrijk. Zo kan bijvoorbeeld in bouwvoorschriften van nieuwe openbare voorzieningen als parkeergarages rekening gehouden worden met wateroverlast als bekend is wat voor en hoe vaak deze verwacht wordt. Waterveiligheid en wateroverlast is met dit meerlaagsveiligheidsdenken minder alleen een zaak van waterautoriteiten dan het voorheen was.

Deze indeling past ook bij de internationaal gebruikte Disaster Management Cycle: deze is net anders omdat die een tijdslijn in zicht heeft, terwijl de MLV-indeling bedoeld is om preventief, dus voor de ramp te beschouwen en zo gesteld te zijn voor hoogwaters. Door preventief de volledige disaster management cycle te beschouwen, komen alle lagen uit meerlaagsveiligheid aan bod. De link tussen het Nederlandse MLV en de internationale Disaster Management Cycle is weergegeven in Figuur 2-9.



Figuur 2-9 De Disaster management cycle (links) en de relatie tussen meerlaagsveiligheid en de disaster management cycle (rechts).

2.5.2

Huidige en toekomstige maatregelen gericht op waterveiligheid en wateroverlast

Het huidig beleid is sterk gericht op laag 1 van de meerlaagsveiligheidsbenadering, preventie: het voorkomen van overstromingen en wateroverlast. Hiertoe zijn normen gesteld aan watersystemen m.b.t. faalkansen of overschrijdingskansen van waterstanden die nog veilig moeten kunnen worden gekeerd. Een overzicht van maatregelen is gegeven in Tabel 2-3.

Tabel 2-3 Overzicht van een aantal adaptatiemaatregelen vastgelegd in het huidige beleid voor overstromingen vanuit grote wateren (Rijntakken, Maas, IJsselmeergebieden, kust, estuaria in Zeeland en Zuid-Holland).

Beleid	Maatregel	Bron	Verantwoordelijkheid
Waterveiligheidsnormen (maximaal toelaatbare faalkans) voor <i>primaire keringen</i> vastgelegd in Omgevingswet gebaseerd een basisbeschermings-niveau en extra bescherming daar waar dat economisch efficiënt is of waar grote aantallen slachtoffers kunnen optreden	Dijkversterking en op orde houden van kunstwerken (sluizen, stuwen, dammen)	Omgevings wet	Waterschappen, Rijkswaterstaat, HWBP, DGWB
Kustlijn handhaven (voor veiligheid, maar vooral voor recreatie, natuur, etc.)	Zandsuppletie	Kustlijn zorg	Rijkswaterstaat
Waterveiligheidsnormen (maximaal toelaatbare faalkans) voor <i>regionale keringen</i>	Dijkversterking en op orde houden van kunstwerken (sluizen, stuwen, gemalen)	Groot	IPO/provincies /Waterschappen en
Wateroverlastnormen: Verruimen watersysteem en/of vergroten afvoercapaciteit	Vergroten afvoercapaciteit door bijvoorbeeld gemaalcapaciteit of watergangen en kunstwerken Vergroten flexibiliteit of aanwijzing bergingsgebieden voor tijdelijk bergen van water	Groot	Provincies/Waterschappen
Normen riolering	Vergroten rioolcapaciteit zodat norm gehaald wordt (iha gebaseerd op eens in de 2 of eens in de 10 jaar korte hevige bui)	Groot voor steden	Gemeentes
Ruimtelijke inrichting / reserveringen voor toekomstige aanpassingen aan waterkeringen, rivieren	Preventie: Buitendijks bouwen in stroomvoerende delen bovenrivierengebied niet toegestaan, BARRO reserveringen	Beleidslijn grote rivieren wetten.nl - Regeling - Beleidsregels grote rivieren - BWBR0020040	Nationale overheid/ Provincies/Gemeenten
Buitendijkse uitgifte van grond voor woningen, bedrijven en vitaal en kwetsbaar	Gevolgbepijking: Ophogen gebouwen en vitale en kwetsbare infrastructuur, en industriegebieden	Gemeente Rotterdam	Gemeentes

Toekomst

In de toekomst kan er meer inbreng nodig zijn vanuit andere sectoren dan alleen de waterautoriteiten en wordt naar verwachting de meerlaagsveiligheidsbenadering belangrijker. In Tabel 2-4 zijn aanvullende maatregelen naast de bestaande aangegeven en is geduid of deze passen in een strategie van intensiveren/of transformeren (zie hoofdstuk 5)

Tabel 2-4 Overzicht van mogelijke toekomstige adaptatiemaatregelen tegen zeespiegelstijging en toenemende rivierafvoeren en meer extreme neerslag.

Beleid	Maatregel	Relevantie	Intensiveren /transfor- meren
Beschermen tegen hoogwater op zee en rivieren en op het regionale systeem	Aanpassen normen als nodig, dijkversterking, en aanpassen kunstwerken als pompen, stuwen, stormvloedkeringen.	Groot	Intensiveren
Verruimen van de bergings- en afvoercapaciteit van de huidige watersystemen ter voorkoming van overstromingen	Bergingsgebieden, ruimte voor rivieren, verruiming watersystemen, noodberging rivierwater in Volkerak Zoommeer	Vooraf in Maasdal, regionale systeem en bovenrivierengebied in toekomst belangrijker	Intensiveren /transfor- meren
Maatregelen ter voorkoming van frequent hoogwater in regionale wateren	Vergroten sponswerking gebieden, vasthoudpolders, etc.	Beperkt: helpt vooral bij minder ernstige hoogwaters/wateroverlast	Transfor- meren
Grote aanpassingen in het hoofdwatersysteem (de hoofdkeuzes aanpassen, deze vormen nu het uitgangspunt van vele andere keuzes zoals normen van keringen): - Open/gesloten rivierarmen/estuaria, - IJsselmeer peil aanpassen - Afvoerdeling Rijntakken bij hoogwater - Handhaven kustlijn anders invullen	Mogelijke aanpassingen op lange termijn die in de nabije toekomst verkend worden: - Aanpassen, bouwen of verwijderen van stormvloedkeringen, dammen, sluizen, en kunstwerken - Het afsluiten van de Nieuwe Waterweg waardoor de zee-inval in Rotterdam verdwijnt. - Het openen van een zuidelijker route voor de Rijn en Maas bijvoorbeeld via de Grevelingen of het Haringvliet om het rivierwater naar zee te kunnen afvoeren. - Aanpassen oevers, bebouwing, dijken, rond IJsselmeer en/of afvoercapaciteit naar Waddenzee - Aanpassen splitsingspunten, rivierbodem etc. - Aanpassen suppletie strategie	Op korte termijn klein, op lange termijn groot	Intensiveren transformere n
Waterbewustzijn verbeteren van overheden, bedrijven en burgers	Uitvoeren stresstesten met verschillende partners, communicatie via artikelen filmpjes, symposia, oefeningen	Zeer groot: geeft mogelijkheid brede maatschappelijke betrokkenheid en veel groter portfolio van oplossingen (aangedragen door allerlei partijen)	Transfor- meren
Reductie (toekomstige) gevolgen via ruimtelijk beleid	Ruimtelijk beleid baseren op overstromingsrisico's qua: - Keuze voor locatie nieuwe wijken - inrichting wijk - Ontwerp objecten	Voor dreiging vanuit hoofdwaters nu beperkt, voor regionaal systeem groot belang	Transfor- meren
Reductie (toekomstige) gevolgen: Ruimtelijk beleid	Keuze voor locatie nieuwe wijken, inrichting wijken en ontwerp objecten op basis van overstromingsgevaar en/of wateroverlast	Groot	Transfor- meren
Reductie gevolgen via Aangepaste bouweisen Vitaal en kwetsbaar	Bij aanleg vitaal en kwetsbare infrastructuur rekening houden met mogelijke wateroverlast/overstroming evt. ook bestaande objecten aanpassen of beschermen	Vooraf relevant voor buitendijkse objecten en voor dreiging vanuit regionaal systeem	Transfor- meren
Verplaatsen kritische objecten naar hogere gronden		Onbekend	Transformer en

Beleid	Maatregel	Relevantie	Intensiveren /transfo- meren
Crisismanagement verbeteren	Updaten plannen, draaiboeken, beschikbare mensen en materialen	Voor regionale systeem groot, voor hoofdwatersysteem onbekend	Intensiveren /transfo- meren
Herstel verbeteren: Verzekeringen mogelijk maken	Versnellen herstel na gebeurtenis door verzekeringen voor wateroverlast en mogelijk overstromingen	Onbekend	Intensiveren /transfo- meren,
Herstel verbeteren: Rampenfonds beter regelen	Rampenfonds beter definiëren of meer financiering voor vrij maken als deze vaker nodig is	Onbekend	Intensiveren /transfo- meren

2.5.3

Analyse van het effect van adaptatiescenario's op overstromingsrisico's

Om het effect op overstromingsrisico's te bepalen wordt gebruik gemaakt van bestaande analyses of wordt een indicatie gegeven door:

- De maatregelen gericht op het beperken van kansen mee te nemen in de gevaarkarakterisering
- De maatregelen gericht op het beperken van de kwetsbaarheid mee te nemen in de gevolgberekening
- Maatregelen gericht op versnellen van herstel zijn nu nog niet eenvoudig mee te nemen. Als de herstelduur korter is, is de impact van de overstroming of de wateroverlast op de maatschappij minder. In de huidige werkwijze is de duur echter geen expliciete factor en is een sneller herstel dan ook moeilijk mee te nemen in de gevolgengetallen. Hier wordt in de discussie op teruggekomen.

De maatregelen gericht op het verkleinen van kansen kunnen kwantitatief worden meegenomen. De effecten van maatregelen gericht op het verbeteren van respons en herstel en maatregelen die ruimtelijk gedifferentieerde effecten hebben, kunnen nog niet, of alleen vereenvoudigd meegenomen worden in de effectbepaling binnen de scope van dit project. Daar waar een goede effectbepaling niet, of nog niet mogelijk is in dit project wordt een expert judgement gegeven en worden aanbevelingen gedaan voor verdere uitwerking. Ook wordt in de discussie hier op teruggekomen.

De risico's worden berekend door de informatie over effecten op kansen en gevolgen te combineren.

3 Overstromingsrisico's in de huidige situatie

3.1 Gevaar

3.1.1 Kans op hoge waterstanden/doorbraak van keringen

Nederland is grotendeels beschermd door overstromingen vanuit de zee, grote rivieren en meren door primaire keringen. Aangezien deze keringen cruciaal zijn voor het functioneren van de Nederlandse maatschappij zijn er normen gedefinieerd in de vorm van maximaal toelaatbare faalkansen voor de keringen. In 2017 zijn deze normen herzien en opgenomen in de Waterwet⁵. De overheden hebben tot 2050 om ervoor te zorgen dat alle waterkeringen aan deze normen voldoen. Op dit moment zijn er veel dijktrajecten die nog niet aan deze “nieuwe” normen voldoen.



Figuur 3-1 De huidige faalkansen voor de primaire keringen (Bron: LIWO sept 2024).

⁵ Momenteel zijn deze opgenomen in de Omgevingswet. Voor 2017 waren de normen gedefinieerd als de waterstand en golfhoogte die gekeerd moesten kunnen worden en momenteel zijn deze gedefinieerd als de maximaal toelaatbare faalkansen, of kans op een bres. Het belangrijkste verschil tussen beiden is dat nu de sterkte van de kering expliciet wordt meegenomen in de norm en er dus veel meer aandacht is voor het berekenen van de faalkansen door verschillende faalmechanismen van dijken.

De kaart met de schattingen van de huidige faalkansen van de keringen is getoond in Figuur 3-1. Deze kansen zijn gebaseerd op berekeningen en expert oordelen en worden beschouwd als een overschatting: bij het bepalen van de kans is bij onzekerheid over bijvoorbeeld de ondergrond, bepaalde parameters of effecten een voorzichtige schatting gedaan en niet de meest waarschijnlijke schatting. Ook is vaak gekeken naar de kans op schade aan de dijk die kan leiden tot een bres, en niet naar de kans op een bres zelf. Zo kan schade ontstaan aan de grasmat wat kan leiden tot een bres, maar in veel gevallen zal er voldoende reststerkte zijn in de dijk en zal deze niet breken. Momenteel is er veel onderzoek gaande gericht op het beter inschatten van de kans op een bres.

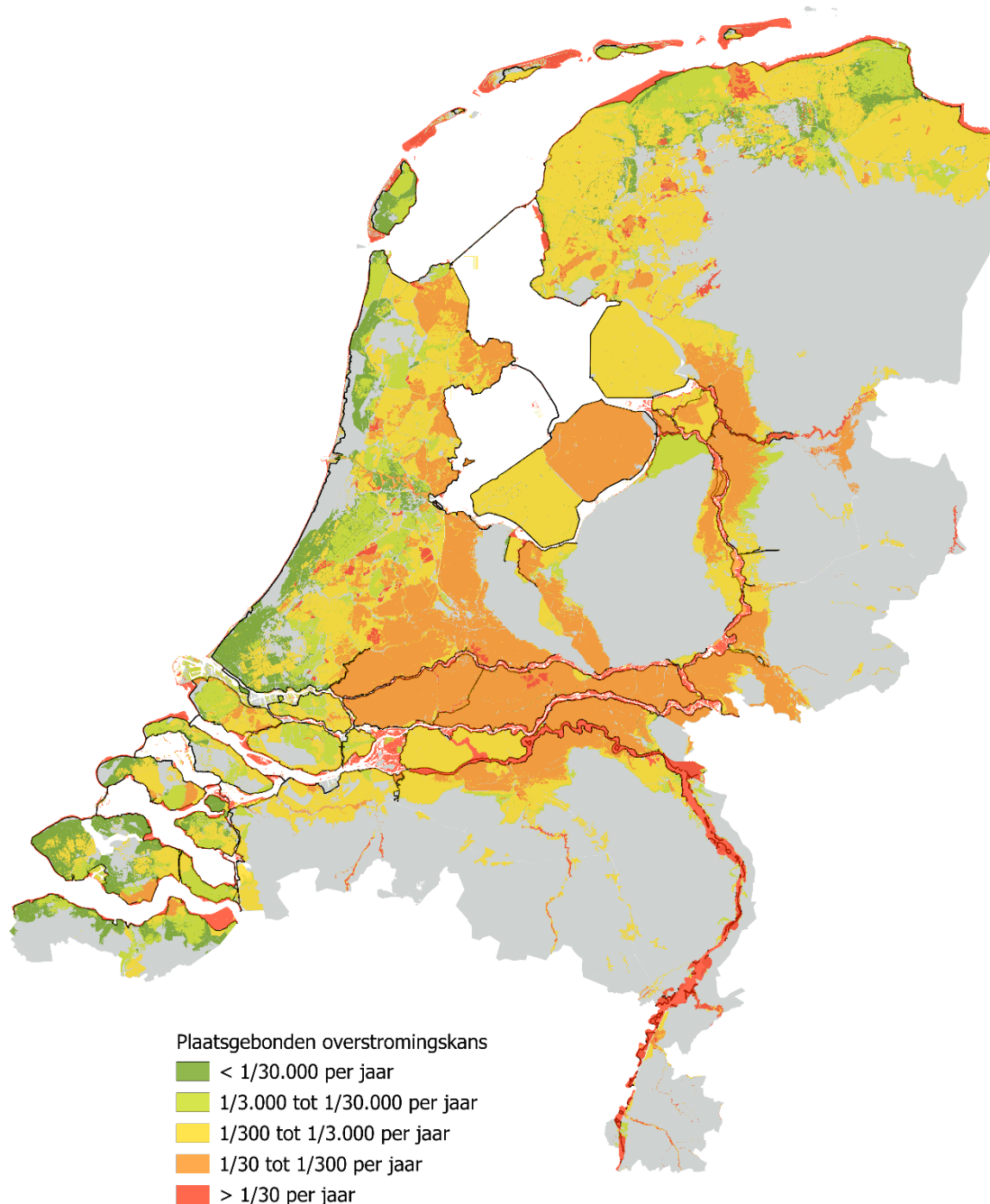
Ook de regionale keringen zijn genormeerd. De normen voor deze keringen zijn overschrijdingskansen van waterstanden waarop de keringen moeten worden ontworpen. Veel keringen hebben een norm van 1/100 per jaar wat betekent dat ze ontworpen zijn om waterstanden met een overschrijdingskans van 1/100 per jaar te kunnen keren. De normen van regionale keringen zijn weergegeven in Figuur 3.2.



Figuur 3-2 Normen van keringen in het regionale systeem (de actuele kansen worden verondersteld hier ongeveer mee overeen te komen) (LIWO Sept 2024).

3.1.2 Overstromingskansen van locaties

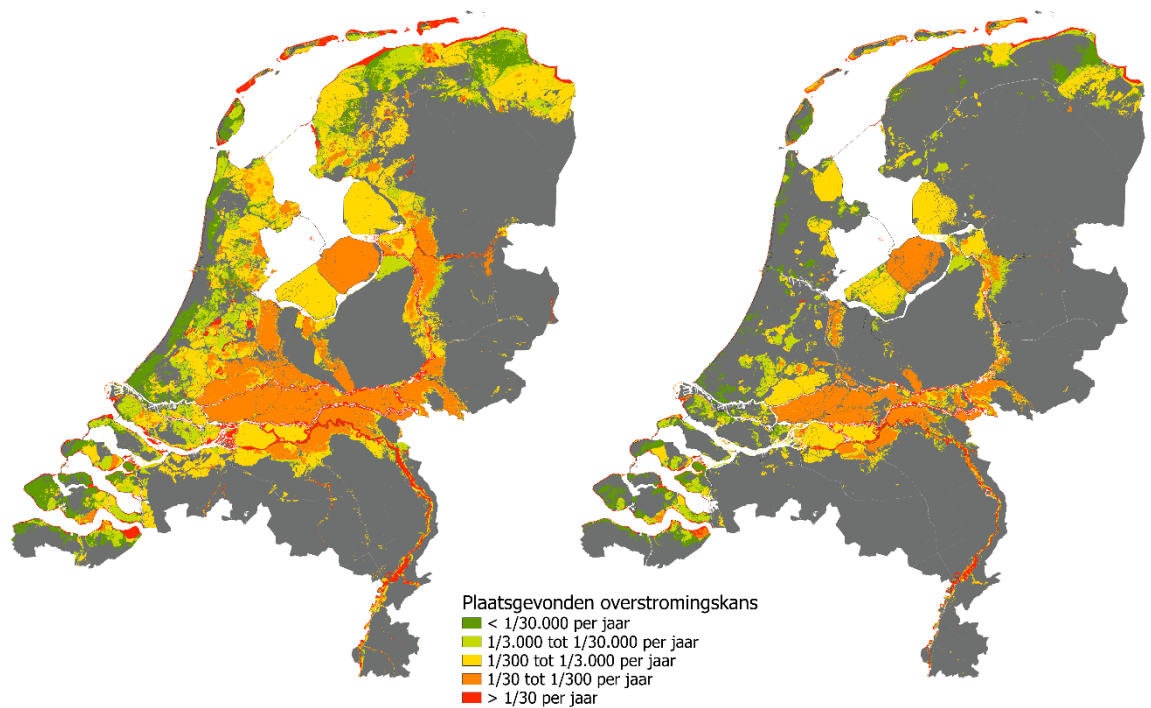
De kans op overstroming (een waterdiepte groter dan 0 cm) voor de verschillende locaties is gegeven in Figuur 3-3. De door keringen beschermde gebieden overstromen zelden. De overstromingskansen zijn klein, zelfs nu de dijken nog niet op orde zijn. De gebieden buiten de keringen zoals de buitendijkse riviergebieden, en de boulevards van kustplaatsen hebben in het algemeen een grotere overstromingskans. De meest frequent overstromende buitendijkse gebieden zijn vaak natuurgebieden zoals bijvoorbeeld de Biesbosch. Stedelijke buitendijkse gebieden zoals bijvoorbeeld in het centrum van Rotterdam en een deel van het centrum van Dordrecht, hebben een veel kleinere overstromingskans omdat ze relatief een stuk hoger liggen.



Figuur 3-3 Plaatsgebonden kans op een overstroming met een waterdiepte groter dan 0 cm door overloop en/of doorbraken vanuit het hoofdwatersysteem en het regionale systeem (LIWO sept 2024).

Binnendijks is vooral het rivierengebied relatief gevaarlijker dan andere gebieden. Op dit moment worden daar dijkversterkingen uitgevoerd om ervoor te zorgen dat de overstromingskansen kleiner worden. Uiterlijk in 2050 moeten de primaire keringen aan de waterveiligheidsnormen voldoen, wat betekent dat deze een factor 10 tot 100 kleiner worden. De kleinste kansen worden nu gevonden achter de brede duinen. De kans op een duindoorkraak is dan ook zeer klein (meestal kleiner dan een miljoenste per jaar). Deze duinen worden in het programma kustlijn zorg op orde gehouden om niet alleen veiligheid, maar ook natuur, recreatie en andere functies in het gebied te kunnen continueren.

3.1.3 Waterdiepte



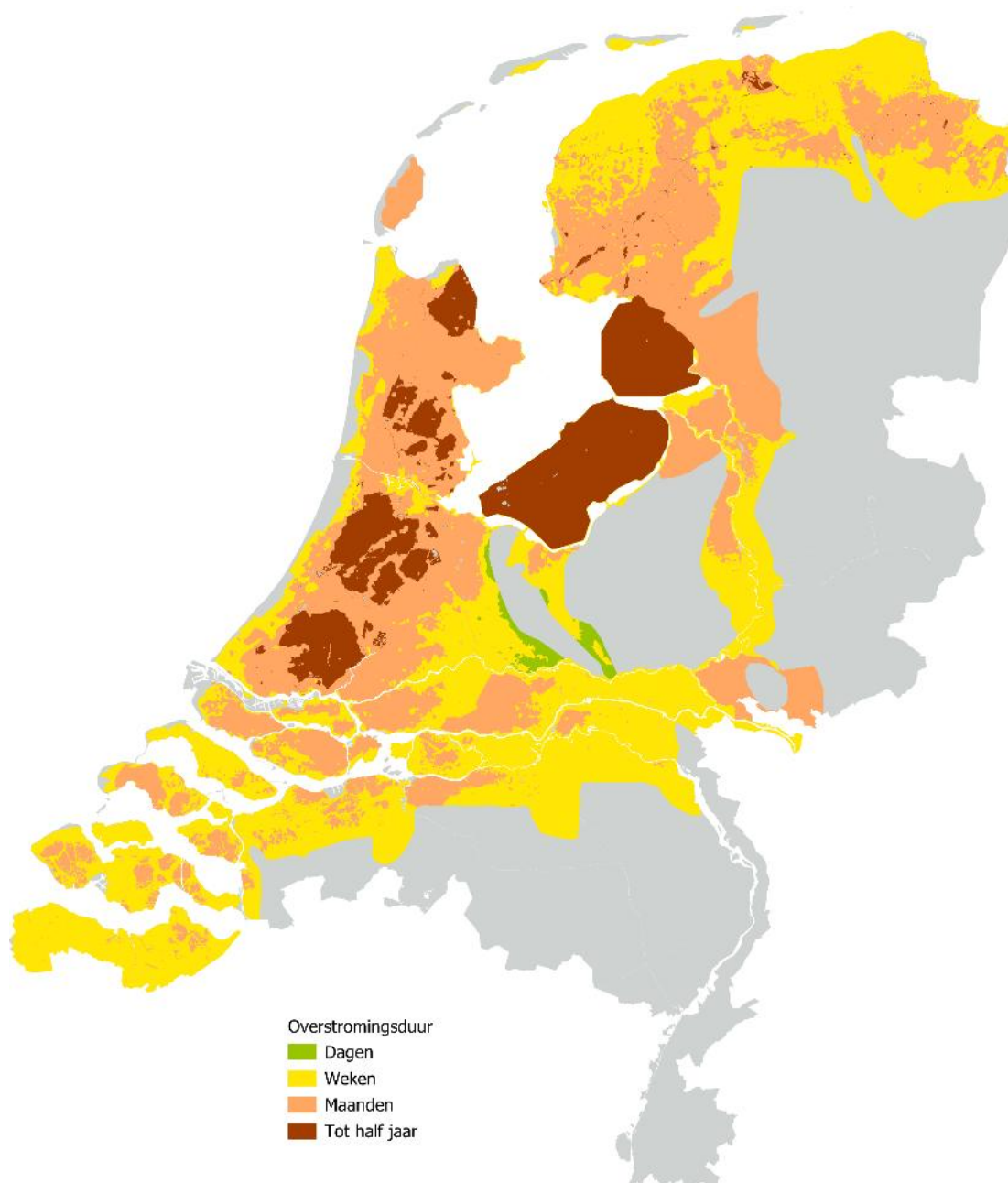
Figuur 3-4 Kans op overstroming met waterdiepte groter dan 50 cm (links) en 200 cm rechts gegeven de huidige overstromingskansen (overstromingen vanuit het primaire en regionale systeem zijn beiden meegenomen).

Figuur 3-4 toont de kans op meer dan 50 en meer dan 200 cm water. Het is duidelijk dat heel veel gebieden een relatief grote kans hebben op meer dan 50 cm water, maar dat de kans op meer dan 200 cm water veel kleiner is. In veel gebieden wordt een waterdiepte van 2 m niet bereikt (in geen enkel bekend overstromingsscenario). De kans op meer dan 50 cm water is het grootst in het centrale riviereengebied en de noordelijke helft van Flevoland. De hogere gebieden in het oosten en zuiden van het land hebben de kleinste kansen op overstroming met 50 en 200 cm water. Daar zijn alleen de beekdalen en rivierdalen bedreigd en is er geen kans op meer dan 200 cm water.

3.1.4 Overige parameters

Naast de waterdiepte zijn ook de overstromingsduur en voor slachtofferisico's, ook de aankomsttijd van het water (aantal uren na een doorbraak) en de stroomsnelheid en stijgsnelheid van het water belangrijk bij overstromingen als gevolg van een dijkdoorbraak.

De duur van overstromingen is belangrijk voor het bepalen van de gevolgen en de maatschappelijke ontwrichting, voor alle typen overstromingen. Er zijn over de verwachte duur nog weinig gegevens beschikbaar. Figuur 3-5 geeft een eerste beeld van de overstromingsduur van overstromingen vanuit het primaire systeem. Gebieden waaruit het water weggepompt moet worden kunnen maanden onder water staan, terwijl in gebieden die grotendeels onder vrij verval afwateren verwachting veel korter water blijft staan.

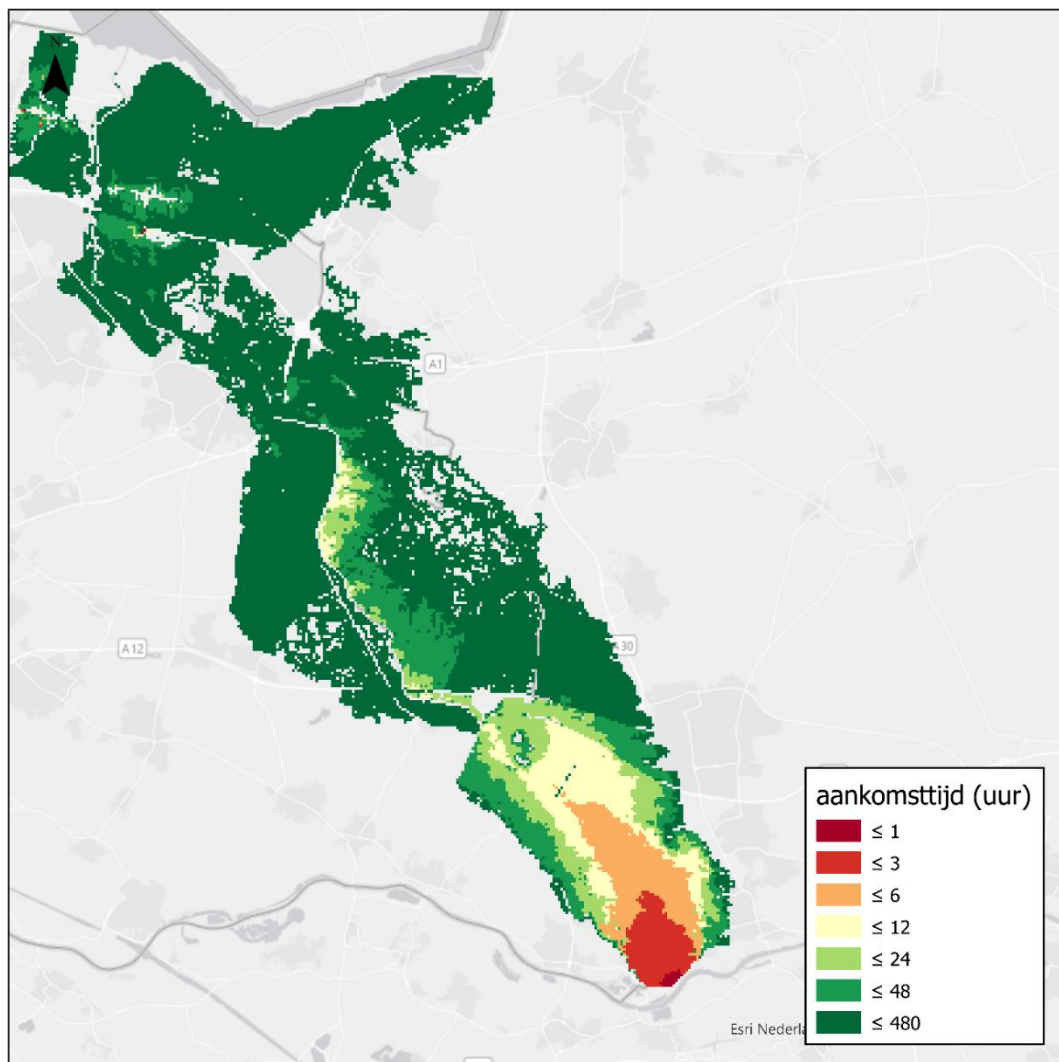


Figuur 3-5 Landelijke overstromingsduur kaart. Deze kaart toont een inschatting door experts hoe lang het duurt voordat een gebied na een overstroming vanuit de grote meren, grote rivieren of de zee weer droog is. Het gebied is dan mogelijk nog niet bewoonbaar (door uitval van nutsvoorzieningen) (bron: LIWO, geraadpleegd in Oktober 2024).

