



Planbureau voor de Leefomgeving

# NATIONALE KLIMAATRISICOANALYSE 2022 – 2026

Uitwerking analysemethodiek

**Maria Witmer, Ron Franken, Frank van Gaalen, Jelle van Minnen, Ed Beije &  
Frédérique Kirkels**

**23 maart 2023**

PBL

## Colofon

### **Nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026; Uitwerking analysemethodiek**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving  
Den Haag, 2023  
PBL-publicatienummer: 5044

#### Contact

Frank.vanGaal@pbl.nl

#### Auteurs

Maria Witmer, Ron Franken, Frank van Gaalen, Jelle van Minnen, Ed Beije, Frédérique Kirkels (PBL Planbureau voor de Leefomgeving)

#### Met dank aan

Astrid Martens, Jarry Porsius en Rob Weterings (PBL) voor hun meedenken en commentaar op het gebied van risicobeleving en omgaan met onzekerheden, Hilde Westra (Rijkswaterstaat) voor haar uitvoerige positief kritische commentaar waardoor dit rapport aanzienlijk verbeterde, Jeannette Beck (PBL) voor haar commentaar, Hasse Goosen en Kim van Nieuwaal (Climate Adaptation Services, Stichting CAS) voor hun bijdrage en meedenken. Maud Huynen (Universiteit Maastricht), Jeroen Aerts (Vrij Universiteit), Richard Klein (Stockholm Environment Institute), Leendert Gooijer (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) voor hun aanvullingen en meedenken.

#### Redactie figuren

Beeldredactie PBL

#### Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:  
Witmer, M.C.H. et al. (2023), *Nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026; Uitwerking analysemethodiek*.  
Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het Nederlandse nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>10</b>
1.1 Aanleiding	10
1.2 Inhoud van de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026	10
1.3 Doelen en onderzoeksvraag	14
1.4 Reikwijdte	15
1.5 Leeswijzer	15
<b>2 Achtergrondinformatie</b>	<b>16</b>
2.1 Terugblik op eerste klimaatrisicoanalyse 2014/2015	16
2.2 Terugblik op NAS 2016 en uitvoeringsprogramma NAS	17
2.3 Geraadpleegde nationale en internationale klimaatrisicoanalyses	18
2.4 Europese rapportageverplichtingen	20
<b>3 Conceptuele raamwerken</b>	<b>22</b>
3.1 Conceptueel raamwerk klimaatrisico	22
3.2 Conceptueel raamwerk klimaatrisicoanalyse	23
3.2.1 Definities en begrippen	25
3.3 Typen risico's	29
3.3.1 Complexe risico's	29
3.3.2 Zwarte zwanen en kantelpunten	30
3.4 Omgaan met selecteren van klimaatrisico's	31
3.5 Omgaan met expertbeoordeling	31
3.6 Omgaan met onzekerheid	32
3.6.1 Onzekerheidsanalyse door IPCC	32
3.6.2 Onzekerheidsanalyse in GE CCRA2 en UK CCRA3	36
3.7 Omgaan met waarschijnlijkheid, impact en risico	38
3.8 Omgaan met cascade-effecten	38
3.9 Omgaan met perceptie van risico's	40
3.9.1 Definitie van risicoperceptie	40
3.9.2 Toepassing in verschillende fasen	41
3.10 Omgaan met adaptatiecapaciteit	42
3.11 Omgaan met urgentiebepaling	43
<b>4 Invulling klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026</b>	<b>47</b>
4.1 Invulling klimaatrisicoanalyse	47
4.1.1 Zichtjaren	49
4.1.2 Adaptatiebeleid	49
4.1.3 Maatschappelijke ontwikkelingen	50
4.1.4 Klimaatverandering	50
4.1.5 Scenario's	50
4.1.6 Klimaatdreigingen	52
4.1.7 Sectoren	53

4.1.8	Blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit	55
4.1.9	Risico's (gevaren en kansen)	56
4.1.10	Waarschijnlijkheid	57
4.1.11	Cascade-effecten	58
4.1.12	Verkennen van adaptatiestrategieën	58
4.1.13	Eindrisico's	58
4.1.14	Input voor urgentiebepaling	59
4.2	Invulling overige risicofactoren	60
4.2.1	Ruimtelijke variatie	60
4.2.2	Internationale aspecten	60
4.2.3	Bestuurlijke situatie	61
4.2.4	Samenhang met ander beleid en transities	61
4.3	Dwarsdoorsnijdende aspecten	62
4.3.1	Selecteren van klimaatrisico's	62
4.3.2	Aggregeren van klimaatrisico's	63
4.3.3	Expertbeoordeling	63
4.3.4	Onzekerheidsanalyse	65
4.3.5	Complexe risico's	66
4.3.6	Cascade-effecten	67
4.3.7	Risicoperceptie	68
4.3.8	Risicocommunicatie	68
4.3.9	Verzekerde en onverzekerde schade	69
4.4	Adaptatiecapaciteit en urgentie	69
4.4.1	Adaptatiecapaciteit	69
4.4.2	Urgentiebepaling	71
<b>5</b>	<b>Overzichten, rapportage en proces</b>	<b>73</b>
5.1	Overzicht keuzes voor invulling van klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026	73
5.2	Overzicht nader uit te werken onderwerpen	74
5.3	(Budgettaire) beperkingen	74
5.4	Presentatie en visualisatie van resultaten	75
5.5	Eisen aan het proces volgens ISO 14091	76
5.6	Tips uit de praktijk, verder lezen en vervolg	77
	<b>Referenties</b>	<b>79</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>87</b>
	Bijlage 1 Vraagstelling aan kennisinstituten	87
	Bijlage 2 Onderzochte risico's in eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2014/2015	89
	Bijlage 3 Vitale en kwetsbare functies en daarvoor verantwoordelijke ministeries	91
	Bijlage 4 Overzicht met onderdelen van klimaatrisicoanalyse volgens ISO 14091	93
	Bijlage 5 Risicoanalyse Nationale Veiligheid	94
	Bijlage 6 Fragmenten Europese Klimaatwet	98
	Bijlage 7 Definities	100
	Bijlage 8 ISO 14091 handreiking impactketens	102
	Bijlage 9 Risicoklassen UK CCRA3	104
	Bijlage 10 Literatuur over onzekerheden	105
	Bijlage 11 Relaties tussen sectoren	107

Bijlage 12 Aanbevelingen en tips

109

Bijlage 13 Kennisleemtes in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse van 2014/2015

116

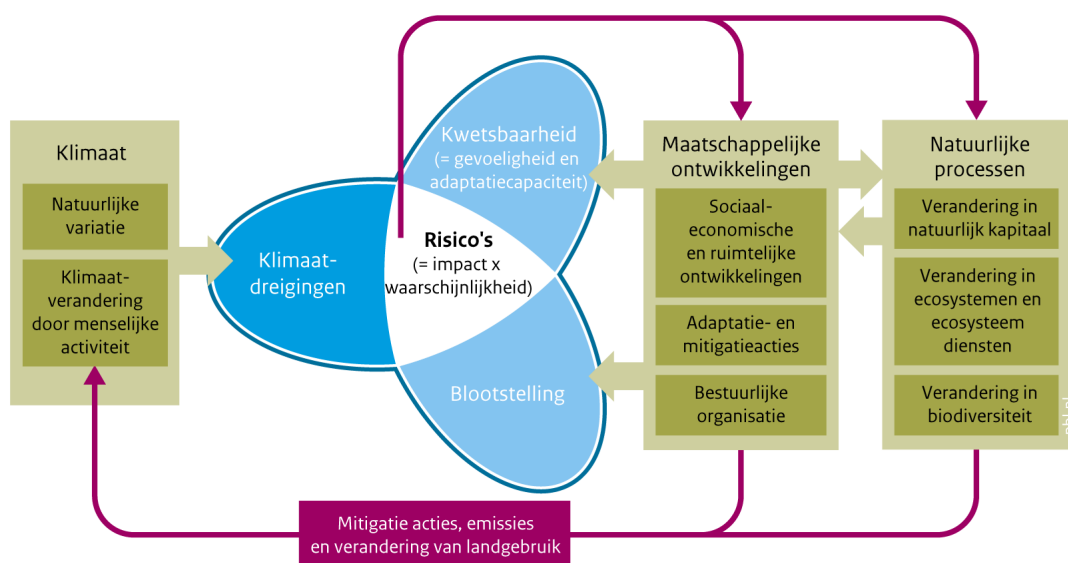
# Samenvatting

Dit rapport bevat een analysemethodiek voor het onderzoeken van huidige en toekomstige klimaatrisico's in Nederland. Deze methodiek is onderdeel van de tweede nationale klimaatrisicoanalyse, die loopt van 2022 tot en met 2026. De klimaatrisicoanalyse wordt uitgevoerd door het Planbureau voor de Leefomgeving, in samenwerking met meerdere kennisinstituten. In 2016 is door de PBL de eerste nationale klimaatrisicoanalyse uitgevoerd. Aanleiding voor een nieuwe klimaatrisicoanalyse is dat het klimaat in Nederland merkbaar verandert en dat dit impact heeft op verschillende (beleids)sectoren. In 2026 wordt daarom de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) herzien. De samenwerkende departementen onder de vlag van het Directeuren-Overleg over de Nationale klimaatadaptatiestrategie (DO NAS) hebben het PBL verzocht opnieuw een klimaatrisicoanalyse uit te voeren, als input voor de vernieuwde NAS. Dit alles ten behoeve van het door het beleid gestelde doel 'Nederland klimaatbestendig en waterrobuust in 2050' uit het Nationaal Water Programma 2022 – 2027 (I&W, LNV & BZK 2022).

De tweede Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 dient als nulmeting voor een structurele risicoanalyse. Dit betekent dat de analyse transparant, systematisch en herleidbaar wordt opgezet. Daarmee is de methode herhaalbaar en zijn de uitkomsten van toekomstige risicoanalyses te vergelijken met de uitkomsten van de analyse in 2022 – 2026. Deze aanpak verschilt van de eerste klimaatrisicoanalyse.

Een klimaatrisico bestaat uit de aspecten klimaatdreiging, blootstelling en kwetsbaarheid. Kwetsbaarheid omvat gevoeligheid en adaptatiecapaciteit. Het klimaat, maatschappelijke ontwikkelingen en natuurlijke processen hebben effect op al deze aspecten. In figuur 1 is het conceptueel raamwerk voor klimaatrisico's weergegeven.

**Figuur 1**  
Conceptueel raamwerk rondom het begrip 'klimaatrisico'



Bron: IPCC WGII 2014; bewerking PBL

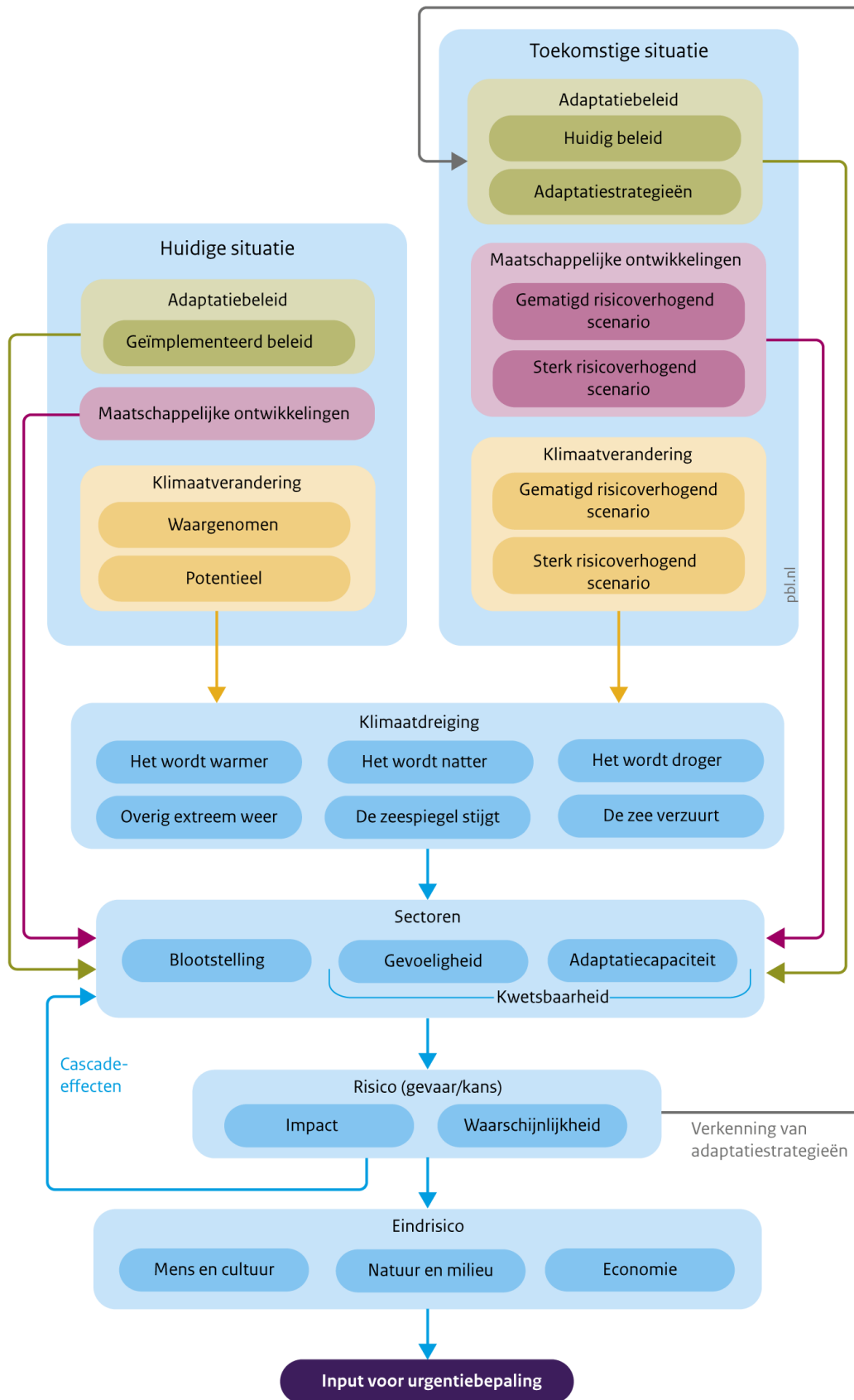
Een klimaatdreiging is het mogelijk optreden van een klimaat- of weer-gerelateerd fenomeen met de potentie om schade te veroorzaken. Blootstelling is de aanwezigheid van iets van waarde dat in gevaar kan worden gebracht door een klimaatdreiging, zoals mensen, diersoorten, ecosystemen, infrastructuur of economische, sociale of culturele belangen. Kwetsbaarheid betekent de neiging van een systeem om negatief beïnvloed te worden door een klimaatdreiging. De kwetsbaarheid is afhankelijk van de gevoeligheid en adaptatiecapaciteit. Gevoeligheid is de mate waarin een systeem negatief of positief beïnvloed wordt door klimaatverandering. Adaptatiecapaciteit is het vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, te reageren op gevolgen of kansen te benutten.

Een voorbeeld ter verduidelijking van het conceptueel raamwerk van figuur 1 is het optreden van wateroverlast. Wateroverlast kan ontstaan door hevige neerslag en/of overstroming vanuit rivieren of zee. Dit is de klimaatdreiging. Blootstelling is de ligging van gebouwen of wijken in een gebied waar gemakkelijk wateroverlast optreedt. Bijvoorbeeld in een laag gelegen polder. De gevoeligheid is hoe gemakkelijk het water een gebouw of wijk binnenstroomt, bijvoorbeeld doordat er geen drempels zijn of relatief lage dijken. De adaptatiecapaciteit is de mogelijkheid om de negatieve impact van wateroverlast te beperken. Bijvoorbeeld door vooraf dijken of drempels te verhogen, op het moment van wateroverlast zandzakken te plaatsen voor schadebeperking of het snel tot evacuatie overgaan om slachtoffers te voorkomen. De kwetsbaarheid wordt ook beïnvloed door bijvoorbeeld sociaaleconomische omstandigheden in een wijk met woningen die in meer of mindere mate gevoelig zijn en/of bewoners die in staat zijn maatregelen te nemen om schade te beperken.

In figuur 2 is de invulling van de analysemethodiek voor de tweede nationale klimaatrisicoanalyse weergegeven. Deze analysemethodiek sluit aan bij internationale methoden voor klimaatrisicoanalyse en is gebaseerd op richtlijnen van ISO 14091 voor de analyse van klimaatrisico's (ISO 2021), de derde klimaatrisicoanalyse van het Verenigd Koninkrijk (Betts et al. 2021), de tweede klimaatrisicoanalyse van Duitsland (Kahlenborn et al. 2021a), de IPCC Assessment Reports (IPCC 2014, 2022) en de Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid (ANV 2019a).

In deze analysemethodiek zijn de begrippen klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit verwerkt. Er zijn zes type klimaatdreigingen gedefinieerd: het wordt warmer, het wordt natter, het wordt droger, overig extreem weer, de zeespiegel stijgt en de zee verzuurt. Dit gaat om zowel geleidelijke veranderingen van het gemiddelde klimaat als veranderingen van extremen. Blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit zijn afhankelijk van het adaptatiebeleid en maatschappelijke (sociale en ruimtelijke) ontwikkelingen. Voor de huidige situatie wordt de doorwerking van het geïmplementeerde adaptatiebeleid tot en met 2022 meegenomen. Voor toekomstige klimaatrisico's (2050, 2100 en 2150) bevat de analysemethodiek naast het geïmplementeerde beleid ook het huidige beleid, wat tot en met 2022 is aangenomen en volledig in (wettelijke) regelingen is geïnstrumenteerd en gefinancierd. De analysemethodiek hanteert voor de toekomstige situatie twee scenario's. Hierbij zijn klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen gecombineerd tot één gematigd risicoverhogend scenario en één sterk risicoverhogend scenario. Beide scenario's zijn aangeduid als risicoverhogend, omdat klimaatverandering in de toekomst zal toenemen. Wanneer er geen extra adaptatiebeleid wordt uitgevoerd, zal dit naar verwachting leiden tot grotere klimaatrisico's. In de analysemethodiek worden al deze beschreven aspecten samengebracht in een impact en waarschijnlijkheid van een klimaatrisico. Cascade-effecten kunnen impacts vergroten of nieuwe risico's veroorzaken, in zowel dezelfde (beleids)sector als een andere (beleids)sector.

**Figuur 2**  
Invulling van het conceptuele raamwerk voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026



Bron: PBL



Het PBL zal voor de toekomstige situatie adaptatiestrategieën opstellen, die effect hebben op de impact en/of waarschijnlijkheid van risico's. De adaptatiestrategieën worden dusdanig gekozen, dat ze de belangrijkste beleidskeuzes en dilemma's in beeld brengen. Alle risico's worden doorvertaald naar effecten op mens en cultuur, natuur en milieu en economie. Hierdoor zijn risico's onderling vergelijkbaar en bruikbaar als input voor urgentiebepaling van klimaatrisico's.

De kennisinstituten brengen volgens deze analysemethodiek per (beleids)sector de klimaatrisico's in kaart. Het PBL schetst op basis van deze deelstudies een risicobeeld voor Nederland als geheel, voor de huidige en toekomstige situatie. Het PBL en de betrokken kennisinstituten gebruiken daarvoor allemaal dezelfde conceptuele raamwerken, definities, uitgangspunten en scenario's. De analysemethodiek zal gaandeweg verder worden aangescherpt en uitgewerkt, ook bij periodieke herhalingen van de nationale klimaatrisicoanalyse.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In 2014/2015 is de eerste Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse uitgevoerd (PBL 2015a, 2015b, 2015c) ter ondersteuning van de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) in 2016 (I&M 2016). In 2021 hebben departementen van ministeries onder de vlag van het Directeurenoverleg Nationale klimaatadaptatiestrategie (DO NAS) gezamenlijk besloten om opnieuw een klimaatrisicoanalyse te laten uitvoeren. De resultaten leveren kennis voor een herziening van de NAS. Er zijn meerdere redenen voor een herziening van de klimaatrisicoanalyse en NAS. Klimaatgebeurtenissen doen zich vaker en heftiger voor dan verwacht. Dit leidt tot een toenemend bewustzijn van de noodzaak tot adaptatie bij beleid, politiek en algemeen publiek. Ook leiden recent ervaren klimaatgebeurtenissen zoals overstromingen, wateroverlast, droogte, hitte en stormen tot nieuwe kennis en data over het verband tussen klimaatgebeurtenis en impact. De wetenschap heeft sinds 2015 niet stil gestaan. Zo zijn er nieuwe inzichten in de waargenomen en te verwachten veranderingen in het klimaat en de effecten hiervan. Nieuwe methoden zijn beschikbaar voor het onderzoeken van klimaatimpacts en -risico's, onzekerheidsanalyses en urgentiebepaling van risico's en adaptatie. Tenslotte zijn er ook nieuwe modellen en scenario's beschikbaar voor toekomstverkenningen.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is gevraagd om de hernieuwde klimaatrisicoanalyse uit te voeren in de periode 2022 – 2026. Hiervoor is door het PBL een evaluatie uitgevoerd van de eerste klimaatrisicoanalyse in 2014/2015, zijn de beschikbare standaarden en conceptuele raamwerken onderzocht en is een inventarisatie gemaakt van de bestaande initiatieven en uitgevoerde risicoanalyses in zowel Nederland als het buitenland. De hieruit geleerde lessen zijn opgenomen in een analysemethodiek van de tweede Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse (2022 – 2026). Voorliggend rapport beschrijft deze analysemethodiek.

Het is van belang dat alle betrokkenen bij de Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 uitgaan van hetzelfde conceptuele raamwerk en dezelfde definities. Dit helpt om elkaar te begrijpen en de verschillende deelstudies onderling vergelijkbaar te maken. Dit rapport beschrijft een transparante methodiek voor de klimaatrisicoanalyse. Daardoor zijn methoden en keuzes herleidbaar en herhaalbaar en de uitkomsten vergelijkbaar. De conceptuele raamwerken die in dit rapport zijn beschreven zijn bepalend voor de manier van denken in de analyse. De methode is het gezamenlijke vertrekpunt voor de betrokken kennisinstituten en het PBL die samen de hernieuwde klimaatrisicoanalyse uitvoeren (zie bijlage 1 voor de vraagstelling aan de kennisinstituten).

## 1.2 Inhoud van de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026

Het PBL wil een basis leggen voor de evaluatie van de effectiviteit van adaptatiebeleid en de opzet van een structurele monitor. Hiervoor voert het PBL een nulmeting van klimaatrisico's uit, die transparant, systematisch, en herhaalbaar is.