Er zijn geen kaarten voor de duur van overstromingen in buitendijks gebied of door doorbraken van regionale keringen. De duur van overstroming in buitendijks gebied is in het algemeen vele malen korter dan bij overstromingen door een doorbraak en is vergelijkbaar met de duur van het hoogwater zelf. De duur van overstromingen door doorbraken vanuit het regionale systeem is veelal korter dan van het hoofdwatersysteem, omdat de overstroming minder groot is.

Slachtofferisico's zijn vooral van belang bij doorbraken van primaire keringen. Voor deze doorbraken wordt daarbij ook gekeken naar de aankomsttijd van het water en de stroom- en stijgsnelheid. De aankomsttijd van het water verschilt sterk van locatie tot locatie.

Locaties vlak bij de bres overstroomden mogelijk binnen enkele uren, terwijl vooral in het rivierengebied ook veel doorbraakscenario's beschikbaar zijn waarbij gebieden verder van de bres gelegen pas na 5 dagen overstroomden. Zo zal bij een doorbraak van de Grebbedijk het water in noordelijke richting stromen naar het Eemmeer. Het kan wel ruim 4 dagen duren voordat het water aankomt bij de meest noordelijke gebieden. De inwoners van die gebieden hebben dus meer tijd om te reageren (evacuëren/vluchten) dan de mensen die wonen in de omgeving van de bres (zie Figuur 3.6).



Figuur 3-6 Aankomsttijd van het water bij een doorbraak in de Grebbedijk, uitgaande van standzekerheid van obstakels en binnendijken en de spoorlijn.

De stijgsnelheid geeft aan hoe snel de waterdiepte toeneemt van 2 cm naar 1,5 m. Is deze stijgsnelheid laag, dan kunnen mensen eenvoudiger een veilige plek bereiken terwijl bij hoge stijgsnelheid de kans op slachtoffers veel groter is. Op locaties die liggen in grotere gebieden waar het water als het ware langs stroomt, is de stijgsnelheid klein. In kleine compartimenten of daar waar water tegen een obstakel aan stroomt en niet verder kan (bv in de Betuwe aan de oostzijde van de Diefdijk) kan het water snel stijgen waardoor de mortaliteit, de kans om te overlijden, daar groter is.

De stroomsnelheid kan ook relevant zijn. Deze is in het algemeen zeer hoog daar waar de bres ontstaat en veel lager verder van de bres. Lokaal bij overstroming van binnendijken kunnen ook hogere stroomsnelheden gevonden worden. Ook in hellende gebieden (dus langs beken in Limburg) kan deze hoger zijn. Veel overstromingsmodellen zijn nu nog vrij grof of gebruiken een methode waarbij lokale stroomsnelheden niet goed bepaald kunnen worden⁶ en zullen worden onderschat. Lokaal hoge stroomsnelheden zijn dan ook lastig mee te nemen in analyses van potentieel gevaar.

In de slachtofferfuncties die gebruikt worden om mortaliteit te berekenen en die gebaseerd zijn op de overstroming van 1953, wordt de stijgsnelheid meegenomen. De aankomsttijd wordt daarin nog niet meegenomen. Wel loopt er onderzoek om dit in de nabije toekomst wel mee te nemen in de vorm van een vluchtfractie; de kans om nog weg te komen uit een gebied ná een doorbraak (Rikkert & Stouten, 2024).

3.1.5 Samengestelde gevaarkaarten

Om sneller een integraal beeld van gevaar te krijgen zonder vele kaarten met daarin waterdiepte stroomsnelheid, stijgsnelheid, aankomsttijd te moeten stapelen, zijn ook samengestelde gevaarkaarten ontwikkeld voor overstromingsgevaar vanuit het hoofdwatersysteem in het door dijken beschermde gebied. De belangrijkste zijn:

- de Lokaal Individueel Risicokaart: het LIR geeft de kans om als persoon te overlijden door een overstroming wanneer iemand zich daar permanent bevindt
- de Lokale schadegevaarkaart: de LSG kaart geeft de verwachte jaarlijks gemiddelde schade voor een hypothetisch eengezinswoning (met een bepaalde waarde) op die plek. Het combineert daarmee de kans op verschillende waterdieptes en maakt gebruik van de schadefunctie en verwacht maximaal schadebedrag van eengezinswoning. Het geeft daarmee relatief aan hoe het schadegevaar zich op een bepaalde plek verhoudt tot een andere locatie.

Beide kaarten worden hieronder nader toegelicht.

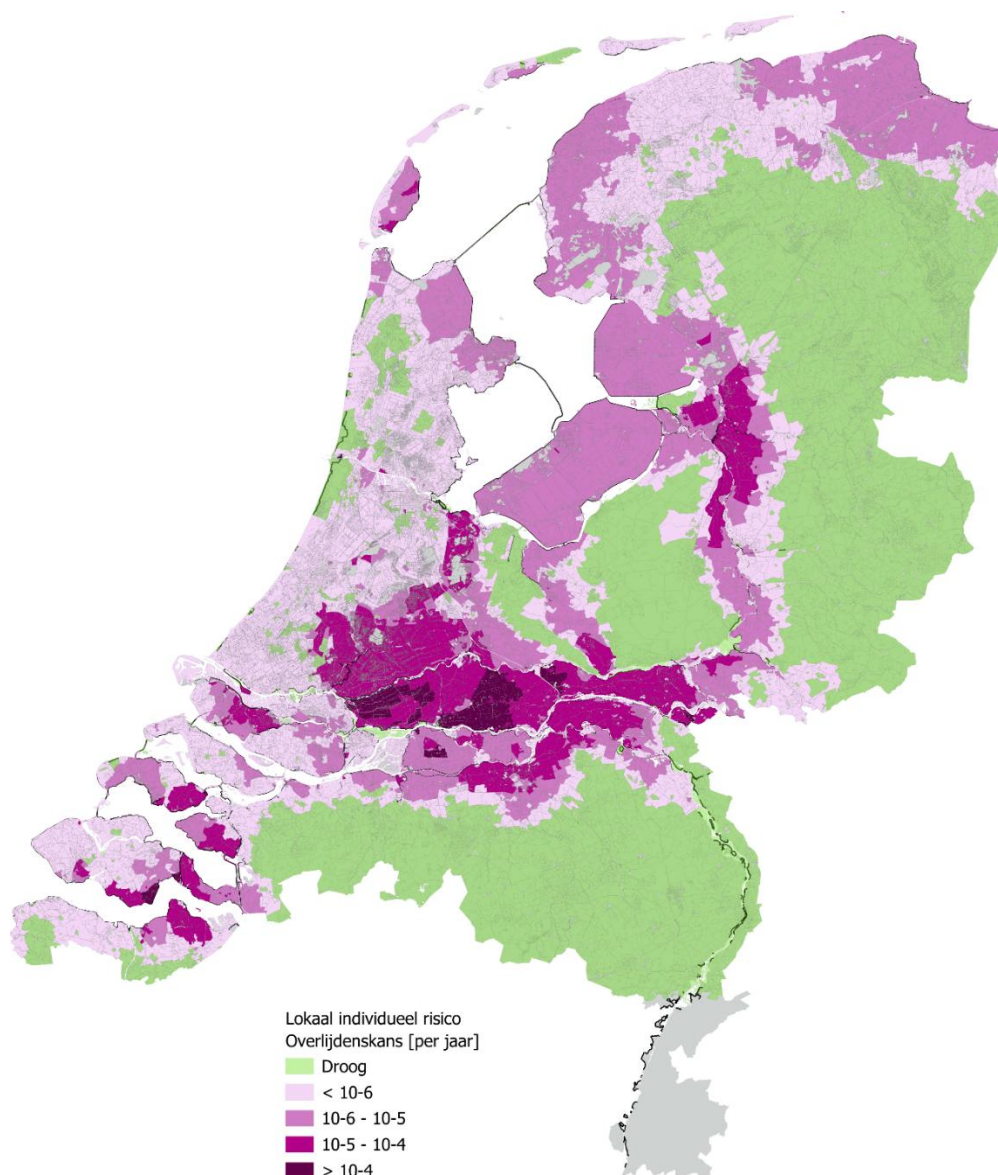
Lokaal Individueel Risico

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is de jaarlijkse kans om te overlijden op een bepaalde plaats door een overstroming. Dit hangt af van (1) de overstromingskans, (2) de kans om aanwezig te zijn⁷ en (3) de mortaliteit. Wettelijk is bepaald dat het LIR op geen enkele plek groter mag zijn dan 1/100.000 per jaar. Dit criterium is een van de eisen waarop de normen voor de primaire keringen zijn gebaseerd.

Figuur 3.7 toont een landelijke kaart van het LIR in de huidige situatie (dus met de actuele faalkansen van de keringen). De kaart laat zien dat op dit moment het slachtoffergevaar of het Lokaal Individueel Risico het grootst is in kleine compartimentjes in het benedenrivierengebied en in Zeeland en in benedenstroomse delen van grote gebieden in het rivierengebied, zoals benedenstrooms in de Betuwe. In deze gebieden is de kans op overstroom nu relatief groot en stijgt het water bovendien snel tot grote diepte. Dit maakt het slachtofferisico aanzienlijk. In deze gebieden worden momenteel dijkversterkingen uitgevoerd waarna de risico's veel kleiner zullen zijn.

⁶ Zo kan een bebouwd gebied gerepresenteerd worden door een gebied met veel weerstand. De stroomsnelheid wordt dan heel laag en in het model zal het water om de bebouwing heen stromen. De gebouwen zijn niet als hoge objecten in het model opgenomen. In werkelijkheid kan het zijn dat tussen gebouwen het water lokaal hard stroomt. Dit komt niet tot uiting in een dergelijk model, maar het globale overstromingsbeeld van het grotere gebied wordt wel goed gerepresenteerd.

⁷ Dit is gelijk gesteld aan één minus de kans op evacuatie

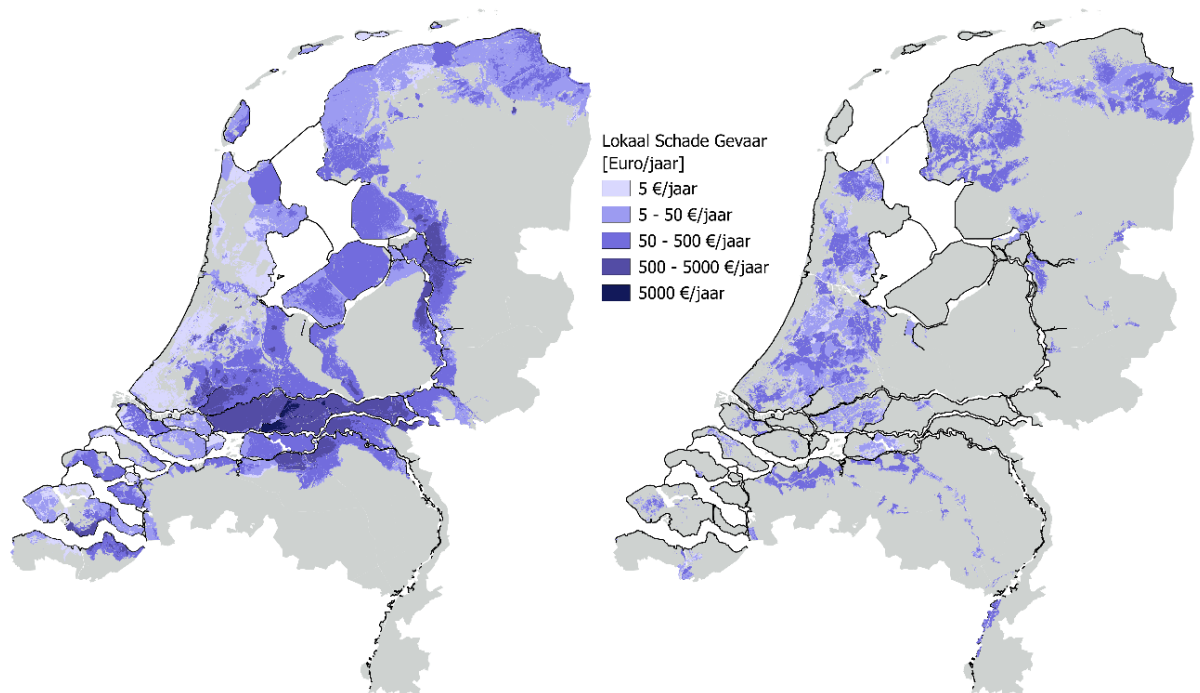


Figuur 3-7 Lokaal Individueel Risico behorend bij de actuele faalkansen van de primaire keringen (gebaseerd op data uit LIWO, gemaakt in September 2024).

Lokaal Schadegevaar

Het Lokaal Schadegevaar (LSG) is berekend als de jaarlijks gemiddelde schade die een standaard eengezinswoning (inclusief inboedel) zou oplopen als gevolg van de mogelijke overstromingen op die locatie. Er wordt uitgegaan van een hypothetische standaard eengezinswoning met een vervangingswaarde van €200.000. Deze vervangingswaarde is opgebouwd uit een geschatte herbouwwaarde van €130.000 en een geschatte inboedelwaarde van €70.000.

Om een indicatie te krijgen van de risicotename door nieuwbouw kan het lokaal schadegevaar met het aantal te bouwen woningen vermenigvuldigd worden. Hierdoor is deze kaart relevant voor locatiekeuzes voor bijvoorbeeld grootschalige woningbouw. Voor overstromingsgevaar vanuit het regionale systeem kan ook een LSG kaart gemaakt worden, maar ook volstaat voor veel doelen het combineren van de kans en de waterdiepte.



Figuur 3-8 Lokaal Schadegevaar gerelateerd aan overstromingen door doorbraken in primaire keringen (links) en regionale keringen (rechts) (gebaseerd op data uit LIWO, gemaakt in Oktober 2024).

Zoals Figuur 3.8 laat zien is het schadegevaar in Nederland niet overal gelijk. In grote delen van het rivierengebied is het lokaal schadegevaar door overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem groot. Dit komt door de relatief hoge faalkansen voor de primaire keringen en de grote waterdieptes die ontstaan, vooral in de grote hellende gebieden (centrale rivierengebied en langs de IJssel).

Over het algemeen is het schadegevaar dat behoort bij de overstromingen uit het regionale systeem een stuk kleiner dan uit het hoofdwatersysteem. Dit komt doordat de waterdieptes bij deze overstromingen kleiner zullen zijn, ondanks dat de kans vaak groter is. Wel is goed te zien dat er gebieden zijn in Noord-en-Zuid-Holland die een hoger schade gevaar hebben vanuit het regionale systeem dan uit het hoofdwatersysteem. Hetzelfde geldt voor gebieden langs de kleinere rivieren en kanalen zoals de Dommel, de Dinkel en de Brabantse kanalen en de Overijsselse vecht en de Twentekanalen.



Figuur 3-9 Lokaal Schadegevaar behorend bij overstromingen in de buitendijkse gebieden (gebaseerd op data uit LIWO, gemaakt in Oktober 2024).

In Figuur 3.9 valt op dat de buitendijkse gebieden een significant hoger schadegevaar hebben dan de binnendijkse gebieden. Ook de uiterwaarden rond de grote rivieren vallen vaak in deze klasse. De uitzondering hierop zijn de uiterwaarden langs de Maas. Door de kleinere waterdieptes daar is het schadegevaar daar minder groot dan langs de Rijntakken.

3.2 Overstromingsgevolgen

Om de overstromingsgevolgen horend bij een bepaald overstromingsgebeurtenis in kaart te brengen wordt er in Nederland gebruik gemaakt van de standaard Schade-en-Slachtoffermodule (SSM⁸).

⁸ Zie [Documentatie SSM | Informatiepunt Leefomgeving](#)

Deze gestandaardiseerde methode maakt het mogelijk om de uitkomsten van verschillende doorbraaklocaties of hoogwatersituaties met elkaar te vergelijken. Met deze module kunnen voor alle overstromingsscenario's⁹ de directe overstromingsgevolgen berekend worden. Als invoer is hiervoor nodig: een waterdieptekaart, en mits beschikbaar ook nog een stroomsnelheidskaart¹⁰, stijgsnelheidskaart en eventueel aankomsttijdenkaart.

Hieronder wordt een indruk gegeven van de gevolgen op basis van de landelijke maximale waterdieptekaarten voor elke type overstroming als invoer gegeven. De resultaten worden op veel verschillende categorieën gegeven, zoals de schade aan verschillende soorten bedrijven, getroffen kwetsbare objecten of het aantal getroffen in verschillende soorten woningen. In Tabel 3-1 is, voor de vier verschillende type overstromingen de totale schade en het totaal aantal getroffen gegeven.

Tabel 3-1 Totale potentiële schade in Nederland per type overstroming gegeven de maximale waterdieptekaart (berekend met SSM2023, prijspeil 2023 getallen ex. btw).

Type	Totaal schade [miljard euro]	Totaal getroffen [personen]
A. Buitendijkse gebieden HWS	13	201,900
B. Doorbraak primaire waterkeringen	650	7,556,000
C. Doorbraak niet-primaire waterkeringen	94	2,383,000
D. Buitendijkse gebieden regionaal watersysteem	3,1	62,340

Net zoals de eerder gemaakt vergelijking tussen het gevaar in het regionale systeem en in het hoofdwatersysteem komt uit deze tabel naar voren dat de potentiële gevolgen in het regionale systeem significant kleiner zijn dan in het hoofdwatersysteem.

3.3 Risico's

De overstromingsrisico's worden geanalyseerd door zowel kans als gevolgen mee te nemen. Hierbij zijn twee typen risico's beschouwd: slachtofferisico en schaderisico. Ook is gekeken per locatie en per event.

Slachtofferisico

Om tot een slachtofferisico kaart te komen wordt het LIR (overlijdenskans/ jaar) vermenigvuldigd met het aantal inwoners (inwoners/ ha). Het resultaat hiervan is het aantal slachtoffers per jaar (per hectare). Omdat deze pixels van een hectare erg klein en daardoor lastig te zien zijn, is ook een tabel per dijkkringgebied gemaakt. Figuur 3.10 geeft de kaart. De tabellen zijn opgenomen als Tabel 3-2 en Tabel 3-3.

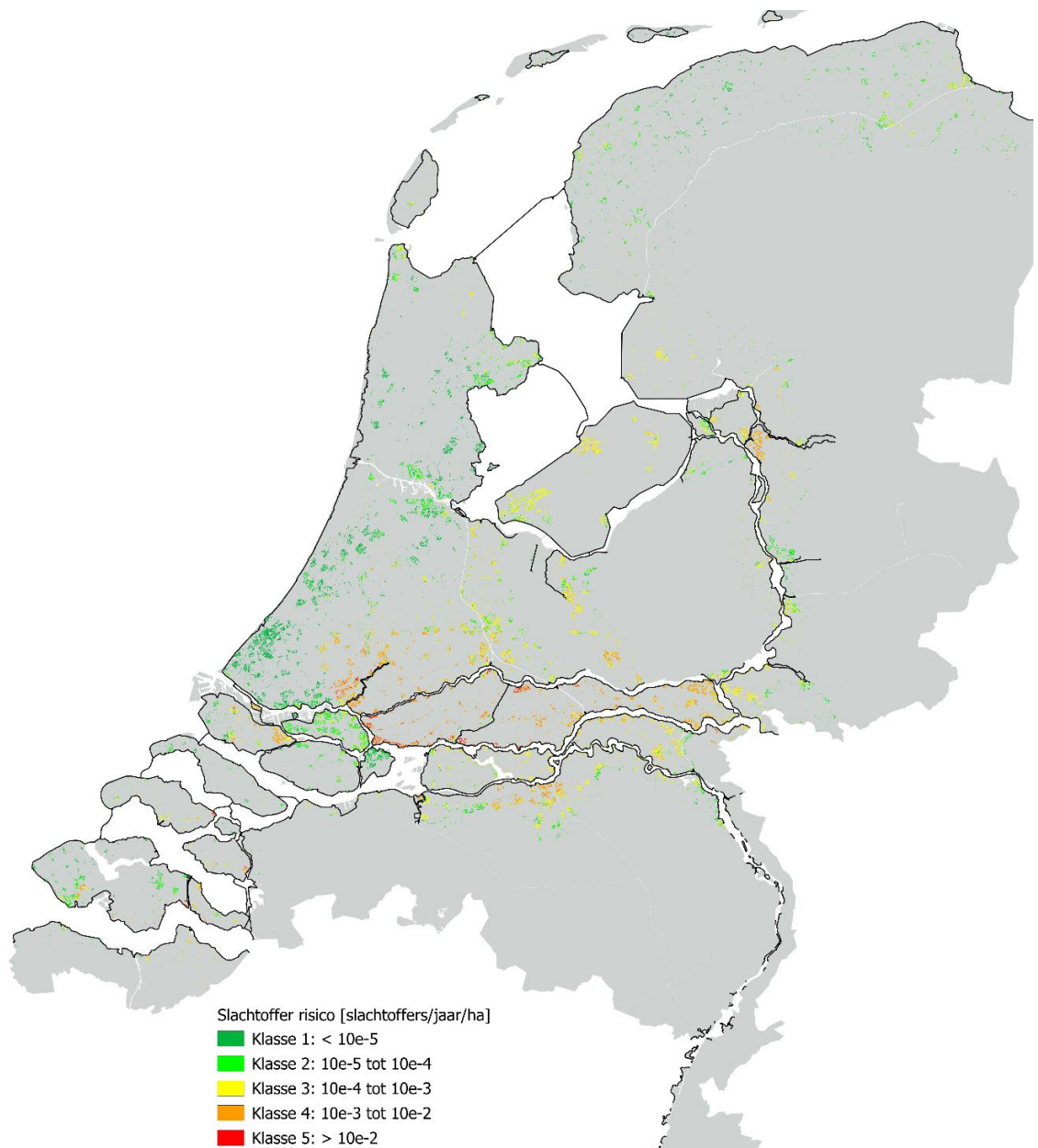
De kaarten en tabellen laten goed zien dat het slachtofferisico in Nederland niet homogeen verdeeld is. Qua dijkringen is de Alblasserwaard de meest risicovolle, terwijl Rozenburg de meest gevaarlijke is. De slachtofferisico's van de Alblasserwaard zijn opvallend groot.

⁹ Met overstromingsscenario wordt bedoeld: een set samenhangende aannames horend bij een bepaalde gebeurtenis met een doorbraak op een locatie, bepaalde buitenwatercondities (waterstandsverloop, golfhoogte) en eventueel aannames over het moment van doorbreken, bresgroei, en bijvoorbeeld met betrekking tot het al dan niet doorbreken van compartimenterende wegen of kades in het overstroomd gebied

¹⁰ De stroomsnelheid is vrijwel nergens van invloed op de gevolgen, omdat deze meestal te laag is om te leiden tot instorting. Een uitzondering is op de locatie van de bres zelf. Vanwege de beperkte relevantie is deze kaart daarom in dit rapport verder niet besproken.

Dit wordt vooral veroorzaakt door de (te?) hoge inschatting van de actuele faalkans van de keringen. Gelukkig worden de dijken van deze dijkkring op korte termijn versterkt, waardoor dit slachtoffer risico kleiner wordt. De kaarten laten ook zien dat binnen de dijkkring het risico verschilt. Zo zijn plaatsen bovenstrooms in hellende dijkringen, zoals aan de oostzijde van de Betuwe veel minder gevaarlijk dan die aan de zuidwestzijde van de Betuwe (Gorinchem-Oost). In die laatste plaatsen stijgt het water immers snel tot grote diepte, terwijl in de oostelijke plaatsen, het water weg kan stromen naar het westen en dus minder snel stijgt.

Plaatsen zoals Capelle-en-Nieuwerkerk aan de IJssel hebben een hoge waarde voor het LIR en relatief hoge inwoners aantallen. Hetzelfde geldt voor steden als Papendrecht, Gorinchem en Culemborg. Steden zoals Den Haag, Utrecht en Amsterdam hebben dan wel hoge inwoners aantallen, maar ze hebben een relatief laag LIR en daarom ook niet een hoog slachtoffer risico. Het is duidelijk te zien dat het centrale rivierengebied en benedenrivierengebied een groter slachtoffer risico kennen dan het noorden van het land.



Figuur 3-10 Huidige slachtoffer risico's voor Nederland.

Tabel 3-2 Slachtofferrisico per dijkkring en per hectare geordend op basis van het slachtofferrisico van de dijkkring.

Dijkkring	Dijkkring naam	Slachtoffers/jaar	Slachtoffers/ha/jaar
16	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	17	4.37E-04
14	Zuid-Holland	17	7.43E-05
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	16	2.60E-04
53	Salland	6.2	1.52E-04
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	4.8	1.53E-04
36	Land van Heusden/de Maaskant	4.5	6.72E-05
45	Gelderse Vallei	2.4	6.85E-05
20	Voorne-Putten	2.0	1.03E-04
44	Kromme Rijn	1.8	2.89E-05
30	Zuid-Beveland west	1.7	6.40E-05
41	Land van Maas en Waal	1.6	6.39E-05
8	Flevoland	1.3	1.35E-05
26	Schouwen Duivenland	0.9	4.00E-05
27	Tholen en St. Philipsland	0.8	5.54E-05
42	Ooij en Millingen	0.8	2.22E-04
9	Vollenhove	0.7	1.13E-05
24	Land van Altena	0.6	3.69E-05
6	Friesland en Groningen	0.6	1.15E-06
29	Walcheren	0.6	2.77E-05
48	Rijn en IJssel	0.5	1.46E-05

Tabel 3-3 Slachtofferrisico per dijkkring en per dijkkring per hectare geordend op basis van het slachtofferrisico per hectare.

Dijkkring	Dijkkring naam	Slachtoffers/jaar	Slachtoffers/ha/jaar
19	Rozenburg	0.212	6.97E-04
16	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden	17.163	4.37E-04
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	16.311	2.60E-04
34a	Geertruidenberg	0.089	2.53E-04
42	Ooij en Millingen	0.758	2.22E-04
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	4.789	1.53E-04
53	Salland	6.236	1.52E-04
20	Voorne-Putten	2.006	1.03E-04
4	Vlieland	0.002	1.02E-04
14	Zuid-Holland	16.673	7.43E-05
45	Gelderse Vallei	2.406	6.85E-05
36	Land van Heusden/de Maaskant	4.473	6.72E-05
30	Zuid-Beveland west	1.669	6.40E-05
41	Land van Maas en Waal	1.643	6.39E-05
47	Arnhemse- en Velpsebroek	0.126	6.24E-05
27	Tholen en St. Philipsland	0.769	5.54E-05
10	Mastenbroek	0.421	4.41E-05
26	Schouwen Duivenland	0.875	4.00E-05
24	Land van Altena	0.603	3.69E-05
31	Zuid-Beveland oost	0.264	3.49E-05

Economisch Schaderisico

Met behulp van de eerder benoemde Schade-en-Slachtoffer Module, en waterdieptekaarten kan voor elk overstromingsscenario een ruimtelijk gedifferentieerde kaart worden gemaakt van de schade.

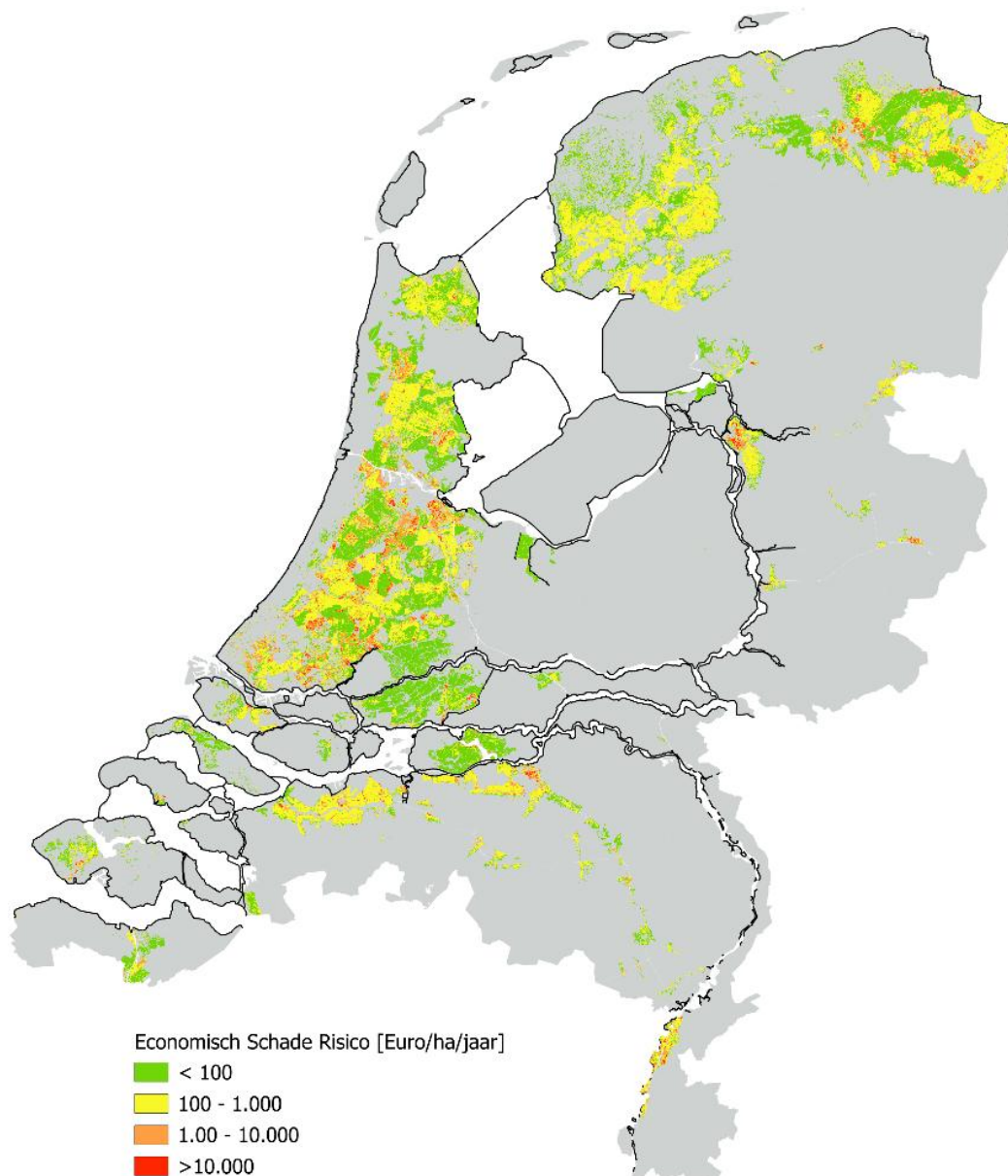
Figuur 3.11 geeft een landelijk beeld van het economisch schaderisico (dus gecombineerd met de overstromingskansen) gerelateerd aan overstromingen door doorbraken vanuit het hoofdwatersysteem. De grootste schaderisico's per hectare worden gevonden in de riviergebieden: daar zijn momenteel de kansen groot, de blootstelling is er groot en ook is er veel geïnvesteerde waarde.



Figuur 3-11 Economisch schaderisico behorend bij overstromingen door doorbraken van primaire keringen met de huidige faalkansen van de primaire keringen.

Figuur 3.12 toont het economisch schaderisico gerelateerd aan doorbraken vanuit het regionale systeem. De overstromingsrisicokaart horend bij het regionale systeem ziet er heel anders uit dan die van het hoofdwatersysteem. Deze is hier gemaakt door de schades te bepalen bij gebeurtenissen met een overschrijdingskans van eens per 10, 100 en 1000 jaar en deze gewogen te sommeren¹².

In tegenstelling tot bij het hoofdwatersysteem, is het schaderisico horend bij overstromingen vanuit het regionale systeem het grootst in Groningen, Friesland en Limburg. Vooral opmerkelijk is het grote verschil in risico's vanuit het hoofdwatersysteem en regionale systeem in het centrale rivierengebied. De grootste overstromingsrisico's door doorbraken van primaire keringen liggen in het centrale rivierengebied, terwijl die risico's op overstromingen vanuit het regionale systeem daar heel klein zijn. Het schaderisico in de gebieden rondom Amsterdam door doorbraken van regionale keringen is aanzienlijk groter dan door doorbraken in primaire keringen. In Flevoland zijn geen genormeerde regionale keringen en is er dus ook geen risico door doorbraken van dergelijke keringen aanwezig.



Figuur 3-12 Indicatieve waarde voor het economisch schaderisico behorend bij overstromingen door doorbraken van het regionale systeem¹¹ met de normkansen voor het regionale systeem.

¹¹ Deze kaart is gemaakt door de overstromingskarakteristieken van alle keringen in een bepaalde normklasse (10 jaar, 100 jaar, 1000 jaar) te nemen, de gevolgen erbij te bepalen en deze gewogen te sommeren. Er is als het ware aangenomen dat de keringen doorbreken bij hoogwatercondities die gelijk of meer extreem zijn dan de ontwerpcondities.

Om een globale indruk te geven van het totale risico en van het verschil in risico vanuit het hoofd- en regionaal systeem zijn de risico's gesommeerd. Hierbij moet opgemerkt worden dat geen rekening gehouden is met afhankelijkheden of systeemwerking en dat de faalkansen van de primaire keringen gezien worden als een overschatting van de werkelijke faalkansen. De risico's zullen enigszins overschat worden. De totale gesommeerde risico's voor heel Nederland voor beide typen overstromingen zijn weergegeven in Figuur 3-13. Tabel 3-4 geeft de sommatie per type systeem. Deze tabel laat duidelijk zien dat in de huidige situatie het schaderisico gerelateerd aan doorbraken van primaire keringen het grootst is. Dit komt vooral door de grote faalkansen van de primaire keringen. Op dit moment worden veel dijken versterkt, vooral in het centrale rivierengebied, waardoor de risico's vanuit het primaire systeem sterk zullen dalen tot in 2050.

Tabel 3-4 Schaderisico's in de verschillende scenario's. Zowel regionaal-als-hoofdwatersysteem.

	ESR Hoofdwatersysteem [M€/jaar]	ESR Regionale water systeem [M€/jaar]
Huidige situatie	1383	533



Figuur 3-13 Gesommeerd economisch schaderisico behorend bij doorbraken van zowel primaire als regionale keringen in de huidige situatie.

Overige risico's

Bovenstaande schade- en slachtofferisico's geven geen volledig beeld van de impact van overstromingen op Nederland. Er ontbreekt nog risico-informatie, namelijk:

- **Risico informatie gerelateerd aan risico's door grootschalige neerslag:** Er is nog geen kwantitatieve of goed kwalitatief inzicht in de gevolgen van bovenregionale wateroverlast. Deze kennisleemte is al eerder geïdentificeerd en op dit moment worden daarom stresstesten uitgevoerd door veel regio's in Nederland. Er worden eind 2025 stresstestuitkomsten verwacht op basis waarvan vervolgens een landelijk beeld gemaakt wordt.

- De effecten van overstromingen op de Nederlandse maatschappij gerelateerd aan de duur tot **herstel**, en de **impacts op het functioneren van de economie** op korte en lange termijn: het vertrouwen van de financiële markten in Nederland als geschikt investeringsgebied kan afnemen na een grootschalige overstroming wat leningen duurder maakt. Ook effecten op bijvoorbeeld natuur, op welzijn van bewoners, op cultuur en erfgoed en andere effecten zijn niet goed weergegeven.

Om te komen tot een meer volledig beeld van de impact van overstromingen op Nederland kan aanvullend aan de risicobenaderingen ook storylines uitgewerkt worden. Hiermee wordt beter inzicht verkregen in het effect op het dagelijks leven van mensen en het functioneren van de maatschappij. Hiervoor is immers ook informatie nodig over de duur van de overstroming, de duur van het herstel en de duur van economische effecten nodig. Dit vraagt een meer uitgewerkte eventbenadering dan nu uitgevoerd wordt door het gebruik van de standaard schade- en slachtoffermodellen.

3.4 Samenvatting

Nederland heeft te maken met verschillende overstromingsrisico's, namelijk risico's die voortkomen vanuit het regionale en hoofdwatersysteem, in beide gevallen door doorbraken van keringen en in buitendijks gebied. Ook kan er wateroverlast optreden bij grootschalige extreme neerslag.

Om de risico's in kaart te brengen zijn het gevaar, de potentiële gevolgen en de risico's besproken van de verschillende typen overstromingen. De kansen van overstroming vanuit het primaire systeem zijn volgens de huidige faalkansinformatie van de primaire keringen relatief groot en de waterdieptes bij doorbraak ook. De bijdrage aan de overstromingsrisico's in Nederland vanuit het primaire systeem is dan ook het grootst. Vooral in het centrale rivierengebied zijn de gevolgen en kansen groot en samen leiden die tot grote risico's. De bijdrage vanuit het regionale systeem is significant, maar momenteel ongeveer een factor 3 kleiner dan de bijdrage vanuit het hoofdwatersysteem. Dit komt vooral door de kleinere waterdieptes vanuit het regionale systeem. De risico's op doorbraken van het regionale systeem zijn vooral groot rond Amsterdam, Gouda, Zoetermeer en in Groningen, Friesland en Noord-Holland. In hoog Nederland liggen deze risico's met name langs de beken en kleinere rivieren.

De informatie over de huidige situatie dient in context te worden beschouwd: de huidige faalkansen van de primaire keringen zijn waarschijnlijk overschat. Daarnaast worden veel van de dijken met grote faalkansen op dit moment versterkt waarna ze 10 tot 100 keer veiliger zullen zijn. Bovendien is in de risicoanalyses uitgegaan van onafhankelijkheid en is systeemwerking hier niet beschouwd. De kansen zijn voor ieder dijktraject geschat alsof de overige dijktrajecten niet kunnen doorbreken of overlopen. In werkelijkheid zal zeker in het rivierengebied, een doorbraak van een traject de overige benedenstroomse trajecten ontlasten. Voor het berekenen van het totaalrisico zou deze afhankelijkheid, of systeemwerking meegenomen moeten worden. De hier genoemde getallen zijn dan ook bovengrenzen. Het is aan te raden om in de toekomst meer naar systeemwerking te kijken.

De geschetste risico-informatie is niet compleet: de bijdrage van grootschalige neerslag ontbreekt nog. Bovendien is de impact op de maatschappij en de duur tot herstel niet goed meegenomen. Om dat wel te doen is een storylinebenadering aanbevolen.

4 Overstromingsrisico's bij continuering van het huidige waterveiligheidsbeleid ("BAU- Business as Usual")

4.1 Invulling van de twee contextscenario's uitgewerkt voor waterveiligheid

De overstromingsrisico's zullen in de tijd veranderen. De twee meest belangrijke externe(?) drivers voor overstromingsrisico's zijn:

- klimaatverandering, met name de verwachte toename van de frequentie en hoogte van piekafvoeren op de grote rivieren, de toename van extreme grootschalige piekneerslag en zeespiegelstijging;
- sociaaleconomische ontwikkelingen: voorbeelden hiervan zijn landgebruiksveranderingen, economische groei en bevolkingsgroei.

Daarnaast is het uitvoeren van het huidige beleid en de vele dijkversterkingen die dit vraagt en die plaatsvinden tot 2050 ook van grote invloed op de overstromingsrisico's.

Een overzicht van de voor waterveiligheid/wateroverlast mogelijk meest relevante parameters uit de contextscenario beschrijving van PBL (2025) is gegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Overzicht van de voor waterveiligheid/wateroverlast meest belangrijke parameters.

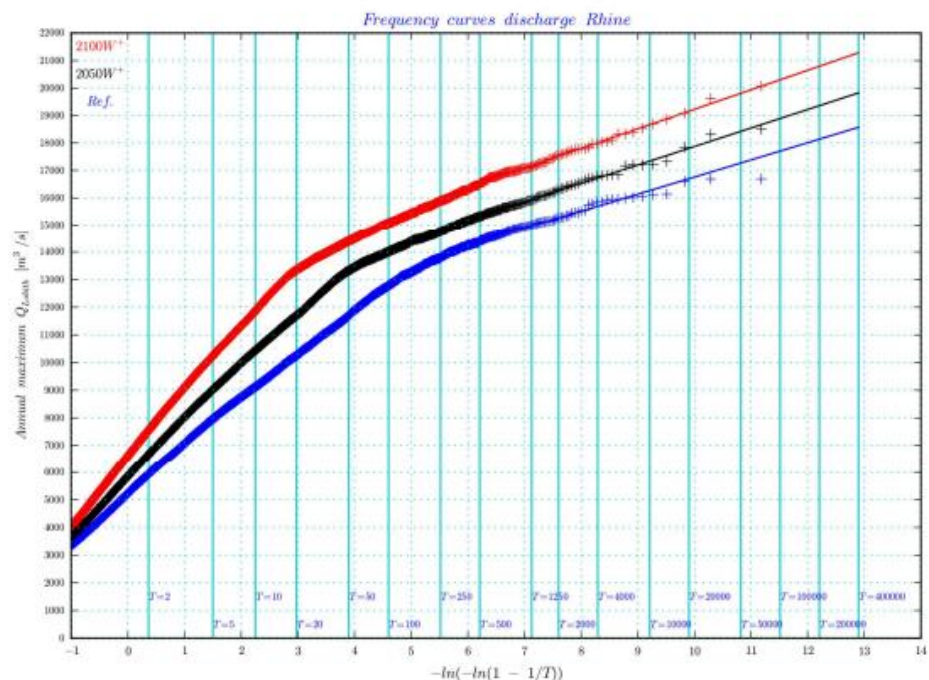
Domein	Karakteristiek van scenario	Bron	Zichtjaar	Beperkte risicotename	Sterke risicotename
Klimaat	Jaarneerslag	KNMI 23	2050 2100	+3%	-2 tot +3% -3 tot +8%
	1-daagse neerslag die eens in 10 jaar wordt overschreden	KNMI 23	2050 2100	+5%	+6% +9%
	Zeespiegel (t.o.v. 2022)	KNMI 23	2050 2100	+24 cm +44 cm	+27 cm +82 cm
	Snelheid zeespiegelstijging (nu 3 mm/jr) (Bron: Deltascenario's)	Deltascenario's	2050 2100	6 mm/jr	8 mm/jr 14 mm/jr
	Maximale afvoer Rijn	Deltascenario's	2050 2100	-1 tot +1%	+7 tot +10% +11 tot +30%
	Maximale afvoer Maas	Deltascenario's	2050 2100	-5 tot +4%	0 tot +4% 0 tot +22%
Demografie	Bevolking (miljoenen)	Deltascenario	2050	18,2	21,0
Economie	BNP (t.o.v. 2018)	Delta	2050 2100	+17% +0,5 % / jaar	+94% +2,1 % / jaar
Ontwikkelingen sectoren	Gevoeligheid Energieproductie	Afgeleid van TVKN	2050	laag	hoog
	Oppervlakte stad	Delta	2050	+11.1%	+15%
	Oppervlakte landbouw	Delta	2050	-14%	-2%
	Oppervlakte natuur	Delta	2050	+39%	+0%

De relatie met beleid is hieronder uitgewerkt voor beide typen drivers (klimaatverandering en socio-economische veranderingen).

4.1.1 Klimaatverandering

Volgens de twee context scenario's is de zeespiegelstijging tot 2050 gelijk aan een stand die tussen de 24 en 27 cm hoger is dan in 2022. In 2100 nemen deze stijgingen toe tot 44 en 82 cm in respectievelijk het beperkt en sterk risicoverhogende contextscenario.

De rivierafvoeren nemen ook toe (zie Tabel 4-1). De jaarmaxima stijgen zelfs met 10 tot 30% bij het extremere scenario. Er zijn nog geen definitieve berekeningen beschikbaar van de nieuwe klimaatscenario's van KNMI 2023 op de extreme rivierafvoeren die relevant zijn voor het ontwerp en de faalkans van de keringen. De resultaten van de scenario's uit 2014 geven wel een eerste indicatie van het verwachte effect: De Rijnaafvoeren gemeten te Lobith horend bij een bepaalde overschrijdingskans worden ruwweg 1000 m³/s hoger tot aan 2050 en 2000 m³/s in 2100 (zie Figuur 4-1). De toename van de rivierafvoer van de Rijn is behalve van klimaatverandering ook afhankelijk van de maatregelen van de Duitsers: als in Duitsland de afvoercapaciteit van de Rijn niet vergroot wordt, dan zal de maximale afvoer die Nederland kan bereiken niet toenemen. De frequentie van hoge afvoeren in het kans bereik van 1/10 tot 1/500 per jaar neemt dan natuurlijk nog wel toe, maar de maximaal mogelijke afvoer neemt dan niet of nauwelijks toe. De toename van de frequentie van die hoge afvoeren leidt wel tot een toename van de kans op overstromingen. Dit geldt zeker voor het benedenrivierengebied waar deze afvoeren bepalend zijn voor de kans op doorbraak (in combinatie met de kans op een verhoogde zeewaterstand). In het bovenrivierengebied zijn de meer extreme afvoeren (met een kans kleiner dan 1/500 per jaar) vaak bepalend en de toename daarvan is afhankelijk van de maatregelen in Duitsland. De kans op een doorbraak zou overigens niet toe moeten nemen: de normen van de keringen en dijkversterkingen zouden dit moeten voorkomen. Behalve de afvoer van de Rijn, zullen in de toekomst als gevolg van klimaatverandering, ook de afvoer van de Maas en Vecht toenemen. Er wordt ook voor deze rivieren op korte termijn nieuwe informatie van verwacht.



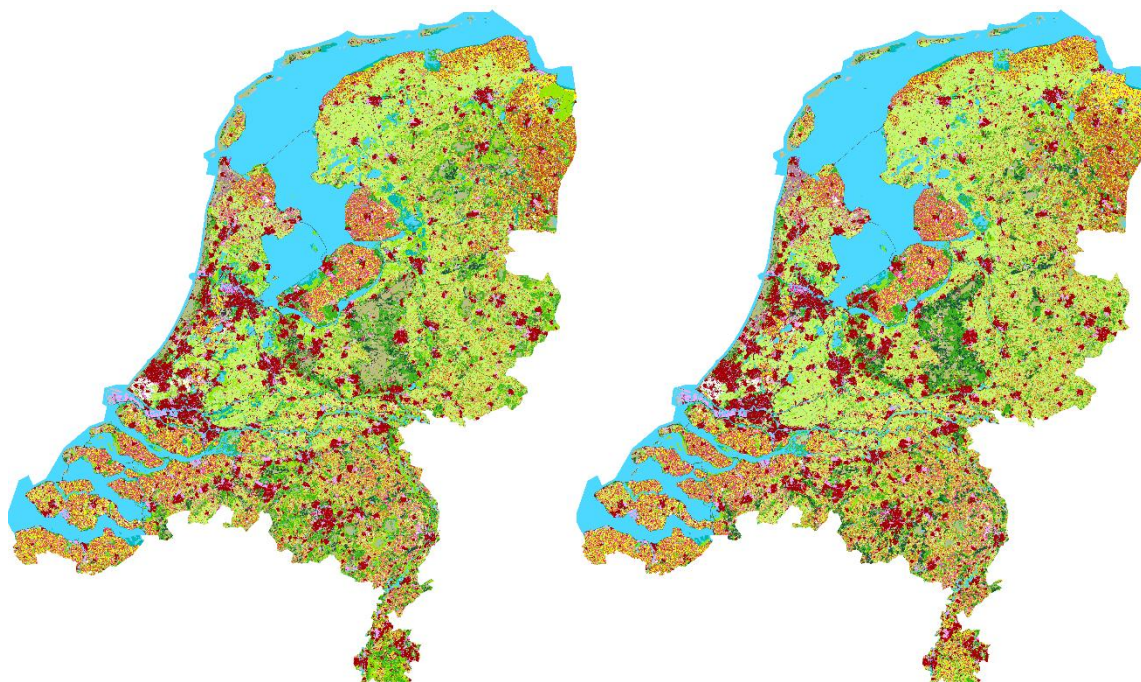
Figuur 4-1 De herhalingsjijd van extreme Rijnafvoer bij Lobith voor 2050 en 2100 gebaseerd op de klimaatstatistiek van klimaatscenario's KNMI 2014 uit het Grade rapport (Hegnauer, 2020).

4.1.2 Socio-economische drivers

De landgebruikskaarten passend bij de huidige situatie en bij de Deltascenario's zijn aangeleverd door (Claassens, Koomen, & Rijken, 2023). (Zie Figuur 4-2 en Figuur 4-3). Voor de huidige situatie is een basiskaart van het huidige landgebruik samengesteld. Vervolgens zijn met de kaarten voor de Deltascenario's twee combinaties gemaakt met de WLO-scenario's. Hierbij is in dit BAU-scenario aangenomen dat er geen beleidsverandering wordt doorgezet. In dit verslag worden alleen de relevante kaarten besproken. Dit zijn (1) de referentie kaart, (2) de combinatie Ruim-Laag en (3) de combinatie Stoom-Hoog. Alle kaarten zijn in detail beschreven in (Janssen, et al., 2024).



Figuur 4-2 Landgebruikskaart in de huidige situatie.



Figuur 4-3 Landgebruikskaart 2050. Combinatie Ruim-Laag (links) en Stoom-Hoog (rechts) (voor legenda zie Figuur 4-2).

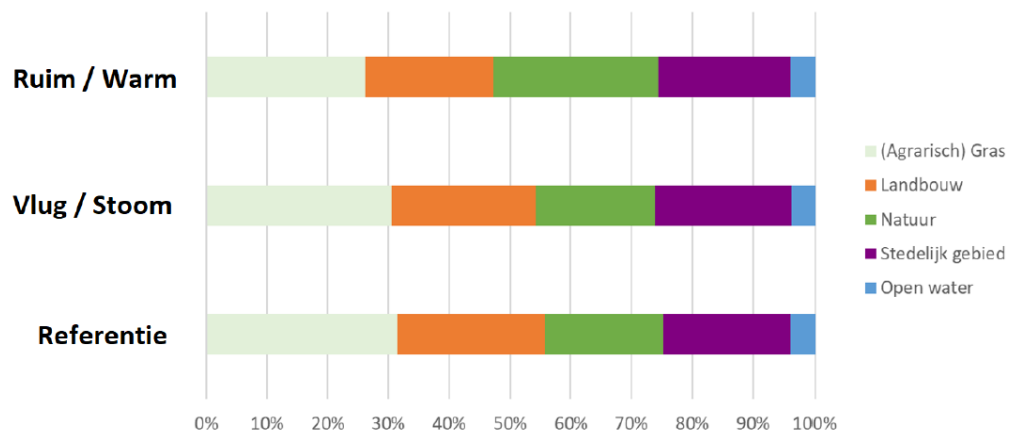
In het scenario Ruim-Laag is te zien dat in vergelijking met de huidige situatie, er vooral veel natuur bij is gekomen. Over heel het land zijn meer gebieden te zien met natuurlijk gras, moerassen en loofbossen. Deze groei is vooral te zien in gebieden waar in de huidige situatie veel landbouw is. Verder is ook nog te zien dat veel naaldbossen plaats maken voor duinvegetatie of heidegebieden, deze ontwikkeling is vooral goed te zien rond de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. Ook is een kleine toename van het stedelijke gebied te zien.

In de toekomstige kaart van het scenario Stoom-Hoog is vooral te zien dat de toename in stedelijk/ woongebied aanzienlijk groter is dan bij de combinatie Ruim-Laag. Deze toename lijkt niet gepaard te gaan met een grote afname van een bepaald landgebruik, maar gaat ten koste van verschillende landgebruik categorieën.

Tabel 4-2 en Figuur 4.4 bevestigen wat te zien is op de verschillende kaarten. De oppervlakte van landbouwgebieden neemt in beide scenario's af, waar de grootste afname zichtbaar is in Laag-Ruim. Deze gaat inderdaad gepaard met een toename in natuurgebied. Het stedelijk gebied in Hoog-Stoom neemt toe als gevolg van relatief kleine afnames van andere landgebruikstypes.

Tabel 4-2 Verandering van de arealen [ha] in de verschillende Deltascenario's bij Business As Usual (Janssen, et al., 2024).

	Referentie [ha]	Verandering naar Ruim	Verandering naar Stoom
Agrarisch (gras)	1.103.725	-17%	-3%
Landbouw	850.094	-14%	-2%
Natuur	682.381	+39%	0%
Stedelijk gebied	728.188	+4%	+8%
Open water	137.150	-3%	-5%



Figuur 4-4 Verdeling van de verschillende hoofdklassen van landgebruikstypen voor de referentie en de scenario's Vlug/ Stoom en Ruim/ Warm (Janssen, et al., 2024).

4.2 Invulling en implicaties van de BAU strategie

4.2.1 Invulling Strategie BAU: aanpassen watersysteem en keringen om de normen te halen

Het huidige waterveiligheidsbeleid is gebaseerd op het voldoen aan de huidige waterveiligheidsnormen zoals vastgelegd in de Omgevingswet voor de primaire keringen en welke per provincie zijn vastgelegd door de IPO. In deze studie wordt het voortzetten van het huidige beleid ingevuld zoals weergegeven in Tabel 4-3.

De klimaatverandering zorgt bij deze strategie voor een extra opgave: immers om aan de normen te blijven voldoen bij meer neerslag, grotere rivierafvoeren en een gestegen zeespiegel zijn hogere sterkere dijken, en een grotere afvoercapaciteit nodig. Als reactie op deze zeespiegelstijging en toename van extreme rivierafvoeren zullen bij gelijkblijvend beleid dan ook de waterkeringen worden versterkt en of afvoercapaciteit en bergingscapaciteit van het watersysteem worden vergroot om de normen te behalen. De huidige waterkeringen worden getoetst op basis van de huidige klimaatstatistiek. Als keringen niet voldoen worden deze versterkt en wordt de hoogwaterstatistiek gebruikt voor een toekomstscenario. Bij het ontwerp wordt de ontwerplevensduur geoptimaliseerd aan de hand van een Life Cycle Costing benadering. In praktijk komt dit erop neer dat veelal 50 jaar vooruit gekeken wordt bij versterkingen in grond, en 100 jaar indien gekozen wordt voor constructieve oplossingen om de dijken te versterken, maar het kan ook betekenen dat kort-cyclisch versterken op een bepaalde plek doelmatiger is. Het streven is dat in 2050 alle waterkeringen aan de normen zoals opgenomen in de omgevingswet voldoen.

Ook wordt zandsuppletie uitgevoerd zodat het kustfundament op orde blijft. Bij stijgende zeespiegel neemt de hoeveelheid zand die hiervoor nodig is toe. Zandsuppleties moeten bij snelle stijging sneller opgeschaald worden van 11 naar mogelijk 37 miljoen m³ per jaar. De zandsuppletie is flexibel aanpasbaar aan de werkelijke zeespiegelstijging. Er is hiervoor voldoende zand in de Noordzee, maar wel vraagt dit aanpassingen aan de zandwinning ten opzichte van wat nu standaard is. Zo zullen er meer locaties gebruikt moeten worden en zal er geoptimaliseerd moeten worden om de kosten te drukken. De kosten nemen met z'n 20 á 25% toe wanneer het zand verder uit zee moet komen. Als de kustlijn via suppleties behouden blijft, kunnen ook de duinen op de meeste plaatsen meegroeien met de zeespiegel. Tot 3 m zeespiegelstijging zijn de duinen voldoende veilig. Wel zijn er bij kustplaatsen versterkingen nodig, omdat duinen daar minder goed meegroeien.

Behalve de dijken, duinen en het kustfundament vragen ook de stormvloedkeringen om aanpassingen. Deze zullen verhoogd moeten worden en bovendien sluiten ze veel vaker wat mogelijk ook aanpassingen vraagt. De systeemanalyse van het KP zeespiegelstijging geeft aan dat bij 1 meter zeespiegelstijging de Oosterscheldekering ongeveer 45 keer per jaar sluit tegenover eens in de 2 jaar nu. De Maeslantkering zou bij een gelijkblijvend sluitpeil dan ongeveer 6 keer per jaar moeten sluiten en doet dat nu ongeveer eens in de 10 á 20 jaar. Dit is met de huidige kering technisch niet mogelijk. Om het open karakter van de Oosterschelde en Nieuwe Waterweg te behouden, worden bij 1m zeespiegelstijging mogelijk de sluitpeilen verhoogd, zodat de sluitfrequentie weer omlaag gaat. Dit heeft wel als gevolg dat de buitendijkse gebieden meer wateroverlast ondervinden. Zonder aanvullende maatregelen heeft dit grote gevolgen voor woningen en economische activiteiten in die gebieden.

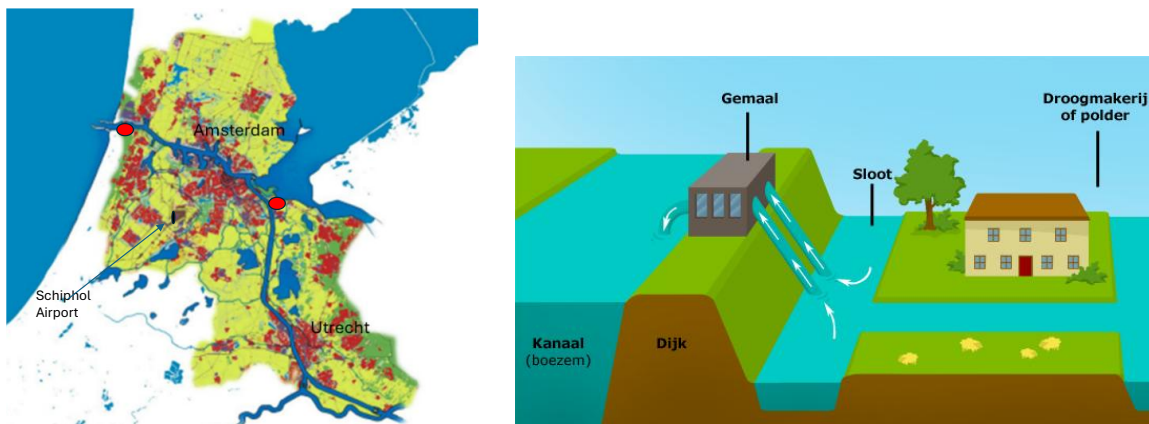
Er is nauwelijks *ruimtelijk* beleid gericht op het beperken van overstromingsrisico's: wel zijn er ruimtelijke reserveringen in het rivierengebied (BARRO), om de optie open te houden om in de toekomst bepaalde rivierverruimende maatregelen in een gebied in te passen. Ook zijn er specifiek in buitendijks gebied minimale hoogte-eisen voor de woonverdieping van woningen (uitgiftepeilen) en eisen aan andere objecten. De verwachte economische groei en bevolkingsgroei en ook de toename aan woningen en bebouwing leiden dan ook tot een toename van potentiële schades bij overstromingen. De kans op zo'n overstroming neemt bij deze strategie niet toe, aangezien de normen gehandhaafd blijven (de kans neemt eerst zelfs af door de geplande dijkversterkingen). Alleen in buitendijks gebied en in onbeschermd gebied zoals langs boulevards in kustplaatsen, in de buitendijkse gebieden in het Rijnmondgebied en bijvoorbeeld langs onbedijkte beken nemen risico's wel toe.