De nulmeting bestaat uit een eenmalige analyse van de huidige klimaatrisico's, een eenmalige analyse van toekomstige risico's op basis van verschillende klimaat- en maatschappelijke scenario's en het verkennen van adaptatiestrategieën (PBL 2021a). Dit rapport beschrijft de theoretische basis voor de analyse van klimaatrisico's in Nederland.

De herijking van klimaatimpacts en -risico's zal bestaan uit:

- Een analyse van huidige (afgelopen 30 jaar en trends hierbinnen) en toekomstige klimaatrisico's. Deze analyse wordt gebaseerd op respectievelijk waarnemingen en op klimaatscenario's die ontwikkeld worden door het KNMI. De analyse is op nationale schaal en indien relevant en mogelijk regionaal gedifferentieerd. De analyse is gericht op meerdere (beleids)sectoren (zoals ICT en bebouwde omgeving).
- Voor de toekomstverkenning worden klimaatrisico's voor 2050, 2100 en enkele doorzichten naar 2150 in kaart gebracht. Hierbij wordt een gematigd risicoverhogend en een sterk risicoverhogend scenario gehanteerd op het gebied van klimaatverandering en maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen. Beide scenario's zijn beleidsarm qua klimaatadaptatie en vormen zo een referentie voor de effecten van mogelijke adaptatiestrategieën.
- Het doorvertalen van de resultaten van beide analyses naar eindrisico's voor mens en cultuur, natuur en milieu en economie, zodat risico's onderling vergelijkbaar zijn. Hierin wordt zowel kwalitatieve als kwantitatieve informatie over klimaatimpacts en -risico's meegenomen.
- Handreikingen voor de prioriteitstelling in de aanpak van deze risico's volgens een systematiek met zo veel mogelijk objectieve criteria voor urgentiebepaling. Hierbij wordt rekening gehouden met de omvang van de risico's, de kwetsbaarheid en het belang van de (beleids)sector, adaptatie acties die al lopen of op de rol staan, meekoppelkansen en samenhang met ontwikkelingen in andere beleidsvelden, gevaren voor maladaptatie (adaptatiemaatregel of maatregel in een ander beleidsveld die onbedoeld het klimaatrisico vergroot in plaats van verkleint) en 'lock-ins' (maatregelen of besluiten met een langdurige uitwerking in een beleidsveld, die een klimaatrisico doen vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken), en de snelheid waarmee het risico naar verwachting groeit versus de benodigde tijd voor onderzoeken, ontwerpen en implementeren van adaptatiemaatregelen.
- Een verkenning van adaptatieopties voor de urgente risico's. De basis hiervoor is de analyse van huidige en toekomstige klimaatrisico's, en van de blootstelling aan en kwetsbaarheid van (beleids)sectoren voor deze risico's.
- Het formuleren van handreikingen voor de bepaling van de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) op basis van bovenstaande analyses. Hierbij komen ook de rollen en verantwoordelijkheden van verschillende betrokken partijen aan de orde.

De kennisinstituten brengen de klimaatrisico's per (beleids)sector in kaart. Het PBL voert een overkoepelende analyse uit met de bevindingen van deze deelstudies om een risicobeeld te schetsen voor Nederland. Adaptatiestrategieën, sector-overschrijdende (cascade)effecten en extremen neemt het PBL hier ook in mee.

De hier ontwikkelde methode dient als structurele basis voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse. De belangrijkste verschillen ten opzichte van de eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse zijn:

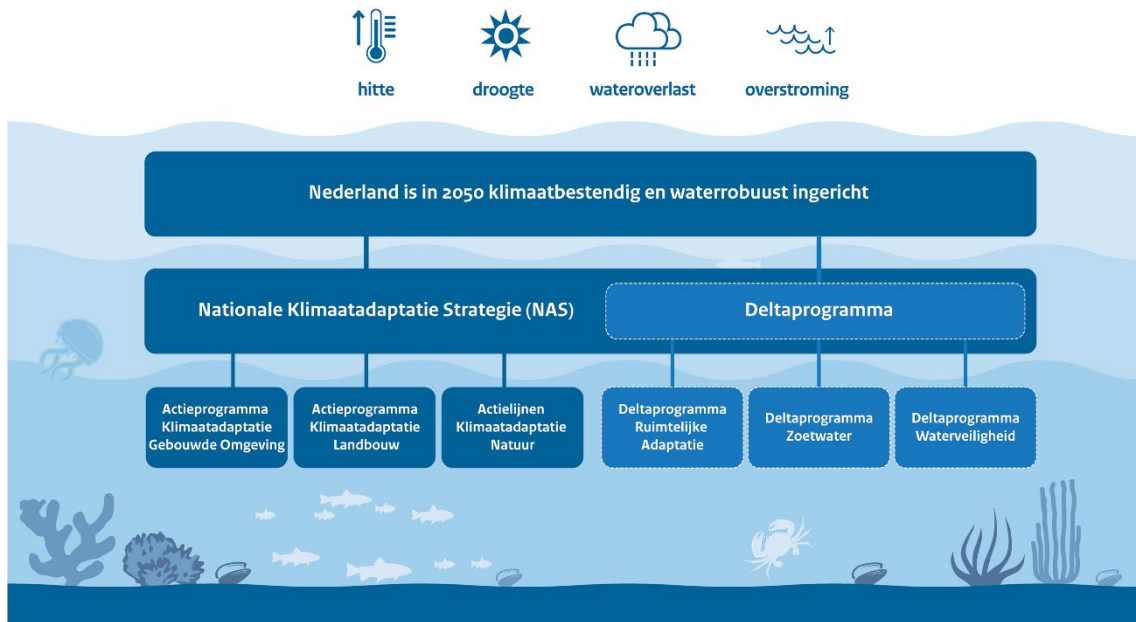
- De tweede Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 dient als nulmeting voor een structurele risicoanalyse. Dit betekent dat de analyse transparant, systematisch en herleidbaar wordt opgezet volgens ISO 14091. Daardoor is de methode herhaalbaar en zijn de uitkomsten van toekomstige risicoanalyses te vergelijken met de uitkomsten van de analyse in 2022 – 2026. Deze aanpak verschilt van de eerste klimaatrisicoanalyse. Daardoor zijn de resultaten van de eerste risicoanalyse niet direct vergelijkbaar met de tweede en toekomstige risicoanalyses.
- Definities, het conceptuele raamwerk en de invulling hiervan voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 worden vooraf afgesproken voor alle deelprojecten. Dit bevordert de onderlinge vergelijkbaarheid evenals de analyse van relaties tussen risico's voor verschillende (beleids)sectoren en stapeling van risico's.
- In tegenstelling tot de eerste risicoanalyse worden in de tweede risicoanalyse risico's bepaald voor de huidige situatie (waarnemingen over de afgelopen 30 jaar). Voor de toekomstige situatie zijn de zichtjaren in de nieuwste KNMI scenario's leidend (2050, 2100 en 2150). Hierbij hanteren we een gematigd risicoverhogend en een sterk risicoverhogend scenario op het gebied van klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen. Bij de eerste risicoanalyse werd alleen het 'worst case' klimaatscenario voor 2050 van de KNMI'14 scenario's (KNMI 2014) gecombineerd met de maatschappelijke en ruimtelijke situatie in 2010.
- In de tweede klimaatrisicoanalyse worden zeer onzekere en complexe risico's met potentieel grote impact, onder andere veroorzaakt door potentiële kantelpunten in effecten van klimaatverandering, geïnventariseerd.
- Nieuw ten opzichte van de eerste nationale klimaatrisicoanalyse is dat nu ook risico's voor cultureel erfgoed, veiligheid, bebouwde omgeving en ruimtelijke ordening worden geanalyseerd.

Beleidsmatig gezien gaat de tweede Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse over zowel het Deltaprogramma als over de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS). Het Deltaprogramma is geschreven vanuit verschillende thema's (waterveiligheid, zoetwater en ruimtelijke adaptatie) en gebieden, terwijl de NAS een sectorale insteek heeft. Beide programma's zijn nevensgeschikt en dragen bij aan het hoofddoel van een klimaatbestendig en waterrobuust Nederland in 2050. Zie figuur 1.1 voor een illustratie van de samenhang tussen het Deltaprogramma en de NAS. De nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 neemt ook thema's, sectoren en beleidsvelden mee die niet in figuur 1.1 staan, zoals cultureel erfgoed.

De tweede Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse ondersteunt de herziening van de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) door handreikingen te geven om prioriteiten te stellen in de risico's en de urgentie te bepalen voor adaptatiemaatregelen. Urgentie wordt niet alleen bepaald door de risicoanalyse. Aspecten zoals risicoperceptie spelen ook mee in de afweging (zie figuur 1.2).

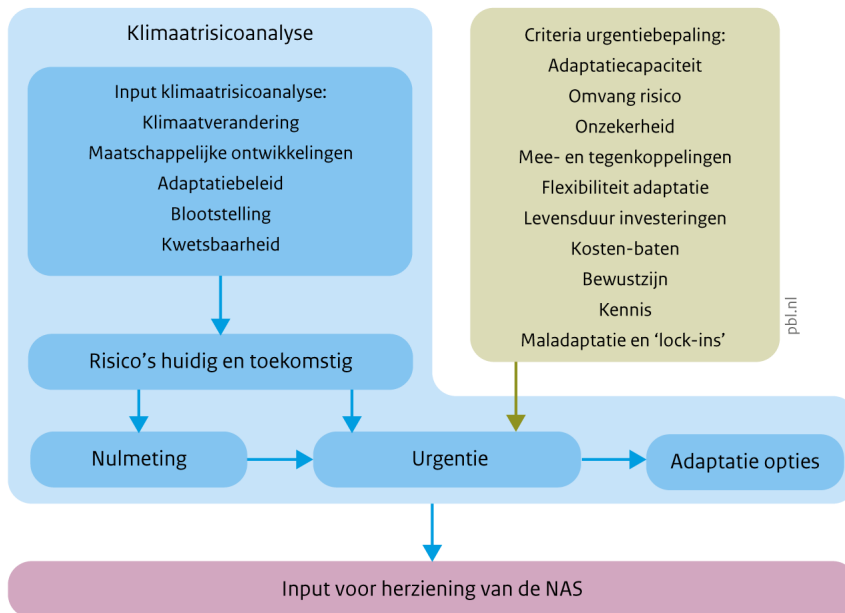
**Figuur 1.1**

Samenhang tussen Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) en Deltaprogramma, uit Nationaal Water Programma (bron: I&W, LNV & BZK 2022)



**Figuur 1.2**

Klimaatriisicoanalyse leidt tot herziening van de Nationale klimaatadaptatiestrategie



Bron: PBL

## 1.3 Doelen en onderzoeksvraag

### 1.3.1 Doelen en onderzoeksvraag nationale klimaatrisicoanalyse

De doelen van de Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zijn:

1. *Nulmeting*: uitvoeren van een nulmeting als referentie voor het periodiek uitvoeren van klimaatrisicoanalyses, waarmee de veranderingen in de risico's en de vorderingen richting 'Nederland klimaatbestendig en waterrobuust in 2050' (en daarna) worden verkend. Herhaalde klimaatrisicoanalyse en evaluatie van adaptatie en adaptatiecapaciteit helpen om ontwikkelingen te onderkennen en te volgen, en om kennis te genereren over de effectiviteit van maatregelen (Fritzsche et al. 2014a, 2014b). Deze 'nulmeting', gebaseerd op bestaande informatie, betreft zowel de huidige situatie (1990 – 2022) als de verwachte situaties in het midden en einde van de 21e eeuw (2050, 2100 en enkele doorkijken naar 2150) onder de voorziene klimaatveranderingen (KNMI klimaatscenario's 2023), en sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen, met het geïmplementeerde en huidige (geïnstrumenteerde en gefinancierde) adaptatiebeleid.
2. *Identificatie van kwetsbaarheden, inschatting van omvang van risico's en bouwstenen voor prioritering van adaptatie*: vele factoren zijn bepalend voor de blootstelling aan, gevoeligheid voor en adaptatiecapaciteit tegen klimaatdreigingen van (beleids)sectoren. Klimaatrisicoanalyse geeft inzicht in deze factoren en dit helpt om prioriteiten te stellen in de aanpak van risico's. Ook de identificatie van kennislacunes is van belang. De resultaten van de klimaatrisicoanalyse kunnen aangeven waar snel actie nodig is (bijvoorbeeld om 'lock-ins' en toekomstige klimaatimpacts te vermijden) en ze kunnen de noodzaak aantonen voor het ontwikkelen van adaptatiecapaciteit bij bepaalde (beleids)sectoren. Deze kennis kan bijdragen aan de herziening van de NAS. Ook kan het bijdragen aan de bewustwording van de gevolgen van klimaatverandering en de noodzaak tot adaptatie.
3. *Identificatie van aangrijpingspunten voor adaptatie aan klimaatverandering*: zowel het proces van klimaatrisicoanalyse als de eindresultaten ervan kunnen helpen om mogelijke adaptatiemaatregelen te identificeren. Deze kennis kan een brug slaan naar beleid en op basis van de bepaling van urgente risico's het adaptatiebeleid ondersteunen door handreikingen te bieden voor verschillende adaptatiestrategieën.

Het eerste doel is door het PBL opgesteld om zo te anticiperen op een langdurige monitoring en structurele risicoanalyse van klimaatadaptatie. Dit betekent dat de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 extra aandacht zal besteden aan een transparante systematiek van de analyse, zodat methoden en keuzes herleidbaar en herhaalbaar zijn en de resultaten vergelijkbaar voor volgende klimaatrisicoanalyses. Verschillende kennisinstituten en beleidsterreinen zijn bij de analyse betrokken. Dit vraagt om een goed georganiseerde stroom van informatie en uniforme methodiek om vergelijking en beoordeling van de klimaatrisico's mogelijk te maken. De andere twee doelen komen overeen met ISO 14091.

De nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 brengt in beeld welke klimaatrisico's in Nederland een bedreiging vormen voor mens en cultuur, natuur en milieu en de economie ('people, planet, profit'), in zowel de huidige situatie als mogelijke toekomstige situaties. Deze informatie geeft handvatten voor het bevestigen en zo nodig bijstellen van de urgentie en prioriteiten in de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS).

### 1.3.2 Doel van dit rapport

Doel van dit rapport is het opstellen van een analysemethodiek voor een structurele nationale klimaatrisicoanalyse voor Nederland. Een terugblik op de eerste nationale klimaatrisicoanalyse uit 2014/2015, internationale richtlijnen van de ISO14091 en IPCC en delen van de gebruikte methodes voor de klimaatrisicoanalyses (Climate Change Risk Analysis; CCRA) in het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3) en Duitsland (GE CCRA2) leveren een conceptueel raamwerk en uitgangspunten voor een structurele Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse.

## 1.4 Reikwijdte

De NAS geldt Nederland-breed en gaat over alle klimaatgevoelige sectoren en beleidsterreinen. De nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 ondersteunt de herziening van de NAS. De klimaatrisicoanalyse neemt (beleids)sectoren mee waarvoor het betreffende ministerie betaalt en/of (beleids)sectoren die vitaal en kwetsbaar zijn. De klimaatrisicoanalyse neemt ook de verbindingen tussen sectoren en beleidsterreinen in beschouwing. De overzeese gebieden worden vooralsnog niet meegenomen bij gebrek aan middelen hiervoor.

## 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is achtergrondinformatie opgenomen die van toepassing is voor de klimaatrisicoanalyse. Het bevat een terugblik op de eerste klimaatrisicoanalyse van het PBL uit 2014/2015 en de NAS uit 2016. Tevens zijn in hoofdstuk 2 korte beschrijvingen gegeven van de geïntegreerde analyse nationale veiligheid voor Nederland, de ISO 14091 en de klimaatrisicoanalyses van het Verenigd Koninkrijk, Duitsland en de IPCC. Ook zijn de Europese rapportageverplichtingen over klimaatrisico's en klimaatadaptatie opgenomen. Hoofdstuk 3 bevat een overzicht van de conceptuele raamwerken voor de klimaatrisicoanalyse. Hierin zijn definities, concepten en mogelijkheden voor het omgaan met dwarsdoorsnijdende aspecten opgenomen. In hoofdstuk 4 is de invulling van de analyse van huidige en toekomstige klimaatrisico's in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 beschreven. In hoofdstuk 5 staat een overzicht van nog te maken keuzes en verder in te vullen aspecten voor de uitvoering van de risicoanalyse. Ook staan er suggesties voor de rapportage en geeft het een overzicht van de proceseisen die ISO 14091 stelt aan de uitvoering van klimaatrisicoanalyse.

## 2 Achtergrondinformatie

### 2.1 Terugblik op eerste klimaatrisicoanalyse 2014/2015

De eerste Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse kwam uit in 2015 (PBL 2015a, 2015b, 2015c). In deze risicoanalyse zijn de klimaatrisico's in 2050 voor de volgende (beleids)sectoren onderzocht:

- Energie-infrastructuur (TNO 2014a)
- ICT (TNO 2014b)
- Transport en infrastructuur (TNO 2014c)
- Volksgezondheid (RIVM 2014)
- Landbouw (Schaap et al. 2014)
- Visserij (Rijnsdorp et al. 2014)
- Natuur (Braakhekke et al. 2014)
- Hitte in de stad (op basis van informatie uit het Deltaprogramma)
- Water (op basis van informatie uit het Deltaprogramma)

Daarnaast zijn de publieke en private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie onderzocht (Runhaar et al. 2014). Risico's voor Nederland door klimaatverandering in het buitenland zijn destijds apart onderzocht (PBL 2015c).

Voor de risicoanalyse is gebruik gemaakt van reeds bestaande informatie met een gezamenlijk raamwerk om die informatie te interpreteren, analyseren en communiceren. Er was geen gemeenschappelijke methodiebepaling voorafgaand aan de sectorale studies en geen samenwerking tussen kennisinstellingen tijdens de uitvoering. Wel was er een laatste check op de eindresultaten per kennisinstituut.

Risico's voor menselijk welzijn, natuur en economie werden voor 2050 geschat in drie klassen: laag, middel en hoog. In totaal zijn 55 risico's onderzocht. Zie bijlage 2 van dit rapport voor een overzicht van onderzochte risico's en bijlage 1 in PBL (2015b) voor een uitgebreide beschrijving van de onderzochte aspecten en risico's. Uitgangspunt was een 'worst case' klimaatscenario (W+ scenario KNMI 2014; KNMI & PBL 2015), gecombineerd met de sociaaleconomische en ruimtelijke toestand en uitgevoerde adaptatie in 2010 (PBL 2015a, 2015b). In de analyse is dus rekening gehouden met klimaatverandering tot 2050, maar niet met sociaaleconomische en ruimtelijke veranderingen en uitgevoerde klimaatadaptatie tussen 2010 en 2050. Veranderingen in blootstelling en kwetsbaarheid tussen 2010 en 2050 zijn daarmee ook niet meegenomen. De uitkomsten van de eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse zijn dus niet direct vergelijkbaar met de resultaten van de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026.

De conclusies van de eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse waren (PBL 2015a, 2015b):

- Vergrijzing en verdere bevolkingsconcentraties in steden, vergroten de kwetsbaarheid voor infectieziekten en hittestress, en grotere bevolkingsaantallen worden blootgesteld aan klimaatrisico's die verbonden zijn aan de bebouwde omgeving



- Een groeiende afhankelijkheid van burgers, publieke en private partijen, van elektriciteit en ICT, de toenemende elektrificatie en een sterkere verknoping, ook internationaal, van elektriciteit- en ICT netwerken
- De energietransitie verschuift het relatieve belang van klimaatrisico's voor de elektriciteitsvoorziening van elektriciteitscentrales die koelwater nodig hebben en gevoelig zijn voor droogte, naar windmolens en zonnepanelen, die wind en zon nodig hebben
- Urgentie ligt bij infrastructuur voor waterveiligheid, elektriciteit, ICT en transport, en in de ruimtelijke inrichting, vanwege de lage omloopsnelheden in deze sectoren en daarmee geringe flexibiliteit. Voor deze infrastructuur en voor de huidige en geplande ruimtelijke inrichting moeten klimaat-stresstesten worden uitgevoerd
- Urgentie ligt ook bij het benutten van kansen door met klimaatadaptatie aan te haken bij geplande ontwikkeling, herinrichting, vervanging, beheer en onderhoud van objecten, infrastructuur en ruimte

## 2.2 Terugblik op NAS 2016 en uitvoeringsprogramma NAS

De eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse ondersteunde de opzet van de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS) in 2016 (I&M 2016). In de NAS zijn de volgende sectoren meegenomen: waterhuishouding en ruimtelijke ordening, natuurbeheer, landbouw, tuinbouw en visserij, gezondheidszorg, recreatie en toerisme, infrastructuur (weg, spoor, water en luchtvaart), energievoorziening, IT en telecomvoorziening, veiligheid en crisisbeheersing. De zes meest urgente risico's in de NAS 2016 zijn:

- Hittestress
- Vaker uitval van delen van vitale en kwetsbare functies
- Frequentere land- en tuinbouwschade
- Onvoldoende meebewegen van een deel van de flora en fauna met verschuiving van klimaatzones
- Gezondheidsverlies, arbeidsverlies en kosten door een mogelijke toename van infecties en allergieën
- Cumulatieve effecten waarbij de uitval in één sector of op één locatie gevolgen heeft voor andere sectoren en/of andere locaties

Vitale en kwetsbare functies, zoals vastgesteld in NAS 2016, zijn in het Deltaprogramma verder uitgebreid (zie bijlage 3) (I&W, LNV & BZK 2020). De NAS 2016 heeft de volgende zeven risico's aangemerkt die naar verwachting op termijn urgent worden:

- Uitval van delen van het elektriciteitsnetwerk door extreem weer
- Beperking van scheepvaart door extreem hoog of laag water
- Verlies van soorten en habitats door extreem laag water in rivierarmen
- Grootschalige uitval van IT door uitval van cruciale IT-dienstverleners elders ter wereld, of door oververhitting
- Veranderen van migratiepatronen van trekkende diersoorten
- Extra bodemdaling met als gevolgen: schade aan gebouwen en infrastructuur, veiligheidsrisico's zoals het knappen van leidingen en extra CO<sub>2</sub>-uitstoot door veenoxidatie
- Verzilting van landbouwgrond in West-Nederland door zeespiegelstijging, in combinatie met bodemdaling

In 2018 is er een uitvoeringsprogramma NAS opgezet (I&W 2018). Dit programma heeft als speerpunten hittestress en gezondheid, infrastructuur als prioritaire vitale en kwetsbare functie, landbouw, natuur, bebouwde omgeving en samenwerken met provincies op het gebied van regionale strategieën. In 2020 heeft er een terugblik plaatsgevonden op drie jaar uitvoering van de NAS (I&W 2020). Voor de volgende uitvoeringsfase zijn er drie aandachtspunten genoemd:

- Onverkorte inzet op urgente risico's en speerpunten; in het bijzonder op hitte, gebouwde omgeving en infrastructuur
- Aansluiting vinden bij andere transitie- en maatschappelijke opgaven
- Investeren in een langjarig kennis- en monitoringsysteem

De Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal aandacht besteden aan alle genoemde risico's en speerpunten.