Tabel 4-3 Overzicht van de hier gebruikte uitwerking van de BAU (handhaven van de huidige normen).

Regio	Invulling strategie	Implicaties 2050 en 2100
Boven-rivieren	Dijken worden versterkt volgens de huidige normen. Er mag niet gebouwd worden buitendijks in het stroomvoerende gedeelte van het rivierbed.	De keringen blijven voldoen aan de huidige normen, ook na 2050. Het buitendijks gebied zal vaker te maken krijgen met diepere overstromingen. Bij doorbraak van een kering zou het verloop van de overstroming in 2050 ernstiger kunnen zijn dan nu. De overstromingsscenario's horend bij een Rijnafvoer van 16000 m ³ /s te Lobith zijn nog representatief in 2050. In 2100 zijn de beschikbare overstromingsscenario's horend bij een Rijnafvoer van 18000 m ³ /s waarschijnlijk passender voor een situatie bij doorbraak (afhankelijk van ontwikkelingen in Duitsland)
Beneden-rivieren	Dijken worden versterkt volgens de huidige normen. Richting 2100 wordt de Maeslantkering vervangen door een vergelijkbaar werkende stormvloedkering die de overstromingskans van de achtergelegen keringen minimaal op hetzelfde niveau houdt. Het sluitpeil wordt nog niet aangepast. De kering gaat wel vaker dicht.	Het buitendijks gebied zal vaker onderlopen, zeker de gebieden die al onderlopen voordat de Maeslantkering sluit. De overige buitendijkse gebieden zullen vaker te maken krijgen met een hoge afvoer bij gesloten kering dan nu het geval is waardoor ook daar de overstromingsfrequentie stijgt. Bij doorbraak kan het overstromingsverloop anders zijn aangezien de buitenwaterstand hoger is. Voor 2050 is dit verschil beperkt, maar in 2100 kan dit significant zijn. Het effect hangt af van de breslocatie, en ook van de tijd die het kost om de bres weer te dichten.
IJssel-meer-gebieden	Het huidige IJsselmeerpeil blijft tot 2050 gehandhaafd en wordt in de toekomst richting 2100 mogelijk met maximaal 30 cm verhoogd. Ook wordt de afvoercapaciteit van de gemalen bij de Afsluitdijk vergroot om de afnemende mogelijkheden van spuien van water op te vangen door extra pompen te plaatsen.	Voor 2050 zijn de verwachte effecten op het risico beperkt: aangezien de normen en het waterpeil gelijk blijven, verandert het gevaar nauwelijks, zeker aan de oostzijde waar de overstromingskans bepaald wordt door gebeurtenissen met storm en de waterdiepte vooral bepaald wordt door het volume water in het meer. Aan de westzijde wordt de overstromingskans vaker bepaald door situaties met een extreem meerpeil. Deze extremen zouden hoger kunnen worden doordat meer gepompt en minder gespuid zal worden. De verschillen zijn naar verwachting beperkt en sterk afhankelijk van de keuze van de afvoercapaciteitsvergroting bij de Afsluitdijk. Voor 2100 kan het streefpeil met 30 cm verhoogd worden. Als dit gebeurt neemt de waterdiepte in het overstroomde gebied met maximaal 30 cm toe. De extreme peilen kunnen mogelijk meer toenemen. De toename in schade en overstromingsrisico is naar verwachting beperkt.
Kust-gebieden en open estuaria (Oosterschelde, Westerschelde)	De waterkeringen worden versterkt volgens de huidige waterveiligheidsnormen. Zand-suppletie wordt aangepast aan zeespiegelstijging. De Oosterscheldekering wordt zo aangepast dat deze op vergelijkbare wijze blijft functioneren.	In de buitendijkse gebieden, zoals bij de boulevards van kustplaatsen en in havens, neemt het overstromingsgevaar toe. Achter de duinen en dijken verandert het overstromingsgevaar tot 2050 nauwelijks, maar na 2100 bij doorgaande zeespiegelstijging verandert het gevaar wel significant: peilen stijgen en de stormvloedkering moet veel vaker sluiten.
Gesloten estuaria (Grevelingen, Volkerak Zoommeer)	De norm en het peil blijven gehandhaafd. Het Volkerak-Zoommeer wordt mogelijk vaker ingezet als berging voor het rivierwater bij de combinatie van een storm en een hoge rivierafvoer dan nu.	Geen, of minimaal effect op waterveiligheid
Regionaal water-systeem	De wateroverlastnormen en eisen aan regionale keringen blijven gelijk. Het watersysteem wordt aangepast om deze normen te behalen: berging- en afvoercapaciteit, en keringen moeten worden vergroot en versterkt.	De gevolgen voor meer frequente situaties blijven minimaal: het systeem voldoet aan de norm. Bovenmaatgevende omstandigheden worden extremer. Tot 2050 zal dit het risico naar verwachting niet zeer sterk beïnvloeden, daarna bij doorgaande klimaatverandering, wordt het effect op het risico steeds groter. Kwantitatieve informatie ontbreekt nog. (zie tekstkader 1)

Tekstkader 1: Uitdagingen van afvoer van regen uit het gebied dat afwatert via het Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal (gebaseerd op De Bruijn et al., 2025)

Centraal Holland is een groot en economisch belangrijk gebied met 4 miljoen inwoners en steden als Amsterdam, Utrecht, en Haarlem, de haven van Amsterdam, luchthaven Schiphol en cruciale zakencentra, industrie en verkeerverbindingen. Het regenwater dat er valt wordt grotendeels afgevoerd via het Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal (ARK-NZK).



Figuur 1. Links: Het gebied van Centraal Holland dat afwatert op het ARK-NZK (de rode ovals geven de locatie van spui/gemaalcomplex IJmuiden en de afvoerlocatie bij Muiden aan) en rechts een voorbeeld van een polder, poldergemaal en boezem.

De regen op polders wordt via poldersloten en poldergemalen omhoog gepompt naar grotere waterlopen: de boezems. In de boezems komt het water uit veel polders samen en wordt het met grote boezemgemalen naar het ARK-NZK gepompt. Een deel van het gebied, bijvoorbeeld de Utrechtse Heuvelrug, kan onder vrij verval (zonder pomp) afvoeren naar het ARK-NZK. Vervolgens wordt het water uit het ARK-NZK naar zee afgevoerd. Dat kan bij eb nu nog via spuikokers, maar als de zee hoger staat dan het water in het Noordzeekanaal, pompt het gemaal het overtollige water naar zee. De spuicapaciteit is veel groter dan de pompcapaciteit. Door zeespiegelstijging moet er steeds vaker gepompt worden door het gemaal bij IJmuiden. Binnen enkele decennia is alleen pompen nog mogelijk. Dit kost meer energie en maakt het systeem meer afhankelijk van het functioneren van de pompen. Als er niet gepompt wordt, terwijl er wel regen gevallen is, stijgen de waterpeilen op het ARK-NZK heel snel en zijn er maaltbeperkingen nodig voor de boezemgemalen. Omdat bij het uitzetten of beperken van de boezemgemalen de waterstanden op de boezems toenemen, zullen er ook poldergemalen stopgezet moeten worden. Immers, als de waterstanden op de boezems te hoog worden kunnen de boezemkades in gevaar komen en mogelijk breken. Wanneer poldergemalen uitstaan ontstaat er toenemende wateroverlast in de polders. Eerst ontstaan alleen kleine laagjes water in de diepere delen van polders, maar deze nemen toe naarmate de maaltbeperkingen langer aanhouden.

Het hele gebied is voor de afvoer van het regenwater dat er valt is nu grotendeels afhankelijk van het functioneren van één complex bij IJmuiden. Er loopt een traject om de pompcapaciteit bij IJmuiden uit te breiden om het verminderen en later geheel wegvallen van de spuimogelijkheden te compenseren. Aangezien spuien in de toekomst niet of nauwelijks meer mogelijk is, wordt het gebied ook steeds gevoeliger voor uitval van het gemaal. Immers, er is geen ander gemaal of pomp die de afvoercapaciteit van IJmuiden kan overnemen. Langdurige uitval van de afvoermogelijkheid bij IJmuiden kan tot grote maatschappelijke ontwrichting leiden.

Deltaprogramma Centraal Holland kijkt naar de toekomst van het ARK-NZK systeem. Hierbij wordt een heel pakket aan mogelijkheden en maatregelen bekeken om het gebied klimaatrobust te maken waaronder watersysteemmaatregelen, en maatregelen in de polders om meer water te kunnen bergen en ruimtelijke inrichting om het gebied minder kwetsbaar te maken voor water op maaiveld. Dit is complex gezien de vele snelle ontwikkelingen die er plaatsvinden, de grote druk op de ruimte en de complexe governance situatie met 3 provincies, 4 waterschappen, verschillende veiligheidsregio's in het gebied.

Er is analyse nodig over de mogelijke maatregelen en effecten en discussie over de gewenste toekomst. Hierbij speelt ook vraag of er een back-up nodig is voor afvoer van water uit het ARK-NZK. De kans op langdurige uitval van IJmuiden is weliswaar klein, maar de gevolgen zijn groot. Hoeveel redundantie nodig is en waar deze moet komen en hoeveel kosten gemaakt mogen worden voor het creëren van redundantie, vraagt een zorgvuldige afweging. Ook dit wordt meegenomen in de ontwikkelen strategie voor de toekomst van Centraal Holland.

4.2.2 Directe effecten van de maatregelen: Kosten en ruimtebeslag

Het continueren van de huidige strategie brengt kosten met zich mee en vraagt ruimte. Binnen de systeemanalyses van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is gekeken naar de houdbaarheid van het voortzetten van de huidige voorkeursstrategie bij een zeespiegelstijging tot 5 meter in het jaar 2200. Hierbij zijn globaal (dijkversterkings-)kosten en benodigd ruimtebeslag voor de dijken bepaald. In de tweede fase die loopt tot 2026 zullen in de consequenties voor andere functies als wonen, landbouw, natuur, industrie en scheepvaart in kaart gebracht worden (Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023)).

Op basis van deze eerste berekeningen heeft het kennisprogramma Zeespiegelstijging geconcludeerd dat bij een zeespiegelstijging tot 3 m de dijkversterkingsopgave weliswaar blijvend groot is, maar wel haalbaar blijft. De zoetwaterbeschikbaarheid loopt al (veel) eerder tegen grenzen aan.

Binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is gekeken naar de versterkingsopgave van keringen bij zeespiegelstijging. Hierbij zijn ook de keringen in het rivierengebied tot aan de splitsingspunten meegenomen. Daarbij is de rivierafvoertoe name passend bij het betreffende zeespiegelstijgingsscenario gebruikt. Ontbrekende gegevens voor het bovenrivierengebied zijn aangevuld uit de studie Integraal Riviermanagement (IRM), voor het IJsselmeergebied is gekeken naar de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer (ISWP) IJsselmeergebied (De Grave en Pleijter, 2017).

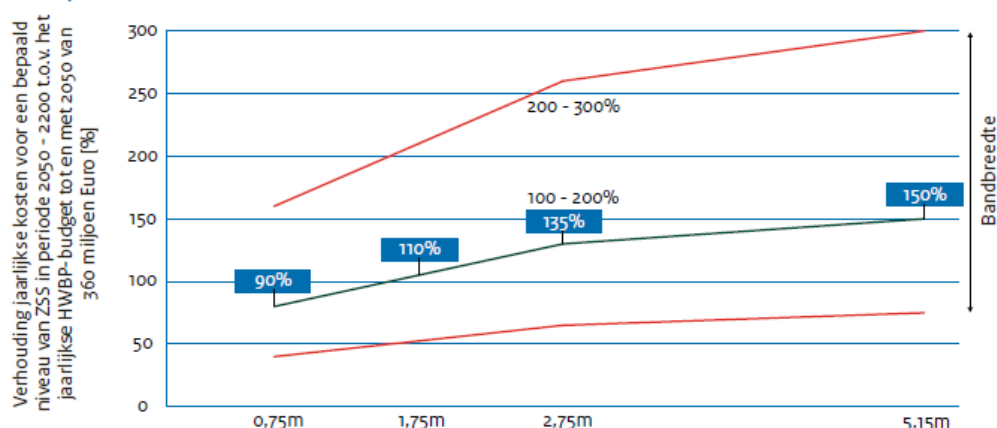
In de periode 2050-2100 zal in de strategie BAU (bij een zeespiegelstijging van maximaal 1 meter in 2100) naar schatting zo'n 2000 km aan primaire keringen (dijken) versterkt moeten worden. Dit is op zich conform verwachting, aangezien waterkeringen over het algemeen ontworpen wordt met een levensduur van 50 jaar. Niet alleen in de gebieden die onder directe invloed staan van zeespiegelstijging vinden we een versterkingsopgave, de Rijnmaasmonding (ruim 360 km), de Zuidwestelijke Delta (ca. 260 km) en in het Waddengebied (200 km), maar ook verder stroomopwaarts in het overgangsgebied op de Rijn takken en de bedijkte Maas (600+ km). Voor het bovenrivierengebied vinden we langs de IJssel (50 km) en de Maasvallei (125 km) een beperkte versterkingsopgave die samenhangt met een toenemende rivierafvoer. Voor het IJsselmeergebied (incl. de IJssel-Vechtdelta) vinden we nog eens 350 km aan keringen die mogelijk versterkt moeten worden. Hierbij is aangenomen dat het IJsselmeerpeil tot het jaar 2100 tot 30 cm meestijgt met de zeespiegelstijging. Langs de Noord- en Zuid-Hollandse kust is een zeer beperkte lengte aan dijken aanwezig en zijn nauwelijks versterkingen nodig, ervan uitgaande dat de duinen blijven meegroeien met de zeespiegelstijging als we de zandsuppleties volgens de huidige aanpak voortzetten.

Om de dijken stabiel te houden moeten de dijken niet alleen verhoogd, maar ook verbreed worden. De ruimte die hiervoor nodig is hangt af van de mate van zeespiegelstijging in combinatie met de opbouw van de ondergrond. Bij een stijging van 1 m van de te keren waterstand is de extra ruimte beperkt, maar bij een zeespiegelstijging van 3 m is hier al gauw een strook van tientallen tot meer dan 100 meter langs de bestaande kering voor nodig wanneer de dijk in grond versterkt zou worden. Als deze ruimte niet beschikbaar is, bieden constructieve maatregelen zoals damwandschermen vaak een (tijdelijke) oplossing, maar deze zijn meestal duurder dan een reguliere dijkversterking in grond, en bovendien zijn deze niet altijd eenvoudig aan te passen als de zeespiegel daarna verder stijgt. De kans bestaat dat in de toekomst op steeds meer plaatsen ruimte gemaakt moet worden voor de dijkversterkingen door bestaande bebouwing te amoveren om de dijken nog in te kunnen passen in de omgeving.

De volgens het kennisprogramma verwachte kosten van dijkversterking van primaire keringen om gesteld te staan voor de zeespiegelstijging uit het BAU scenario zijn qua orde van grootte gelijk aan de huidige jaarlijkse kosten die tot 2050 gemaakt worden om in 2050 aan de normen te voldoen. Deze kosten zijn echter naarmate de zeespiegelstijging toeneemt en hoe verder we

naar de toekomst kijken steeds onzekerder, en hangen mede af van te maken beleidskeuzes (de voorgenomen peilopzet in het IJsselmeergebied, de omgang met onze stormvloedkeringen en de Rijnmaasmonding, de versterkingsstrategie) (zie Figuur 4-5).

Jaarlijkse nominale kosten



Figuur 4-5 Toename van de jaarlijkse kosten van dijkversterking bij zeespiegelstijging en continuering van de huidige strategie (bron: Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging)¹⁰.

De Systeemanalyses van het KP ZSS geeft ook een indicatie van de verwachte totale nominale kosten voor de periode 2050-2200 per deelgebied. Deze zijn opgenomen in Tabel 4-4. De hier genoemde kosten hebben enkel betrekking op primaire waterkeringen die invloed ondervinden van zeespiegelstijging, het bovenrivierengebied is hier niet in meegenomen. De kosten voor het aanpassen van kunstwerken zoals stuwen, sluizen, uitwateringsconstructies (bij een hogere zeespiegel zullen we meer en meer moeten gaan pompen) en het verhogen van buitendijkse gebieden, aanpassen van havens, aanlegplaatsen en bijvoorbeeld de rivierbodem zijn niet meegenomen, tenzij anders vermeld.

Tabel 4-4 Kosten voor dijkversterking bij doorgaande zeespiegelstijging (bron: KP ZSS Systeemanalyses Waterveiligheid, Bovenregionale Rapportage)¹².

ZSS ten opzichte van 2050	Nominale kosten voor dijken en kunstwerken in miljard euro							
	Totaal	Zuid-westelijke delta (III)	RMM-delta (IV)	Rivieren-gebied	Wadden gebied	Zandige waterkeringen kust (I)	Harde waterkeringen kust (II)	IJsselmeer gebied
0,75 m	44,5	5,8	15,7	12,1	6,1	0,03	1,9	3,0
1,75 m	56,1	9,0	18,3	13,8	9,0	0,03	2,2	3,9
2,75 m	69,5	11,2	21,1	17,9	12,2	0,03	2,3	4,7
5,15 m	80,4	9,0	25,9	18,7	17,5	Niet bepaald	2,9	6,4

I) Betreft de kosten voor het versterken van de zandige waterkeringen. De kosten voor het kustonderhoud zijn niet in begrepen.

II) Betreft kosten inclusief sluiscomplex IJmuiden, met uitzondering van de Zeesluis IJmuiden.

III) Betreft de kosten exclusief de vervangingskosten voor de Oosterscheldekering. Deze zijn geraamd op 3 miljard euro voor gedeeltelijke versterking en 6 miljard euro voor volledige vervanging

IV) Betreft de kosten inclusief de kosten voor alle stormvloedkeringen, Haringvlietssluzen en Volkeraksluizen.

V) Betreft alleen de kosten voor het versterken van de dijken. De kosten voor het afvoeren van water zijn opgenomen in de kosten voor het Waddengebied. De kosten voor het vervangen van de Ramspolkering zijn niet meegenomen

VI in de kosten voor de Zuidwestelijke Delta is voor 5,15 m ZSS de Oosterschelde niet meegenomen. Uiteraard zal dit bedrag hoger uitkomen dan de 11,2 miljard die genoemd wordt bij 2,75 m ZSS.

¹² Kennisprogramma Zeespiegelstijging, spoor II, Systeemanalyse waterveiligheid, Bovenregionale rapportage, Rapportnummer: PR4682.10, 1 juli 2023

Overige directe effecten en kosten

De hier genoemde kosten geven nog geen compleet beeld. Op termijn zullen ook keringen waar zeespiegelstijging nog geen rol speelt versterkt moeten worden, bijvoorbeeld omdat de rivierafvoer toeneemt of de bodem daalt. Daarnaast zijn nog versterkingen van regionale keringen nodig.

Behalve aanpassingen in het hoofdwatersysteem vraagt het voortzetten van de huidige strategie ook dijkversterkingen in het regionale systeem, landgebruiksaanpassingen buitendijks. Dit is in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging niet nader beschouwd. Vanzelfsprekend wordt ook de afhankelijkheid van pompen nog groter dan die nu is omdat met de zeespiegelstijging de beschikbare periode waarin onder zwaartekracht gespuid kan worden steeds korter wordt en de periode waarin gepompt moet worden steeds langer. Daarmee neemt ook de afhankelijkheid/kwetsbaarheid van energie/communicatie/stroom/bereikbaarheid toe. Precieze informatie hierover is niet bekend. Bekende knelpunten in het regionaal systeem die bij toenemende klimaatverandering en zeespiegelstijging extra aandacht zullen vragen zijn bijvoorbeeld het ARK-NZK gebied (zie tekstkader 1) en het stroomgebied van de Dommel die bij Den Bosch in de Maas stroomt. De totale opgave in het regionale systeem is naar verwachting groot, maar er is nog geen totaalbeeld bekend.

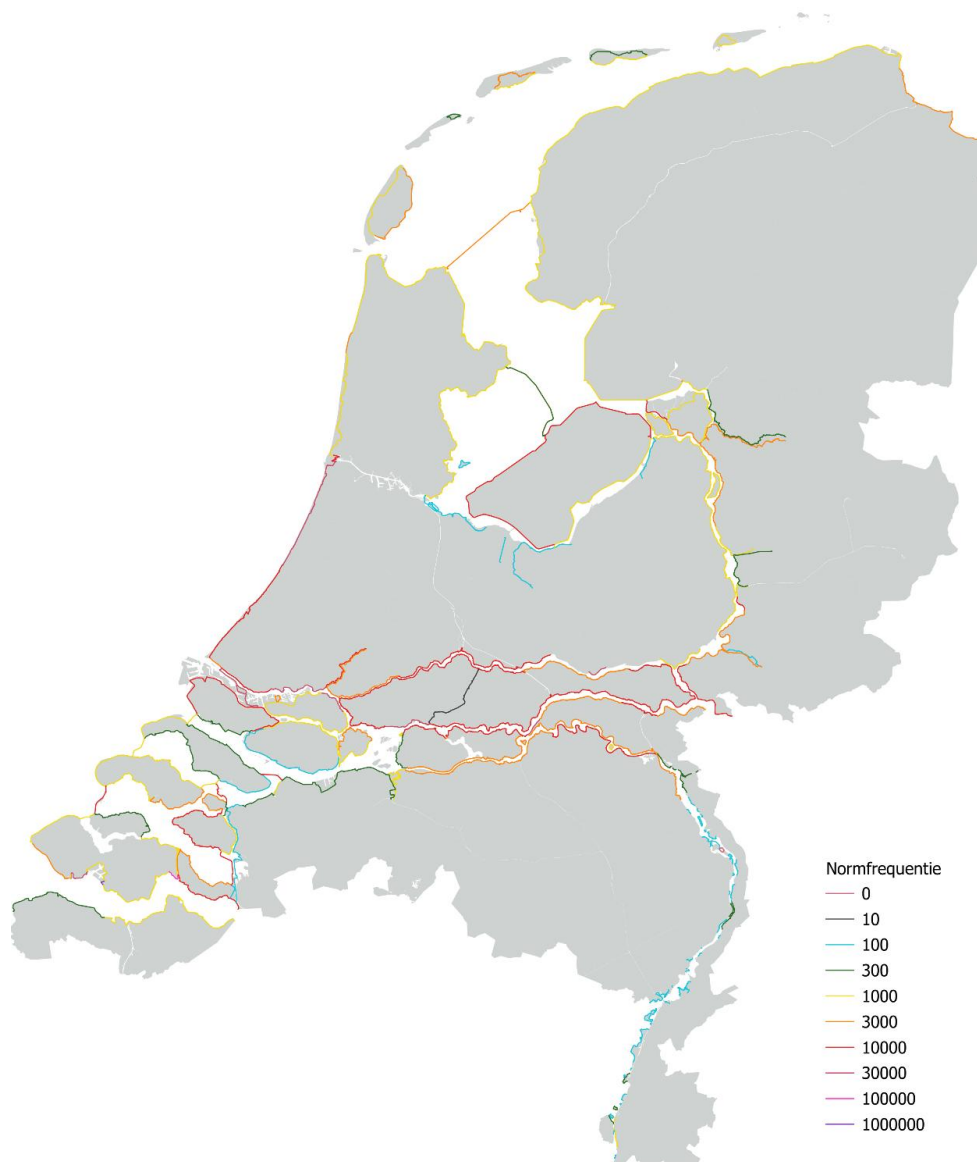
4.3 Effecten op gevaar

4.3.1 2050

Effect op kansen op doorbraak

Figuur 4-6 geeft de nieuwe doorbraakkansen horend bij de normen voor de primaire waterkeringen waaraan het systeem in 2050 moet voldoen. Deze zijn in bijna alle gevallen veel kleiner dan de kansen op doorbraak in de huidige situatie, zeker voor het rivierengebied. Voor sommige duinen die aangewezen zijn als primaire keringen kan het zijn dat de vastgestelde normkans groter is dan de actuele faalkans. Dit komt omdat de huidige faalkansen van deze duinen erg klein zijn. Deze duinen hoeven dan ook niet versterkt te worden.

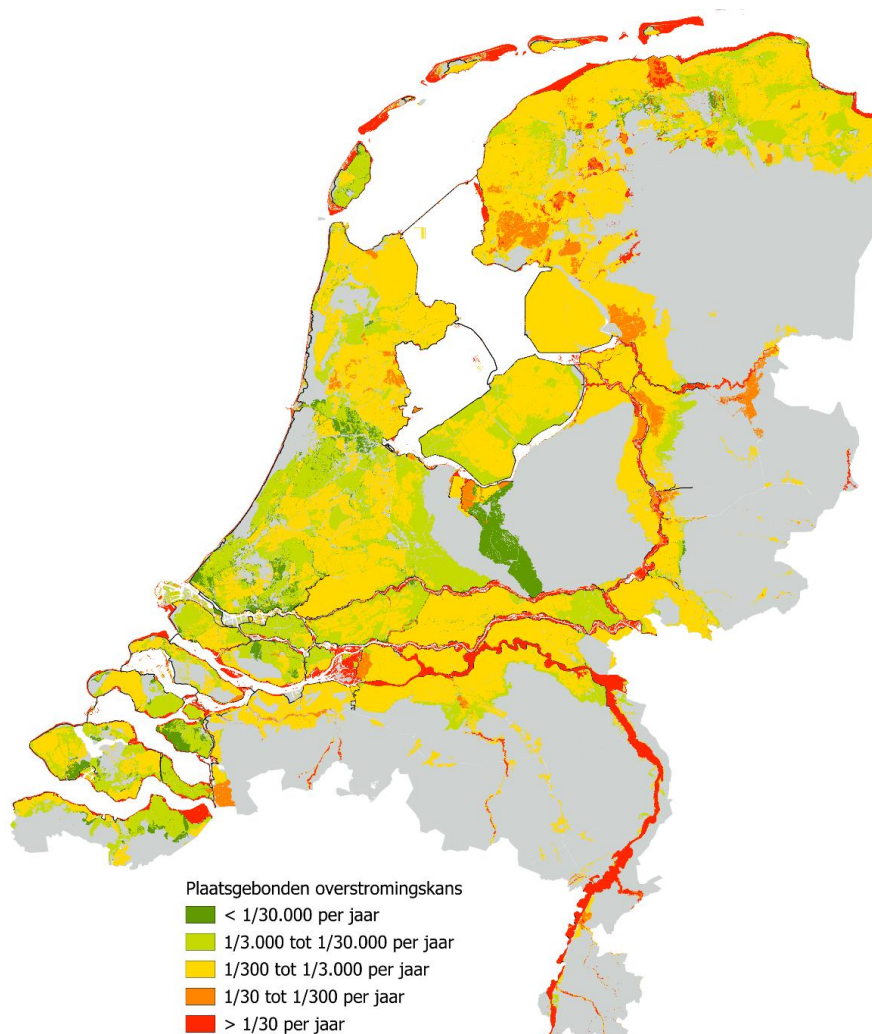
Terwijl in de huidige situatie de keringen in het riviergebieden de grootste faalkansen hebben, zullen in 2050 de faalkansen daar tot de laagste van Nederland behoren. Omdat daar de gevolgen van een doorbraak zo groot zijn, zijn de normen van dat gebied streng geworden en worden de dijken de komende decennia versterkt zodat ze zeer veilig worden en aan de normen voldoen. Dit geldt niet voor de Limburgse Maas, omdat de gevolgen van een doorbraak daar veel kleiner zijn. De kustgebieden, zeker die in Groningen-Friesland en langs de Westerschelde, hebben minder strenge normen gekregen dan het rivierengebied.



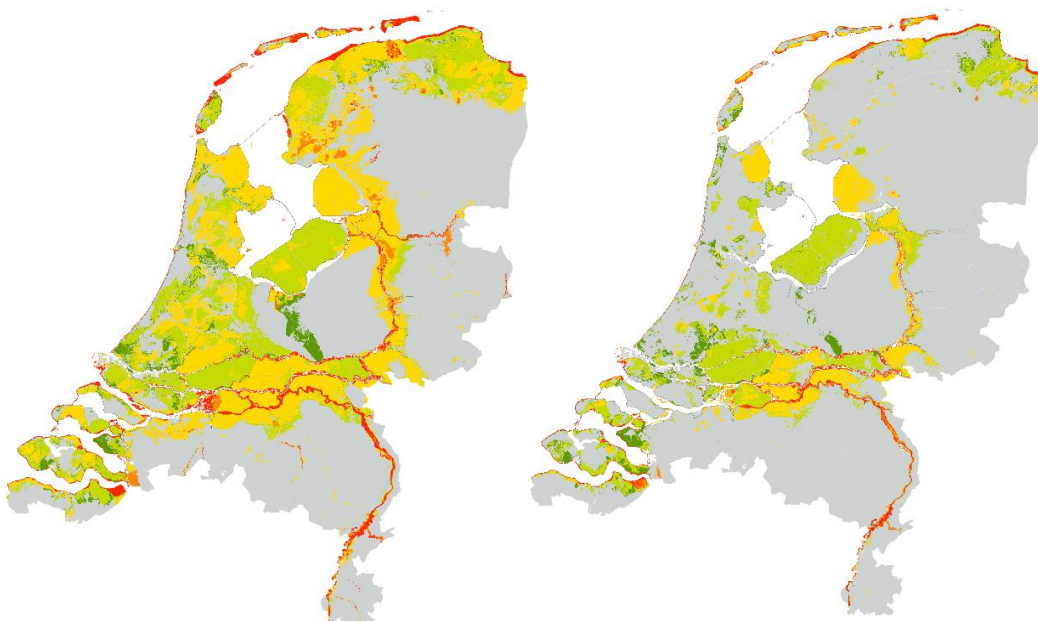
Figuur 4-6 De normkansen (ondergrens) voor de primaire keringen (1/jaar).