## 2.3 Geraadpleegde nationale en internationale klimaatrisicoanalyses

Voor de analysemethodiek zijn de ISO 14091, de geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid, de klimaatrisicoanalyses (Climate Change Risk Analysis; CCRA) in het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3) en Duitsland (GE CCRA2) en de IPCC Assessment Reports (IPCC AR) bestudeerd. De klimaatrisicoanalyses gebruiken grove categorieën voor de indeling van risico's, betrouwbaarheid en adaptatiecapaciteit in de klassen hoog, midden en laag. Alleen de Geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid maakt een verdere onderverdeling binnen de grove klassen. Hieronder zijn de raamwerken en analyses kort toegelicht.

### 2.3.1 ISO 14091

De ISO 14091 is een handleiding met richtlijnen voor het uitvoeren van klimaatrisicoanalyses (ISO 2021). Het is onder andere gebaseerd op 'The Vulnerability Sourcebook' (Fritzsche et al. 2014a) dat een uitvoerige en geïllustreerde handleiding is voor het systematisch uitvoeren van kwetsbaarheidsanalyses voor klimaatrisico's. In de ISO 14091 zijn alle fasen van een klimaatrisicoanalyse beschreven en deze zijn voor alle schaalniveaus en (beleids)sectoren toepasbaar. De richtlijnen zijn geldig voor zowel huidige als toekomstige klimaatrisico's. In de ISO 14091 zijn verschillende definities en concepten, te volgen stappen en aspecten waaraan gedacht moet worden uitgebreid beschreven. Het bevat ook aanwijzingen voor de analyse van adaptatiecapaciteit. Het document is echter minder geschikt voor de planning van adaptatiemaatregelen. De ISO 14091 bevat bijvoorbeeld geen methode voor prioritering en urgentiebepaling. Ook aan zaken zoals omgaan met onzekerheden, aggregeren, impactketens en de risicoschatting zelf wordt minder aandacht besteed. Hiervoor zijn andere bronnen nodig, zoals de Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid, de derde klimaatrisicoanalyse voor het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3), de tweede klimaatrisicoanalyse voor Duitsland (GE CCRA2) en de IPCC Assessment Reports. Hoofdpunten voor de klimaatrisico en kwetsbaarheidsanalyse staan beschreven in ISO 14091 (zie bijlage 4).

### 2.3.2 Geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid

In de Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid uit 2019 (ANV 2019a) zijn risico's voor de nationale veiligheid onderzocht, die een mogelijk ontwrichtend effect hebben op de samenleving.

Klimaatverandering is hier ook in meegenomen. In de risicoanalyse is onderscheid gemaakt tussen zes nationale veiligheidsbelangen. Zie tabel 2.1 voor de zes nationale veiligheidsbelangen (zie ook bijlage 5). Vier van de zes veiligheidsbelangen kunnen worden aangetast door klimaatimpacts in Nederland: fysieke veiligheid, economische veiligheid, ecologische veiligheid en sociale en politieke stabiliteit. De overige twee veiligheidsbelangen, territoriale veiligheid en internationale rechtsorde, kunnen bij een wereldwijde ernstige verstoring van het klimaat ook in het geding komen. Zeker wanneer grote delen van de wereld, inclusief laag-Nederland, niet bewoonbaar of niet landbouwkundig bruikbaar worden en de handel wordt verstoord. Dit leidt tot tekorten aan voedsel en andere goederen en tot migratiestromen. Een herziene, rijksbrede risicoanalyse nationale veiligheid is gepubliceerd in 2022 (ANV 2022a), inclusief themarapporten (waaronder een analyse voor het Caribisch gebied) (ANV 2022b).

De geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid neemt grote klimaatrisico's zoals overstromingen en grote natuurbranden mee in de analyse. Grote risico's met kleine potentiële impacts en hoge waarschijnlijkheid en risico's voor middelgrote impacts zijn geen onderdeel, omdat er geen sprake is van een risico voor de nationale veiligheid. In de Nederlandse nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 worden deze wel meegenomen.

**Tabel 2.1**

Nationale veiligheidsbelangen in de geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid (ANV 2019a)

De zes nationale veiligheidsbelangen	Definitie
Territoriale veiligheid	Het ongestoord functioneren van Nederland en haar EU en NAVO bondgenoten als onafhankelijke staten in brede zin, dan wel de territoriale veiligheid in enge zin.
Fysieke veiligheid	Het ongestoord functioneren van de mens in Nederland en zijn omgeving.
Economische veiligheid	Het ongestoord functioneren van Nederland als een effectieve en efficiënte economie.
Ecologische veiligheid	Het ongestoord blijven voortbestaan van de natuurlijke leefomgeving in en nabij Nederland.
Sociale en politieke stabiliteit	Het ongestoorde voortbestaan van een maatschappelijk klimaat waarin individuen ongestoord kunnen functioneren en groepen mensen goed met elkaar kunnen samenleven binnen de verworvenheden van de Nederlandse democratische rechtstaat en daarin gedeelde waarden.
Internationale rechtsorde	Het functioneren van het internationale stelsel van normen en afspraken, gericht op internationale vrede en veiligheid.

### 2.3.3 UK CCRA3, GE CCRA2 en IPCC Assessment Reports

De derde klimaatrisicoanalyse voor het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3), de tweede klimaatrisicoanalyse voor Duitsland (GE CCRA2) en het zesde IPCC Assessment Report (AR6) zijn recent uitgebracht. Deze klimaatrisicoanalyses maken gebruik van de nieuwste kennis en internationaal erkende methoden. In zowel het Verenigd Koninkrijk als Duitsland is ervaring met eerder uitgevoerde klimaatrisicoanalyses. Om deze redenen zijn deze klimaatrisicoanalyses geraadpleegd voor de klimaatrisicoanalyse voor Nederland. De UK CCRA3 (Betts et al. 2021) bevat specifieke hoofdstukken over wetenschappelijke bewijs voor klimaatverandering (Slingo et al. 2021), de gehanteerde methode (Watkiss et al. 2021), de (beleids)sectoren natuur (Berry et al. 2021), infrastructuur (Jaroszweski et al. 2021), gezondheid, maatschappij en bebouwde omgeving (Kovats et al. 2021), bedrijven en industrie (Surminski et al. 2021) en internationale dimensies (Challinor et al. 2021).

De GE CCRA2 bevat een Engelstalige samenvatting (Kahlenborn et al. 2021a) en Duitstalige hoofdstukken over de methodische basis (Kahlenborn et al. 2021b) en over klimaatrisico's in de clusters land (Renner et al. 2021), water (Fritsch et al. 2021), infrastructuur (Voß et al. 2021) en economie en gezondheid (Wolf et al. 2021), en een evaluatie (Kahlenborn et al. 2021c).

In hoofdstuk 3 en 4 van dit rapport zijn deze UK CCRA3, GE CCRA2 en IPCC Assessment Reports meermaals aangehaald en beschreven bij aspecten van het conceptueel raamwerk en de invulling van de Nederlandse klimaatrisicoanalyse. Zowel UK CCRA3 als de GE CCRA2 bepalen de urgentie van risico's op basis van objectieve criteria, de UK CCRA3 doet dit systematischer dan de GE CCRA2. In de UK CCRA3 worden risico's uitgedrukt in potentiële schade per jaar en worden impact en waarschijnlijkheid niet apart gegeven. De GE CCRA2 bevat uitvoerige handreikingen voor de analyse van adaptatiecapaciteit, adaptatieopties en samenhang en dynamiek binnen en tussen de door klimaateffecten getroffen systemen (onder andere keten- en cascade-effecten, zie paragraaf 3.8).

## 2.4 Europese rapportageverplichtingen

Adequate informatievoorziening over de ontwikkeling van klimaatverandering, klimaatimpacts en -risico's en de implementatie van klimaatadaptatiebeleid is van belang in de context van de EU-Klimaatadaptatiestrategie. Sinds 1 januari 2021 zijn Europese lidstaten verplicht om aan Brussel meer te rapporteren dan voorheen over klimaatrisico's en klimaatadaptatie in hun land, onder meer over de huidige risicosituatie en mogelijke risico's in de toekomst. De Europese Uitvoeringsverordening (EU) 2018/1999 beschrijft richtlijnen en geeft formats voor rapportages over broeikasgasemissies en klimaatadaptatie (EU 2018). De lidstaten moeten op grond van Verordening (EU) 2021/1119 (EU 2021) tweejaarlijks rapporteren over:

- Belangrijkste doelstellingen en het institutionele kader voor adaptatie
- Voorspellingen inzake klimaatverandering, waaronder geleidelijke veranderingen, extreme weersomstandigheden, effecten van klimaatverandering, evaluatie van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en de belangrijkste klimaatrisico's
- Adaptief vermogen
- Adaptatieplannen en -strategieën
- Toezicht- en evaluatiekader
- Geboekte vooruitgang bij tenuitvoerlegging adaptatie, met inbegrip van het delen van goede voorbeelden en monitoren van veranderingen op het gebied van beleid (beleidsdoelen, uitvoering en effecten van beleid, ontwikkeling van het adaptatievermogen)

Uit bovenstaande opsomming blijkt dat de tweejaarlijkse rapportages de hele beleidscyclus dienen te omvatten, met zowel de analyse van klimaatrisico's als de evaluatie van het adaptatiebeleid.

In bijlage 6 staan enkele eisen uit de Europese Klimaatwet, die relevant zijn voor Europese rapportages en dus ook voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse. De eerste rapportage voor de Europese Commissie is gecoördineerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) en in maart 2021 opgeleverd. De kwaliteitseisen waren beperkt voor deze eerste rapportage (Europese Commissie 2020). Vanaf 2023 worden de eisen uitgebreid, als onderdeel van de Europese Klimaatwet (EU 2018, 2021).

Vanuit de European Flood Directive (EU 2007) zijn lidstaten verplicht om elke 6 jaar een overstromingsrisicobeheerplan te maken, parallel aan de Kaderrichtlijn Water. Dit plan richt zich op de kwetsbaarheid voor overstromingen van zowel gebieden langs het hoofdwatersysteem als gebieden langs de regionale watersystemen (I&W 2021). Het Deltaprogramma Waterveiligheid richt zich uitsluitend op het hoofdwatersysteem.

De nationale klimaatrisicoanalyse kan data en informatie leveren voor de Europese rapportageverplichtingen en daarbij zo goed mogelijk rekening houden met Europese eisen. Andersom kunnen de Europese monitoring en rapportageverplichtingen leiden tot meer structurele informatie voor de nationale klimaatrisicoanalyse.

## 3 Conceptuele raamwerken

Het is van belang dat alle betrokken partijen die informatie leveren voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 uitgaan van dezelfde conceptuele raamwerken en definities, om elkaar te begrijpen en de verschillende deelstudies onderling vergelijkbaar te maken. In de ontwikkelde methodiek sluiten we aan bij de laatste internationaal erkende conceptuele raamwerken en definities van de IPCC (IPCC 2014, 2022) en ISO 14091 (ISO 2021), en bij de geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid (ANV 2019a, 2019b). Indien er behoefte is aan nieuwe of aanvullende conceptuele raamwerken en definities, moeten deze in alle deelprojecten worden overgenomen.

In dit hoofdstuk zijn de conceptuele raamwerken van een klimaatrisico (zie figuur 3.1) en het uitvoeren van een klimaatrisicoanalyse (zie figuur 3.2) toegelicht en zijn bijbehorende begrippen gedefinieerd. Ook dwarsdoorsnijdende aspecten komen aan bod die van toepassing zijn op alle (beleids)sectoren, zoals het omgaan met onzekerheid, risicoperceptie en urgentiebepaling. In hoofdstuk 4 is de invulling voor de tweede Nederlandse klimaatrisicoanalyse opgenomen (zie figuur 4.1) en zijn de gemaakte inhoudelijke keuzes verder toegelicht.

### 3.1 Conceptueel raamwerk klimaatrisico

Het begrip ‘risico’ in relatie tot klimaatverandering kent meerdere definities. Zie bijlage 7 voor een uitgebreide toelichting op de verschillende definities. De nationale klimaatrisicoanalyse sluit zich aan bij de definitie van klimaatrisico’s volgens het zesde IPCC Assessment Report (AR6) (IPCC 2022): *“The potential for adverse consequences for human or ecological systems, recognizing the diversity of values and objectives associated with such systems. In the context of climate change, risks can arise from potential impacts of climate change as well as human responses to climate change. Relevant adverse consequences include those on lives, livelihoods, health and wellbeing, economic, social and cultural assets and investments, infrastructure, services (including ecosystem services), ecosystems and species”*

Klimaatrisico’s zijn dus gedefinieerd als potentiële negatieve gevolgen voor de mens en ecosystemen, rekening houdend met de verschillende waarden en doelen van deze systemen. Dit kunnen bijvoorbeeld negatieve gevolgen zijn voor leven en levensonderhoud, gezondheid en welzijn, cultuur, economie, investeringen, (ecosysteem)diensten, infrastructuur, ecosystemen en soorten. IPCC AR6 analyseert niet alleen de risico’s die direct veroorzaakt zijn door klimaatverandering, maar ook de risico’s die juist voortvloeien uit adaptatie aan die klimaatinvloeden, wanneer adaptatie onbedoelde, negatieve neveneffecten heeft of het beoogde adaptatiedoel niet wordt behaald.

In de definities van ISO 14091 en UK CCRA3 kan een risico zowel positief als negatief zijn. Voor IPCC AR6 bevelen Reisinger et al. (2020) aan om het woord ‘risico’ alleen te gebruiken voor potentiële *negatieve* impacts. Dit is conform het Nederlandse spraakgebruik, een risico wordt als gevaar ervaren. De nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 sluit zich hierbij aan. Indien een expliciet onderscheid nodig is tussen een negatief en positief risico, noemen we het een gevaar of een kans. Om daarbij verwarring te voorkómen met statistische ‘kans’, spreken we over ‘waarschijnlijkheid’ als we de statistische kans bedoelen.

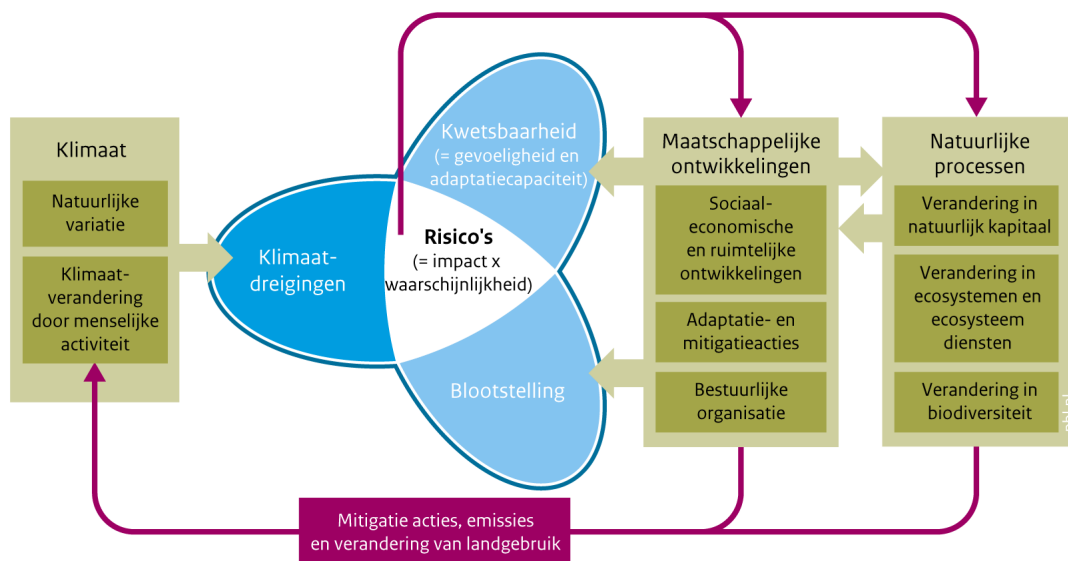
Volgens het vijfde IPCC Assessment Report (AR5) (IPCC 2014) is een klimaatrisico een functie van een klimaatdreiging (H = Hazard) voor een systeem, en de blootstelling aan (E = Exposure) en kwetsbaarheid voor die dreiging (V = Vulnerability) van dat systeem (zie figuur 3.1). Klimaatrisico wordt uitgedrukt in de potentiële impact (I) maal de waarschijnlijkheid van die impact (P = Probability). Kwetsbaarheid (V) is een functie van gevoeligheid (S = Sensitivity) en adaptatiecapaciteit (AC = Adaptive Capacity).

Samengevat:

$$R = f(H, E, V) = I \times P$$

$$V = f(S, AC)$$

**Figuur 3.1**  
Conceptueel raamwerk rondom het begrip 'klimaatrisico'



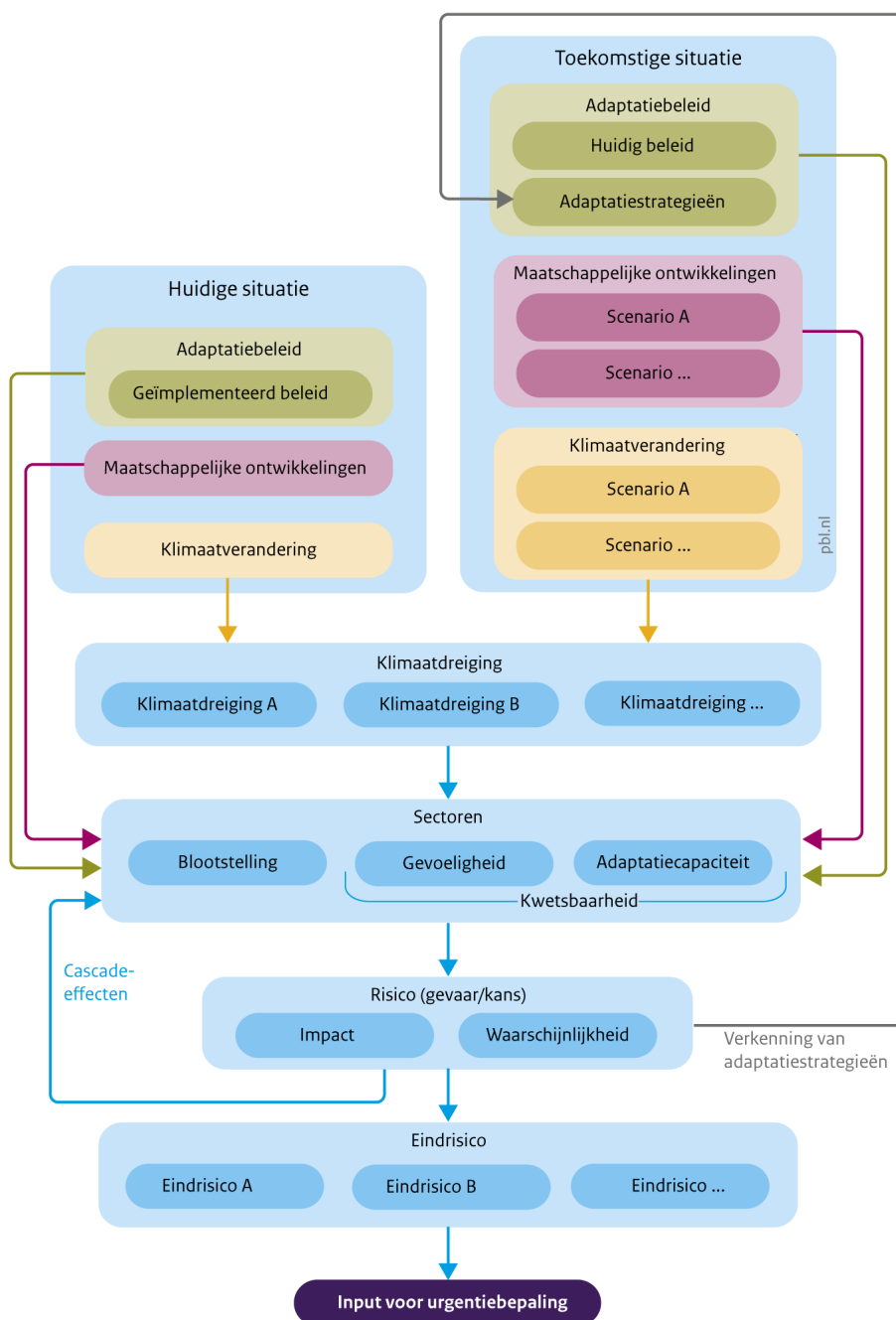
Bron: IPCC WGII 2014; bewerking PBL

## 3.2 Conceptueel raamwerk klimaatrisicoanalyse

Centraal in het conceptueel raamwerk van de tweede Nederlandse klimaatrisicoanalyse staan de (beleids)sectoren die worden bedreigd door klimaatverandering (zie figuur 3.2). De analyse start met een inventarisatie van de huidige en toekomstige situatie wat betreft adaptatiebeleid, maatschappelijke ontwikkelingen en klimaatverandering. Deze factoren zijn van invloed op klimaatrisico's. Voor het adaptatiebeleid kijkt het PBL naar het geïmplementeerde beleid in de huidige situatie en het huidige (geïnstrumenteerde en gefinancierde) beleid in de toekomstige situatie. Het meenemen van adaptatiebeleid bij het in kaart brengen van klimaatrisico's wordt expliciet aanbevolen in recente literatuur (Simpson et al. 2021). Onder maatschappelijke ontwikkelingen worden sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen verstaan. Klimaatverandering wordt doorvertaald naar klimaatdreigingen die een gevaar kunnen vormen voor (beleids)sectoren of (maatschappelijke of ecologische) systemen. Per (beleids)sector worden de blootstelling en kwetsbaarheid (onderverdeeld in gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) in kaart gebracht.

De omvang van een klimaatrisico wordt vastgesteld door de impact als gevolg van een klimaatgebeurtenis en de waarschijnlijkheid van het optreden van die impact te bepalen. Tenslotte worden de (beleids)sectorspecifieke klimaatrisico's doorvertaald naar eindrisico's voor mens en milieu, natuur en milieu en economie, zodat de impact van klimaatrisico's onderling vergeleken kan worden. Ook effecten die doorwerken in een andere sector (zogenaamde cascade-effecten) en verkenning van adaptatiestrategieën op basis van de geïnventariseerde klimaatrisico's worden meegenomen. Tenslotte vormt de uitkomst van de klimaatrisicoanalyse input voor de urgentiebepaling, op basis waarvan het beleid prioriteiten kan stellen voor het Nederlandse adaptatiebeleid.

**Figuur 3.2**  
Conceptueel raamwerk Nederlandse klimaatrisicoanalyse



Bron: PBL



### 3.2.1 Definities en begrippen

Voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse worden definities gebruikt in overeenstemming met literatuur over buitenlandse klimaatrisicoanalyses, en aansluitend bij de ISO 14091. Deze baseert zich veelal op de begrippenlijst van de IPCC (IPCC Glossary Search). Soms zijn de definities bruikbaar die staan in de klimaatanalyse van het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3, Betts et al. 2021). Zie bijlage 7 voor de definitielijst van de ISO 14091 en de links naar de lijsten van de IPCC en de UK CCRA3.

#### **Klimaatdreiging ('hazard')**

Een klimaatdreiging is gedefinieerd volgens ISO 14091 als: “A potential source of harm”. In IPCC AR5 wordt dit gespecificeerd als: “The potential occurrence of a natural or human-induced physical event or trend or physical impact that may cause loss of life, injury, or other health impacts, as well as damage and loss to property, infrastructure, livelihoods, service provision, ecosystems and environmental resources. The term ‘hazard’ refers to climate-related physical events or trends or their physical impacts” (IPCC 2014). Een klimaatdreiging is dus het mogelijk optreden van een fysieke, klimaat- of weer-gerelateerd fenomeen met de potentie om schade te veroorzaken. Een klimaatdreiging wordt gekarakteriseerd door de intensiteit, de geografische spreiding en de duur van een klimaatfenomeen, en de waarschijnlijkheid dat het fenomeen optreedt. Een klimaatdreiging die daadwerkelijk optreedt wordt een klimaatgebeurtenis genoemd.

#### **Blootstelling ('exposure')**

Blootstelling is gedefinieerd volgens IPCC AR5 als: “the presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental functions, services, and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected” (IPCC 2014). Blootstelling betekent de aanwezigheid van iets van waarde, zoals mensen, mogelijkheden voor levensonderhoud, soorten, ecosystemen, infrastructuur of economische, sociale of culturele belangen, dat in gevaar kan worden gebracht door een klimaatdreiging. Blootstelling betreft externe factoren, zoals geografische en ruimtelijke positie, kwaliteit van de leefomgeving of klimaat gerelateerde infectiebronnen. De omvang van het gebied dat met een klimaatdreiging te maken krijgt en de inwonersaantallen, bevolkingsdichtheid of economische, sociale of culturele waarde van de bebouwing bepalen onder andere de mate van blootstelling. Voor een klimaat gerelateerde infectiebron gaat het bijvoorbeeld om de aantallen mensen die met deze bron in aanraking komen, de duur en de frequentie van deze blootstelling.

#### **Kwetsbaarheid ('vulnerability')**

Kwetsbaarheid heeft als definitie in IPCC AR5: “the propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts and elements including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt” (IPCC 2014). Kwetsbaarheid betekent de neiging van een systeem om negatief beïnvloed te worden door een klimaatdreiging. Kwetsbaarheid betreft interne eigenschappen van het getroffen systeem zelf. Kwetsbaarheid is een functie van de gevoeligheid ( $S$  = Sensitivity) voor een klimaatdreiging en de adaptatiecapaciteit ( $AC$  = Adaptive Capacity; IPCC 2014) om deze dreiging op voorhand (preventieve adaptatie) of de gevolgen daarvan (reactieve adaptatie) het hoofd te bieden. Volgens:  $V = f(S, AC)$ .

Factoren die de blootstelling en kwetsbaarheid beïnvloeden zijn bijvoorbeeld sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen, en bestuurlijke organisatie (IPCC 2014). Een klimaatrisico wordt dus niet alleen door klimaatverandering bepaald (klimaatattributie), maar ook door andere factoren die van invloed zijn op de blootstelling en kwetsbaarheid.

Bijvoorbeeld bevolkingsgroei op riskante locaties en andere factoren die getroffen systemen gevoeliger maken voor klimaatdreigingen, zoals de bevolkingssamenstelling en de weerbaarheid van specifieke groepen. Bepalende factoren voor blootstelling aan en kwetsbaarheid voor klimaatrisico's zijn nader uitgewerkt in Cardona et al. (2012).

### **Gevoeligheid ('sensitivity')**

Gevoeligheid is volgens ICP AR5 gedefinieerd als: *"The degree to which a system or species is affected, either adversely or beneficially, by climate variability or change"* (IPCC 2014). Gevoeligheid is de mate waarin een systeem negatief of positief beïnvloed wordt door klimaatverandering. Gevoeligheid is een eigenschap van het getroffen systeem (zie tekstbox 3.1). Een hoog percentage aan ouderen in een woonwijk maakt de wijk bijvoorbeeld gevoeliger voor hittestress.

#### **Tekstbox 3.1 Onderscheid blootstelling kwetsbaarheid, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit**

Een voorbeeld is de kwetsbaarheid van gebouwen voor wateroverlast. Blootstelling is de ligging van het gebouw in een gebied waar wateroverlast optreedt. Gevoeligheid is dan het gemak waarmee water het gebouw kan binnendringen, bijvoorbeeld omdat er geen drempels zijn en wel een souterrain. Adaptatiecapaciteit is de preventieve beschikbaarheid van betrouwbare waarschuwingssystemen en het reactieve gebruik van technische maatregelen om het gebouw te beschermen.

### **Adaptatiecapaciteit ('adaptive capacity')**

Adaptatiecapaciteit is gedefinieerd in IPCC AR5 als: *"the ability of systems, institutions, humans, and other organisms to adjust to potential damage, to take advantage of opportunities, or to respond to consequences"* (IPCC 2014). Adaptatiecapaciteit is het vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen. Adaptatie is het proces van aanpassing aan werkelijke of mogelijke klimaatimpacts, zoals beschreven in ISO 14091.

Adaptatiecapaciteit is een complex begrip met veel aspecten. In het voorbeeld van hittestress bij ouderen is adaptatiecapaciteit de mate waarin deze ouderen reactief zelfstandig of met ondersteuning in staat zijn om zich te beschermen tegen hitte, en of daarvoor preventief voorzieningen zijn getroffen. Adaptatiecapaciteit gaat om bewustzijn van en aandacht voor het risico in de betreffende beleidsvelden, en de aanwezigheid van plannen voor adaptatie, flexibiliteit en de omloopsnelheid en/of levensduur van investeringen in het systeem dat moet worden aangepast door technische, organisatorische, bestuurlijke, financiële en politieke factoren.

### **Adaptatie**

Adaptatie is gedefinieerd in IPCC AR5 als: *"the process of adjustment to actual or expected climate and its effects in order to moderate or avoid harm or exploit beneficial opportunities"* (IPCC 2014). Adaptatie is het proces van aanpassing aan huidige of toekomstige klimaateffecten om schade te beperken of voorkomen en kansen te benutten. Op basis van de klimaatrisico's en adaptatiecapaciteit kunnen adaptatiemaatregelen en beleid voor adaptatie worden ontwikkeld.

Adaptatie kan worden onderverdeeld in enerzijds autonome/spontane en anderzijds geplande adaptatie. Autonome adaptatiecapaciteit is het vermogen van natuurlijke en marktsystemen om zichzelf 'autonoom', dat wil zeggen zonder hierop gericht overheidsbeleid, aan te passen aan klimaatverandering.

Voorbeelden van autonome adaptatie zijn migratie van soorten, aanschaf van beregeningsinstallaties en airconditioners, overgaan op droogte-resistentere gewassen in de landbouw. Geplande adaptatie is het resultaat van doelbewust overheidsbeleid, gebaseerd op het bewustzijn dat omstandigheden veranderen en dat daarom actie noodzakelijk is (Wallingford 2012). Het onderscheid tussen autonome en geplande adaptatie is niet altijd goed te maken.

Adaptatie kan ook worden ingedeeld naar preventieve en reactieve adaptatie. Preventieve adaptatie is het nemen van maatregelen vooraf om klimaatrisico's te verkleinen, gericht op het verminderen van zowel de blootstelling als kwetsbaarheid (PBL 2015b). Bijvoorbeeld door verhogen van dijken, aanleggen van museumdepots op veilige plekken en organiseren van waarschuwingssystemen. Reactieve adaptatie is het nemen van maatregelen op het moment dat een klimaatgebeurtenis plaatsvindt ter verkleining van de impact. Voorbeelden zijn het tijdig onder de aandacht brengen van het Nationaal hitteplan van het RIVM, een communicatieplan met eenvoudige maatregelen voor risicogroepen bij hitte (Hagens & Van Bruggen, 2014) of bij een overstroming het plaatsen van zandzakken of evacuatie van een gebied. Onder reactieve adaptatie valt ook het regelen dat na de gebeurtenis de schade vlot wordt hersteld en het gewone leven weer snel op gang komt.

### **Waarschijnlijkheid ('probability' of 'likelihood')**

In IPCC AR5 is de definitie van waarschijnlijkheid: *"the chance of a specific outcome occurring, where this might be estimated probabilistically"* (IPCC 2014). Waarschijnlijkheid is de statistische kans of de aannemelijkheid dat een klimaatdreiging en/of een gevolg daarvan optreedt. Of er een risico is en hoe groot die is, hangt af van de aard, omvang, intensiteit en het moment van de klimaatgebeurtenis, in combinatie met de blootstelling en kwetsbaarheid van het systeem (Reisinger et al. 2020; UK CCRA3), volgens  $R = f(H, E, V)$  (zie figuur 3.1). De impact (potentieel negatief gevolg) van een klimaatdreiging kan direct of indirect doorwerken in een systeem (ISO 14091). Een risico kan berekend worden door de waarschijnlijkheid te vermenigvuldigen met de impact,  $R = P \times I$ .

### **Impact**

Impact is gedefinieerd in IPCC AR5 als: *"effects on natural and human systems of extreme weather and climate events and of climate change. Impacts generally refer to effects on lives, livelihoods, health, ecosystems, economies, societies, cultures, services and infrastructure due to the interaction of climate changes or hazardous climate events occurring within a specific time period and the vulnerability of an exposed society or system"* (IPCC 2014). In de context van klimaatverandering is 'impact' gedefinieerd als de gevolgen voor natuurlijke en menselijke systemen van extreem weer gebeurtenissen of sluipende klimaatverandering. Dit kunnen gevolgen zijn voor leven en levensonderhoud, gezondheid, ecosystemen, economie, samenleving, cultuur, diensten en infrastructuur. Impact is de invloed op iets dat van waarde wordt gevonden. Een impact is een gevolg van een werkelijke gebeurtenis, in tegenstelling tot een risico, dat een onzekere potentiële gebeurtenis is met gevolg. Impact wordt ook 'gevolg' ('consequence') genoemd, bijvoorbeeld in de UK CCRA3.

### **Eindrisico**

Impacts kunnen het directe gevolg zijn van klimaatgebeurtenissen, of het indirecte gevolg van een keten of ketens van gebeurtenissen (zie bijlage 8 voor de ISO 14091 handreiking voor het opstellen van impactketens). Voor het vergelijken van klimaatrisico's is het belangrijk om de uiteindelijke impact van zo'n keten te bepalen, gedefinieerd als 'eindrisico'.

## Sectoren

Voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse worden onder het begrip 'sector' zowel economische sectoren als beleidssectoren verstaan. Hierbij passen de volgende twee definities:

- Een economische sector is een deel van de economie. Op bedrijfstakniveau is het een benaming voor alle bedrijven samen die actief zijn in een bepaalde categorie producten of diensten. Voorbeelden zijn de bouw, auto-, visverwerkende industrie, zorgsector, IT-sector, chemische sector en horeca. Een economische sector wordt ook wel een branche of bedrijfstak genoemd.
- Een beleidssector is een groepering van gelijkaardige maatschappelijke functies die beleidsmatig als een geheel benaderd worden en een specifieke (ruimte)behoefte genereren: zoetwaterbeschikbaarheid, milieu(kwaliteit), gezondheid en welzijn.

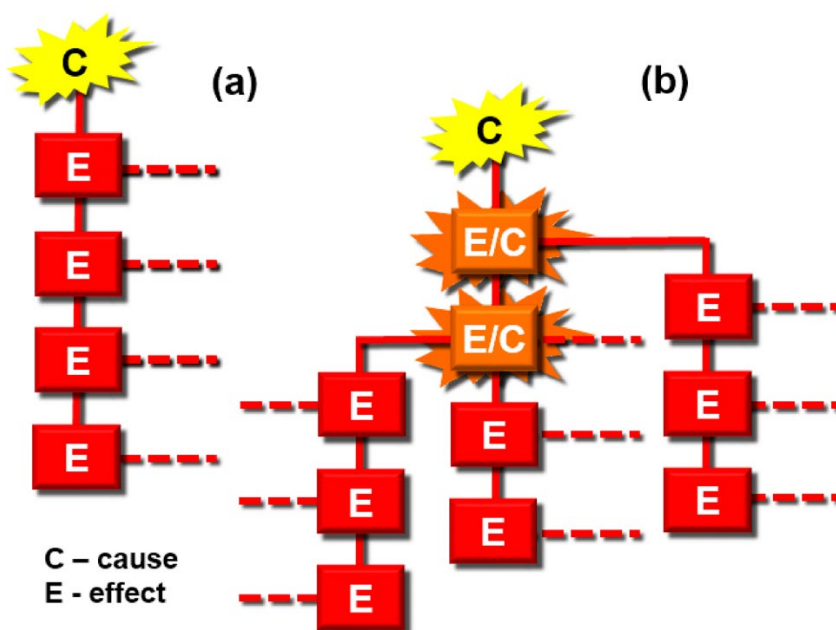
Het begrip 'sector' moet niet verward worden met de belangen waarop de eindrisico's aangrijpen. Zo is de gezondheidssector iets anders dan gezondheid als onderdeel van het welzijn van de mens, de watersector is iets anders dan 'water' als onderdeel van het milieu, de financiële sector is iets anders dan financiële gevolgen voor de economie. Zie paragraaf 4.1.7 voor de sectoren die in beschouwing worden genomen in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026.

## Keten- en cascade-effecten

Een klimaat gerelateerd gevaar kan directe en indirecte impacts hebben die doorwerken in een systeem (ISO 14091). Keten-effecten beschrijven een lineaire, cumulatieve doorwerking, zoals figuur 3.3(a) laat zien. Cascade-effecten beschrijven een niet lineaire keten, waarbij effecten sector-overschrijdend zijn en elkaar kunnen versterken of een nieuw risico kunnen vormen (Pescaroli & Alexander 2015), zie figuur 3.3(b). Zo veroorzaakten grootschalige overstromingen in centraal Europa in 2002 slachtoffers en directe schade aan bebouwing en vitale en kwetsbare infrastructuur, met uitval van de elektriciteit en een lek in een chemische fabriek tot gevolg. Dit resulteerde vervolgens in een bedreiging voor de drinkwatervoorziening.

**Figuur 3.3**

Keten- en cascade-effecten (Pescaroli & Alexander 2015)



Lineaire keten-effecten (a) en non-lineaire cascade-effecten (b) (Pescaroli & Alexander 2015)

## 3.3 Typen risico's

De volgende typen risico's kunnen worden onderscheiden:

- Risico's met kleine waarschijnlijkheid en grote potentiële impact, risico's met grote waarschijnlijkheid en kleine potentiële impact, en alles daartussenin
- Complexe risico's:
  - Risico's door potentiële directe en indirecte impacts (keten-, cascade-, netwerk-, grensoverschrijdende- en systeemimpacts, bijvoorbeeld in logistieke ketens)
  - Risico's door combinaties van geleidelijke ontwikkelingen en/of verschillende weersextremen met grilligheid in tijd en ruimte die tegelijkertijd, opeenvolgend of herhaaldelijk optreden. Bijvoorbeeld een storm die gepaard gaat met zowel harde wind als veel neerslag in combinatie met zeespiegelstijging (Hillier et al. 2020). In UK CCRA3 zijn de impacts van combinaties onderzocht en werden deze meegewogen bij de beoordeling van de grootte van het klimaatrisico, maar in GE CCRA2 zijn deze niet nader onderzocht.
  - Risico's kunnen ook optreden door combinaties van factoren waarvan klimaatverandering er één is, bijvoorbeeld de potentiële impact op een natuurgebied van een hittegolf en extreme droogte in combinatie met vermessing en verdroging door waterpeilbeheer of grondwateronttrekkingen
- Zwarte zwanen en kantelpunten:
  - Risico's met onzekere en/of onomkeerbare potentiële impacts
  - Risico's door sluipende ontwikkelingen, waarbij een kritieke drempel kan worden overschreden met onomkeerbare of zeer moeilijk omkeerbare impact, leidend tot ongewenste situaties

### 3.3.1 Complexe risico's

Door klimaatverandering is het optreden van klimaatdreigingen frequenter, extremer en onvoorspelbaarder geworden. De interacties tussen klimaatdreiging, blootstelling en kwetsbaarheid zijn daarbij complex (UNDRR 2022). De snelheid van klimaatverandering is groot en de onzekerheden zijn omvangrijk. De extremen worden daarbij steeds extremer (IPCC 2022; UNDRR 2022). In klimaatrisicoanalyses is er toenemende aandacht voor complexe risico's. Onder complexe risico's worden verschillende soorten risico's verstaan. Complexe risico's kunnen combinaties van risico's betreffen ('compound'), risico's die doorwerken in andere (beleids)sectoren ('cascading') of risico's die over grenzen heen gaan ('cross-border') (Carter et al. 2021; Pescaroli & Alexander 2018; Simpson et al. 2021; UNDRR 2022).

Combinaties van risico's ('compound') is gedefinieerd als (a) een extreme klimaatgebeurtenis die herhaaldelijk optreedt, (b) twee of meer extreme klimaatgebeurtenissen die gelijktijdig of opeenvolgend optreden, (c) combinaties van klimaatgebeurtenissen en niet-klimaatgerelateerde (maatschappelijke) ontwikkelingen die de impact vergroten of (d) combinaties van klimaatgebeurtenissen die op zichzelf niet extreem zijn maar waar de combinatie ervan leidt tot een extreme impact (Pescaroli & Alexander 2018; Simpson et al. 2021; UNDRR 2022; Zscheischler et al. 2018, 2020). Klimaatdreigingen zijn vaak gecorreleerd aan elkaar, zoals hitte en droogte of storm en neerslag, maar deze samenhang is ook veranderlijk in tijd en ruimte (Leonard et al. 2014; Zscheischler et al. 2018). Dit bemoeilijkt een risicoanalyse. Een aparte analyse per klimaatdreiging kan in het geval van combinaties leiden tot een onderschatting van de omvang van het klimaatrisico (Simpson et al. 2021).

Cascade-effecten ('cascading') zijn doorwerkingen van een klimaatimpact in de ene (beleids)sector naar een andere (beleids)sector. Dit kan zowel een domino-effect (één richting) als een terugkoppeling ('feedback loop') zijn. Ook onbedoelde negatieve gevolgen van adaptatie van de ene op de andere (beleids)sector vallen hieronder (Simpson et al. 2021). 'Cross-border' effecten overschrijden politieke, verbindings- of landsgrenzen via de doorwerking van klimaatimpacts op een andere geografische locatie dan de initiële klimaatgebeurtenis. Dit kan optreden via bijvoorbeeld logistieke ketens, handelsketens, internationale geldstromen, mensen (migratie en toerisme), infrastructuur (transport en communicatie), geopolitieke kwesties (diplomatieke relaties, toegang tot hulpbronnen) of op biofysisch vlak (hydrologie, verplaatsing soorten en ziekteverwekkers) (Carter et al. 2021). In de klimaatrisicoanalyse van het Verenigd Koninkrijk bleken zulke grensoverschrijdende klimaatimpacts op handel, investeringen en logistieke ketens een orde van grootte omvangrijker te zijn dan de binnenlandse impact (Carter et al. 2021).

Analysemethoden voor complexe klimaatrisico's zijn nog volop in ontwikkeling. Er komt in rap tempo nieuwe literatuur hierover beschikbaar (Leonard et al. 2014; Simpson et al. 2021; UNDRR 2022). In paragraaf 4.3.5 is beschreven op welke wijze complexe risico's meegenomen worden in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026. Het conceptueel kader over complexe klimaatrisico's zal gedurende periodieke herhalingen van de klimaatrisicoanalyse verder aangevuld/aangescherpt worden.

### 3.3.2 Zwarte zwanen en kantelpunten

Een speciale categorie zijn risico's waarvan de waarschijnlijkheid zeer klein is of (nog) onmogelijk is vast te stellen, en de potentiële impact groot. Hieronder vallen risico's die gerelateerd zijn aan de overschrijding van kritieke drempels (kantelpunten) of zogenaamde zwarte zwanen:

- Denkbare risico's met zeer kleine of onbekende waarschijnlijkheid en zeer grote potentiële impact. Dit zijn bijvoorbeeld effecten van onomkeerbare processen die het gevolg zijn van kantelpunten ('tipping points'), zoals het instabiel worden van landijs, het massaal smelten van permafrost, of het omkeren van oceaanstromingen. Voor de UK CCRA3 is een verkenning gedaan naar de laatste wetenschappelijke inzichten op het gebied van klimaatverandering, inclusief abrupte veranderingen (Slingo et al. 2021). Hanlon et al. (2021) hebben de gevolgen van kantelpunten onderzocht voor de UK ten behoeve van de UK CCRA3. MNP en RIVM (2003) beschreven hoe om te gaan met risico's waarvan de complexiteit en de wetenschappelijke onzekerheid groot zijn.
- 'Zwarte zwanen' ('black swans'): ondenkbare risico's met grote impact. Gebaseerd op Taleb (2007) wordt een zwarte zwaan beschreven als: "*een onvoorspelbare gebeurtenis die buiten de normale verwachting ligt met een extreme impact*". Kenmerkend is dat zwarte zwanen heel zeldzaam zijn, extreme impact hebben en niet opgemerkt of voorspeld kunnen worden, terwijl ze achteraf gezien wel verklaard en verwacht hadden kunnen worden. Volgens deze definitie kan een specifieke zwarte zwaan maar één keer voorkomen, daarna is men hierop bedacht. Aangezien zwarte zwanen in de bestaande belevingswereld onvoorstelbaar en onvoorspelbaar zijn, is een risicoanalyse gebaseerd op impact en waarschijnlijkheid niet mogelijk.