Verandering in overstromingskarakteristieken

De verandering in gevaar in 2050 ten opzichte van de huidige situatie wordt bepaald door de sterke reductie van doorbraakkansen ten opzichte de huidige situatie: er wordt verondersteld dat in 2050 alle keringen aan de normen voldoen. De kleine effecten van de toegenomen afvoeren en de geringe zeespiegelstijging op overstromingskansen is al meegenomen in de dijkversterking en het effect op overstromingskarakteristieken is minimaal. Het gevaar vanuit het regionale watersysteem is nauwelijks veranderd. Figuur 4-7 geeft de verwachte plaatsgebonden kans op een overstroming in 2050 vanuit zowel het regionale als hoofdwatersysteem. In vergelijking met (Figuur 3-3 en 3-4) vallen hier vooral het rivierengebied en de Flevopolder op: in de huidige situatie zijn deze gevaarlijk, maar in 2050 zijn ze veel minder gevaarlijk door de dan uitgevoerde dijkversterkingen.



Figuur 4-7 Plaatsgebonden kans op een overstroming met een waterdiepte groter dan 0 cm door overloop en/of doorbraken vanuit het hoofdwatersysteem en het regionale systeem in 2050 (LIWO Oktober 2024).



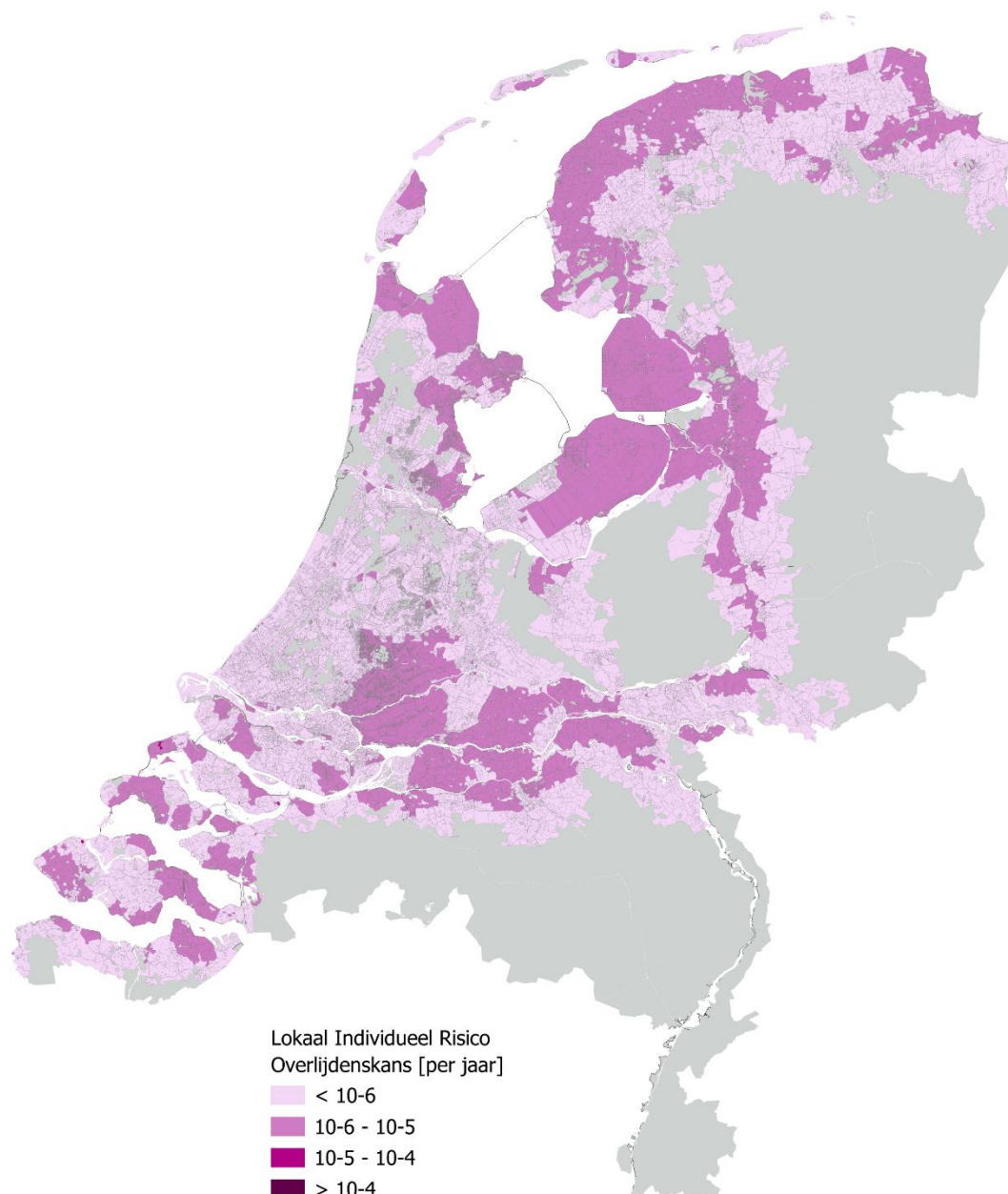
Figuur 4-8 Kans op meer dan 50 cm (links) en 200 cm rechts gegeven de overstromingskansen in 2050 (overstromingen vanuit het primaire en regionale systeem zijn beiden meegenomen).

De overige karakteristieken van overstromingen voor overstromingen van uit het hoofdwatersysteem en het regionale systeem zoals overstromingsduur, aankomsttijd en stijgsnelheid zullen enigszins kunnen toenemen t.o.v. de huidige situatie. Dit komt doordat de rivierafvoeren, zeewaterstanden en de volumes water in het regionale systeem bij een doorbraak in de toekomst waarschijnlijk iets extremer zijn dan in de huidige situatie. Dit effect is beperkt tot 2050.

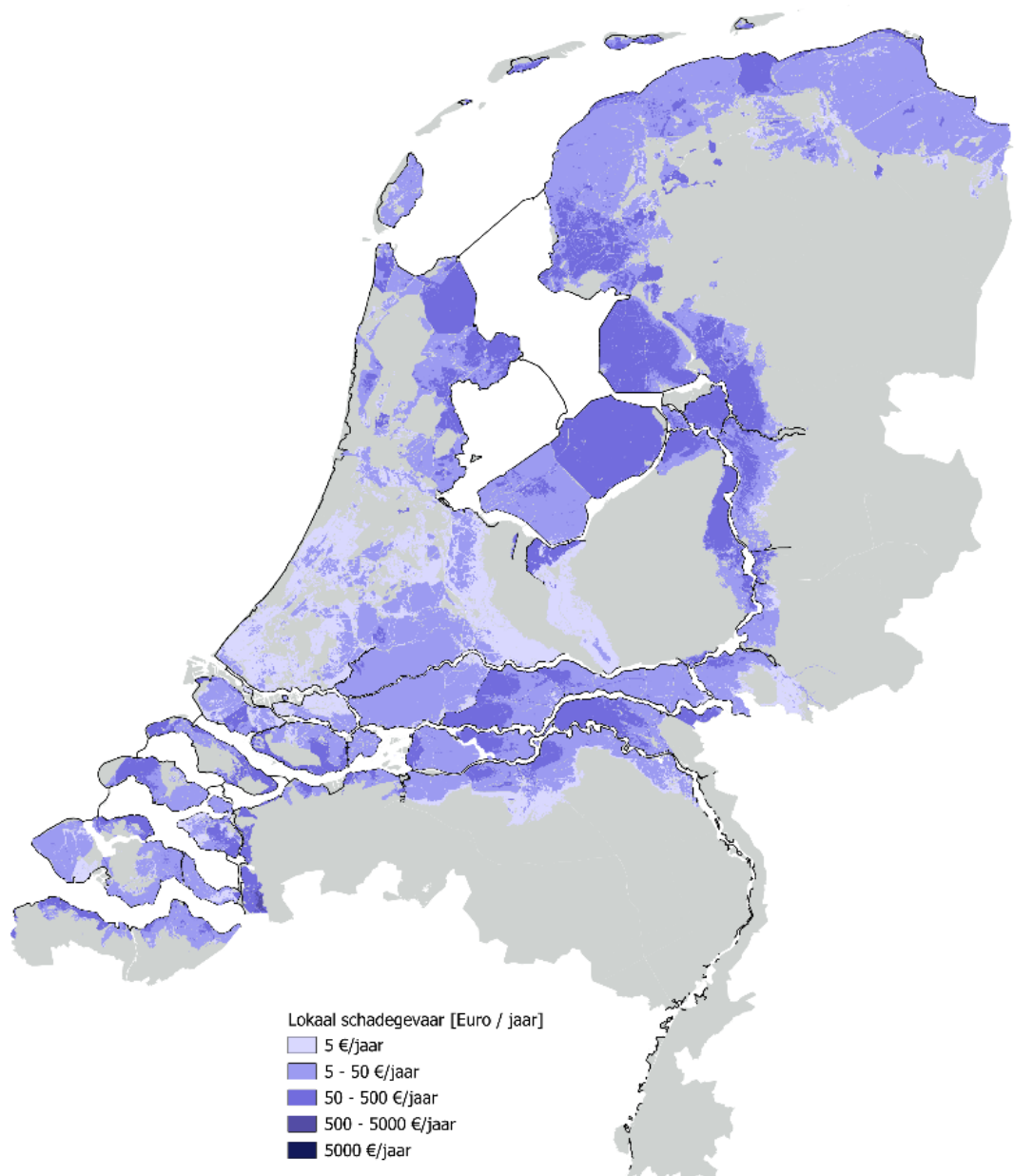
Samengestelde gevaarkaarten

Figuur 4-9 en 4-10 geven de samengestelde gevaarkaarten voor 2050. Figuur 4-9 laat zien dat in de toekomst, als de keringen aan de norm voldoen, geen enkele buurt meer een Lokaal Individueel Risico heeft groter dan 10^{-5} . De kans om te overlijden door een overstroming is dus sterk gedaald. Ook het schadegevaar is sterk gereduceerd in 2050. In het rivierengebied is dit tot een factor 100 kleiner geworden. In het regionale systeem is het lokale schadegevaar nauwelijks veranderd en daarom niet bepaald: de kansen en karakteristieken zijn daar niet significant anders dan in de huidige situatie. De schaderisico's variëren nog wel sterk van gebied tot gebied. Die in de Wieringermeer, het noordelijk deel van de Flevopolder en bijvoorbeeld aan de noordrand van Zeeuws Vlaanderen lijken nog erg hoog 5000 euro per jaar per eengezinswoning. Deze kaart of soortgelijke kaarten zouden benut kunnen worden bij de keuze voor nieuwbouwlocaties wanneer een criterium is om minder in gevaarlijke gebieden te bouwen¹³.

¹³ Er is een landelijk afweegkader klimaatbestendig bouwen in ontwikkeling, zie: [Ruimtelijk afwegingskader klimaatadaptieve gebouwde omgeving](#). Ook zijn er geschiktheidskaarten voor bebouwing gemaakt in de studie óp waterbasis' [11206890.pdf](#)



Figuur 4-9 Lokaal Individueel Risico behorend bij de normen in 2050 van de primaire keringen (LIWO Oktober 2024).



Figuur 4-10 Lokaal Schadegevaar behorend bij vastgestelde normen van de primaire keringen in 2050 (LIWO Oktober 2024).

4.3.2

2100

In 2100 is volgens de twee context scenario's de zeespiegel gestegen met 27 à 84 cm. Ook de rivierafvoer is dan gestegen zoals toegelicht in paragraaf 4.1 Ondanks deze veranderingen wordt hier uitgegaan van voortzetten van het huidige beleid, en dus het handhaven van de huidige waterveiligheidsnormen en werking van het watersysteem (zie paragraaf 4.2).

Doordat er geïnvesteerd wordt in het handhaven van de huidige normen, veranderen de faalkansen van de waterkeringen en daarmee de kansen op overstroming in de beschermde gebieden niet. De overstromingskarakteristieken passend bij een doorbraak veranderen wel: door de hogere rivierafvoeren en de hogere zeewaterstanden hoort immers bij eenzelfde norm een meer extreme situatie. Bij een doorbraak kan de waterdiepte, het overstroomd gebied, de stijgsnelheid, en de duur van de overstroming toenemen.

Ook kan de instroomsnelheid toenemen waardoor bewoonde gebieden sneller bereikt worden door het binnenstromende water wat leidt tot een grotere kans op slachtoffers. De grootte van het effect van klimaatverandering op de overstromingskarakteristieken bij een doorbraak verschilt tussen het hoofdwatersysteem en het regionale systeem.

Hoofdwatersysteem

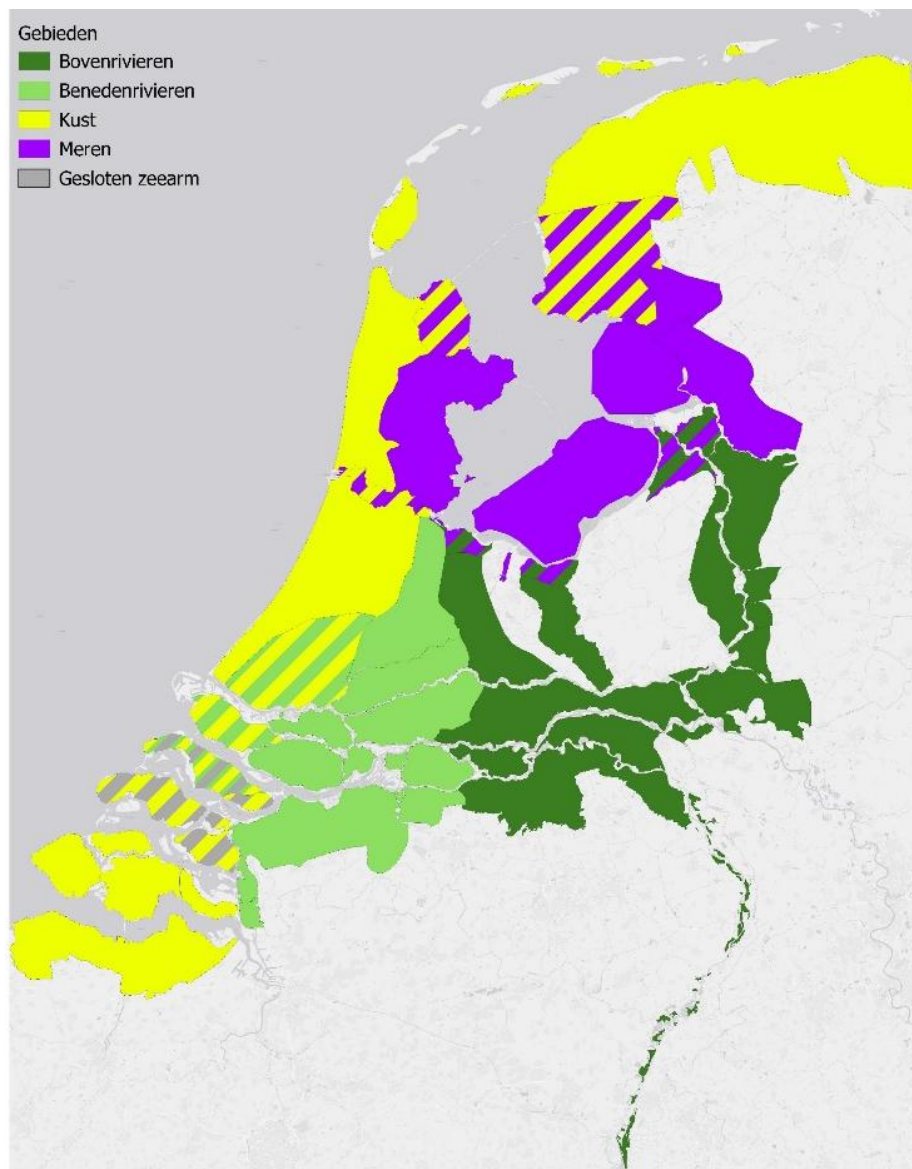
In het hoofdwatersysteem verschilt het effect van klimaatverandering en zeespiegelstijging op overstromingskarakteristieken per regio en per doorbraaklocatie en hangt van:

- De mate van zeespiegelstijging en afvoertoe name
- De snelheid waarmee de bres kan worden gedicht: kan dit na 2 dagen, 2 weken of duurt dit nog langer.
- De hoogte van het achterland achter de dijk ten opzichte van de zeespiegelstijging: dit bepaalt immers hoe snel het water naar binnen stroomt en ook of het water weer door het gat naar buiten kan stromen bij eb na het hoogwater. Ook bodemdaling speelt hier nog een extra rol.
- Grootte van het bedreigd gebied: bij kleine gebieden zoals Keent, Pernis of de Bommelerwaard overstroomt ook nu al in veel doorbraaksituaties het gehele gebied. Door klimaatverandering wordt dit gebied dan niet meer groter (wel dieper). Bij grote gebieden zoals bij een doorbraak van de Lek bij Amerongen of in andere grote riviergebieden zal het overstroomd gebied toenemen bij toenemende buitenwatercondities.
- Compartimentering in het gebied: wanneer er achter de bres een obstakel ligt, wordt het daarachter snel diep, waardoor de instroom beperkt wordt (het verhang wordt immers kleiner). Ook kunnen de gebieden achter het compartimenterend element (dijk, kade of verhoogde weg) pas overstroomd raken als dit element overloopt of bezwijkt. In niet-gecompartimenteerde gebieden kan het water gemakkelijk wegstromen en is het effect van zeespiegelstijging op de grootte (of omvang) van het overstroomd gebied in eerste instantie groter.

Deze factoren verschillen tussen verschillende regio's in Nederland en het effect is samengevat in Tabel 4-5. De effecten zijn het grootst voor het benedenrivierengebied en de kust.

Tabel 4-5 Effecten van klimaatverandering en zeespiegelstijging in verschillende regio's van Nederland (zie Figuur 4.11 voor de regio's).

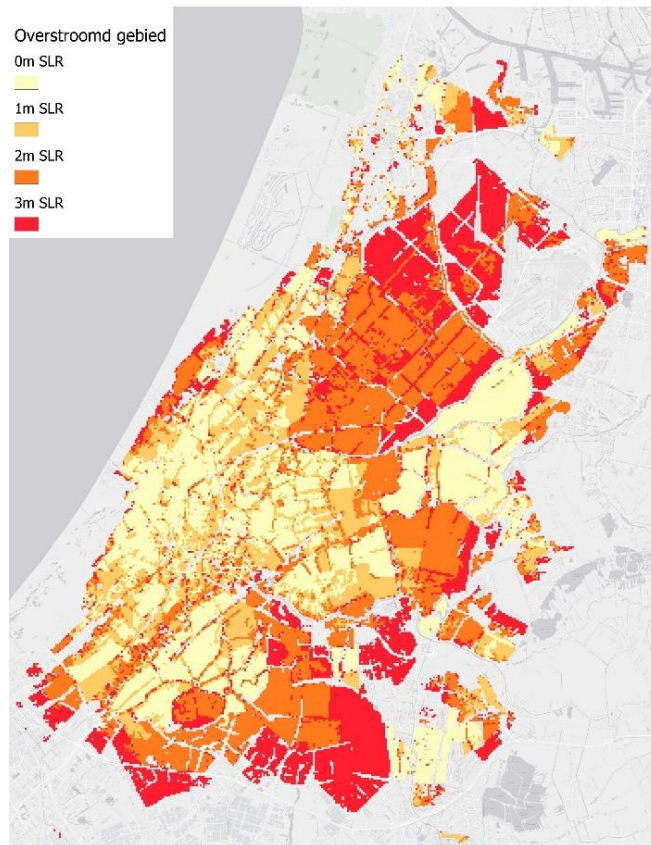
Regio	Effect klimaat op buitenwater	Effect op overstromingskarakteristieken
Kust	Piek en gemiddelde waterstand neemt toe	Groot effect bij meer extreme klimaatscenario's: In gecompartmenteerde gebieden zoals Zuid-Holland: - Bij gebieden direct achter de bres neemt diepte enigszins toe, aankomsttijd af, stijgsnelheid toe en ook de duur van overstroming toe. De diepte blijft ongeveer gelijk aan de hoogte van de laagste dijk/kade die immers dan zal gaan overlopen waardoor een buurgebied ook onderloopt. - Gebieden ver van de bres kunnen nu ook overstromen, en dit gebeurt eerder dan bij lagere zeewaterstanden, de diepte wordt maximaal ongeveer gelijk aan de hoogte van de laagste dijk/kade. - Het aantal gebieden of de grootte van het overstroomd gebied hangt af van de mate van zeespiegelstijging en de snelheid van dichten van de bres. In niet- of minder gecompartmenteerde gebieden waarbij het overstroomd gebied nu nog niet beperkt is door compartimenterende elementen neemt de omvang van het overstroomd gebied toe en zal de waterdieptetoename beperkt zijn.
IJsselmeer gebieden	Gemiddelde waterstand neemt niet of maximaal 30 cm toe	Beperkt effect in alle scenario's - Zolang de Afsluitdijk intact blijft, is het volume in het IJsselmeer bepalend. Deze verandert bij het huidige peilbeheer niet of nauwelijks. Als deze 30 cm stijgt, dan wordt de waterdiepte van grote gebieden als Flevoland ongeveer 15 cm groter, en van hele kleine gebieden mogelijk iets meer tot maximaal 30 cm. Gegeven alle onzekerheden is dit verschil verwaarloosbaar. - Wanneer de kansverdeling van extreme peilen verandert en hoge peilen vaker optreden, dan kan bij doorbraak, de waterdiepte in het overstroomd gebied wel toenemen. Het effect is naar verwachting beperkt.
Boven-rivieren	Afvoer neemt toe, mits de afvoercapaciteit van de Duitse Rijn vergroot wordt. Afvoer van Maas en Vecht nemen toe	Beperkt effect in extreme scenario's: - De overstromingsscenario's die beschikbaar zijn voor zeer extreme condities worden nu representatief voor doorbraken bij ontwerpcondities. In kleine gebieden die geheel vollopen is het effect nihil. In grote gebieden wordt de waterdiepte groter, vooral in het benedenstroomse deel van de rivierdijkeringen.
Beneden-rivieren	Zeespiegelstijging en afvoertoeename Stormvloedkering vaker dicht, waardoor kans op hoge rivierafvoer bij gesloten kering toeneemt.	Groot effect vooral in de meer extreme scenario's - Hier geldt grotendeels hetzelfde als voor de kust, met het verschil dat ook situaties met een beperkte storm in combinatie met een hoge rivierafvoer tot overstroming kunnen leiden: daarbij duurt het hoogwater langer dan bij een storm en zal de instroom dus groter zijn.
Gebieden aan gesloten zeearmen	Geen of nauwelijks toename waterstanden	- Hier verandert er nauwelijks iets aan de peilen dus ook niet aan het gevaar.



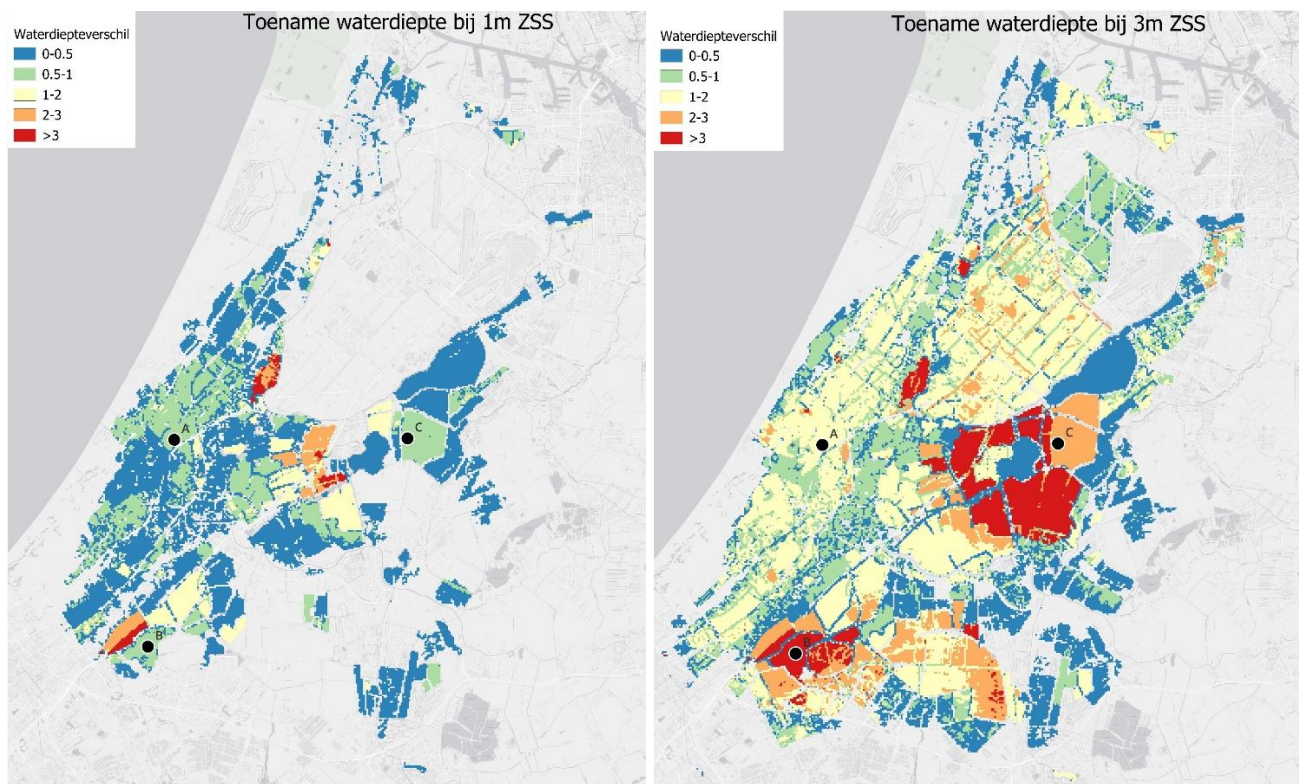
Figuur 4-11 Indicatie van de in Tabel 4-5 onderscheiden regio's.

Gebieden langs de kust met brede duinen zijn ook in de geschetste scenario's nog zeer veilig en hebben een zeer kleine kans op overstroming. Denk hierbij aan bijvoorbeeld de duingebieden bij Den Haag, Katwijk, in Noord-Holland en ook op Schouwen-Duiveland. De meest kwetsbare gebieden zijn gebieden met een dijk of smalle duin.

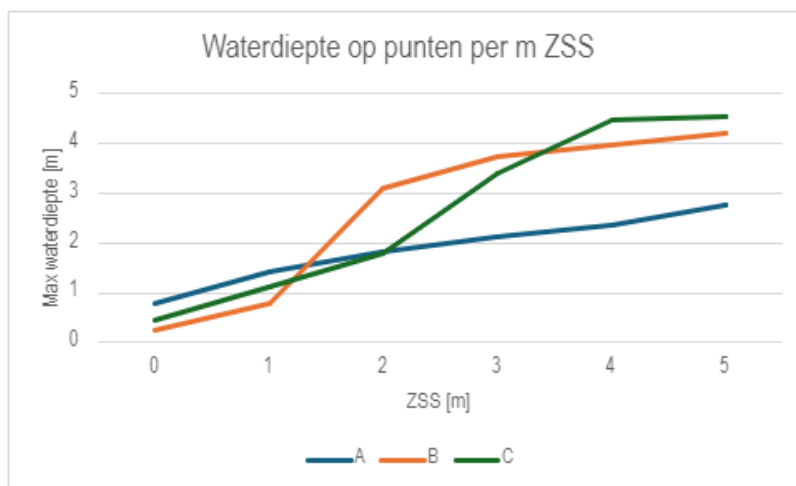
Voor een doorbraak bij Katwijk is een nadere analyse uitgevoerd. Figuur 4.12, 4.13 en 4.14 laten het effect zien van zeespiegelstijging op de waterdiepte en het overstroomd gebied bij toenemende zeespiegelstanden bij een doorbraak van Katwijk. Bij een doorbraak bij Katwijk stroomt het (zoute!) water direct het regionale watersysteem in, waardoor het zich snel kan verspreiden en een groot gebied overstroomt, ook in de huidige situatie. De overstromingssimulatie van de eerste 96 uur na de bres is bekeken. De waterdieptes in vooral de oostelijke en noordelijke gebieden nemen na 96 uur nog toe. Het is mogelijk dat na 96 uur de bres nog niet gedicht is en er meer water binnenstroomt. Het overstroomd gebied zal dan nog toenemen en ook de waterdieptes in de noordelijke en oostelijke gebieden nemen dan nog toe.



Figuur 4-12 Toename van het overstroomd gebied bij een doorbraak bij Katwijk bij een zeespiegelstijging van 1,2 of 3 m (de eerste 4 dagen zijn bekeken, bij een langere doorlooptijd zal het gebied nog verder toenemen).