## 3.4 Omgaan met selecteren van klimaatrisico's

Een selectie van de meest relevante risico's voor de klimaatrisicoanalyse is noodzakelijk omdat een uitgebreide uitwerking van alle mogelijke risico's vaak niet past binnen de beschikbare tijd en/of het budget. IPCC AR5 gebruikt voor deze selectie de term 'key risks': "*Risks are considered "key" due to high hazard or high vulnerability of societies and systems exposed, or both*" (IPCC 2014). Volgens deze definitie worden relevante risico's bepaald door de interactie tussen klimaatdreigingen en de blootstelling en kwetsbaarheid van de maatschappij of ecosystemen. 'Key risks' werden in IPCC AR5 vastgesteld met behulp van expertbeoordeling, gebaseerd op criteria die zowel de omvang van de impact, de waarschijnlijkheid en timing van een klimaatgebeurtenis als de (on)mogelijkheden om de kwetsbaarheid te beperken en adaptatiemaatregelen te nemen meewogen.

De GE CCRA2 en UK CCRA3 werkten beide met een eerste inventarisatie tot een groslijst van klimaatrisico's. In de GE CCRA2 werd onderscheid gemaakt tussen 'relevante' en 'overige' klimaatrisico's. De relevante risico's werden uitgebreid onderzocht, zo mogelijk door de analyse van kwantitatieve data en modellen en discussie van deze resultaten door experts. De overige risico's werden beperkt uitgewerkt aan de hand van literatuurstudies en expertbeoordeling.

Criteria voor de selectie van relevante risico's in de GE CCRA2 zijn:

- Nationale relevantie voor Duitsland, gezien vanuit klimaatverandering en adaptatie
- Verandering in relevantie in de afgelopen 5 jaar, bijvoorbeeld door nieuwe omstandigheden
- Toename in kennis en nieuwe wetenschappelijke inzichten, waardoor er beter inzicht is in de mechanismen van klimaatrisico's

De UK CCRA3 werkte met een 'bottom-up' methode, inclusief een open inschrijving voor het selecteren van de te onderzoeken risico's. In een tweede ronde werd de relevantie van de klimaatrisico's op de groslijst bepaald waarmee vervolgens een selectie werd gemaakt.

## 3.5 Omgaan met expertbeoordeling

Als er onvoldoende of inconsistente kwantitatieve data beschikbaar zijn over klimaatrisico's dan kan een inschatting worden gemaakt met een beoordeling door experts. Expertbeoordeling kan onderhevig zijn aan subjectiviteit. Het is daarom belangrijk om de expertbeoordeling systematisch, transparant en herleidbaar uit te voeren, zodat de uitkomsten breed-gedragen, betrouwbaar en vergelijkbaar zijn. Er zijn verschillende methoden om expertbeoordeling systematisch en traceerbaar uit te voeren, ook wel 'expert knowledge elicitation' (EKE) genoemd. Eén van de EKE methoden betreft 'Delphi'.

In de GE CCRA2 is de Delphi methode gebruikt door groepen van experts, voor het inschatten van klimaatrisico's, adaptatiecapaciteit, de effectiviteit van adaptatiemaatregelen en de onzekerheden (Grime & Wright 2016; Kahlenborn et al. 2021b; Zartha Sossa et al. 2019). In verschillende discussierondes kwam men tot consensus. Hierbij was de verscheidenheid aan deelnemers over vakgebieden en invalshoeken essentieel voor een juiste expertbeoordeling. De UK CCRA3 (Betts et al. 2021) verwijst naar uitgevoerde 'expert knowledge elicitation' voor zeespiegelstijging met lage waarschijnlijkheid en hoge impact onder scenario's met hoge broeikasgasemissies (Bamber et al. 2019; Garner et al. 2018). De procedures voor 'expert knowledge elicitation' zijn beschreven in Hemming et al. (2017) en Knol et al. (2010).

Een gestructureerd protocol voor expertbeoordeling kan het effect van vooringenomenheid verkleinen en de nauwkeurigheid, transparantie en kwaliteit van de beoordeling vergroten (Hemming et al. 2017; Knol et al. 2010). In Hemming et al. (2017) is het IDEA protocol gepresenteerd ('Investigate, Discuss, Estimate, Aggregate'), wat een aangepaste Delphi procedure betreft. Dit protocol is eenvoudiger van aard dan de Delphi procedure, is getest en levert relatief betrouwbare beoordelingen op. Het is toepasbaar voor groepen, individuele interviews of (online) vragenlijsten. In het IDEA protocol wordt bij experts eerst een interval en beste inschatting uitgevraagd en een onderbouwing hiervan. Vervolgens ontvangen de experts feedback met een overzicht van hun inschatting in relatie tot die van andere experts. Dit is niet om consensus te bereiken, maar om kritisch na te denken over de verschillen in inschatting. Op basis hiervan kunnen de individuele experts hun inschatting herzien of aanpassen (met onderbouwing). Tenslotte worden alle expertbeoordelingen samengevoegd tot een eindinschatting. Knol et al. (2010) presenteerden een vergelijkbaar protocol met 7 stappen (IEHIA), inclusief voorbeelden van toepassing in de gezondheidssector. Mach et al. (2017) geven handreikingen voor het uitvoeren en benutten van expertbeoordeling voor complexe risicoanalyses, die zijn toegepast voor het vijfde IPCC Assessment Report (AR5).

## 3.6 Omgaan met onzekerheid

Onzekerheid is een situatie waarbij onvoldoende of ontoereikende informatie, kennis of begrip aanwezig is. Zowel de impact (aard, omvang, intensiteit) als de waarschijnlijkheid van optreden van een klimaatdreiging kent onzekerheidsmarges (ISO 14091).

In het conceptuele raamwerk voor klimaatrisico, zoals beschreven in paragraaf 3.1, is 'waarschijnlijkheid' onderdeel van het klimaatrisico. Dit betreft de waarschijnlijkheid dat een klimaatimpact daadwerkelijk plaatsvindt. In de IPCC methodiek voor onzekerheidsanalyse wordt de term 'waarschijnlijkheid' ('probability' of 'likelihood') echter ook gebruikt om de mate van zekerheid aan te geven van een wetenschappelijke conclusie, bewering of bevinding. In het conceptuele raamwerk voor klimaatrisico zit de onzekerheid in het bestudeerde systeem zelf. In de IPCC methodiek voor onzekerheidsanalyse wordt onzekerheid veroorzaakt door onvolledige wetenschappelijk kennis over het systeem. Deze twee betekenissen voor de term 'waarschijnlijkheid' kunnen tot verwarring leiden. Daarom zal in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 de term 'waarschijnlijkheid' worden gereserveerd voor de waarschijnlijkheid dat een potentiële klimaatgebeurtenis en/of impact optreedt (zie paragraaf 3.7). Als het gaat over de onzekerheden veroorzaakt door onvolledige wetenschappelijke kennis over het systeem, worden de termen (on)zekerheid en betrouwbaarheid gebruikt. In onderstaande paragrafen wordt onzekerheid verder toegelicht.

### 3.6.1 Onzekerheidsanalyse door IPCC

In de context van klimaatimpacts, kwetsbaarheid en adaptatie is in de IPCC AR5 onzekerheid als volgt gedefinieerd: "A state of incomplete knowledge that can result from a lack of information or from disagreement about what is known or even knowable" (IPCC 2014; Mastrandrea et al. 2010; Moss & Schneider 2000). Onzekerheid speelt een belangrijke rol bij de beoordeling van klimaatrisico's en bij het bepalen van (de urgentie van) adaptatiemaatregelen, vooral wanneer de waarschijnlijkheid van het optreden van een klimaatdreiging en/of impact onbekend is (zogenaamde 'diepe onzekerheid') (Watkiss et al. 2021).

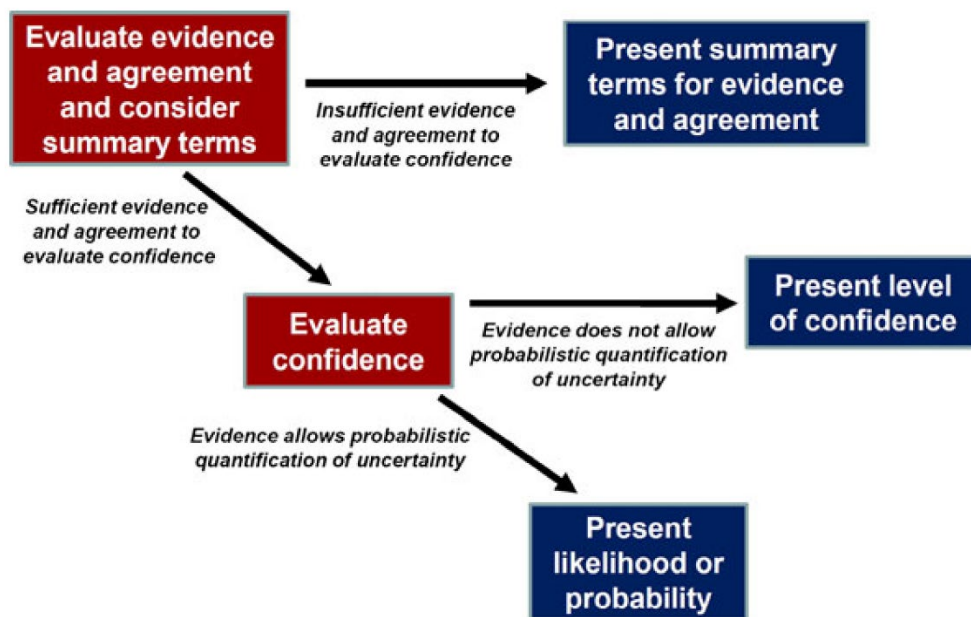


Niet alleen de omvang van het risico, maar ook de richting waarin een risico zich ontwikkelt kan afhankelijk zijn van de onzekerheid, door bijvoorbeeld onbekende maatschappelijke ontwikkelingen in de toekomst (Reisinger et al. 2020). Volgens het IPCC kan onzekerheid ontstaan door onnauwkeurigheid van data, dubbelzinnig gedefinieerde concepten en terminologieën of onzekere projecties van menselijk gedrag (Mastrandrea et al. 2010; Moss & Schneider, 2000). Onzekerheden ontstaan ook door gebrek aan kennis over het klimaat en de door klimaat beïnvloede systemen. Daarnaast speelt onzekerheid een rol in (scenario's voor) maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen en verwachtingen voor het adaptatiebeleid. Onzekerheid in deze aspecten is lastig te kwantificeren. Ook kan in de onzekerheidsanalyse alleen rekening worden gehouden met bekende onzekerheden, maar niet met onbekende onzekerheden.

Afhankelijk van de kwaliteit van het wetenschappelijk bewijs (kwantitatief en/of kwalitatief) en de consensus daarover, kan de betrouwbaarheid en/of zekerheid van een conclusie, bewering of bevinding worden ingeschat. Voor IPCC AR5 ontwikkelden Mastrandrea et al. (2011) hiervoor een beslisboom. Zie hiervoor figuur 3.4. Indien er niet voldoende wetenschappelijke bewijs en consensus is, dan wordt slechts het bewijs en de consensus beschreven. Bij voldoende bewijs en consensus, kan de onzekerheid worden uitgedrukt in een betrouwbaarheidsterm of zekerheidsterm. De keuze voor een betrouwbaarheidsterm of zekerheidsterm hangt af van de mate van kwantificering van onzekerheid. Hieronder worden deze begrippen verder toegelicht.

**Figuur 3.4**

Beslisboom voor de evaluatie en communicatie van de betrouwbaarheid en zekerheid van een constatering (Mastrandrea et al. 2011)



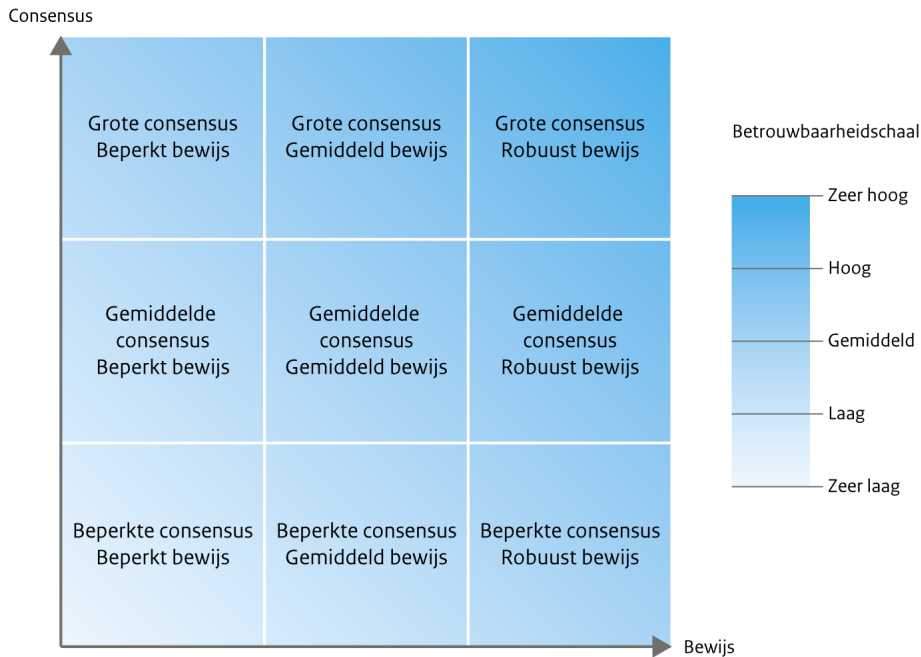
Beslisboom voor het beschrijven van de betrouwbaarheid en zekerheid van een conclusie, bewering of bevinding gebaseerd op het beschikbare wetenschappelijk bewijs en de consensus daarover.

## Betrouwbaarheid ('confidence')

In diverse IPCC rapporten wordt de term betrouwbaarheid ('confidence') gebruikt in plaats van onzekerheid. Betrouwbaarheid wordt gedefinieerd als: "de validiteit van een bevinding op basis van het type, de hoeveelheid, kwaliteit en consistentie van het wetenschappelijke bewijs (bijvoorbeeld het begrijpen van achterliggende mechanisme(n), theorie, data, modellen, expertbeoordeling etcetera) en de mate van consensus". Mastrandrea et al. (2010) ontwikkelden een tabel met 9 categorieën met combinaties van bewijs en consensus. Zie hiervoor figuur 3.5.

**Figuur 3.5**

Categorieën van betrouwbaarheid, te gebruiken bij risicobeoordeling door experts



Bron: Mastrandrea M.D. et al. 2010

Negen samenvattende termen voor de combinaties van bewijs en consensus, vertaald naar een betrouwbaarheidsterm. In het algemeen is bewijs robuust te noemen als er meerdere, consistente en onafhankelijke bewijzen zijn van hoge kwaliteit. Betrouwbaarheid neemt toe richting de rechter bovenhoek, aangegeven met de donkerdere kleur op de schaal. Figuur is overgenomen en vervolgens aangepast van Mastrandrea et al. (2010).

De categorieën uit figuur 3.5 kunnen vervolgens worden doorvertaald naar een betrouwbaarheidsterm, volgens:

- *Zeer hoge betrouwbaarheid*: robuust bewijs & grote consensus
- *Hoge betrouwbaarheid*: robuust bewijs & gemiddelde consensus, gemiddeld bewijs & grote consensus
- *Gemiddelde betrouwbaarheid*: gemiddeld bewijs & gemiddelde consensus, beperkt bewijs & grote consensus, robuust bewijs & beperkte consensus
- *Lage betrouwbaarheid*: beperkt bewijs & gemiddelde consensus, gemiddeld bewijs & beperkte consensus
- *Zeer lage betrouwbaarheid*: beperkt bewijs & beperkte consensus

Op deze manier kan de betrouwbaarheid van resultaten kwalitatief beschreven en gecommuniceerd worden. Kause et al. (2022) merken hier bij op dat bij de betrouwbaarheid sterker toeneemt bij meer robuust bewijs dan bij een grotere mate van consensus.

## Zekerheid

Als er voldoende bewijs is met een hoge mate van betrouwbaarheid, dan kan de zekerheid van een conclusie, bewering of bevinding gekwantificeerd worden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren op basis van modeluitkomsten, reviews en/of expertbeoordeling. Mastrandrea et al. (2010) en Mastrandrea en Mach (2011) beschrijven voor IPCC AR5 richtlijnen voor het bepalen van de zekerheid. De zekerheid kan worden uitgedrukt in een zekerheidsterm. Deze term kan variëren van uitzonderlijk onzeker tot uitermate zeker. Zie tabel 3.1 voor een overzicht van alle zekerheidstermen. De zekerheidstermen kunnen vervolgens worden vertaald naar een kwantitatief interval. Deze intervallen zijn ook in tabel 3.1 opgenomen. Kanttekening bij het gebruik van deze zekerheidstermen is dat er variatie is gevonden in de interpretatie van zekerheid tussen experts (Kause et al. 2022).

**Tabel 3.1**

Categorieën van zekerheid volgens IPCC AR5 (Mastrandrea et al. 2010)

Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

\* Additional terms that were used in limited circumstances in the AR4 (*extremely likely* – 95-100% probability, *more likely than not* – >50-100% probability, and *extremely unlikely* – 0-5% probability) may also be used in the AR5 when appropriate.

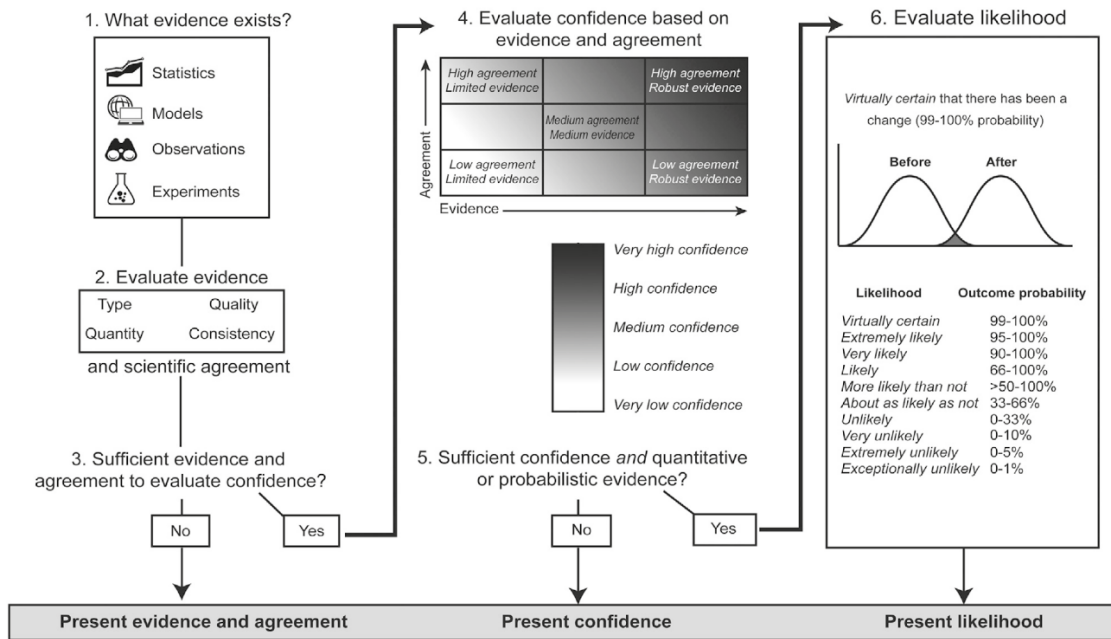
## Onzekerheidsanalyse

Mach et al. (2017) heeft de stappen voor het inschatten van betrouwbaarheid en zekerheid via expertbeoordeling samengevat in figuur 3.6. Het beschikbare bewijs en de consensus worden beoordeeld en de betrouwbaarheid wordt vastgesteld. Bij voldoende bewijs en consensus en een hoge mate van betrouwbaarheid kan de zekerheid worden gekwantificeerd.

Mastrandrea et al. (2010) stellen dat veel kwantitatief bewijs (met meerdere observaties, modelruns, kwantitatieve analyses en uitgebreide expertbeoordelingen) nodig is om de zekerheid te kwantificeren. Gebaseerd op ervaringen met expertbeoordeling in IPCC AR5, stellen Mach et al. (2017) een procedure voor waarbij al het beschikbare bewijs – zowel kwantitatief als kwalitatief – wordt meegewogen. Verdere methoden voor hoe om te gaan met onzekerheden staan in Moss en Schneider (2000) ten behoeve van IPCC AR3.

**Figuur 3.6**

Stappen voor het inschatten van betrouwbaarheid en zekerheid via expertbeoordeling volgens IPCC AR5 (Mach et al., 2017)



Stappen voor het inschatten van betrouwbaarheid en zekerheid via expertbeoordeling gebaseerd op Mastrandrea et al. (2010) voor IPCC AR5. De lijst met zekerheidstermen in stap 6 is later ingekort (Mastrandrea & Mach 2011). De figuur is gepresenteerd in Mach et al. (2017).

### 3.6.2 Onzekerheidsanalyse in GE CCRA2 en UK CCRA3

De GE CCRA2 en UK CCRA3 verkenden de onzekerheid in mitigatiepaden door de klimaatrisico's uit te rekenen voor twee extreme scenario's van temperatuurstijging. Binnen deze scenario's schatten ze onzekerheden in die voortvloeiden uit andere factoren. In de Duitse CCRA2 gebeurde de onzekerheidsanalyse door middel van de Delphi methode voor de klimaatrisico's, adaptatiecapaciteit en het inschatten van effectiviteit van adaptatiemaatregelen, zowel per (beleids)sector als over sectoren heen (Kahlenborn et al. 2021a). Er werden vier zekerheidscategorieën toegekend: zeer gering, gering, middel, hoog.

Ook de UK CCRA3 (Watkiss et al. 2021) kende een mate van betrouwbaarheid toe aan geschatte klimaatrisico's, voorziene klimaatadaptatie, prioritering, urgentie en kosten-baten van adaptatie. Zij gebruikten een versimpelde versie van de methode die is toegepast in IPCC AR5, gebaseerd op enerzijds de kwaliteit van de wetenschappelijke onderbouwing en anderzijds het niveau van overeenstemming tussen experts. Deze methode werd toegepast voor de huidige en toekomstige risico's, geplande en mogelijke adaptatiemaatregelen. Zie tabellen 3.2 en 3.3 voor de beschrijving en indeling in betrouwbaarheidsklassen en de onderbouwing van de kwaliteit van de informatie.

**Tabel 3.2**

Betrouwbaarheidsklassen in de UK CCRA<sub>3</sub> (Watkiss et al. 2021)

	High	Medium	Low
<b>Step 1: Assessment of current and future risk</b>	Multiple sources of independent evidence based on reliable analysis and methods, with widespread agreement between studies and experts.	Several sources of high-quality independent evidence, with some degree of agreement between studies, and/or widespread agreement between experts.	Varying amounts and/or quality of evidence and/or little agreement between experts, or assessment is made using only expert judgement.
<b>Step 2: Assessment of the effect of planned and non-Governmental adaptation</b>	High quality evidence of the effects of future adaptation in managing the risk and high agreement between experts.	Some evidence on the effects of future adaptation in managing the risk and/or high agreement between experts.	Little/no/contrasting evidence of the effects of future adaptation in managing the risk and little agreement between experts, or assessment is made using only expert judgement.
<b>Step 3: Assessment if additional action would be beneficial</b>	High quality evidence of benefits of future adaptation on risk and high agreement between experts.	Some evidence on benefits of future adaptation and/or high agreement between experts.	Little evidence of the benefits of future adaptation and little agreement between experts, or assessment is made using only expert judgement.

**Tabel 3.3**

UK CCRA<sub>3</sub> klassenindeling in de kwaliteit van onderbouwing (Watkiss et al. 2021)

High quality evidence	Some evidence	Little evidence
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiple sources of evidence that contain similar results</li> <li>• Evidence of validation using different datasets</li> <li>• Based on robust techniques</li> <li>• Data used is of a high quality</li> <li>• Evidence has been peer reviewed</li> <li>• Remains relevant</li> <li>• Use of relevant indigenous and local knowledge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Some elements of “high quality evidence” and “little evidence”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No, or very few, sources of evidence</li> <li>• Based on only one dataset</li> <li>• Based on weak methodologies (e.g. anecdotal evidence)</li> <li>• Poor quality data</li> <li>• Evidence has not been peer reviewed</li> <li>• No longer relevant</li> <li>• No use of relevant indigenous and local knowledge</li> </ul>

## 3.7 Omgaan met waarschijnlijkheid, impact en risico

In het conceptuele raamwerk voor klimaatrisicoanalyse (zie paragraaf 3.2) is waarschijnlijkheid onderdeel van een klimaatrisico. De waarschijnlijkheid kan worden uitgedrukt in statistische frequenties (bijvoorbeeld 1:100 jaar) wanneer er voldoende kwantitatieve data beschikbaar zijn en de klimaatdreiging of impact specifiek is gedefinieerd (zoals een regenbui met een bepaalde intensiteit of de hoeveelheid landbouwschade per areaal). Als er onvoldoende kwantitatieve data beschikbaar zijn dan kan door middel van expertbeoordeling een kwalitatieve inschatting worden gemaakt van de waarschijnlijkheid. In beide gevallen wordt de inschatting van de waarschijnlijkheid gevolgd door een analyse van de onzekerheid van deze inschatting (zie paragraaf 3.6).

In de GE CCRA<sub>2</sub> en UK CCRA<sub>3</sub> worden impact en waarschijnlijkheid van een risico niet afzonderlijk gegeven, maar alleen de omvang van een klimaatrisico en de urgentie voor adaptatie (Betts et al. 2021; Kahlenborn et al. 2021a). De reden hiervoor is dat het complex is om de waarschijnlijkheid te kwantificeren. Vooral wanneer de klimaatdreiging of impact niet specifiek omschreven kan worden. Het wel onderscheiden van de impact en waarschijnlijkheid zorgt er echter voor dat men rekening kan houden met verschillende typen risico's. Risico's met een grote impact en kleine waarschijnlijkheid worden anders beleefd en vragen om andere maatregelen dan risico's van dezelfde omvang met een kleine impact en grote waarschijnlijkheid. Bij onvoldoende data en/of grote onzekerheden is mogelijk alleen een inschatting van de omvang van de impact haalbaar. Zeer onzekere risico's vormen een aparte categorie, omdat een inschatting van de waarschijnlijkheid niet mogelijk is terwijl de impact mogelijk groot is. Risicoperceptie speelt hierbij een belangrijke rol.

## 3.8 Omgaan met cascade-effecten

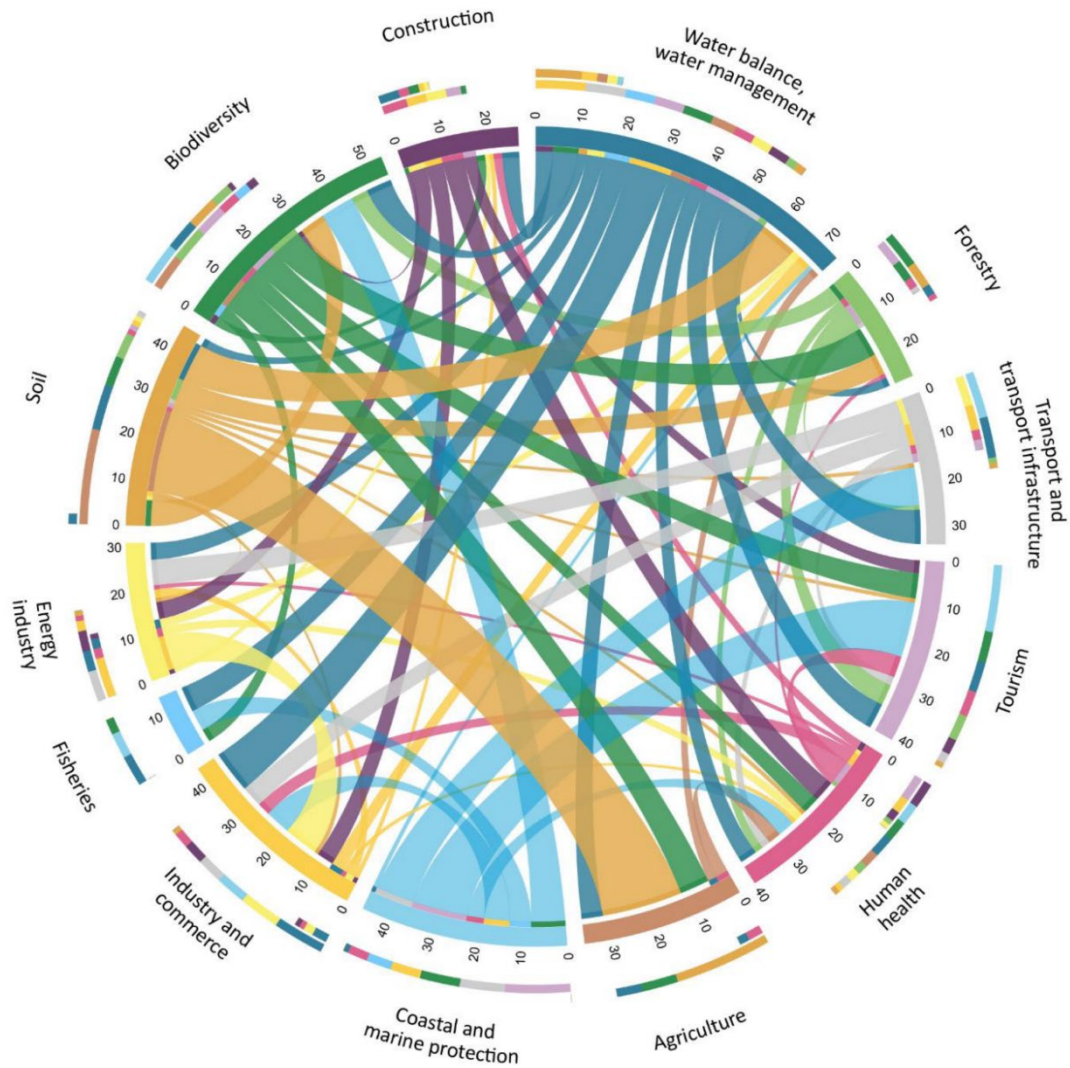
(Beleids)sectoren staan in verbinding met elkaar. Klimaatgerelateerde impacts kunnen daardoor doorwerken binnen een sector of in verschillende sectoren. Dit leidt tot impacts die elkaar versterken of tot een nieuw risico leiden. Dit is gedefinieerd als cascade-effecten. In de eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse werd gewaarschuwd voor cascade-effecten in vitale en kwetbare infrastructuur (PBL 2015a). Uitval van electriciteit kan bijvoorbeeld leiden tot een cascade van effecten op andere sectoren, zoals IT-infrastructuur, uitval van bedrijvigheid en storing in communicatiemiddelen. Een pilotstudie in het Amsterdamse havengebied Westpoort liet zien hoe potentieel ontwrichtend een relatief kleine overstroming kan zijn. Cascade-effecten maken dat een groot gebied en meerdere (beleids)sectoren worden getroffen. Bewustwording van cascade-effecten is daarom belangrijk.

Cascade-effecten zijn meegenomen in de GE CCRA<sub>2</sub>, met een focus op (beleids)sector-overschrijdende impacts. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen een uitgaand effect ('outgoing interaction') waarbij een klimaatgerelateerde impact een andere impact veroorzaakt versus een inkomend effect dat beïnvloed wordt door andere klimaatgerelateerde impacts ('incoming interaction'). In totaal werden 257 inkomende en uitgaande effecten vastgesteld in GE CCRA<sub>2</sub> tussen 102 klimaatgerelateerde impacts in 13 (beleids)sectoren. Zie figuur 3.7 voor een overzicht van de inkomende en uitgaande effecten voor alle klimaatimpacts, waarbij de dikte van de lijn het aantal interacties weergeeft. Bijvoorbeeld de klimaatimpact overstroming had de meeste uitgaande effecten, op waterbeheer, bodem, kustbescherming en biodiversiteit.

De impact op mens en economie had de meeste inkomende effecten, onder andere via industrie en handel, toerisme, landbouw en gezondheid.

**Figuur 3.7**

Overzicht van interacties tussen dertien (beleids)sectoren die zijn verkend in de GE CCRA2 (Kahlenborn et al. 2021a)



De eerste UK CCRA bracht cascade-effecten gedetailleerd in kaart. Vanwege het enorme aantal mogelijke cascade-effecten bleek het moeilijk om deze mee te nemen bij het verkennen van adaptatiemaatregelen. Voor de tweede UK CCRA werkten Street et al. (2016) een methodiek uit voor het onderzoeken van sector-overschrijdende en cascade-effecten. Voor UK CCRA3 lag de focus op een selectie van cascade-effecten voor vijf beleidssectoren: milieukwaliteit en biodiversiteit, welzijn en gezondheid, (vitale) infrastructuur, bedrijvigheid en industrie, en interantionale effecten en veiligheid. Deze selectie werd gemaakt door middel van expertbeoordeling en gebaseerd op de meest belangrijke beleidsterreinen voor de overheid en de mate van gevoeligheid voor klimaatverandering. Het optreden van cascade-effecten werd meegewogen in de beoordeling van de grootte ('magnitude') van het klimaatrisico in UK CCRA3 en kon leiden tot een hogere score (schaal: laag/midden/hog) (zie bijlage 9).

## 3.9 Omgaan met perceptie van risico's

Klimaatgebeurtenissen, bijvoorbeeld een overstroming, treffen zowel het fysieke als het sociaalpsychologische domein en kunnen leiden tot maatschappelijke ontwrichting (figuur 3.8, Muilwijk et al. 2014). Beleving van de klimaatgebeurtenis is een belangrijke factor voor de impact op mensen. In dit geval gaat het over *klimaatimpacts*, dus werkelijk ervaren gebeurtenissen. In het geval van *klimaatrisico's* betreft het geen *ervaren* gebeurtenissen, maar *mogelijke* gebeurtenissen en impacts met een bepaalde waarschijnlijkheid van optreden, waarover meestal ook nog grote onzekerheid bestaat.

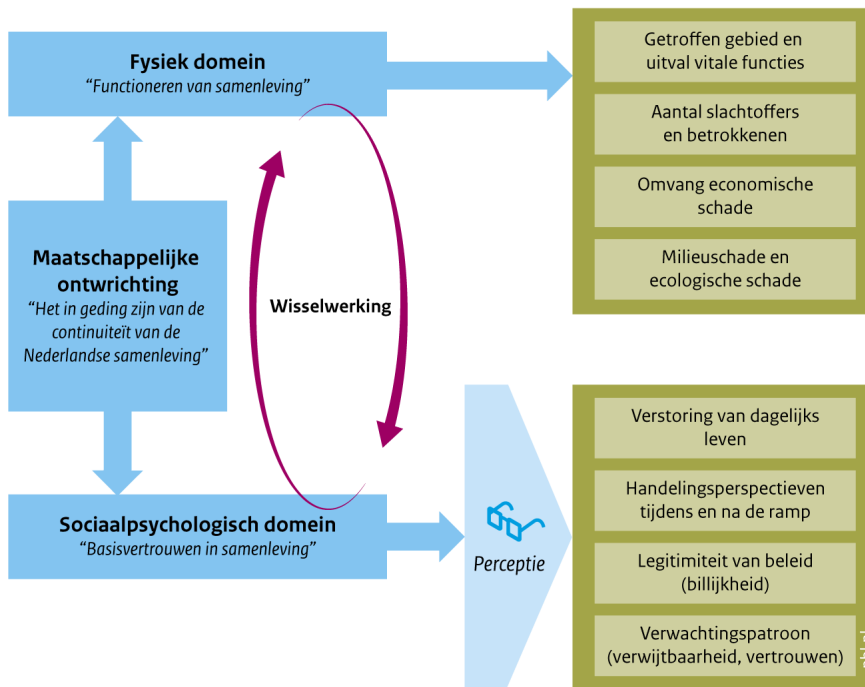
### 3.9.1 Definitie van risicoperceptie

Leven onder onzekerheid over en dreiging van een potentiële impact heeft gevolgen voor het mentale welzijn van mensen en hun gedrag, ook al is er geen sprake van een werkelijke impact. Beleving speelt hier eveneens een belangrijke rol, omdat verschillende individuen, samenlevingen en groepen in de samenleving een verschillende kijk hebben op klimaatrisico's en deze verschillend ervaren. Bij het beoordelen van risico's spelen naast kans op en omvang van de schadelijke gevolgen van een gebeurtenis nog vele andere aspecten een rol. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen feitelijke schade en waardeoordelen hierover (Buth et al. 2017). Het begrip risico bestaat niet uitsluitend uit objectief meetbare eigenschappen van systemen (MNP & RIVM 2003).

Risicoperceptie of beleving definiëren we als het subjectieve oordeel dat een persoon, een groep of maatschappij heeft over de aard, ernst en omvang van een mogelijke impact, de waarschijnlijkheid dat die plaatsvindt, en de aanvaardbaarheid van het risico. Risicoperceptie is belangrijk voor beleid, omdat het bepalend is voor keuzes die mensen maken, hun gedrag en handelingsbereidheid, en de ervaren legitimiteit van het beleid. Vaak geven kwalitatieve aspecten de doorslag bij aanvaarden van risico's, zoals de mate van vrijwilligheid, eerlijke verdeling van lusten en lasten, billijkheid of beheersbaarheid van blootstelling, of de vertrouwdheid met of het maatschappelijk nut van de risicovolle activiteit of situatie (MNP & RIVM 2003). Risicoperceptie is hiermee een belangrijke schakel tussen enerzijds de berekende of ingeschatte risico's op basis van een technologische benadering, en het verkennen van handelingsperspectieven, legitimiteit van beleid en beleidskeuzes anderzijds. Andersom, omdat risicobeleving het gedrag en keuzes van mensen beïnvloedt, en daarmee de blootstelling aan en kwetsbaarheid voor klimaatrisico's, is zij ook van invloed op het risico zelf.



**Figuur 3.8**



Bron: PBL 2014

### 3.9.2 Toepassing in verschillende fasen

Perceptie speelt een rol vóór, tijdens en na een klimaatgebeurtenis.

#### **Preventief**

Allereerst is risicoperceptie van belang bij het formuleren en accepteren van preventief adaptatiebeleid en bij het kiezen en treffen van maatregelen. Risicobewustzijn en beleving zijn van invloed op de handelingsbereidheid van mensen, en de acceptatie van de kosten en nadelen van adaptatie maatregelen. Risico's worden soms overschat en soms onderschat. Dit hangt onder andere af van kenmerken van het risico, bijvoorbeeld is de bron van het risico zichtbaar, gaat het om geleidelijke veranderingen of plotselinge extreme gebeurtenissen, korte- of lange termijn effecten, beheersbaarheid als er iets gebeurt. Maar ook sociaalpsychologische factoren spelen een rol, zoals bekendheid met het risico, angst beleving, maatschappelijke acceptatie of baten van de risicovolle situatie of activiteit, vrijwilligheid. Bij een afweging tussen acceptatie van een risico en maatregelen nemen om het risico te verminderen, speelt de subjectieve afweging hoe erg we het risico vinden en wat we er voor over hebben om het risico te verkleinen.

In deze fase zijn risico communicatie met en betrokkenheid van mensen met verschillende risico perceptie een punt van aandacht. MarketResponse en Ons Water (2020) hebben bijvoorbeeld zes verschillende leefstijlen en houdingen ten opzichte van klimaatverandering in kaart gebracht ten behoeve van partijen die met bewoners willen communiceren over klimaatadaptatie. Risico perceptie van politici, beleidsmakers en andere publieke en private partijen in de samenleving zijn bepalend voor de prioritering en urgentieverklaring van risico's en adaptatiemaatregelen. Hiermee bepaalt risicoperceptie ook de adaptatiecapaciteit en innovativiteit van de samenleving, evenals de snelheid waarmee adaptatiebeleid wordt geformuleerd en uitgevoerd.

### **Tijdens een crisis**

De beleving van een klimaatgebeurtenis of ramp door mensen en de mate van ontreding en verschrikking zijn uiteraard afhankelijk van de omvang van de schade aan mens en cultuur, natuur en milieu en economie. Daarnaast spelen ook de onverwachtheid of nieuwigheid van de klimaatgebeurtenis en onbekendheid ermee een rol (bijvoorbeeld de overstroming in Limburg en valwind in Leersum), verwijtbaarheid of nalatigheid van verantwoordelijk geachte instanties om de impact te voorkómen, gevoel van onmacht, snelheid en effectiviteit van optreden door de overheid tijdens en na de ramp, en verdeling en vergoeding van de schade. (PBL 2015a).

### **Na een crisis**

De verwerking van het leed en beleving achteraf is mede afhankelijk van de ervaren snelheid en billijkheid waarmee schades worden vergoed en herstelwerkzaamheden worden uitgevoerd. Een grondige evaluatie van de gebeurtenis en het optreden van verantwoordelijke partijen, met daaraan gekoppeld maatregelen die het risico op een volgend incident verkleinen, evenals het horen en erkennen van het ervaren leed, helpen het herstel van vertrouwen in de verantwoordelijke instanties.

## 3.10 Omgaan met adaptatiecapaciteit

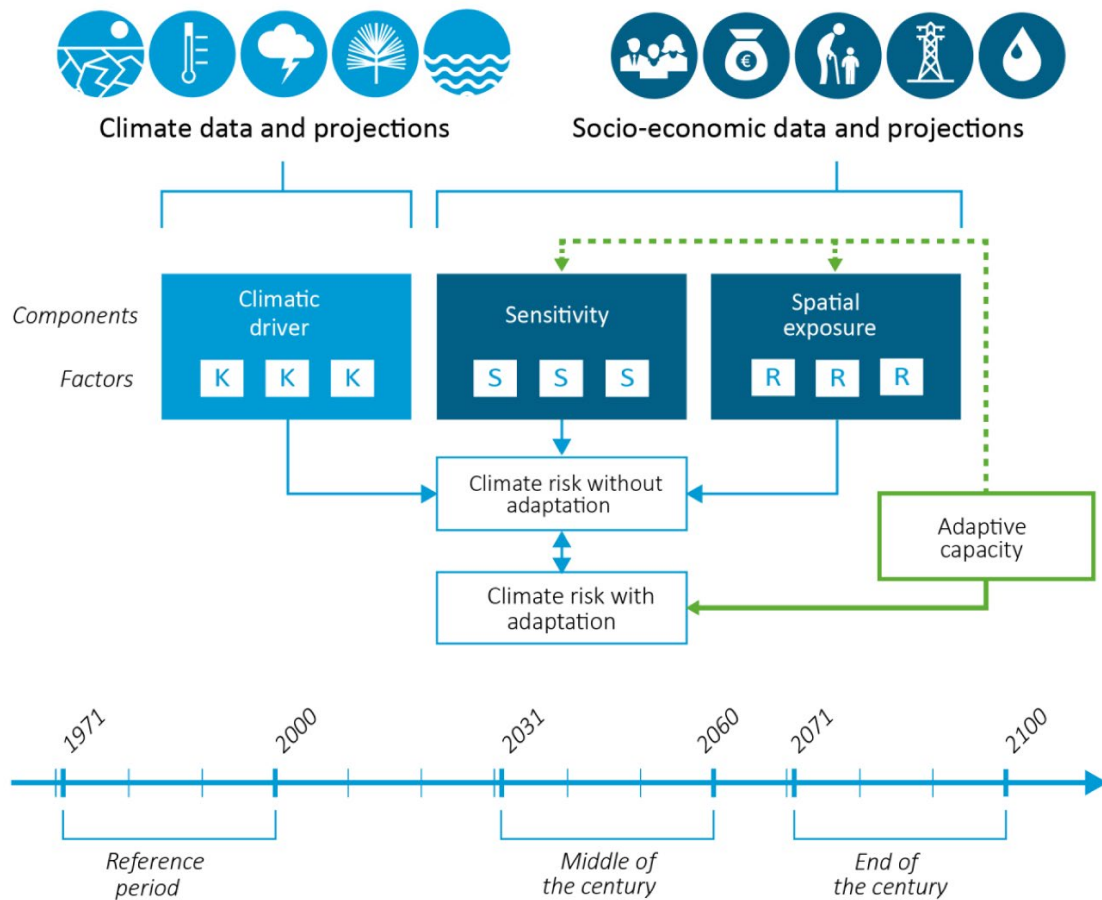
De adaptatiecapaciteit is belangrijk voor het bepalen van huidige en toekomstige risico's en het verkennen van de mogelijkheden voor adaptatiemaatregelen. Bepalende factoren voor de adaptatiecapaciteit zijn volgens GE CCRA2 kennis, motivatie en draagvlak, technologie en natuurlijke hulpbronnen, financiële bronnen, institutionele structuur en menselijke capaciteit, wettelijk kader en politieke strategieën. In ISO 14091 worden technische, financiële, organisatorische en ecosysteem capaciteit als belangrijke aspecten genoemd. Onderdeel van adaptatiecapaciteit is ook de beschikbaarheid van kennis over adaptatiemogelijkheden en de beschikbaarheid van adaptatiemogelijkheden zelf.