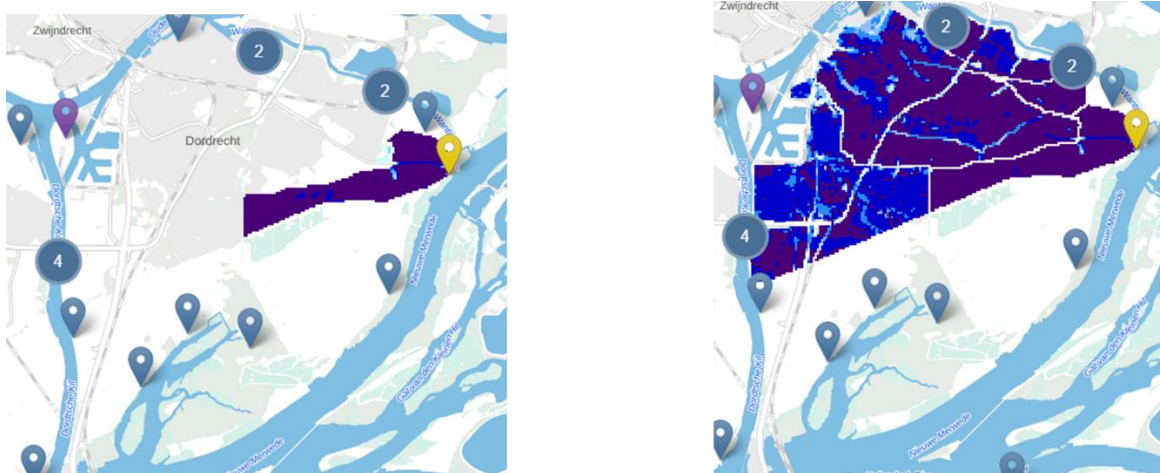


Figuur 4-13 Toename van de waterdiepte bij 1 m zeespiegelstijging (links) en 3m (rechts) gegeven een doorbraak bij Katwijk. (alleen de eerste 4 dagen zijn bekeken, bij een langere doorlooptijd van de instroom zal de waterdiepte nog verder toenemen).



Figuur 4-14 Toename van de waterdiepte als functie van zeespiegelstijging voor de punten A, B en C in figuur 4.15 (alleen de eerste 4 dagen zijn bekeken, bij een langere doorlooptijd van de instroom zal de waterdiepte nog verder toenemen).

In het benedenrivierengebied worden hoogwaterstanden bepaald door de combinatie van stormopzet en hoge rivierafvoer. In de toekomst kan de maatgevende combinatie gaan veranderen, bijvoorbeeld als rivierafvoeren vaker samenvallen met een gesloten Maeslantkering. Hierbij kan het risico stijgen: immers de gevolgen van een doorbraak door een hoge rivierafvoer zijn groter dan bij storm: dit omdat bij storm de waterstand na hooguit een dag weer zakt, terwijl bij een hoge rivierafvoer de hoge waterstanden mogelijk langer kunnen aanhouden en de instroom dus groter zal zijn (zie Figuur 4-15).



Figuur 4-15 Verschil tussen een doorbraak bij de maatgevende waterstand (De waterstand waarop de dijk ontworpen is) in een situatie waarin deze waterstand is veroorzaakt door storm met gesloten Maeslantkering in combinatie met een hoge rivierafvoer (ongeveer eens in de 10 jaar afvoer) (Hoek van Holland 3,25 m +MNAP, Rijnafvoer is 10000 m³/s) (links) en door een hoge rivierafvoer van 13500 m³/s in combinatie met een verhoogde zeewaterstand en open kering (orde 1/100 per jaar afvoer in combinatie met een piekwaterstand op zee van 2,25 m bij Hoek van Holland) (rechts).

Buitendijkse gebieden

Voor buitendijkse gebieden neemt de frequentie van overstromen wel toe en kan ook de waterdiepte bij overstroming groter worden (als bv het sluitpeil van de Maeslantkering wordt verhoogd). De reden hiervoor is dat de overschrijdingskans gegeven een waterstand toe zal nemen als gevolg van klimaatverandering. Deze veranderingen zijn locatie-specifiek, wat wil zeggen dat het op de ene locatie extremer kan zijn dan op de andere locatie.

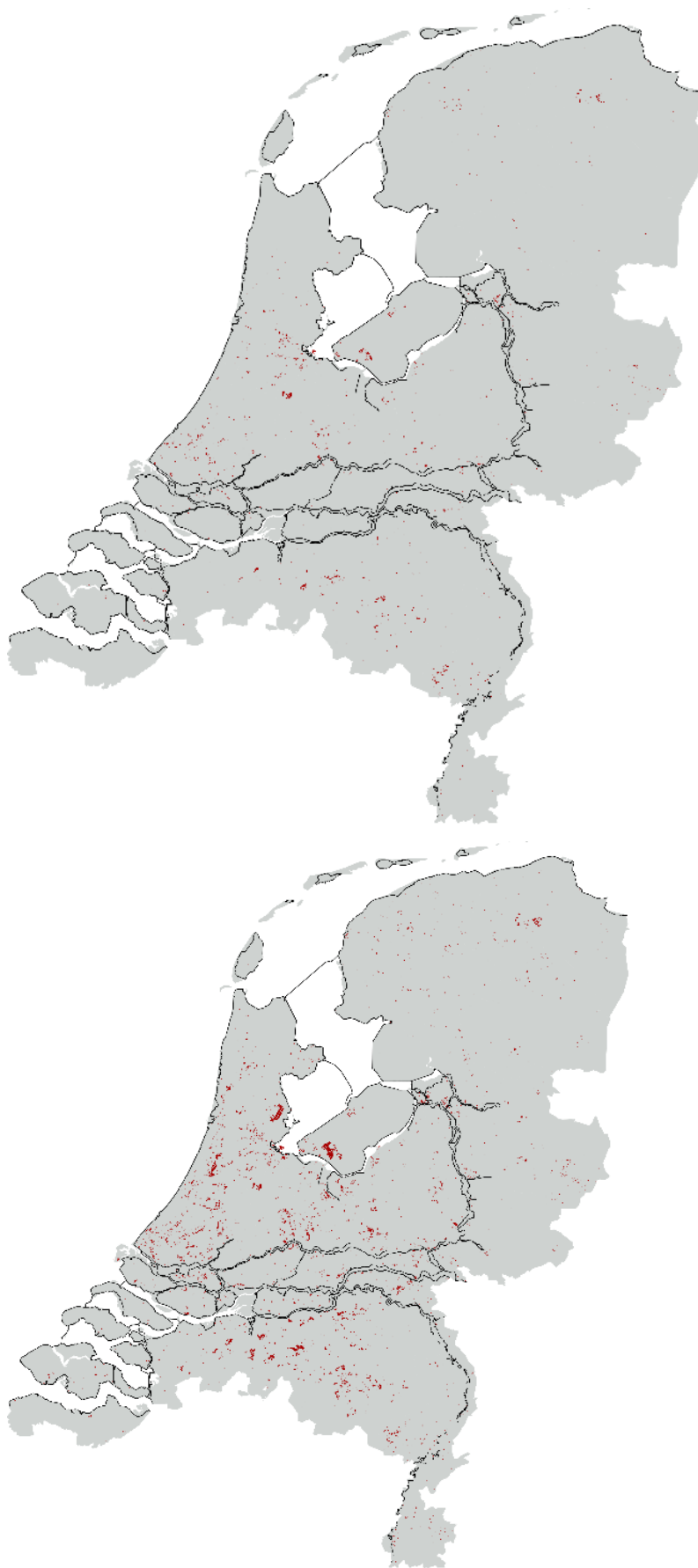
Regionaal systeem en wateroverlast

Voor het regionale systeem zijn nog weinig gegevens bekend over de situatie in 2100. Het is de verwachting dat extreme neerslag zal toenemen, maar er is nog geen inschatting voor het effect op grootschalige neerslag gegeven. Ook zullen door hogere zeewaterstanden de regionale systemen die uitstromen in de zee of het benedenrivierengebied vaker of altijd moeten pompen. De pompcapaciteit is meestal kleiner dan de afvoercapaciteit bij vrij verval. Dit betekent dat extreme neerslag minder snel kan worden weggepompt en dat meer water tijdelijk zal moeten worden geborgen in het watersysteem of in noodoverloopgebieden. Uitgaande van huidig beleid en dus van het aanpassen van het watersysteem betekent dit dat er grotere volumes water uit het watersysteem het land in kunnen stromen bij een doorbraak. Ook kunnen onbeschermd gebieden vaker en ernstiger onderlopen. Voor iedere locatie is mogelijk een oplossing te vinden. Echter een overall beeld op nationaal niveau van alle knelpunten en maatregelen die nodig zijn is niet beschikbaar. Aangezien dit in totaal een grote opgave kan zijn, is dit te beschouwen als een kennisleemte.

4.4 Effecten op gevolgen

Door economische groei nemen de gevolgen van overstromingen toe. Als de economische groei zich volledig zou vertalen in een toename van de potentiële schade, dan is de toename een factor 1,17 in 2050 en 1,44 in 2100, voor respectievelijk het beperkt en sterk risicoverhogende contextscenario. Als echter de kwetsbaarheid verandert, als bijvoorbeeld de waardetoeename in “the cloud” zit, en niet in fysieke gebouwen, bedrijven en locaties, dan kan de toename van het risico minder groot zijn. Andersom kan de potentiële schade ook meer stijgen als de kwetsbaarheid juist groter wordt dan nu. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren als de economie nog meer afhankelijk wordt van stroom en communicatienetwerken en deze langdurig uitvallen. Aangezien de relatie tussen economische groei en schadetoename niet in detail bekend is, wordt hier uitgegaan van een ruimtelijke homogene toename van de potentiële gevolgen die gelijk is aan de landelijk verwachte economische groei.

Om toch ook een meer gedifferentieerd beeld te krijgen en ook de scenario's te kunnen vergelijken is verder nog gekeken naar de locatie van de nieuwe woongebieden in 2050 in beide context scenario's (zie paragraaf 4.1.2 en Figuur 4-16). Om de toename van de kwetsbaarheid door de 'nieuwe woongebieden' te onderzoeken, is bepaald hoeveel procent van de nieuwe gebieden zich in potentieel overstroombaar gebied bevindt. De resultaten hiervan zijn getoond in Tabellen 4-6 en 4-7.



Figuur 4-16 Nieuw woongebied in de kaart Ruim-Laag (boven) en Stoom-Hoog (onder) in 2050.

Tabel 4-6 Analyse ligging nieuwe woongebieden in het scenario Ruim-Laag in 2050.

Type overstroming	Oppervlakte nieuw woongebied in bedreigd gebied [ha]	Percentage totale oppervlakte
Binnendijks	5.862	54%
Buitendijks	151	1%
Geen	4.826	45%
Totaal	10.839	100%

Tabel 4-7 Analyse ligging nieuwe woongebieden in het scenario Stoom-Hoog in 2050.

Type overstroming	Oppervlakte nieuw woongebied in bedreigd gebied [ha]	Percentage totale oppervlakte
Binnendijks	24857	58,93%
Buitendijks	573	1,36%
Geen	16748	39,71%
Totaal	42178	100,00%

De tabellen laten zien dat in het scenario Stoom-Hoog bijna vier keer zo veel nieuw woongebied wordt bijgebouwd tot 2050 dan in het scenario Ruim-Laag. In beide scenario's ligt het percentage van het nieuwe woongebied dat valt in potentieel overstroombaar gebied boven de 50%.

4.5 Effecten op risico's

De risico's nemen in de toekomst eerst af door de dijkversterkingen in het hoofdwatersysteem. Ze nemen toe door economische ontwikkelingen. Een indicatie van het effect van beiden is gegeven in Tabel 4-8. De risicogetallen daarin zijn eenvoudigweg berekend door de risico's op alle locaties te sommeren zonder rekening te houden met afhankelijkheden. Dit leidt tot een overschatting en daarom moeten deze getallen gezien worden als een indicatie. Ook zijn de schaderisico's doorgerekend voor economische groei van de verschillende contextscenario's. Hierbij wordt er van uit gegaan dat het economische groei percentage in heel het land gelijk is en dat de schade evenredig meegroeit met de economische waarde.

Het overzicht laat duidelijk zien dat het risico gerelateerd aan overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem door de dijkversterking sterk afneemt van 1383 in 2023 naar 133 miljoen euro per jaar in 2050. Door economische groei neemt het risico weer enigszins toe, maar het reducerende effect van de dijkversterkingen domineert. In het regionale systeem is zowel voor de huidige als toekomstige situatie uitgegaan van watersystemen die aan de (huidige) normen voldoen. Daar nemen de risico's in de tijd toe door economische groei.

Tabel 4-8 Schaderisico's in de verschillende scenario's (gebaseerd op overstromingen vanuit het hoofd- en regionaal watersysteem).

Contextscenario	ESR Hoofdwatersysteem [M€/jaar]	ESR Regionale water systeem [M€/jaar]
Huidig	1383	533
2050, geen economische groei	133	533
2050, 17% economische groei	156	623
2050, 94% economische groei	258	1034

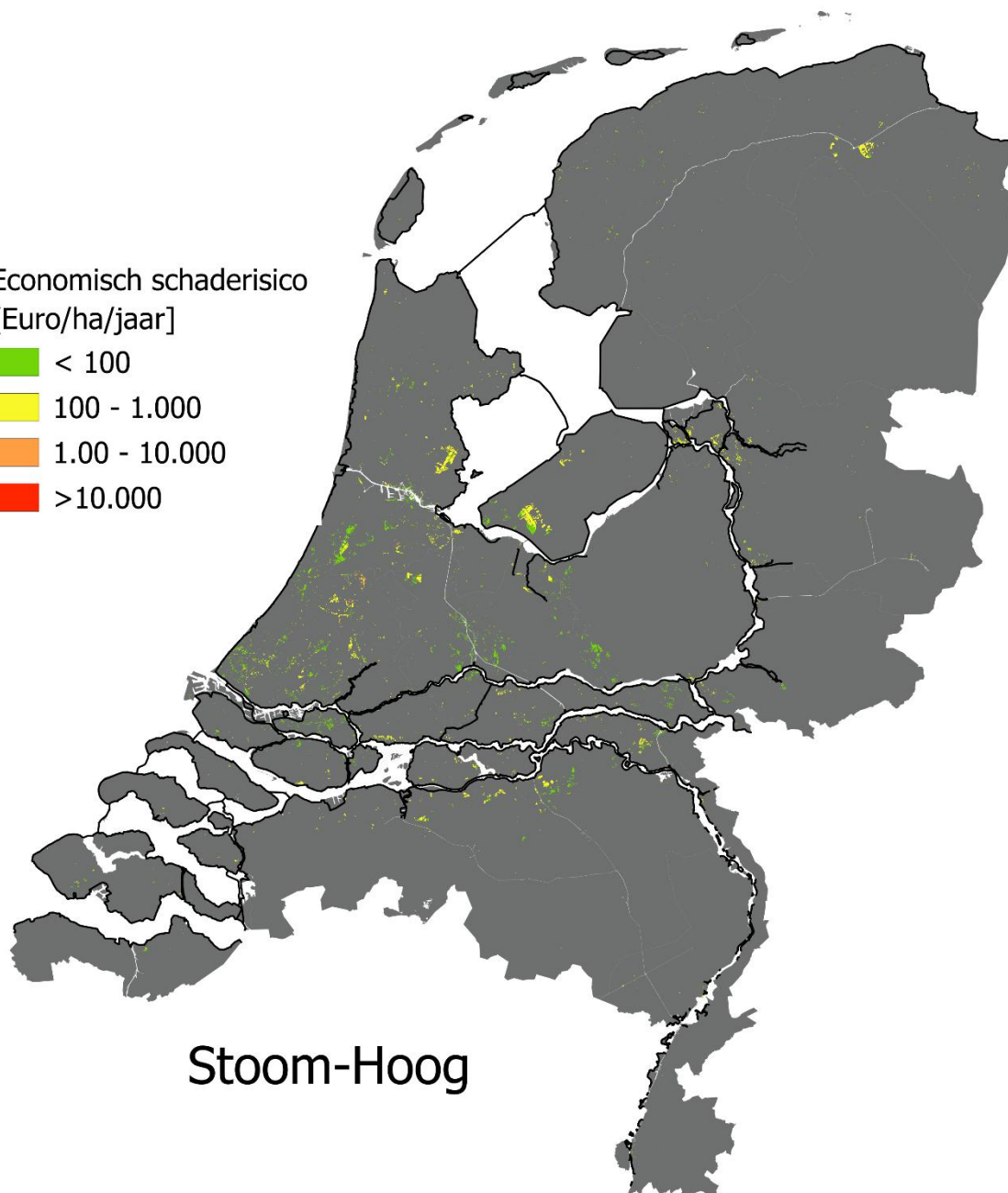
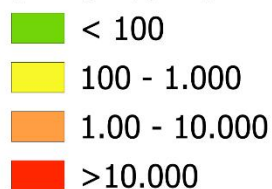
De tabel laat zien dat momenteel de bijdrage aan het overstromingsrisico vanuit het hoofdwatersysteem aanzienlijk groter is dan vanuit het regionale systeem, maar dat in de toekomst de risicobijdrage vanuit het regionale systeem dominant is voor het totale risico. Dan neemt het schaderisico door overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem met ongeveer een factor 10 af door dijkversterking (en toe door economische groei), waar het schaderisico uit het regionale systeem alleen toeneemt door economische groei.



Figuur 4-17 Economisch schaderisico van doorbraken in het hoofdwatersysteem. Behorend bij de normen van 2050 zonder economische groei, met economische groei wordt de schade gemiddeld een factor 1,17 groter en het risico dus ook.

Door de Lokaal Schade Gevaar kaart van Figuur 4.10 te vermenigvuldigen met het raster van nieuwe woongebieden uit Figuur 4.3 krijgen we een eerste grof inzicht in het potentieel toegevoegde schaderisico van de nieuwe woongebieden in beide scenario's. Om te komen tot een indicatie van de risicotename door deze nieuwe gebieden is aangenomen dat per nieuwe woongebied rastercel van 25x25 m gemiddeld twee standaard eengezinswoningen worden gebouwd. Figuur 4.18 laat zien dat het extra toegevoegde schaderisico zich vooral bevindt in de Randstad en ook deels bij Groningen. Deze toename wordt alleen veroorzaakt door toename in aantallen huizen. Als, in de toekomst, ook de overstromingskarakteristieken ernstiger worden (de diepte groter, overstromingsduur langer ed.), zal de risicotename nog wat groter zijn.

Economisch schaderisico
[Euro/ha/jaar]



Figuur 4-18 Toegevoegd schaderisico op basis van de nieuwe landgebruiksk kaart van Stoom-Hoog en het Lokaal Schadegevaar. Er wordt uitgegaan van een standaard eengezinswoning en het Lokaal Schadegevaar van 2050.

4.6 Conclusie en discussie

Invulling strategie

Het voortzetten van het huidige beleid, “business as usual” is hier ingevuld als ‘het handhaven van de bestaande normen voor watersystemen” en dus het gelijk houden van faalkansen van keringen en wateroverlast. Dit adaptatiescenario leidt tot de noodzaak van extra inspanning op de maatregelen die nu ook al genomen worden.

Implicaties

Tot 2050 is dit al uitgewerkt en vol in gang gezet. Na 2050 is dit niet het geval. Uit de tussenbalans van het kennisprogramma zeespiegelstijging komt naar voren dat de BAU-strategie technisch haalbaar is, zeker tot 2100 bij de hier gebruikte scenario's. In de tussenbalans is echter vooral gekeken naar de kosten voor versterking van dijken en ontbreekt nog de informatie over de aanpassing van kunstwerken zoals sluizen, stuwen, uitwateringsconstructies, buitendijkse gebieden, havens etc. De tussenbalans geeft alleen informatie over overstromingsrisico's horend bij doorbraken van keringen vanuit het hoofdwatersysteem. De opgave gerelateerd aan het handhaven van de normen in het regionale systeem en wateroverlastnormen is nog niet goed in beeld.

Effect op risico's

Bij voortzetting van het huidige beleid zal in eerste instantie het risico afnemen, met name door de geplande dijkversterkingen van de dijktrajecten die nu het meest bijdragen aan het overstromingsrisico van Nederland. Als daarna de faalkansen niet toenemen doordat de dijken steeds verder versterkt worden, dan neemt het risico alleen toe door economische groei, bevolkingsgroei en doordat er bij doorbraken meer water naar binnen zal stromen. Er zullen bij een doorbraak bij hogere rivier- en/of zeewaterstanden grotere gebieden overstroomd kunnen worden, de waterdieptes worden iets groter en ook zal het lastiger worden om de gebieden weer droog te krijgen. De duur van overstromingen en de duur tot herstel nemen dus in de tijd toe. Ook al neemt de kans op een overstroming niet meer toe in deze strategie, toch zal in de toekomst een overstroming wel tot een grotere ramp leiden dan nu het geval zal zijn. Dit effect is eerst heel klein, maar de toename van de kwetsbaarheid wordt significant groter richting 2100, zeker in de kust en het benedenrivierengebied.

Voor het regionaal systeem is het effect van het voortzetten van het huidige beleid het minst bekend. Hier geldt dat de opgave onduidelijk is, en ook de effecten van het vaker meemaken van overlast op de maatschappij zijn niet goed onderzocht. Bovendien is de opgave voor het aan de normen laten voldoen van de systemen niet bekend. Hier worden momenteel verkenningen voor gedaan.

Discussie

De hier getoonde informatie is vooral gebaseerd op het verwachte effect op de overstromingskansen en maximale waterdiepte. Het effect op de aanloop en met name de afwikkeling van overstromingen en het herstel is nog niet goed onderzocht. Wat er kan gebeuren als een grote rivierafvoergolf de Rijn afkomt, een extreme storm of een combinatie van beiden en hoe dat verandert van de huidige situatie naar de toekomst en of Nederland in staat is snel te herstellen, ook in de toekomst zijn vragen die extra aandacht vragen. Om deze vragen te beantwoorden is nader onderzoek nodig naar respons en herstel en lange termijn effecten.

Kennisvragen die nog niet beantwoord zijn, zijn dus:

- Wat is de opgave van het BAU voor het regionale systeem?
- Wat zijn de effecten van sociaaleconomische-ontwikkelingen op het economisch risico (verandert de potentiële schade evenredig met de economische groei)?
- Hoe verandert de veerkracht van Nederland: hoe verandert het effect van extreme gebeurtenis op de maatschappij, het vermogen om te herstellen en de duur van de impacts?
- Zijn de normen nog wel passend als het risico stijgt? Is overgang naar andere normen en/of een adaptatiestrategie dan niet logischer als gekeken wordt naar de criteria achter de normen (efficiency, eerlijkeheidsbeginsel en beperken van maatschappelijke ontwrichting)?

5 Adaptatiescenario's: Intensiveren en Transformeren

5.1 ¹⁴Adaptatiescenario Intensiveren

5.1.1 Invulling van de strategie

In het adaptatiescenario “intensiveren” worden maatregelen vooral gericht op het zoveel mogelijk in stand houden van de huidige landgebruiksmogelijkheden. De nadruk ligt hierbij op technische maatregelen. Dit scenario lijkt voor waterveiligheid sterk op het “business as usual” adaptatiescenario.

Een belangrijk verschil is dat in de BAU uitgegaan is van het handhaven van de huidige veiligheid, het huidige systeem en de huidige normen, terwijl in dit adaptatiescenario ruimte is voor de vraag “wat is de gewenste veiligheid”? In dit adaptatiescenario worden uitdagingen in de BAU zoals het toenemen van overstromingsrisico's en het toenemen van de kwetsbaarheid door een moeilijker herstel tegengegaan door het heroverwegen van de normen voor waterkeringen en het versterken van keringen en aanpassen van het watersysteem. De normen voor de waterkeringen zullen aangepast worden wanneer dit bijvoorbeeld vanuit efficiëntie, (kosten-batenanalyse), individueel risico (op basis van het gelijkheidsbeginsel) en groepsrisico's (beperken sociale ontwrichting) wenselijk is.

Dijkversterkingen en aanpassen van het watersysteem worden in dit adaptatiescenario aangevuld met maatregelen als verzekeringen, en noodmaatregelen zodat de impact van eventuele doorbraken in keringen beperkt kan blijven. In de strategie wordt uitgegaan van het huidige landgebruik, de huidige economische activiteiten en autonome groei.

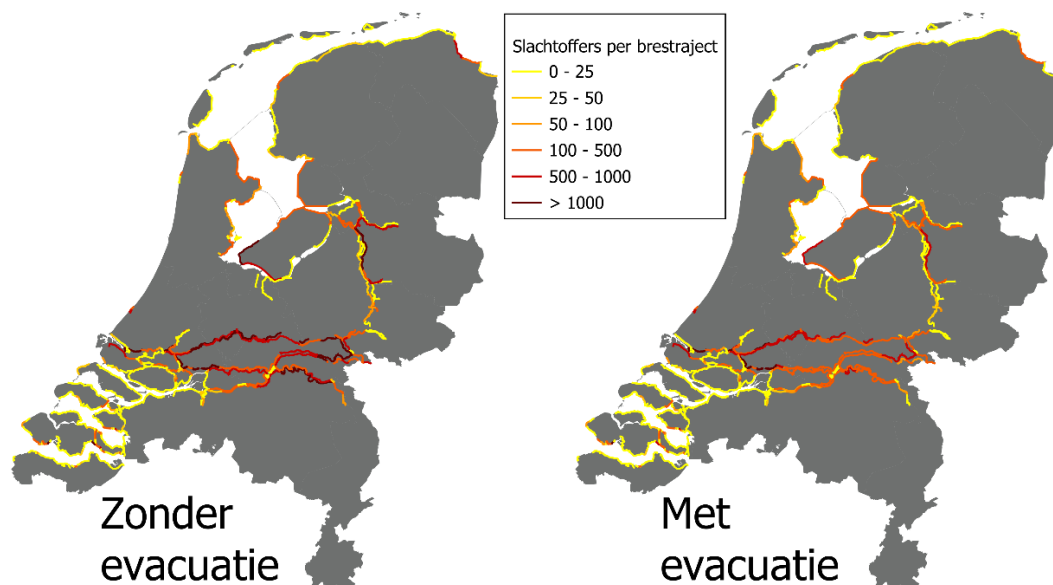
Belangrijke ingrediënten van dit adaptatiescenario zijn voor waterveiligheid dus:

- Dijkversterkingen en aanpassen van stormvloedkeringen, stuwen, en andere kunstwerken om te frequente overstromingen te voorkomen. Hierbij worden ook innovatieve dijkversterkingen meegenomen;
- Vergroten van de regenafvoercapaciteit met pompen, gemalen, en andere ingrepen in het watersysteem om wateroverlast door neerslag te beperken;
- Het beperken van de gevolgen van een doorbraak met technische noodmaatregelen zoals het zo snel mogelijk dichten van een bres, nooddijken
- Het beperken van de slachtofferrisico's door betere waarschuwingssystemen en evacuatiemaatregelen en vluchtplaatsen.
- Het versnellen van herstel en beperken van de impact van overstromingen door middel van verzekeringen en herstelfondsen.

¹⁴ Voor dit adaptatiescenario is vooral geput uit documenten en gesprekken met betrokken uit de volgende trajecten: Kennisprogramma zeespiegelstijging, vooral spoor 2 en spoor 4, informatie uit de Herijking van het Deltaprogramma, informatie uit de Bovenregionale Stresstesten voor grootschalige extreme neerslag en uit de discussie over nieuwe normen voor wateroverlast, de Ruimtelijke verkenningen van PBL, het kennisprogramma Wateroverlast van Deltares.

Om te voorkomen dat er grote groepen slachtoffers kunnen vallen en om de kwetsbaarheid verder te verminderen, wordt ingezet op innovatieve dijkversterkingsmethoden en het verder ontwikkelen van de risicobenadering: bij de keuze van de dijkversterkingsaanpak worden de potentiële gevolgen meegenomen. Zo wordt bij grote groepen slachtoffers eerder gekozen voor een dijk met een kleinere onzekerheid in de faalkans (met kleine bijdrage van faalmechanismen die heel onzeker zijn zoals piping en macrostabiliteit) en worden in heel gevaarlijke locaties vluchtroutes, vluchtplaatsen en betere plannen en waarschuwingssystemen gebouwd. Ook wordt gekozen voor dijken die vervormen en niet direct breken waardoor er veel minder water binnen stroomt (een taaie dijk), of waar bresgroei minder groot zal zijn dan bij standaarddijken. Een taaie dijk bestaat bijvoorbeeld uit een damwand in plaats van uit grond.

Een voorbeeld van een innovatieve maatregel die past in dit adaptatiescenario is een taaie dijk. Figuur 5.1 laat zien dat het aantal potentiële slachtoffers sterk afhankelijk is van de breslocatie. Stel dat alleen de 56 km dijk die hoort bij locaties met een verwacht slachtofferaantal van 1000 of meer (waarbij al rekening gehouden is met evacuatie) een “taaie dijk” zouden kunnen krijgen (een dijk die bij falen vervormt en waarin niet snel een grote bres ontstaat) waardoor 90% van de mensen op tijd weg kan komen, dan neemt het slachtofferrisico af met ongeveer een factor 7 á 8 van ongeveer 95 tot zo’n 8 per jaar. Ook de basisveiligheidseis zou dan minder streng worden voor die gebieden. Als datzelfde gedaan zou worden voor 278 km dijk met bij doorbraak meer dan 500 slachtoffers, daalt het slachtofferrisico met een factor 10.



Figuur 5-1 Slachtoffers bij doorbraak bij maatgevende condities per brestraject.

Gewogen Slachtofferaantal per brestraject (inclusief evacuatie)*	Lengte in km
>1000	56
Tussen 500 en 1000	222
Tussen 100 en 500	767
Tussen 10 en 100	633
Minder dan 10	948

*Hierbij zijn doorbraakscenario's bij toetspeil en 10 keer meer extreme combinaties gewogen meegenomen.