De GE CCRA2 deed naast de klimaatrisicoanalyse een uitvoerige analyse van de adaptatiecapaciteit voor het midden van deze eeuw en een trendschatting voor het einde van de 21e eeuw (Kahlenborn et al. 2021a) (zie figuur 3.9). Daarbij keek men ook naar impactketens en kwetsbaarheid door onderlinge afhankelijkheid van (beleids)sectoren. De analyse van de adaptatiecapaciteit was uitgebreid en ruimtelijk gedifferentieerd, en werd uitgevoerd op drie abstractieniveaus, namelijk per risico, per 'Aktionsfeld' (beleidsveld, uitvoeringsveld) en generiek voor Duitsland (Kahlenborn et al. 2021a). Met deze kennis over de adaptatiecapaciteit, maakte men een inschatting van de geïmplementeerde adaptatie in de toekomst. Er werd onderscheid gemaakt tussen adaptatie-instrumenten in het bestaande adaptatie-actieplan en verdergaande adaptatie die plausibel is onder de bestaande sociaaleconomische en politieke situatie ('APAIII+'). Voor deze inschatting van de adaptatie werd de Delphi methode gebruikt.

Figuur 3.9 toont het conceptuele raamwerk voor de recente klimaatrisicoanalyse voor Duitsland. In dit raamwerk is kwetsbaarheid opgesplitst in gevoeligheid en adaptatiecapaciteit. De klimaatrisicoanalyse voor Duitsland voert eerst een risicoanalyse uit zonder adaptatie, onderzoekt apart de adaptatiecapaciteit en bepaalt op basis hiervan de verwachte adaptatie, waarbij geen onderscheid wordt gemaakt in autonome en geplande adaptatie. De twee sporen samen bepalen wat de risico's zijn indien er wel adaptatie plaatsvindt.

**Figuur 3.9**

Conceptueel raamwerk voor de klimaatrisicoanalyse voor Duitsland (Kahlenborn et al. 2021a), gebaseerd op (Zebisch et al. 2017)



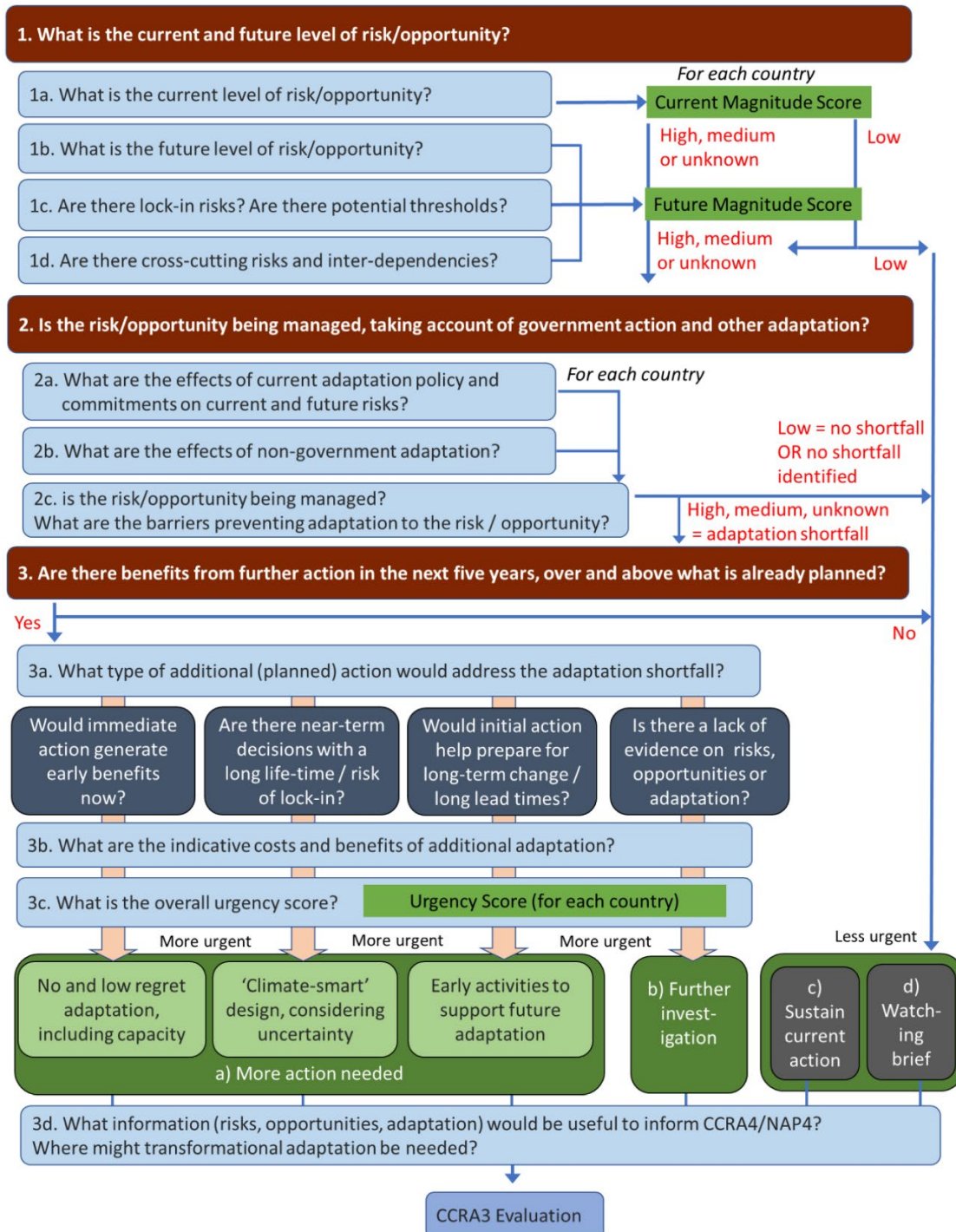
## 3.11 Omgaan met urgentiebepaling

Voor het ontwikkelen van een adaptatiestrategie is het nodig om met objectieve criteria de urgentie van klimaatrisico's aan te geven, waarmee beleidsmakers adaptatiemaatregelen kunnen prioriteren. Urgentiebepaling van klimaatrisico's hangt af van meerdere factoren waaronder de (trend in) waarschijnlijkheid van optreden, de potentiële impact, de beschikbare mogelijkheden voor adaptatie en de tijdsduur voor implementatie hiervan. Een inschatting van deze factoren gebeurt zoveel mogelijk op basis van objectieve gegevens en/of expertbeoordeling, maar kan ook deels subjectief zijn. Prioriteitstelling in het beleid gebeurt vervolgens op grond van een scala aan beweegredenen, waarvan de urgentie van het klimaatrisico er maar één is. Hierbij speelt beleving van de potentiële gebeurtenis een belangrijke rol (zie paragraaf 3.9). Recent ervaren klimaatincidenten leiden bijvoorbeeld vrijwel altijd tot beleidsacties.

Het Verenigd Koninkrijk en Duitsland ontwikkelden afwegingsschema's voor de urgentiebepaling van risico's op basis van objectieve criteria (Betts et al. 2021, Kahlenborn et al. 2021a). UK CCRA3 richt zich op urgentiebepaling voor de komende vijf jaar met een vooruitblik naar de daaropvolgende vijf jaar (zie figuur 3.10) ten behoeve van de ontwikkeling van adaptatiestrategieën.

In het conceptuele raamwerk van de UK CCRA3 zit ook 'verder onderzoek' als mogelijke uitkomst van de urgentiebepaling (Watkiss et al. 2021). Tabel 3.4 bevat de urgentiescores die toegepast zijn in de UK CCRA3.

**Figuur 3.10**



Beslisboom voor de urgentiebepaling van klimaatrisico's in UK CCRA3. Klimaatrisicoanalyse is de eerste stap, daarna worden de geplande en mogelijke adaptatiemaatregelen in kaart gebracht.

**Tabel 3.4**UK CCRA<sub>3</sub> beschrijving van urgentiescores (Watkiss et al. 2021)

<b>Urgency score</b>	<b>Description</b>
<b>'More action needed'*</b>	New, stronger or different Government action, whether policies, implementation activities, capacity building or enabling environment for adaptation – over and above those already planned – are beneficial in the next five years to reduce climate risks or take advantage of opportunities. This will include different responses according to the nature of the risks and the type of adaptation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Addressing current and near-term risks or opportunities with low and no-regret options (implementing activities or building capacity).</li> <li>• Integrating climate change in near-term decisions with a long life-time or lock-in.</li> <li>• Early adaptation for decisions with long lead-times or where early planning is needed as part of adaptive management.</li> </ul>
<b>'Further investigation'*</b>	On the basis of available information, it is not known if more action is needed or not. More evidence is urgently needed to fill significant gaps or reduce the uncertainty in the current level of understanding in order to assess the need for additional action.
<b>'Sustain current action'*</b>	Current or planned levels of activity are appropriate, but continued implementation of these policies or plans is needed to ensure that the risk or opportunity continues to be managed in the future.
<b>'Watching brief'*</b>	The evidence in these areas should be kept under review, with continuous monitoring of risk levels and adaptation activity (or the potential for opportunities and adaptation) so that further action can be taken if necessary.

De GE CCRA<sub>2</sub> bepaalde de urgentie op basis van klimaatrisico en de tijd die in het pessimistische scenario nodig is voor adaptatie (tabel 3.5). De score 'zeer urgent' werd gegeven als het risico nu al hoog is, of als het risico hoog is in het midden van de 21e eeuw en nu al moet worden gestart met adaptatiemaatregelen vanwege een medium tot lange periode die nodig is om adaptatiemaatregelen te implementeren, of als het klimaatrisico groot is aan het einde van de 21e eeuw en er is een lange periode nodig voor adaptatiemaatregelen. Opvallend is dat men niet heeft gekeken naar mogelijke 'lock-ins' of samenhang en afwegingen met andere transities en beleid.

**Tabel 3.5**

Voorbeeld in de Duitse CCRA2 van klimaatrisico's in de huidige situatie, midden en einde 21e eeuw, inclusief een kolom voor de benodigde adaptatieperiode (Kahlenborn et al. 2021a)

Climate impact		Present	Middle of the century		End of the century		Adaptation period <sup>14</sup>
			optimistic	pessimistic	optimistic	pessimistic	
Change in the growing season and phenology	Climate risk	low	medium	high	medium	high	no reaction possible
	Certainty		medium		low		
Spread of invasive species	Climate risk	medium	medium	high	high	high	10-50 years
	Certainty		medium		low		
Loss of genetic diversity	Climate risk	low	low	medium	medium	high	10-50 years
	Certainty		medium		very low		
Shift in areas and decline in numbers	Climate risk	low	medium	medium	medium	high	10-50 years
	Certainty		medium		low		
Damage to coastal ecosystems	Climate risk	low	medium	medium	medium	high	10-50 years
	Certainty		medium		medium		
Damage to mountain ecosystems	Climate risk	low	medium	high	medium	high	no reaction possible
	Certainty		medium		medium		
Damage to water-bound habitats and wetlands	Climate risk	medium	medium	high	medium	high	10-50 years
	Certainty		medium		medium		
Damage to forests	Climate risk	medium	medium	high	medium	high	> 50 years
	Certainty		medium		low		
Ecosystem services	Climate risk	low	low	medium	medium	high	10-50 years
	Certainty		very low		very low		

## 4 Invulling klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026

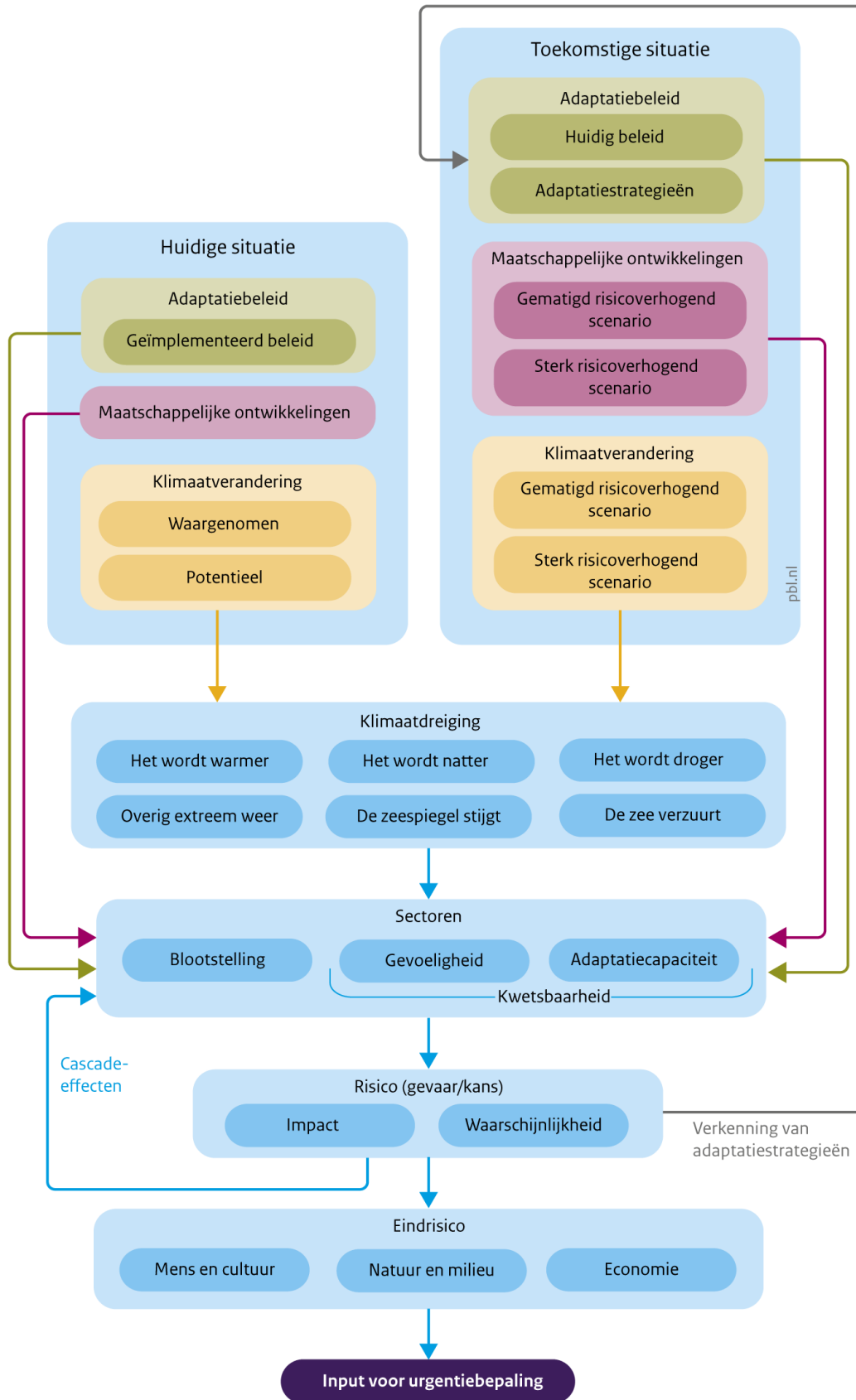
In dit hoofdstuk is de invulling toegelicht van de verschillende onderwerpen van de klimaatrisicoanalyse voor 2022 – 2026. De betrokken kennisinstituten zullen de klimaatrisico's per (beleids)sector in kaart brengen. PBL zal vervolgens een overkoepelende analyse uitvoeren met de bevindingen van deze deelstudies om een risicobeeld te schetsen voor Nederland. Ook adaptatiestrategieën, sector-overschrijdende effecten en extremen zullen worden beschouwd. In paragraaf 4.1 is de invulling voor het onderzoeken van de huidige en toekomstige klimaatrisico's beschreven, volgens het conceptuele raamwerk van paragraaf 3.2. In paragraaf 4.2 is de invulling van overige risicofactoren opgenomen en in paragraaf 4.3 is de invulling van dwarsdoorsnijdende aspecten voor klimaatrisicoanalyse toegelicht (waaronder het selecteren van klimaatrisico's, expertbeoordeling en onzekerheidsanalyse). Paragraaf 4.4 bevat de invulling voor de analyse van adaptatiecapaciteit en urgentiebepaling. Zie bijlage 1 voor de vraagstelling aan de kennisinstituten.

Ontwikkelingen staan niet stil, de stand van kennis zal mogelijk veranderen gedurende het project. Tijdens de klimaatrisicoanalyse die tot in 2026 doorloopt, zullen nieuwe ontwikkelingen en literatuur worden bijgehouden en indien nodig zal de invulling van de klimaatrisicoanalyse worden aangepast.

### 4.1 Invulling klimaatrisicoanalyse

In figuur 4.1 is het conceptueel raamwerk voor het onderzoeken van huidige en toekomstig klimaatrisico's weergegeven, inclusief de invulling voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026.

Figuur 4.1



Bron: PBL



Voor de klimaatrisicoanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen klimaatrisico's in de huidige en toekomstige situatie (zie figuur 4.1). Voor de huidige situatie wordt gekeken naar ontwikkelingen/trends over de afgelopen 30 jaar. Voor de toekomstige situatie worden twee scenario's gehanteerd, een gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario. Bij het adaptatiebeleid wordt voor de huidige situatie gekeken naar het geïmplementeerd beleid en voor de toekomstige situatie naar het huidige geïnstrumenteerde en gefinancierde beleid. Onder maatschappelijke ontwikkelingen worden sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen verstaan. Voor klimaatverandering wordt voor de huidige situatie gekeken naar waargenomen klimaatgebeurtenissen (in de afgelopen 30 jaar) en potentiële klimaatgebeurtenissen in de huidige omstandigheden. Voor de toekomstige situatie wordt gekeken naar prognoses die gebaseerd zijn op de KNMI'23 klimaatscenario's voor de zichtjaren 2050, 2100 en waar relevant voor 2150. Klimaatverandering wordt vertaald naar zes klimaatdreigingen. Adaptatiebeleid, maatschappelijke ontwikkelingen en klimaatverandering beïnvloeden een (beleids)sector, die meer of minder is blootgesteld aan klimaatdreigingen en gekenmerkt wordt door een bepaalde gevoeligheid en adaptatiecapaciteit. Dit resulteert in een klimaatrisico met een bepaalde omvang, afhankelijk van de impact en waarschijnlijkheid. Ook effecten die doorwerken in een andere sector (cascade-effecten) en het verkennen van mogelijkheden voor adaptatiestrategieën worden meegenomen. Vervolgens wordt een klimaatrisico vertaald naar eindrisico's voor mens en cultuur, natuur en milieu en economie. Dit vormt input voor de urgentiebepaling, waarmee het beleid vervolgens prioriteiten kan stellen voor adaptatiemaatregelen.

In de volgende paragrafen zijn de verschillende onderdelen van figuur 4.1 uitgebreider toegelicht.

### 4.1.1 Zichtjaren

De nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal risico's inschatten voor de huidige en toekomstige situatie, gebaseerd op (waargenomen) ontwikkelingen en verwachtingen in de toekomst. De huidige situatie zal gebaseerd zijn op gegevens uit de periode 1990 – 2022 en de huidige stand van kennis over het klimaat. Voor de toekomstige risico's wordt uitgegaan van de in 2023 te verschijnen KNMI'23-klimaatscenario's met zichtlijnen voor 2050, 2100 en 2150. Aangezien klimaat het gemiddelde weer over 30 jaar betreft, wordt er gekeken naar de 30 jaar daaromheen (2035 – 2065, 2085 - 2115 en 2135 - 2165). De nadruk zal liggen op 2050 en 2100. Slechts voor enkele klimaatdreigingen/risico's die pas op de langere termijn een rol kunnen gaan spelen, zoals zeespiegelstijging, zal ook 2150 meegenomen worden.

### 4.1.2 Adaptatiebeleid

In de klimaatrisicoanalyse wordt adaptatiebeleid meegenomen. In de huidige situatie wordt alleen de doorwerking van het geïmplementeerde adaptatiebeleid tot en met 2022 meegenomen. Dit kan beleid zijn op allerlei terreinen waarin klimaatadaptatie expliciet wordt genoemd en het beleid is uitgevoerd (bijvoorbeeld ruimtelijk beleid of natuurbeleid). Voor de toekomst wordt gekeken naar het huidige beleid, wat tot en met 2022 is aangenomen en volledig in (wettelijke) regelingen is geïnstrumenteerd en gefinancierd. De kennisinstituten wordt gevraagd een beeld te schetsen van het geïmplementeerde en huidige adaptatiebeleid. Dit zal in een opvolgend project van PBL in meer detail worden ingevuld, waarbij ook de uitvoering, uitkomsten en effectiviteit van het adaptatiebeleid zullen worden onderzocht. Voor de toekomstige situatie zullen op basis van de klimaatrisicoanalyse, en in samenspraak met de kennisinstituten en het beleid, verschillende adaptatiestrategieën worden verkend om de invloed van adaptatie-opties op klimaatrisico's te onderzoeken.

### 4.1.3 Maatschappelijke ontwikkelingen

Maatschappelijke ontwikkelingen waaronder sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen beïnvloeden de blootstelling en kwetsbaarheid van een (beleids)sector voor klimaatverandering. Ongunstig voor blootstelling en kwetsbaarheid zijn bijvoorbeeld hoge bevolkingsdichtheid, veel bebouwing en geïnvesteerd kapitaal in laag gelegen delen van Nederland, dicht aan de kust en in de uiterwaarden, gecombineerd met veel verharding en weinig groen in de steden. Gunstig zijn lagere bevolkingsdichtheid, bebouwing en investeringen in hoger gelegen gebieden, veel groen en weinig verharding in de stad en ruimte voor de rivier. Daarnaast heeft beleid gericht op maatschappelijke en ruimtelijke ontwikkelingen invloed op de kwetsbaarheid en blootstelling van een (beleids)sector, zoals het langer thuis blijven wonen van ouderen, de woningbouwopgave en de energietransitie (zie paragraaf 4.2.4). Ook ontwikkelingen buiten Nederland kunnen de kwetsbaarheid van Nederland voor klimaatverandering beïnvloeden, bijvoorbeeld door geopolitieke veranderingen, extreme klimaatgebeurtenissen in het buitenland of doorwerking van impacts via internationale handelsketens (zie paragraaf 4.2.2). De kennisinstituten wordt gevraagd om bij de blootstelling en kwetsbaarheid expliciet de rol van maatschappelijke ontwikkelingen te benoemen, en ook hoe en in welke richting deze waarschijnlijk zullen veranderen in de toekomst.

Voor de toekomstige situatie worden een gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario uitgewerkt wat betreft sociaaleconomische en ruimtelijke omstandigheden. Deze scenario's zullen worden samengesteld uit de Welvaart en Leefomgeving studie (CPB & PBL 2015 en zo mogelijk recenter indien beschikbaar), de Deltascenario's (Wolters et al. 2018a, 2018b en zo mogelijk recenter indien beschikbaar) en de Nederland Later studie (PBL 2021b en zo mogelijk recenter indien beschikbaar). Afbakening van de aspecten die kunnen worden meegenomen zal verder worden verkend.