2100

Op de lange termijn, richting 2100 en daarna, gaat deze strategie in de richting van de denklijn “beschermen-open” van het kennisprogramma zeespiegelstijging (bijlage A). Het belangrijkste verschil tussen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging en de hier gebruikte adaptatiescenario's is het gebruikte scenario voor zeespiegelstijging: In het Kennisprogramma is uitgegaan van 2 tot 5 m zeespiegelstijging (in resp. het jaar 2100 en 2200), terwijl in deze herijking gericht wordt op 44 en 87 cm (in het jaar 2100). Ook is er in het kennisprogramma gerekend met een aanzienlijke toename van de rivierafvoeren (behorend bij het klimaat-/uitstootscenario waarbij ook 5 m ZSS optreedt) (zie Figuur 5.2). De snelheid van de zeespiegelstijging bepaalt in hoge mate de haalbaarheid van de strategieën. Hoe sneller de zeespiegelstijging, hoe groter de inspanning in korte tijd. Deze verschillen in uitgangspunten zijn belangrijk en moeten meegewogen worden bij het beschouwen van de resultaten van het kennisprogramma. Het Kennisprogramma zeespiegelstijging kan daarom wel beschouwd worden als een doorkijk of richting, maar niet als een exacte invulling van dit adaptatiescenario. Zoals eerder benoemd in hoofdstuk 4 is de onzekerheid in zeespiegelstijging groot en gaat de stijging ook door na 2100. In het Kennisprogramma zeespiegelstijging is tot nu toe geen aandacht besteed aan regionale watersystemen.

Hydraulische parameter	2100	2200
Zeespiegelstijging t.o.v. 1995 (m)	2	5
Stijgsnelheid zeespiegel (mm/jaar)	28	42
Rijnafvoer Lobith (m³/s)	18.000	20.000
Maasafvoer Eijsden (m³/s)	4.800	5.300
Totale rivierafvoer	23.000*	25.000*

Tabel 1: Uitgangspunten voor zeespiegelstijging en rivierafvoeren voor de onderzoeken naar denkrichtingen. In de waarden voor zeespiegelstijging is bodemdaling als verwaarloosbaar verondersteld. NB: Niet alle aspecten die relevant zijn voor de ontwikkeling van de watervraag en het bepalen van het watertekort konden in deze exercitie meegenomen worden; denk aan droogte, temperatuurontwikkeling en economische ontwikkelingen.
*Aangenomen is dat de gecombineerde Rijn-Maasafvoergolf 25 dagen duurt (conform GRADE)

Figuur 5-2 Aannames gebruikt in het Kennisprogramma zeespiegelstijging (bron: Min. I&W, 2024).

Na 2100

Op de lange termijn (na 2100) wordt de keuze hoe de Rijn en Maas naar zee kunnen blijven afvoeren belangrijk. Er zal dan gekeken worden of het handiger is om deze uit te pompen of via bijvoorbeeld meer zuidelijke route af te voeren zodat de waterstandstoenames in Rotterdam beperkt blijven. Het open-gesloten houden van de Maeslantkering, de afvoerverdeling van de Rijntakken het al dan niet handhaven van de kustlijn (of zeewaarts dan wel landwaarts verschuiven) en de keuze voor het IJsselmeerpeil komen dan aan de orde. Voor 2100 is dit nog niet nodig, maar als grote dijkversterkingen nodig zijn zal wel al gekeken worden of er bij andere keuzes in te toekomst geen spijt ontstaat over investeringen nu.

Lessen uit het kennisprogramma die hier relevant zijn:

- 1 Houd ruimte vrij voor de dijk van de toekomst
- 2 Zorg voor voldoende zand in de Noordzee
- 3 Ontwikkel buitendijkse gebieden klimaatbestendig
- 4 Investeer klimaatbewust in wonen, infrastructuur en energie

- 5 Denk toekomstgericht bij vervanging en renovatie van infrastructuur om spijt-investeringen te voorkomen.

5.1.2 Effecten van de strategie

Deze strategie zal vergelijkbaar zijn met de BAU tot 2050 zeker met betrekking tot landgebruik en overstromingsrisico's vanuit de grote rivieren en de zee. In het buitendijkse gebied zullen de overstromingskansen toenemen en zullen er steeds vaker overstromingen optreden. Mogelijk zullen ook daar lokaal keringen nodig zijn om de huidige activiteiten te beschermen. De kosten, ruimte en energie die nodig is om Nederland droog te houden zullen toenemen. Hoe meer de waterstanden stijgen, hoe meer er gepompt moet worden of hoe sterkere dijken nodig zijn om het land te beschermen.

Na 2050 zal in theorie de dijk steeds versterkt moeten worden, tenzij de kosten hoger worden dan de daarmee bereikte risicoreductie: als de risicoreductie door dijkversterking groter is dan de kosten van de versterking wordt de norm strenger en gaat de overstromingsfrequentie omlaag. De totale maatschappelijke kosten, dus de som van het risico en de kosten van de maatregelen zou lager moeten zijn dan in de BAU. Als er in deze strategie toch een dijk breekt, zullen wel de gevolgen groter zijn. Het wordt dan nog meer een "zwart-wit" situatie dan het nu is: overstromingen zullen steeds minder vaak voorkomen, maar als er toch een plaats vindt wordt die steeds rampzaliger.

Stel dat:

- De kosten en economie met eenzelfde factor veranderen na 2050, dan zouden de normen voor alle trajecten (waarvan de MKBA bepalend is) mogelijk gelijk gehouden kunnen worden. In dat geval zouden alle dijken versterkt moeten worden omdat de buitenwatercondities veranderen waardoor bij een gelijkblijvende norm een sterkere dijk nodig is
- De kosten van dijkversterking met een factor 9 toenemen en de economische groei is "maar" een factor 3 in dezelfde periode, dan zouden de economisch optimale kansen een factor 3 soepeler worden en kunnen dus in theorie veel normen worden versoepeld. Dijken hoeven dan mogelijk niet of minder versterkt te worden.
- Dat de economische groei een factor 3 is, terwijl door innovaties de kosten voor verdere versterking gelijk blijven, dan kunnen de normen in theorie een factor 3 strenger worden en zouden dijken na 2050 extra versterkt moeten worden om zowel klimaatverandering te compenseren als een kleinere faalkans te krijgen.

Het ligt voor de hand dat in veel gebieden deze strategie leidt tot de noodzaak van stapsgewijze dijkversterking tot een kantelpunt wordt bereikt waarop de kosten niet meer opwegen tegen de bereikte risicoreductie.

Voor het regionale systeem betekent deze strategie dat er steeds meer bergingsgebieden, grotere gemalen, en grotere waterlopen nodig zijn om piekwaterstanden en piekbuien af te kunnen voeren naar buitenwater. Dit buitenwater zal steeds vaker hoger staan en aan de kust en in het benedenrivierengebied zelfs permanent hogere waterstanden hebben dan nu het geval is. De interactiepunten die er nu al zijn, worden meer dan nu knelpunten waar extra aandacht nodig is. De risico's nemen toe vanwege de toenemende economische ontwikkelingen. Kosten voor verzekeringen en maatregelen nemen toe. Het wordt steeds duurder om het huidige landgebruik te handhaven, maar de huidige economische activiteiten leveren zelf vanzelfsprekend ook veel voordeel op.

Het herstel na een overstroming gaat in deze strategie beter dan in het BAU omdat in deze strategie expliciet aandacht gegeven wordt aan herstel. Terwijl in het BAU bij hogere buitenwaterstanden er veel water kan binnenstromen bij een dijkdoorbraak zouden hier bressen sneller gerepareerd kunnen worden en ligt er een draaiboek voor respons en reparatie van infrastructuur en schade klaar. De evacuatie is beter geregeld waardoor er veel minder slachtoffers vallen en er zijn verzekeringen en fondsen voor herstel. De impact van overstromingen op de maatschappij is daardoor waarschijnlijk minder groot dan in het BAU.

5.1.3 Discussie

Dit adaptatiescenario klinkt veelbelovend maar roept enkele vragen op, zoals:

- Maakt deze strategie Nederland voldoende weerbaar voor “outliers”? of onverwachte omstandigheden? Wil Nederland een optimaal werkend systeem of een veerkrachtig systeem met ook aandacht voor de kleine kans/grote gevolgen gebeurtenissen? Dan is ook in deze strategie meer redundantie/flexibiliteit/voorbereiding nodig. Dit kan wel met technische maatregelen. Hoeveel geld zou Nederland daar voor over hebben?
- Hoe kan deze strategie meer kwantitatief bekeken worden: Hoe kan bijvoorbeeld hersteltijd meegenomen worden in de bepaling van het gevolg van overstromingen zodat maatregelen gericht op het versnellen van herstel goed geëvalueerd kunnen worden?
- Draagt deze strategie ook bij aan bijvoorbeeld het vertrouwen dat de financiële sector heeft in Nederland en heeft het daarmee meer positieve impact? Immers, met dat vertrouwen kan goedkoper geleend worden op de kapitaalmarkt en is het gemakkelijker om bedrijven en investeerders naar Nederland te trekken.
- Bestaat er een kantelpunt voor deze strategie? Worden normen steeds strenger of worden de kosten bij extreme klimaatverandering of zeer strenge eisen zo hoog, dat de normen omlaag zouden gaan? En als dat zou gebeuren zou dan het landgebruik zich toch aanpassen aan de toenemende risico's die dan op zouden kunnen treden? Of blijven ook dan de overstromingskansen zo klein dat ze investeringsbeslissingen nauwelijks zullen beïnvloeden?

5.2 Adaptatiescenario Transformeren

5.2.1 Invullen van de strategie

In het adaptatiescenario “transformeren” wordt gekeken naar hoe en waar de economische activiteiten en maatregelen het best passen bij het bodem- en watersysteem of hoe ze daar aan kunnen worden aangepast. De focus ligt op ruimtelijk beleid en aanpassing aan klimaat- bodem- en waterkarakteristieken in plaats van op technische maatregelen. Wel blijven in Nederland technische maatregelen ook altijd nodig.

Tot 2050 ligt veel al vast en wordt vooral in het regionale systeem anders gereageerd op de toenemende kans en impact van wateroverlast. Na 2050 wordt ook voor het omgaan met overstromingsgevaar vanuit het hoofdwatersysteem (grote rivieren, IJsselmeer en zee) naar aanpassing en transformatie gekeken. Dit adaptatiescenario is alleen nog abstract ingevuld. Het ontwikkelen van dit scenario vraagt de komende jaren om meer input en kruisbestuiving met andere sectoren.

Maatregelen voor waterveiligheid zouden ook zonder hoogwater voordelen moeten hebben (denk bijvoorbeeld aan de aanleg van de geul in de Waal bij Nijmegen/ Lent die zorgt dat hoge afvoeren tot minder hoge waterstanden leiden dan voorheen, maar die ook zonder hoogwater heeft gezorgd voor een veel mooier en waardevoller gebied (wonen, recreatie, e.d.)).

Invulling tot 2050

Voor dit adaptatiescenario zijn maatregelen nodig vanuit alle vijf de lagen van meerlaagsveiligheid, maar aangezien de maatregelen vooral vanuit de sectoren en lokale overheden moeten komen is waterbewustzijn nog veel belangrijker dan bij de andere adaptatiescenario's. Preventie blijft nodig, maar ook gevolgbepanking, crisismanagement en herstel worden verbeterd en vooral het vergroten van waterbewustzijn krijgt veel aandacht

De stresstesten die nu in uitvoering zijn voor zowel lokale piekbuien (In het kader van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA)) als voor grootschalige extreme neerslag worden in dit adaptatiescenario gebruikt om waterbewustzijn te vergroten bij verschillende overheden, organisaties, bedrijven en burgers. Ze worden in cycli herhaald en steeds effectiever als informatiebron en middel voor vergroten van de maatschappelijke debat en inbreng. Dit adaptatiescenario vraagt immers om inbreng van alle sectoren en partners en dus om co-creatie van een gezamenlijke visie of richting.

Elementen in dit adaptatiescenario zijn:

- **Preventie:** Zandsuppletie om de duinen en het kustfundament te behouden, ruimte voor rivieren, en ook het aanpassen van watersystemen en onderhouden van keringen blijven nodig om te frequente ernstige overstromingen te voorkomen. Ook het vasthouden van water in bodems, het bergen in bergingsgebieden en het vergroten van de afvoercapaciteit bij hoogwater met nevengeulen of groene rivieren horen hierbij. Waar mogelijk worden hierbij zoveel mogelijk natuurlijke processen en "Nature Based Solutions" gebruikt (denk aan de zandmotor voor zandsuppletie) of beschermen door middel van vegetatie die golfhoogtes beperken.
- **Locatiekeuze:** Het elders ontwikkelen van kritieke functies als mogelijk: meer bewegen in de richting van minder overstromingsgevoelige locaties. Het aanpassen van de keuze van ruimtelijke ontwikkelingen aan bodem- en watersysteemkarakteristieken en ook wateroverlast en overstromingen vraagt afstemming met andere klimaatdreigingen en sectoren en regie op verschillende schaalniveaus, ook het landelijke. Het gaat hierbij vooral om wateroverlast met een relatief grote kans en om overstromingen vanuit het regionale watersysteem met een relatief grote kans. Hoe belangrijker de ontwikkeling, hoe meer rekening gehouden zou moeten worden met overstromingen en wateroverlast. Zo zullen recreatiegebieden prima kunnen in gebieden met jaarlijks wateroverlast, maar kan voor een ziekenhuis bijvoorbeeld geëist worden dat deze moeten blijven functioneren bij een eens in 100 jaar regensituatie of doorbraak van een regionale kering met een normfaalkans van 1/100 per jaar en zal een kerncentrale een uitvalkans mogen hebben die kleiner is dan een miljoenste per jaar.
- **Anders inrichten** van nieuw te ontwikkelen locaties, rekening houdend met mogelijkheid van wateroverlast en overstromingen. Denk hierbij aan het vrij houden van de laagste delen van polders van kwetsbare objecten en het creëren van voldoende berging voor extreme neerslag. Herintroductie van stoepranden in woongebieden en hoogteverschil tussen straat en woningen.
- **Het anders bouwen van objecten:**
 - Het anders aanleggen of ontwerpen van nieuwe vitale infrastructuur zoals transformatorstations, communicatiemasten (de stroomaansluiting zit nu vaak laag), en andere objecten van het stroom, communicatie, en transportnetwerk.
 - Anders ontwerpen van publieke voorzieningen, overheidsgebouwen, en andere belangrijke objecten zodat deze minder kwetsbaar zijn (denk aan brandweerkazernes en bijvoorbeeld aan parkeergarages, afvalverzamellocaties)
 - Het aanpassen van bouwvoorschriften zodat bij ontwerpen van woningen rekening gehouden wordt met de kans op een klein laagje water op straat.

- **Het meer redundant en flexibel maken** van netwerken en functies zodat uitval van een object niet leidt tot uitval van een functie. Denk aan noodstroom, of het langer kunnen doorfunctioneren bij stroomuitval, of het kunnen schakelen naar andere modi van vervoer (e.g. van spoor, naar weg) of van werkplek of leverancier. Hier zal veel innovatie voor nodig zijn en een sterke inbreng vanuit de sectoren zelf.

Om te komen tot betere locatiekeuzes zijn er al tools. Deze kunnen in dit scenario doorontwikkeld worden. Voorbeelden zijn:

- Voor locatiekeuze is er een ruimtelijk afweegkader om meer rekening te kunnen houden met het bodem en watersysteem (link: [Ruimtelijk afwegingskader klimaat adaptieve gebouwde omgeving - Klimaatadaptatie \(klimaatadaptatienederland.nl\)](https://www.klimaatadaptatienederland.nl/ruimtelijk-afwegingskader-klimaat-adaptieve-gebouwde-omgeving)).
- Voor de inrichting van wijken en het ontwerp van gebouwen wordt de maatlat klimaatbestendig bouwen gebruikt. Hoe groter het risico vanuit het water- en bodemsysteem, hoe lastiger en duurder het in principe zal zijn om aan de maatlat te voldoen
- Ook zijn er maatregelen voorgesteld, zie: [Mogelijkheden voor gevolgbepanking - Klimaat-effectatlas](#)

Invulling richting 2100

Voor de langere termijn wordt gedacht aan:

- **Het behoudt van bescherming** van belangrijke functies en gebieden. Hierbij zullen de huidige normen weer ter discussie worden gesteld: is bij doorgaande klimaatverandering en zeespiegelstijging de huidige wijze van beschermen nog wel de beste? Welke gebeurtenissen zouden we nog wel op willen ontwerpen en hoe vaak kunnen beperkte schades en impacts geaccepteerd worden? Er blijven altijd dijken, stormvloedkeringen en deltawerken nodig zolang Nederland in de delta wil blijven floreren, maar het zoeken naar een transformatie naar een inrichting en watersysteem passend bij hogere zeewaterstanden met meer ruimte voor natuurlijke processen vraagt mogelijk om andere normen en andere strategieën.
- **Ruimte voor de rivieren** verder invullen en verkennen of ruimte voor met de zee meestijgende rivieren mogelijk is met een open verbinding naar zee. Hierbij kan gekeken worden naar een meer zuidelijke route, bijvoorbeeld via de Grevelingen of Haringvliet en deze te openen met wel een stormvloedkering. Dit vermindert de vereiste pompcapaciteit ten opzichte van een situatie met een gesloten Rijnmaasmonding enorm maar is een zeer ingrijpende transformatie. De Nieuwe Waterweg zou dan wel afgesloten kunnen worden, en de noordkant van de Rijn-Maasmonding wordt dan alleen nog gevoed via de Nederrijn/Lek, welke via een spuisluis naar zee wordt afgevoerd of gepompt. Hiervoor zijn dan ook extra kunstwerken nodig bij Dordrecht om de noordelijke Rijnmond te splitsen van de zuidelijke deel.
- **Zandsuppletie** door laten gaan zodat de duinen en het kustfundament behouden blijven.
- Het gebruik van buitendijkse gebieden in rivieren en langs de kust aanpassen aan vaker overstromingen en hoogwater en hogere hoogwaterstanden.
- Het standaard verder vooruit kijken en alvast anticiperen op toekomstige ruimtevraag ten behoeve van aanpassing en “het ontwikkelen van een minimale spijt benadering”

5.2.2 Effecten van de strategie

Deze strategie is nog niet ver genoeg uitgewerkt om gedetailleerde implicaties te bepalen. De uitwerking bepaalt de implicaties en effecten op risico's. Als het lukt om de ideeën achter dit adaptatiescenario in praktijk te brengen en meer aan te passen aan wateroverlast en overstromingen en andere klimaateffecten en meer ruimte te geven aan natuurlijke processen dan zijn de volgende impacts denkbaar:

- Gezien de richting van de strategie is de verwachting dat deze leidt tot meer ruimte voor water en natuur en dus tot een leefomgeving die minder druk oogt. Een dergelijke omgeving heeft voordeel voor natuur en kan voordeel hebben voor het mentaal welzijn. Ook leidt het tot meer betrokkenheid van burgers: immers ze zien de maatregelen in hun omgeving en ook het water dat geborgen wordt of tijdelijk op straat staat, de locaties die ingericht worden voor noodopvang en de natuurlijke oplossingen. Ook dit is cruciaal voor het draagvlak van deze transformatie. Een nadeel zou kunnen zijn dat een dergelijke strategie leidt tot minder economische groei, een minder aantrekkelijk investeringsklimaat en meer druk op ruimte, minder mogelijkheden voor nieuwbouw van woningen en in meer stress door de vaker optredende overlast en overstromingen.
- Door deze strategie zal eerst met name de risicobijdrage van bovenmaatgevende (dus heel extreme) gebeurtenissen verder afnemen. De kans op extreme grootschalige neerslag, of hoogwater of water maaiveld neemt niet per se af, of misschien zelfs toe. Immers, er wordt minder ingezet op preventie. Als er overlast plaatsvindt door gebeurtenissen waarop het watersysteem niet is ontworpen, zal de schade minder zijn en het herstel sneller. Water zal vooral daar komen te staan waar het minder schade aanricht, en de gebruikers van gebieden zullen hun gebouwen en functies hierop aangepast hebben. Dit zal vooral te merken zijn bij wateroverlast en overstromingen uit het regionale systeem, omdat deze veel vaker voorkomen en nu nog regelmatig ergens in het land schade veroorzaken. De normen zijn daar immers minder streng.
- Of het risico zal toe- of afnemen is niet te concluderen: het is te verwachten dat overlast en overstromingen vaker optreden wanneer minder wordt ingezet op preventie, maar met kleinere gevolgen omdat de maatschappij beter is ingericht op overlast en overstromingen. De situatie zou minder- zwart-wit moeten worden dan bij BAU het geval is. Of dit als geheel leidt tot een groter of kleiner risico hangt van de mate van toename en afname van kansen en gevolgen af.

5.2.3 Discussie

Dit adaptatiescenario is nog onvoldoende ingevuld. Om deze verder in te vullen is betrokkenheid nodig van lokale overheden, bedrijven, organisaties en burgers. Dit vraagt mogelijk een andere uitwerking van beleid en andere informatie en processen. De nu lopende stresstesten bieden hier mogelijk goede aanknopingspunten voor: als de wens is dat sectoren en ruimtelijk beleid zich aanpassen aan wateroverlast en waterveiligheid, dan moeten deze sectoren informatie en begrip krijgen van wateroverlast en waterveiligheid en de implicaties voor hun normale praktijk en processen, mogelijke schades en kansen. Ook zouden ze de kans moeten krijgen om ideeën en maatregelen in te brengen en mogelijk zijn ook bijdrages in financiering nodig. Aangezien nu de overheid verantwoordelijk wordt gehouden voor waterveiligheid en wateroverlast vraagt dit een transformatie van de organisatie van waterveiligheidsbeleid en ruimtelijk beleid.

Eerste suggesties hiervoor zijn:

- Geef meer aandacht, tijd en impact aan de stresstesten die lopen (voor vitaal en kwetsbare infrastructuur, voor lokale piekbuien en grootschalige extreme regen) en scenario's omdat deze bij kunnen dragen aan de communicatie van wat er mogelijk kan gebeuren en waar op kan worden ingegrepen.
- Nodig sectoren uit in risicodialogen
- Kijk niet alleen naar risico's maar ook naar wat moet blijven functioneren voor sectoren en hoe dat kan worden verwezenlijkt
- Bekijk processen van de eerste voorspelling tot en met het herstel in plaats van alleen naar risico's
- Neem afhankelijkheden mee om gebiedsoplossingen te krijgen:
 - In watersystemen: samenhang tussen regionale en hoofdwatersysteem
 - Tussen stormvloedkeringen en normen voor dijken
 - Tussen wateroverlast en watertekort
 - Tussen ruimtelijk beleid en beleid voor overstromingsrisico's en natuur.

6 Conclusies, discussie en aanbevelingen

6.1 Antwoord op de vragen van PBL

Doel van deze studie is het geven van inzicht in de waterveiligheids-/overstromingsrisico's in Nederland nu en in de toekomst bij een aantal context- en adaptatiescenario's.

In deze studie zijn de volgende vragen geadresseerd (zie hoofdstuk 1):

- 1 Welke typen overstromingsrisico's zijn er in Nederland en met welke indicatoren kunnen deze gerepresenteerd worden?
- 2 Hoe veranderen de overstromingsrisico's in de toekomst bij gelijkblijvend beleid?
- 3 Welk beleid en welke maatregelen passen in de voorgestelde adaptatiescenario's?
- 4 Wat zijn effecten van de context- en adaptatiescenario's voor de jaren 2050 en 2100?
- 5 Welke kennis ontbreekt nog en is cruciaal voor beleid gericht op het reduceren van (toekomstige) overstromingsrisico's (paragraaf 6.2)?

Welke typen overstromingsrisico's zijn er en met welke indicatoren kunnen deze gerepresenteerd worden?

Nederland kan overstromen ten gevolge van storm op zee en het IJsselmeer, door hoge rivierafvoeren en/of door extreme neerslag. Er wordt in beleid en normen onderscheid gemaakt door overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem (de grote rivieren, IJsselmeer en de kust) en het regionale systeem en in buitendijks- en binnendijks gebied. In Nederland zijn er normen voor watersystemen (riolen, wateroverlastnormen, normen voor kades en keringen) zodat de overstromingskans beperkt wordt. Extreme events waarop de watersystemen niet zijn ontworpen ("bovennormatieve gebeurtenissen") zullen leiden tot wateroverlast of overstromingen. Om de gevolgen van deze overstromingen of wateroverlast te beperken, worden er stresstesten uitgevoerd en wordt onderzocht welke gevolgen in zeldzaam extreme situaties nog acceptabel zijn, en welke functies cruciaal zijn en niet mogen uitvallen. Deze kennis kan gebruikt worden in ruimtelijk beleid, ontwerpleidraden en crisismanagement.

In deze rapportage wordt het gevaar, de gevolgen en de combinatie tot risico's beschreven van de verschillende typen overstromingen in de huidige en toekomstige situaties bij continuering van huidig beleid en bij twee alternatieve beleidsopties. De tijdshorizon die hierbij gebruikt wordt is 2050 en 2100. Hierbij worden vooral de indicatoren gebruikt:"

- Voor gevaar: faalkansen van keringen, overstromingsdiepte, Lokaal Individueel Risico en Lokaal Schade Gevaar
- Voor gevolgen: potentiële schade en slachtofferaantallen
- Voor risico's: overstromingsrisico's in euro's per jaar en in slachtoffers per jaar.

Echter, er worden ook andere cruciale aspecten kwalitatief bediscussieerd zoals de duur van overstromingen en herstel.

Hoe veranderen de overstromingsrisico's in de toekomst bij gelijkblijvend beleid?

Op dit moment is de bijdrage van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem aan de totale overstromingsrisico's het grootst. Richting 2050 zullen de overstromingsrisicobijdrage vanuit het hoofdwatersysteem sterk afnemen door de dijkversterkingen die momenteel uitgevoerd worden. De bijdrage van het centrale rivierengebied die nu het grootst is, zal in de komende jaren veel kleiner worden. Het overstromingsrisico in Nederland wordt in 2050 bij voortzetten van het huidig beleid vooral bepaald door bijdrages vanuit het regionale systeem.

De locatie van de grootste risico's verandert dan van het centrale rivierengebied naar het centrale deel van Zuid-Holland en het gebied rond Amsterdam.

Welk beleid en welke maatregelen passen in de voorgestelde adaptatiescenario's? En wat zijn effecten van de context- en adaptatiescenario's voor de jaren 2050 en 2100?

Er zijn twee adaptatiescenario's verkend: intensiveren en transformeren. Ook is gekeken naar het continueren van de huidige strategie ("business as usual"). De invulling voor wateroverlast/waterveiligheid voor alle drie adaptatiescenario's is samengevat in Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Samenvatting van de invulling van de adaptatiescenario's.

Beleids-scenario	Invulling strategie	Implicaties 2050 en 2100
BAU	• Handhaven normen voor keringen en wateroverlast. • Niet bouwen buitendijks in het stroomvoerende gedeelte van het rivierbed. • Zandsuppleties om kustlijn te behouden • Ruimtelijk beleid onafhankelijk van overstromingsrisico's • Nauwelijks gevolgbeperkende maatregelen, wel crisismanagement.	• Technisch haalbaar tot 2100 • Faalkansen keringen nemen eerst af door dijkversterkingen. Buitendijks gebied: toenemende overstromingskansen door klimaatverandering • Overstromingskarakteristieken vergelijkbaar met nu tot 2050, na 2050 ernstiger dan nu, vooral aan kust en in benedenrivierengebied • Gevolgen van overstromingen groter door economische groei • Tot 2050: Risico's nemen sterk af door dijkversterkingen en enigszins toe door economische groei • Bijdrage aan risico's van overstromingen vanuit grote wateren is nu veel groter dan de bijdrage vanuit het regionale watersysteem. In 2050 zijn beiden van dezelfde orde. • Wijze en snelheid van herstel na een overstroming is nog niet goed bekend. Waarschijnlijk wordt dit steeds lastiger in toekomst door zeespiegelstijging. • Geen compleet beeld van overstromingsrisico's en veranderingen in regionaal watersysteem en/of door grootschalige neerslag.
Inten-siveren	• Bieden van gewenste veiligheid zodat maatschappij en economie op de huidige locaties kunnen functioneren zonder aanpassingen. Dit adaptatiescenario wordt ingevuld met vooral technische maatregelen. • Betere invulling van meerlaagsveiligheid dan in BAU • Handhaven huidige criteria (efficiency, eerlijkheidsbeginsel, beperken maatschappelijke ontwrichting) en daarmee nieuwe gewenste normen bepalen. • Maatregelen: Dijkversterking met eventueel innovatieve dijken. Rekening houden met gevolgen bij keuze wijze van dijkversterking: taaie dijken daar waar passend • Naast preventie ook maatregelen die de gevolgen van een doorbraak beperken zoals noodmaatregelen, maatregelen om bressen sneller te kunnen dichten, en een beter crisismanagement en herstelproces. • Meer redundantie inbouwen e.g. extra gemaal naast IJmuiden, ook pompen en gemalen, betere sturing	• Mate van preventie is afhankelijk van de kosten van preventie de te beschermen waarde. De faalkansen van keringen mogen groter zijn als de kosten voor verdere versterking van keringen sneller stijgen dan de risicoreductie die ermee wordt bereikt. Als dat gebeurt nemen de risico's toe. Als de kosten dalen t.o.v. de risicoreductie dan worden strengere normen gesteld en nemen de risico's af. • Het effect van de strategie op impacts en op herstel na een overstroming is nog niet goed bekend. Het is te verwachten dat impacts kleiner zijn en dat het herstel beter gaat dan bij BAU vanwege een meer op het risico gebaseerde keuze voor de specifieke invulling van de dijkversterking en preventiemaatregelen en de inzet van meer redundantie, noodmaatregelen en betere verzekeringen en herstelprocedures die gevolgen beperken en herstel versnellen. • Discussie ontstaat over wat gewenste veiligheid is en over in hoeverre Nederland risicomijdend wil zijn: wordt vooral gekeken naar efficiëntie of ook naar veerkracht, flexibiliteit en aanpasbaarheid. Stel dat het inzetten op redundantie, herstel en noodmaatregelen niet kosteneffectief is, maar wel de kans op extreme schades en gebeurtenissen sterk beperkt waarvan herstel vrijwel onmogelijk is, welk budget heeft Nederland daar dan voor over?

Beleids-scenario	Invulling strategie	Implicaties 2050 en 2100
	van wateren om wateroverlast te beperken. Verzekeringen en meer procedures en draaiboeken voor sneller herstel zodat de economie snel weer kan doordraaien	
Transfor- meren	- Aanpassen van ruimtegebruik en ontwerp zodat maatschappij en economie op een duurzame wijze kunnen blijven functioneren. Dit adaptatiescenario wordt ingevuld met vooral ruimtelijke maatregelen, ook al blijven daarnaast ook technische maatregelen in onze laaggelegen delta noodzakelijk.. - Landgebruik aanpassen aan overstromingsgevaar. Bodem- en water stuurt meer invulling geven. - Ruimte voor rivierenmaatregelen - Zandsuppleties - Investeren meer in hoog Nederland waar mogelijk of aangepast aan toenemende frequentie van wateroverlast en overstromingen vanuit het regionale systeem. - Dijken onderhouden, maar normen heroverwegen. - Lange termijn: mogelijk Rijn afvoeren via zuidelijker route (Haringvliet? Grevelingen?) via een afsluitbaar/open systeem. Randstad ontzien omdat daar minder ruimte is.	Overstromingskansen nemen toe in sommige gebieden en af in andere. Gevolgen nemen waarschijnlijk minder toe dan in andere adaptatiescenario's, omdat op gevolgen gestuurd wordt bij invulling van dit adaptatiescenario. De effecten op de economie en bijvoorbeeld op de snelheid van nieuwbouw van woningen is nog onbekend. Dit scenario vraagt om "omdenken" in de maatschappij en is daardoor lastiger concreet in te vullen. De verantwoordelijkheid voor aanpassing wordt deels verlegd van de overheid naar economische sectoren en burgers, terwijl op dit moment het zorgen voor waterveiligheid en beperken van wateroverlast nog meer als overheidstaken worden gezien en ook door overheden worden gefinancierd. Nadere invulling is nodig in samenwerking met sectoren en verschillende overheden. Hiervoor worden andere aanvullende informatievormen en analyses ingezet zoals de stresstesten, storylines, en dialogen waarbij niet alleen waterdieptekaarten en schadekaarten worden gebruikt maar breder gekeken wordt naar het hele verloop van een hoogwater of extreme neerslaggebeurtenis van voorspelling tot overstroming en herstel en waarbij niet per locatie of dijktraject wordt geoptimaliseerd, maar waarin systeemsamenhang (tussen regionaal en hoofdwatersysteem, tussen stormvloedkeringen en achterliggende dijken, tussen wateroverlast en watertekort en tussen ruimtelijk beleid en waterveiligheid) wordt meegenomen.

6.2 Kennisleemtes en discussie

De belangrijkste kennisleemtes zijn:

- Informatie gerelateerd aan risico's door grootschalige neerslag mist:** Deze kennisleemte is al eerder geïdentificeerd en op dit moment worden daarom stresstesten uitgevoerd door veel regio's in Nederland.
- De informatie m.b.t. de impact van overstromingen is niet compleet:** Informatie over de duur van overstroming, de duur van herstel, impacts op het functioneren van de economie en effecten op bijvoorbeeld natuur, op welzijn van bewoners, op cultuur en erfgoed en andere effecten zijn niet goed weergegeven.
- Faalkansen van keringen voor de huidige situatie:** De beschikbare doorbraakkansen van de primaire keringen in de huidige situatie worden beschouwd als een overschatting van de werkelijke kans. Beter inzicht in de faalkansen geeft ook betere risico-informatie.
- De opgave van in het regionale systeem en de interactie tussen het hoofdwatersysteem en het regionale systeem**
- De effecten van sociaaleconomische-ontwikkelingen op de potentiële schade** en dus op het economisch risico
- De effecten van context en adaptatiescenario's op de veerkracht van Nederland: hoe verandert het effect van extreme gebeurtenis op de maatschappij, het vermogen om te herstellen en de duur van de impacts?**

6.3 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- 1 **Adresseer de kennisleemtes die hierboven zijn geïdentificeerd.**
- 2 **Gebruik de storyline benadering als aanvulling op risicobenadering** de hier gebruikte benadering waarin risico's per locatie worden bekeken en gesommeerd geeft geen volledige weergave met betrekking tot de impact van overstromingen op de maatschappij. Om beter inzicht te krijgen in het effect op mensen veerkracht en functioneren van de maatschappij is ook informatie over de duur van de overstroming, de duur van het herstel en de duur van economische effecten nodig. Om dit inzicht te verkrijgen is een storyline bruikbaar.
- 3 **Neem de kans op spijt standaard mee in investeringsbeslissingen:** Om te transformeren en is het meenemen van mogelijke toekomstige systeemkeuzes en veranderingen handig: werkt een investering nu ook als in de toekomst een andere strategie wordt gekozen of als bijvoorbeeld het hoofdwatersysteem anders wordt ingericht? Er is wel gewerkt aan criteria en methodes om dit te doen, bijvoorbeeld in het deltaprogramma, maar het is nog niet standaard dit mee te nemen.
- 4 **Combineer resultaten van verschillende sectoren en onderwerpen:** Een mogelijke vraag daarbij kan bijvoorbeeld zijn: wat betekent transformatie voor zoetwatervoorziening en wat betekenen keuzes daar voor waterveiligheidsbeleid.
- 5 **Gebruik de tijd die er nu is om verkenningen te doen** via andere aanvliegroutes of met andere perspectieven of partijen dan standaard is en vergroot kennis van werking van systemen. Hoe kan een toekomstig Nederland er uit zien? Of vraag wat moet blijven functioneren (in plaats van wat is het risico)?
- 6 **Vul de adaptatiescenario's verder in en kwantificeer de effecten beter.** Nu zijn het nog abstracte richtingen. Het meer concreet maken maakt discussie en keuzes helderder. Kies ook voor mogelijke strategieën voor regio's of deelsystemen: dit zijn naar verwachting combinaties van intensiveren en transformeren.
- 7 **Zorg voor discussie over wat voor Nederland belangrijk is,** Denk hierbij aan afwegingen tussen weerbaar en efficiënt, en tussen eerlijk en efficiënt, over hoe risico-avers Nederland wil zijn en wat dat betekent voor keuzes. Richt Nederland zich vooral op optimalisatie van kosten en baten met een zekere ondergrens van bescherming zoals nu? Of wil Nederland ook gesteld staan voor outliers/extremen? En hoever kan Nederland daar dan in gaan: in hoeverre wil Nederland ook veerkracht hebben en bestand zijn tegen dergelijke zeer zeldzame maar gevaarlijke gebeurtenissen extremere gebeurtenissen? (bijvoorbeeld door zeer kleine faalkansen van cruciale objecten, of door redundantie zoals in het stroomnet of bij vitale objecten met back-up voorzieningen of door flexibiliteit van functies te vergroten) of is het voldoende om bijvoorbeeld alleen in noodmaatregelen en voorbereiding te verbeteren en daar budget voor te reserveren?

Referenties

- Claassens, J., Koomen, E., & Rijken, B. (2023). *Actualisering landgebruik Deltascenario's 2023*. (Spinlab Research Memorandum). VU University/ SPINlab. Link: [Actualisering landgebruik Deltascenario's 2023 — Vrije Universiteit Amsterdam](#)
- De Bruijn, K.M. (2025). *Redeneerlijn voor redundantie of een back-up voor de waterafvoer uit het hoofdwatersysteem van Centraal Holland*. Memo van 11 juni 2025
- De Bruijn, K.M. & Slager, K. (2022a). *Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Hackathon Deltares*, November 2021. Deltares rapport 11206890-010-GEO-0006. Deltares, Delft.
- De Bruijn, K.M. (2022b). *Casestudie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'. Plan van aanpak*. 11208520-000-ZWS-0002, juni 2022. Deltares, Delft
- De Grave, P., G. Pleijter, e.a. (2017). *Dijkkosten ISWP IJsselmeergebied, methodiek en resultaten*. Deltares i.s.m. HKV, rapport nr. 11200593-000-ZWS-005, versie 1.1 dd. december 2017.
- Deltaprogramma Veiligheid (2014). Synthesedocument veiligheid, Achtergronddocument B1 bij Deltaprogramma 2015. Rapportage dd. 25 juli 2014.
- Deltares (2024) Deltascenario's 2024. Zich op water in Nederland. Deltares, Delft rapport 11209219-000-ZKS-0004; 94 blz.; <https://www.deltares.nl/nieuws/deltascenarios-2024>
- ENW (2021). *Hoogwater 2021. Feiten en duiding*. Expertise Netwerk Waterveiligheid.
- Hegnauer, M. *Statistiek extreme hoogwaters Rijn en Maas op basis van geschaalde KNMI'14 scenario's*. Deltares rapport 11205237-003-ZWS-0014, 4 december 2020. 31p.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023). Tussenbalans, hoe kan Nederland de stijging van de zeespiegel aan? Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Staf deltacommissaris en Rijkswaterstaat, november 2023.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023), spoor II, Systeemanalyse waterveiligheid, Bovenregionale rapportage, Rapportnummer: PR4682.10, 1 juli 2023
- Kind, J. (2011). *Maatschappelijke Kosten Baten Analyse Waterveiligheid 21^e eeuw*. Deltares rapportage 1204144-006, maart 2011.
- KNMI (2023) KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland; KNMI, De Bilt, rapport 23-03; 65 blz.; <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>
- Ministerie van I&W (2022a). *Eindadvies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater*. Voorkomen kan niet, voorbereiden wel. Allemaal aan de slag. 102 pagina's.
- Ministerie van I&W (2024). *Ruimte voor zeespiegelstijging. Een verkenning van denkrichtingen om Nederland ook op lange termijn veilig en leefbaar te houden bij zeespiegelstijging*. Te downloaden van [Ruimte voor zeespiegelstijging | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)
- Ministeries van I&W, LNV en BZK (2021), *Ontwerp Nationaal Water Programma 2022-2027, het nationale waterbeleid en de uitvoering in de rijkswateren*.

PBL (2023) *Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050 Ruimtelijke Verkenning 2023*; Planbureau voor de Leefomgeving, den Haag, rapport 4832; 191 blz.; <https://www.pbl.nl/publicaties/vier-scenarios-voor-de-inrichting-van-nederland-in-2050>

PBL (2024) *Klimaatrisico's In Nederland. De huidige stand van zaken*. Planbureau voor de Leefomgeving, den Haag, rapport 5359; 160 blz. <https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-05/pbl-2024-klimaatrisicos-in-nederland-5359.pdf>

PBL (2025). *Uitwerking scenario's in toekomstverkenning klimaatrisico's en adaptatie*. Planbureau voor de Leefomgeving, versie 22-2-2025.

WLO (2024) *Scenario's voor Welvaart en Leefomgeving*. PBL/CPB. In voorbereiding.

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

Links:

[Ruimtelijk afwegingskader klimaat adaptieve gebouwde omgeving - Klimaatadaptatie \(klimaatadaptatienederland.nl\)](#).

[Mogelijkheden voor gevolgbeperking - Klimaat-effectatlas](#)

A Denkrichtingen uit het kennisprogramma zeespiegelstijging

Bron: Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023), spoor II, Systeemanalyse waterveiligheid, Bovenregionale rapportage, Rapportnummer: PR4682.10, 1 juli 2023

A.1 Beschermen

In de denkrichting beschermen wordt het huidige waterbeheer met voornamelijk waterbouwkundige maatregelen voortgezet. Riviermondingen worden hierbij afsluitbaar gemaakt met stormvloedkeringen of geheel afgedamd, wat leidt tot gesloten riviermondingen. Door deze aanpak blijft Nederland veilig en leefbaar, omdat er wordt voortgebouwd op de bestaande werkwijze in het waterbeheer. Het water wordt gereguleerd met waterbouwkundige werken en de kustlijn blijft op zijn plaats dankzij zandsuppleties. Voor het afvoeren van het rivier zijn er in deze denkrichting verschillende mogelijkheden uitgewerkt, die allemaal een verschillende uitpak hebben. De vier mogelijkheden zijn:

- Afsluitbaar zeefront, handhaven bestaande afvoerverdeling over de Rijntakken
- Afsluitbaar zeefront, aangepaste afvoerverdeling over de Rijntakken
- Gesloten zeefront, handhaven huidig binnenpeil
- Gesloten zeefront, meestijgend binnenpeil

Alle vier de strategieën zijn bijpassende technische maatregelen verkend, zoals sluizen, verdeelwerken en pompen. De strategieën met een afsluitbaar zeefront zijn gelijk aan het business-as-usual scenario uit dit onderzoek. Daarom wordt er in dit hoofdstuk alleen aandacht besteedt aan de varianten met een gesloten zeefront.

Zoals gezegd hebben deze strategieën een ander vertrekpunt dan de huidige strategie van het Nederlandse waterbeheer. De Nieuwe Waterweg en het Haringvliet worden volledig afgesloten met een dam. Om het rivierwater af te voeren is daarom een enorm groot pompcomplex nodig, in combinatie met berging van piek afvoeren in bestaande watersystemen. In een extreme situatie van 5 meter zeespiegelstijging is een pompcapaciteit van ongeveer 15.500 m³/s nodig om een 1 in 10.000 jaar hoogwatergolf af te voeren en rivierwater te bergen. Deze capaciteit is zestig keer groter dan het pompcomplex in IJmuiden, wat nu het grootste complex is.

Als een deel van het rivierwater via spuisluizen onder vrij verval naar zee kan stromen is de benodigde pompcapaciteit aanzienlijk kleiner. Om dit te realiseren moet het binnenpeil op de rivieren meestijgen met de zeespiegel zodat het huidige verval behouden blijft. Als het binnenpeil zijn er wel ingrijpende aanpassingen in buitendijkse gebieden nodig omdat deze dan vaker en dieper onder water zullen staan. Daarnaast zijn hogere dijkversterkingen langs de rivieren nodig. Alleen bij een gesloten zeefront met gelijkblijvend binnenpeil leidt zeespiegelstijging niet tot dijkversterkingen langs de rivieren.

Voor deze nieuwe dijkversterkingen, kunstwerken en pompcomplexen is ruimte nodig. De Tussenbalans van het KPZSS laat zien dat dat voor dijkversterkingen bij een zeespiegelstijging tot 3 meter een strook van 10 tot 90 meter nodig is, op sommige plekken zelfs meer dan 150 meter. Het ruimtebeslag voor dijkversterkingen langs de Rijn-Maasmonding, Maas, Waal en Nederrijn-Lek bedraagt tussen de 55 en 75 km² bij 2 meter zeespiegelstijging, en tussen de 70 en 140 km² bij 5 meter zeespiegelstijging.

Daarnaast is ruimte nodig om water vast te houden, zodat landbouw in verziltende en verdrogende gebieden mogelijk blijft. Buitendijkse gebieden en haventerreinen zullen daarbij vaker en dieper onder water komen te staan. Er wordt aangenomen dat deze aanpassingen geleidelijk plaatsvinden, aansluitend op investeringscycli van lopende activiteiten en passend binnen gebiedsontwikkelingsprogramma's. Zo kan tegelijkertijd maatschappelijke meerwaarde worden gerealiseerd.

Gesloten zeefronten lijken voordelen te bieden voor zowel waterveiligheid als zoetwatervoorziening, in vergelijking met het blijven inzetten van stormvloedkeringen. Toch zijn er ook nadelen: gesloten zeefronten beïnvloeden de scheepvaart, die dan afhankelijk wordt van grote zeevaartsluizen, zoals in de Nieuwe Waterweg. Onderzoek toont aan dat het schutproces kan leiden tot een aanzienlijke zoutbelasting. Mogelijk kunnen zeesluizen overbodig worden door zee- en binnenvaart te scheiden en overslag over land te organiseren. Ook dat vergt verder onderzoek. Tot slot heeft afsluiting ingrijpende ecologische gevolgen voor de betreffende watersystemen, zoals eerdere ervaringen met de Deltawerken laten zien. Ook deze effecten verdienen nader onderzoek.

Zowel technisch, ruimtelijk als financieel lijkt het mogelijk om met dit adaptatiescenario het huidige beschermingsniveau in alle binnendijkse gebieden van Nederland te handhaven tot ten minste een zeespiegelstijging van 5 meter in het jaar 2200. Dit vergt een geleidelijk toenemende inzet van waterbouwkundige maatregelen. Deze technische oplossingen kunnen, met name langs de kust, estuaria en rivieren, eventueel worden gecombineerd met *nature based solutions* zoals natuurlijke sedimentatie en vegetatie voor golfdemping. Er zijn verschillende combinaties denkbaar van afvoerverdeling, dijkversterking, stormvloedkeringen, spuisluizen en gemalen. Om verschillende toekomststrategieën open te houden, is het noodzakelijk om ruimte te reserveren voor:

- Zandwinning in de Noordzee, voor de toenemende behoefte aan zandsuppleties langs de kust;
- Dijkversterkingen langs de Waal, de riviermondingen van Rijn en Maas, de watersystemen in de delta en de kust;
- Peilstijgingen langs rivieren, delta's en het IJsselmeergebied, inclusief aanpassing van buitendijkse gebieden voor piekberging van rivierwater.

Binnen dit scenario is een zorgvuldige en goede voorbereiding essentieel. Dit vraagt om meer kennis en ervaring op de volgende aspecten:

- Toepassing van adaptief ontwerp voor kunstwerken bij vervanging aan het einde van de levensduur;
- Verminderen van de kwetsbaarheid van woningen, bedrijven en vitale infrastructuur voor overstroming en wateroverlast
- Onderzoek naar en ervaring met *nature based solutions*
- Onderzoek naar ecologische en waterkwalitatieve effecten van maatregelen
- Onderzoek naar de opschalingsmogelijkheden van suppleties (voorzien in fase 2 van het kennisprogramma)
- Onderzoek naar uitbreiding van pompcapaciteit;
- Onderzoek naar alternatieve overslagmethoden in zeehavens waarbij zee- en binnenvaart worden gescheiden
- Ontwikkeling van 'fail-proof' ontwerpen van technische maatregelen zoals pompen, keringen, spuisluizen en afvoerregelingen, ook onder extreme omstandigheden of bij uitval
- Ontwikkeling van nieuwe financieringsmodellen voor integrale gebiedsontwikkeling in buitendijkse gebieden en waterkeringszones.

Al blijven er altijd nieuwe afwegingen nodig op basis van continue monitoring van de klimaatverandering zijn er in dit scenario keuzes die nu gemaakt kunnen worden om op de korte termijn beter voorbereid te zijn.

- 1 **Houd ruimte vrij voor dijken van de toekomst**
Reserveer en benut ruimte langs waterkeringen voor toekomstige versterkingen. Denk aan innovatieve vormen zoals groene dijken, klimaatdijken of Nature Based Solutions. Begin hier al mee via gebiedsprocessen, ook buiten het HWBP.
- 2 **Zorg voor voldoende zand in de Noordzee**
Behoud en creëer locaties voor zandwinning om in de toekomst strand- en zeebodemversterking mogelijk te houden bij extreme zeespiegelstijging.
- 3 **Beperk zoetwatergebruik en stimuleer alternatieven**
Verminder de doorspoeling van polders en systemen door de zoetwatervraag terug te dringen. Zet in op zouttolerante gewassen en nieuwe verdienmodellen in de landbouw.
- 4 **Ontwikkel buitendijkse gebieden klimaatbestendig**
Bouw nu al met het oog op aanpasbaarheid aan toekomstige peilstijging. Combineer bescherming en meebewegen bij het ontwerp.
- 5 **Investeer klimaatbewust in wonen, infrastructuur en energie**
Laat nieuwe investeringen bijdragen aan weerbaarheid tegen peilstijging en droogte. Anticipeer op risico's en ontwerp adaptief.
- 6 **Denk toekomstgericht bij vervanging en renovatie van infrastructuur**
Ontwerp flexibeler en kortcyclischer om mee te kunnen bewegen met verandering. Overweeg uitbreidbaarheid om spijt-investeringen te voorkomen.
- 7 **Gebruik onderbouwde visualisaties**
Maak risico's begrijpelijk, maar onderbouw beeldvorming altijd met cijfers en vergelijk ze met andere maatschappelijke risico's.
- 8 **Maak effecten op andere functies concreet**
Laat duidelijk zien wat de impact van keuzes is op bijvoorbeeld landbouw, natuur en bebouwing, zodat die meegewogen kunnen worden.
- 9 **Werk naar een realistische shortlist van strategieën**
Ook zonder definitieve keuze is het verstandig nu al te focussen op een paar kansrijke strategieën, en die te betrekken bij geplande vervangingen en investeringen.

A.2 Meebewegen

In dit adaptatiescenario wordt het landgebruik en de samenleving zoveel mogelijk aangepast aan de gevolgen van zeespiegelstijging. Hierin wordt vooral gekozen voor maatregelen die de gevolgen van overstromingen beperken en de krachten van de natuur benutten

In de denkrichting meebewegen blijft Nederland leefbaar en bewoonbaar doordat het landgebruik en de functies geleidelijk worden aangepast aan de gevolgen van de stijgende zeespiegel. Water krijgt een meer natuurlijke plaats in het land en samenleving. Aanname is dat de bestaande waterinfrastructuur en kunstwerken na 2050 niet meer in alle gevallen verder verbeterd worden (maar ze worden wel onderhouden)

Het basisbeschermingsniveau wordt vastgehouden zoals het nu is vastgesteld: de kans dat iemand komt te overlijden door een overstroming is maximaal 1/100.000 per jaar. Dat zal op de lange termijn steeds meer gebeuren met maatregelen die de gevolgen van overstromingen beperken. Rivierwater stroomt onder vrij verval via afsluitbare riviermondingen naar zee. Overtollig water wordt in toenemende mate tijdelijk geborgen in daarvoor bestemde gebieden.

In dit scenario zijn verschillende typen maatregelen verkend, die deels gericht zijn op waterbeheer en deels op het behoud en aanpassing van functies die onder druk komen te staan door zeespiegelstijging. Deze maatregelen zijn vertaald naar mogelijke regio-specifieke combinaties voor de Randstad, hoog-Nederland en laag-Nederland. Een essentieel onderdeel van deze denkrichting is de aanpassing van het landgebruik. Dit brengt ingrijpende ruimtelijke en maatschappelijke consequenties met zich mee. De gedachte is dat deze aanpassingen niet abrupt, maar juist geleidelijk en zorgvuldig plaatsvinden. Door in te zetten op een gecontroleerd overgang wordt beoogd om deze zo soepel mogelijk te laten verlopen en sociaaleconomische schokken zoveel mogelijk te voorkomen. Het is voorlopig nog niet haalbaar in de Randstad om volledig in te zetten op dit scenario. Er is onvoldoende ruimte, het is te duur, beschadigd de economie en daarmee de mogelijkheid om klimaatadaptatie te betalen en levert onvoldoende bescherming op voor de bestaande bebouwing en infrastructuur. In de kustgebieden van de zuidwestelijke delta en Noord-Nederland en langs de rivieren wordt maximaal ingezet op het laten meegroeien van het land door natuurlijke opslibbing. Bij extreme stijging van de waterstanden zullen de bewoning en het landgebruik zich hier geleidelijk aanpassen, bijvoorbeeld door woningen en infrastructuur verhoogd of waterbestendig te bouwen, en zich zo nodig gecontroleerd terugtrekken en verplaatsen naar hoog-Nederland. De gevolgen voor het ruimtebeslag en ruimtegebruik verschillen per regio.

In de Randstad is ruimte nodig om dijken te blijven versterken en verhogen. Tegelijkertijd vraagt deze regio om ruimtelijke aanpassingen die de gevolgen van een mogelijke overstroming beperken. Denk aan het maken van permanent droge locaties voor vitale infrastructuur zoals energie- en communicatienetwerken, en veilige toevluchtsoorden via verticale evacuatie. Bij een zeespiegelstijging van 2 tot 5 meter zijn aanzienlijke aanpassingen nodig aan zowel publieke als private gebouwen.

In dit scenario is de veronderstelling dat mensen en economische activiteiten geleidelijk verschuiven naar de hoger gelegen delen van Nederland. Historisch gezien is het lastig om economische kernen actief te verplaatsen, maar er liggen kansen in regio's met sterke kennisinfrastructuur, zoals Eindhoven en Twente. Een verplaatsing binnen Nederland zou ook tot versterking kunnen leiden van agglomeraties in aangrenzende buitenlandse regio's. Cruciaal zijn dan goede verbindingen, zowel binnenlands als internationaal. Toenemende bewoning in hoog-Nederland beperkt wel de ruimte voor traditionele landbouw. *Footloose landbouw* wordt verkend als alternatief: een bedrijfsvoering in gesloten kringlopen, met recycling, en met beperkte afhankelijkheid van grond (denk aan stallen, kassen, aquacultuur en logistiek). Dit betekent dat de landbouw wel de omgeving beïnvloedt, maar de omgeving niet de landbouw. De overgang naar zulke systemen vraagt om een ingrijpende transitie met verschillende ontwikkelrichtingen.

In de laaggelegen delen van Nederland langs de kust en de benedenloop van de grote rivieren zijn natuurlijke processen als sedimenttransport en opslibbing te benutten. Langs de kust blijft zandsuppletie in combinatie met dijken of duinen een haalbare strategie tot ten minste 5 meter zeespiegelstijging. In gebieden als de Waddenzee en de zuidwestelijke delta kan het land meegroeien met de zeespiegel via natuurlijke sedimentatie, bijvoorbeeld in wisselpolders of tussen dubbele dijken. Dit proces is echter beperkt tot een stijging van 5 à 10 mm per jaar. Bij een snellere stijging schiet natuurlijke sedimentatie tekort, wat kan leiden tot verlies van intergetijdengebieden zoals kwelders, schorren, slikken en zandplaten, tenzij aanvullende maatregelen worden genomen, zoals sedimentaanvoer of invangstructuren.

In heel Nederland krijgen buitendijkse economische activiteiten met steeds hogere waterstanden te maken. Onderdeel van meebewegen is dat nieuwe buitendijkse ontwikkelingen een adaptief ontwerp krijgen, zodat periodiek ophogen, aanpassen of verplaatsen mogelijk is.

Een cruciaal aspect van dit scenario is de tijd. Alle ontwikkelingen in dit scenario vragen veel tijd en voorbereiding. Grote transitie, zoals het verschuiven van woon- en werkagglomeraties naar hoger gebied, vragen ten minste ordegrrootte honderd jaar. Zeker als er ook rekening gehouden wordt met de complexe plan- en besluitvorming die daaraan voorafgaat. Transformeren vereist daarom ver vooruitkijken en vroegtijdig beginnen, om sociale en economische aanpassingskosten te minimaliseren. In het rapport zijn drie KNMI scenario's gegeven in relatie met tijdschalen die horen bij verschillende maatregelen van de 'hybride meebewegen' strategie. Daarnaast is ook zichtbaar dat de deadlines om dit scenario georganiseerd te laten verlopen al in de huidige eeuw zicht voortdoen.

Dit scenario is geen blauwdruk voor een vast eindpunt, maar een proces van geleidelijke aanpassing. In dit proces worden op verschillende momenten keuzes gemaakt over hoe we reageren op zeespiegelstijging. Dat gebeurt stap voor stap, in samenhang met keuzes op het gebied van ruimtelijke inrichting, waterveiligheid en economische ontwikkeling. Veel onderdelen vragen om lange termijn voorbereiding, omdat de implementatie van maatregelen decennia vergt:

- Verschuiving van economische centra en woongebieden → minimaal 100 jaar
- Transitie in landbouwsystemen → per stap ca. 40 jaar, dus totaal ook >100 jaar
- Woningen → levensduur ±80 jaar, ook emotionele en juridische factoren spelen een rol
- Bedrijventerreinen en netwerken → transitie complexer dan de afschrijvingstermijnen doen vermoeden
- Infrastructuur → aanpassingen kosten ca. 100 jaar, met grote afhankelijkheden binnen netwerken

Voor sommige onderdelen komt de noodzaak voor 2050 al in beeld. Zoals:

- In diepe polders is nu al meer ruimte nodig voor tijdelijke waterberging
- In gebieden zoals Friesland en het Noordzeekanaalgebied wordt lozen onder vrij verval vanaf 2050 problematisch

De noodzakelijke veranderingen zijn bestuurlijk complex. Ze vragen vaak meerdere kabinetsperiodes, soms zelfs aanpassing van wet- en regelgeving. Daarom is het cruciaal nu al te starten met de voorbereiding en waar mogelijk 'meebeweeg-maatregelen' te koppelen aan bestaande beleidsopgaven zoals woningbouw, klimaatadaptatie en duurzame energie.

Voor de korte termijn staan al transitie, investeringen en vervangingen op de agenda, bijvoorbeeld voor landbouw, natuur, woningbouw, infrastructuur en duurzame energie. Dat biedt kansen om ervaring met dit adaptatiescenario op te doen en eerste stappen te zetten. Dit scenario vraagt op termijn voornamelijk om voldoende ruimte, voor dijkversterkingen in de Randstad, hoge en droge locaties om de gevolgen van overstromingen te beperken, nieuwe woon- en werklocaties in hoog-Nederland en het laten meegroeien van land met de zeespiegelstijging. Om Transformeren tot een haalbaar en effectief toekomstscenario te maken, is verdere kennisontwikkeling en praktijkervaring nodig op de volgende punten:

- Inzicht in de kosten van Meebewegen, vergeleken met andere denkrichtingen
- Onderzoek naar natuurlijke opslibbing als onderdeel van waterkerende functies
- Verdieping in innovatieve landbouwwormen die met minder ruimte en water toch hoge opbrengsten leveren
- Ontwikkeling van ontwerpprincipes en regelgeving voor klimaatbestendige bouw en infrastructuur
- Onderzoek naar bestuurlijke besluitvorming en de transitiekracht van sectoren zoals landbouw en woningbouw
- Strategieën om verschuivingen van woongebieden en economische centra effectief en sociaal verantwoord te realiseren.

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

Deltares

www.deltares.nl