### 4.1.4 Klimaatverandering

Voor klimaatverandering wordt voor de huidige situatie gekeken naar zowel waargenomen als potentiële klimaatgebeurtenissen. Waargenomen klimaatgebeurtenissen zijn klimaatgebeurtenissen die daadwerkelijk hebben plaatsgevonden in de periode 1990-2022. Potentiële klimaatgebeurtenissen zijn die klimaatgebeurtenissen die naar verwachting (op basis van modelberekeningen en/of onderbouwde schattingen) kunnen optreden maar door toeval nog niet hebben plaatsgevonden. Voor klimaatverandering in de huidige situatie wordt gebruik gemaakt van waarnemingen, modelberekeningen en klimaatdata van het KNMI. Voor de toekomstige ontwikkelingen in het klimaat zal gebruik worden gemaakt van de twee uiterste KNMI'23-klimaatscenario's met prognoses voor 2050, 2100 en voor 2150 voor enkele lange termijn effecten. De KNMI'23-klimaatscenario's komen beschikbaar in 2023. Tot die tijd zal het KNMI klimaatsignaal'21 (KNMI 2021) een eerste inzicht bieden in de toekomstige klimaatverandering.

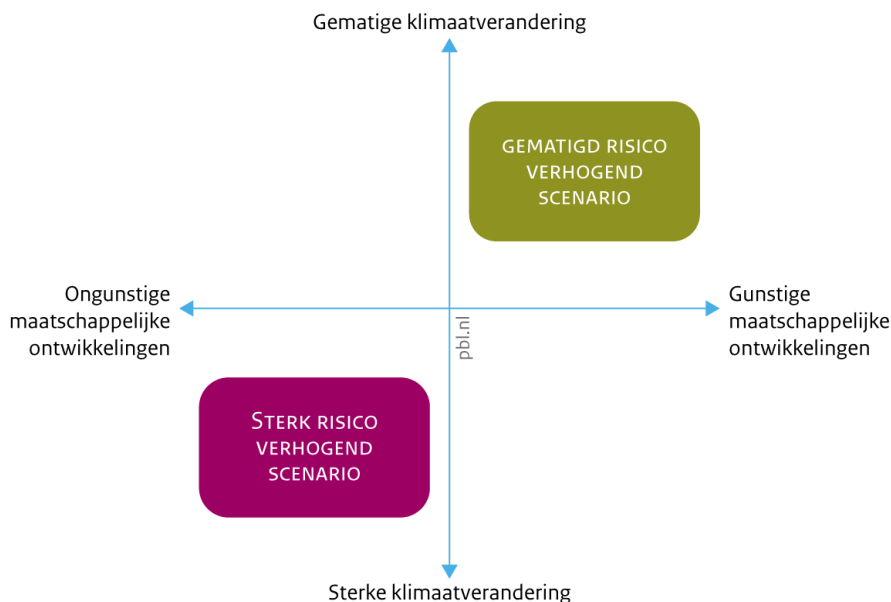
### 4.1.5 Scenario's

Voor de analyse van toekomstige klimaatrisico's worden scenario's toegepast. De scenario's omvatten ontwikkelingen op het gebied van klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen. Zie hiervoor ook figuur 4.2. Wat betreft klimaatverandering maken we onderscheid tussen gematigde klimaatverandering en sterke klimaatverandering. Wat betreft maatschappelijke ontwikkelingen maken we onderscheid tussen gunstige maatschappelijke ontwikkelingen en ongunstige maatschappelijke ontwikkelingen.

De termen gunstig en ongunstig zijn bedoeld om aan te geven of maatschappelijke ontwikkelingen een positief dan wel negatief effect hebben op een klimaatrisico.

**Figuur 4.2**

Schematische weergave van te hanteren scenario's voor de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026



Bron: PBL

Klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen worden gecombineerd tot één gematigd risicoverhogend scenario en één sterk risicoverhogend scenario (zie figuur 4.2). Deze twee uiterste scenario's geven de bandbreedte in omvang van klimaatrisico's weer (inclusief klimaatdreiging, blootstelling en kwetsbaarheid) en geven zicht op onzekerheden in klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen. In het gematigd risicoverhogend scenario wordt gematigde klimaatverandering gecombineerd met een maatschappelijk scenario (op het gebied van sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen) waarin blootstelling en kwetsbaarheid relatief het geringst zijn. In het sterk risicoverhogend scenario wordt sterke klimaatverandering gecombineerd met een maatschappelijk scenario waarin blootstelling en kwetsbaarheid relatief het grootst zijn. Beide scenario's zijn aangeduid als risicoverhogend. Deze term is gekozen omdat klimaatverandering in de toekomst zal toenemen, waardoor we verwachten dat dit leidt tot een vergroting van een klimaatrisico wanneer er geen extra adaptatiebeleid wordt uitgevoerd. Zowel het gematigd risicoverhogend scenario als het sterk risicoverhogend scenario zijn in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 beleidsarm, met alleen het uiterlijk in 2022 vastgestelde geïnstrumenteerde en gefinancierde adaptatiebeleid.

De selectie van twee uiterste scenario's (gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend) maakt de analyse beter uitvoerbaar dan wanneer er meer combinaties zouden worden gemaakt van scenario's voor klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen. Dat zou leiden tot vier of meer scenario's. In een periodieke herhaling van de klimaatrisicoanalyse kan ook naar minder uiterste scenario's worden gekeken, die mogelijk betere aangrijpingspunten bieden voor adaptatie.

## 4.1.6 Klimaatdreigingen

Klimaatverandering resulteert in diverse klimaatdreigingen. Klimaatdreigingen bestaan uit zowel geleidelijke veranderingen van het gemiddelde klimaat (bijvoorbeeld gemiddelde opwarming van de aarde) als uit veranderingen van extremen (bijvoorbeeld hittegolven). Een klimaatdreiging wordt gekarakteriseerd door de intensiteit, geografische omvang en duur van een weerfenomeen. De waarnemingen van het weer door het KNMI vanaf 1990 tot 2022 zullen worden gebruikt voor het in kaart brengen van klimaatdreigingen voor de huidige klimaatrisico's. De klimaatscenario's die het KNMI in 2023 zal publiceren zullen de basis vormen voor de toekomstige klimaatdreigingen. Zie paragraaf 4.1.10 voor de waarschijnlijkheid van een klimaatdreiging als onderdeel van de berekening van een klimaatrisico. In Crespi et al. (2020) en het [interactieve webrapport van de EEA](#) (2021) staat een uitgebreider overzicht van relevante klimaatdreigingen in Europa. Hieronder is een overzicht weergegeven van de verschillende klimaatdreigingen en wat hieronder wordt verstaan. De lijst wordt mogelijk aangepast aan de definitieve keuze van klimaatrisico's die zullen worden onderzocht.

- *Het wordt warmer:*
  - de gemiddelde temperatuur stijgt
  - vaker warm weer (risico op meer blootstelling aan UV straling)
  - frequentere, langdurigere en hevigere hitteperiodes
  - opwarming van bodem, lucht, oppervlaktewater, zeewater
  - slechtere kwaliteit van bodem, lucht, oppervlaktewater, zeewater
  - toename verdamping
  - versnelling bodemdaling
- *Het wordt natter:*
  - de gemiddelde jaarneerslag neemt toe, met uitzondering van de zomer
  - frequentere, langdurigere en hevigere piekbuien
  - grotere kans op hoogwater in rivieren in winter
  - frequentere en hevigere piekafvoeren in grote en regionale rivieren
  - frequenter hoge waterpeilen in meren
  - grotere luchtvochtigheid
  - frequenter en heviger wateroverlast in steden en landelijk gebied
  - frequenter en heviger grondwateroverlast
  - toenemende erosie en verslemping van de bodem
- *Het wordt droger:*
  - toename droge lentes en zomers
  - gemiddelde neerslagtekort neemt toe
  - frequentere, langdurigere en intensere droogteperiodes
  - grotere kans laagwater en droogvallen rivieren, beken, plassen, vennen, poelen in zomer
  - verslechtering oppervlaktewaterkwaliteit
  - lagere grondwaterstanden
  - versnelling bodemdaling
- *Overig extreem weer:*
  - toename in frequentie en hevigheid van stormen, valwinden, tornado's, hagelbuien, onweer, bliksem, koudegolven, sneeuw en ijzel

- *De zeespiegel stijgt:*
  - hogere waterstanden aan de kust
  - toenemende kweldruk landinwaarts
  - toenemende verzilting van grond- en oppervlaktewater
  - opstuwing en beperking afwatering
- *De zee verzuurt, als gevolg van een toename van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de lucht:*
  - de zuurgraad stijgt met gevolgen voor de chemische en ecologische waterkwaliteit
  - op den duur afname van de absorptiecapaciteit voor CO<sub>2</sub> door de oceanen.

Klimatrisico's kunnen ook veroorzaakt worden door combinaties van klimaatdreigingen die elkaar versterken of klimaatdreigingen die tegelijkertijd of opeenvolgend optreden (Hillier et al. 2020). Indien dit bij één of meerdere van de geselecteerde klimatrisico's het geval is, dan zal de combinatie van klimaatdreigingen worden uitgewerkt.

Het tempo waarin het klimaat verandert ligt hoog en extreme klimaatgebeurtenissen lijken meer extreem te worden over de afgelopen decennia (Crespi et al. 2020; IPCC 2022), zoals de neerslag in Zuid-Limburg in de zomer van 2021 of de droogte in 2022. Aandacht voor deze extremen bij de kennisinstituten is belangrijk, ook als er nog weinig concrete informatie over het optreden van extremen of de impact ervan beschikbaar is. Voor de huidige situatie kunnen de lessen uit recent opgetreden extremen worden samengevat, bijvoorbeeld uit rapportages van de beleidstafel droogte (I&W 2019) en de beleidstafel wateroverlast en hoogwater (I&W 2022). Voor de toekomstige situatie kunnen extremen die vooralsnog onwaarschijnlijk worden geacht of die nog zeer onzeker zijn kwalitatief worden uitgewerkt in 'wat als' of verhaalvorm, om zo inzicht te krijgen in mogelijke impacts (zie ook paragraaf 4.3.5).

#### 4.1.7 Sectoren

De huidige en toekomstige risico's zullen per (beleids)sector worden onderzocht, zoals ook is gedaan in de NAS 2016 (I&M 2016). Dit is een logische ingang omdat (beleids)sectoren worden getroffen door klimaatverandering en adaptatiemaatregelen vooral door (beleids)sectoren in samenwerking met overheden en andere stakeholders moeten worden genomen. Het raamwerk van figuur 4.1 is toepasbaar op alle (beleids)sectoren. Het streven is dat hierdoor de resultaten van alle (beleids)sectoren met elkaar te vergelijken zullen zijn.

In tabel 4.1 is een groslijst weergegeven van mogelijke relevante (beleids)sectoren. Het begrip sector is gedefinieerd als economische sector en als beleidsveld. In tabel 4.1 is daarom een breed scala aan systemen en belangen weergegeven, die getroffen kunnen worden door klimaatdreigingen. De lijst is samengesteld uit (beleids)sectoren die onderdeel zijn van de eerste klimatrisicoanalyse van het PBL, de eerste NAS, het Deltaprogramma (onderdeel Vitaal & Kwetsbaar) en klimatrisicoanalyses van Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. Aan de betreffende ministeries is gevraagd om financieel bij te dragen voor het uitwerken en invullen van de klimatrisico's voor deze beleidsvelden en sectoren. Vervolgens is een selectie gemaakt van (beleids)sectoren die meegenomen worden in de klimatrisicoanalyse. Deze selectie is uitgevoerd op basis van de volgende criteria:

- Sectoren waarvoor een ministerie betaalt
- Sectoren die in het Nederlandse beleid belangrijk worden gevonden en daarom onderdeel zijn van de NAS en/of het Deltaprogramma

- Indien niet betaald wordt voor sectoren die wel belangrijk worden gevonden in het beleid, dan worden deze alleen meegenomen als ze worden uitgewerkt in het onderdeel Vitaal & Kwetsbaar (V&K) van het Deltaprogramma. De veronderstelling is dat met relatief weinig extra inspanning gebruik kan worden gemaakt van werk binnen het programma V&K.

Het PBL wil vanuit inhoudelijke verantwoordelijkheid een brede, evenwichtige herijking van klimaatrisico's uitvoeren. Daarin kunnen de energiesector, telecom en ICT en de chemische en nucleaire industrie niet ontbreken, evenmin als de industrie die werkt met infectueuze en genetisch gemodificeerde organismen (GGO). Voor het onderzoeken van klimaatrisico's voor deze sectoren wordt daarom gebruik gemaakt van werk binnen het programma V&K (derde criterium van hierboven). Voor milieu geldt dat deze beleidssector alleen wordt meegenomen als tussenstap naar impacts op andere sectoren. Een deel van de milieurisico's zijn opgenomen in andere beleidssectoren, zoals waterkwaliteit in de sector water en luchtkwaliteit in de beleidssector gezondheid.

In tabel 4.1 is weergegeven welke (beleids)sectoren op basis van bovengenoemde criteria meegenomen worden in de risicoanalyse.

Ten opzichte van de nationale klimaatrisicoanalyse uit 2015 worden vier nieuwe (beleids)sectoren meegenomen in de risicoanalyse van 2022 – 2026, te weten cultureel erfgoed, veiligheid, gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening. Bij cultureel erfgoed gaat het om zowel materieel (onder andere archeologische monumenten) als immaterieel (onder andere tradities) erfgoed. Voor de sector veiligheid betreft het rampenbestrijding en crisisbeheersing in relatie tot klimaatverandering. De gebouwde omgeving is niet zozeer een sector, maar een leef- en werkomgeving van allerlei sectoren. Gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening beïnvloeden klimaatrisico's voor menselijke en natuurlijke systemen. Dit komt doordat zij de gevoeligheid voor en blootstelling aan klimaatimpacts beïnvloeden.

**Tabel 4.1**

Keuze van mee te nemen (beleids)sectoren in de klimaatrisicoanalyse, inclusief verantwoordelijk departement en financiële toezegging van departement

(Beleids)sector	Verantwoordelijk Departement	Toezegging departement	Meenemen in klimaatrisicoanalyse
<b>Water</b> (waterveiligheid, waterkwantiteit, waterkwaliteit en drinkwater) <sup>1)</sup>	I&W	Ja	Ja
<b>Milieu</b> <sup>1)</sup>	I&W	Nee	Alleen als tussenstap naar impacts op sectoren
<b>Infrastructuur en mobiliteit</b>	I&W	Deels (geen harde toezegging na 2022)	Ja
<b>Gebouwde omgeving</b>	BZK	Ja	Ja
<b>Ruimtelijke ordening</b>	BZK	Ja	Ja
<b>Natuur</b>	LNV	Ja	Ja
<b>Land- en tuinbouw</b>	LNV	Ja	Ja

<b>Visserij</b>	LNV	Nee	Nee, economische impact gering
<b>Gezondheid (leefomgeving, allergieën en infecties en hittestress) <sup>2)</sup></b>	VWS	Ja	Ja
<b>Energie</b>	EZK	Nee	Deels, aftappen van Vitaal & Kwetsbaar
<b>Telecom en ICT</b>	EZK	Nee	Deels, aftappen van Vitaal & Kwetsbaar
<b>Recreatie en toerisme</b>	EZK	Nee	Nee, betreft vooral kansen
<b>Cultuurhistorie</b>	OCW	Ja	Ja
<b>Veiligheid</b>	JenV	Ja	Ja
<b>Industrie</b>	EZK I&W VWS	Nee	Deels, alleen chemie, nucleair, infectueus en ggo's (aftappen van Vitaal & Kwetsbaar)
<b>Financiële sector</b>	FIN	Nee	Nee
<b>Internationale risico's</b>	BZ	Nee	Deels, als voorwaarden voor geselecteerde sectoren

1) De watersector is niet alleen een eindsector voor de risicoanalyse (b.v. risico voor klimaatschade aan dijken, zeeweringen, hoofdgemalen en andere voorzieningen), maar vooral ook voorwaardenschepend voor de sectoren die afhankelijk zijn van water. Ook de milieusector kan zowel als eindsector worden gezien (b.v. hogere kosten die moeten worden gemaakt om milieukwaliteit te halen, door klimaatverandering), maar is vooral voorwaardenschepend voor mens en cultuur, natuur en milieu en economie.

2) Gezondheid maakt enerzijds deel uit van het eindrisico mens en milieu. Dan gaat het over eindimpacts van klimaatrisico's op de menselijke gezondheid. Anderzijds is er de gezondheidssector, oftewel zorgsector, die getroffen kan worden door klimaatgerelateerde impacts, zoals gevolgen van overstromingen, hittegolven en infectie-uitbraken voor het functioneren van ziekenhuizen en overige zorg, met eindimpacts op de mens en economie.

Bij een klimaatrisico kan er sprake zijn van overlap tussen (beleids)sectoren. Voor het analyseren van klimaatrisico's dient rekening gehouden te worden met deze overlap, zodat impacts niet dubbel worden meegenomen.

#### 4.1.8 Blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit

Voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 worden per (beleids)sector de blootstelling en kwetsbaarheid (uitgesplitst in gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) in kaart gebracht. Daarom wordt aan de kennisinstituten gevraagd om de blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit expliciet te beschrijven voor de onderzochte klimaatrisico's. In de beschrijvingen dient te worden aangegeven hoe en in welke richting de genoemde aspecten zich ontwikkelen, ook in samenhang met andere maatschappelijke of ruimtelijke ontwikkelingen. Waardevol is om ook ontbrekende kennis over blootstelling, kwetsbaarheid en adaptatie in kaart te brengen. Dit kan in beeld brengen waar de onzekerheden van klimaatrisico's liggen en over welke onderwerpen meer onderzoek nodig is.

Blootstelling betreft externe factoren die effect ondervinden van klimaatdreigingen. Een voorbeeld zijn woningen waar de binnentemperatuur gedurende hittegolven hoger is dan 25 graden Celsius. Gevoeligheid betreft interne factoren en is een eigenschap van het getroffen systeem. Een voorbeeld is het aantal ouderen dat in huizen met een dergelijk binnenklimaat woont en dus onderhevig is aan hittestress.

Een (beleids)sector is kwetsbaarder voor een bepaalde klimaatdreiging wanneer de gevoeligheid relatief groot is. Dit resulteert in een grotere impact. Ook wanneer er weinig capaciteit voor adaptatie is, of die niet wordt benut, zal de impact groter zijn.

Blootstelling en kwetsbaarheid kunnen geografisch variëren op basis van sociale verschillen. In bepaalde wijken kunnen bijvoorbeeld relatief veel mensen wonen die extra kwetsbaar zijn voor klimaatimpacts, bijvoorbeeld door ouderdom (waardoor ze lastiger te bereiken zijn voor informatievoorziening en waarschuwingen, en beperkte zelfredzaamheid hebben om maatregelen te nemen) of door sociaaleconomische omstandigheden waardoor huizen in de ene wijk slechter geïsoleerd zijn dan in een andere wijk. Op Europese schaal is sociale ongelijkheid een aandachtspunt in het beleid voor klimaatverandering en adaptatie. Dit kan een rol spelen bij zowel de impact van klimaatverandering als bij mogelijkheden voor adaptatie of negatieve gevolgen van adaptatiemaatregelen. In de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 wordt sociale ongelijkheid niet als apart onderwerp uitgewerkt. Informatie uit lopende analyses over de sociale impact van klimaatverandering, bijvoorbeeld in het kader van het Deltaprogramma, kan worden samengevat.

Adaptatie is het proces van aanpassing aan een (verwachte) klimaatgebeurtenis en/of impact daarvan; dit kan preventief zijn of reactief zoals respectievelijk het verhogen van dijken of evacuatie. Adaptatie is erop gericht om de blootstelling en kwetsbaarheid te verkleinen. Adaptatiecapaciteit is de mogelijkheid om negatieve gevolgen te beperken of positieve gevolgen te benutten. Een uitgebreide analyse van adaptatiecapaciteit en adaptatie, zoals gebeurd is in de GE CCRA2 waarbij een situatie met en zonder adaptatie is vergeleken (zie paragraaf 3.10), is niet uitvoerbaar binnen het budget voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026. De kennisinstellingen worden gevraagd om de adaptatiecapaciteit per klimaatrisico in kaart te brengen, met een onderbouwing van de (on)mogelijkheden voor adaptatie. Ook verschillen in adaptatiecapaciteit tussen sociale groepen en op ruimtelijk niveau, de snelheid van implementatie van adaptatiebeleid en de wendbaarheid en flexibiliteit in het benutten van de adaptatiecapaciteit zijn relevant. Voor de inschatting van adaptatiecapaciteit kan gebruik worden gemaakt van expertbeoordeling. Zie ook paragraaf 4.4.1 voor een verdere toelichting op adaptatiecapaciteit.

#### 4.1.9 Risico's (gevaren en kansen)

Een klimaatrisico kan zowel een gevaar (negatief) als een kans (positief) zijn (zie ook paragraaf 3.1). Voor de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 is het voorstel om de focus te leggen op de gevaren, omdat bescherming van het land en zijn bewoners in eerste instantie een overheidstaak is. Het uitvoeren van de analyse van negatieve risico's binnen het beschikbare budget en tijd zal sowieso een uitdaging zijn. Er zal weinig tijd en capaciteit overblijven voor het analyseren van kansen. Bovendien worden kansen over het algemeen wel gezien en gegrepen door het bedrijfsleven. De betrokken kennisinstellingen zal worden gevraagd mogelijke kansen te inventariseren en kort te beschrijven. Kansen dienen goed onderbouwd en voorzichtig geformuleerd te worden.

In de klimaatrisicoanalyse 2014/2015 van het PBL zijn kansen geïnventariseerd voor de landbouwsector (waaronder export van landbouwkennis), watersector (waaronder export van waterbeheer-kennis), gezondheidssector (vermindering van ziekte en sterfgevallen door koude omstandigheden), bebouwde omgeving en energiesector (een lager energieverbruik voor verwarming) en de toeristische sector (een aantrekkelijker zomerklimaat die recreatie en toerisme bevordert).



Ook kan Nederland een goed en veilig vestigingsklimaat voor bedrijven blijven bieden, indien het er in slaagt om klimaatbestendig en waterrobuust te blijven. Er zal worden nagegaan of deze kansen nog steeds relevant zijn.

De twaalf in de NAS 2016 genoemde risico's (urgent en naar verwachting op termijn urgent; I&M 2016) zullen in ieder geval worden meegenomen in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026. Ook zal er aandacht worden besteed aan de speerpunten die in het uitvoeringsprogramma NAS van 2018 (I&W 2018) en de terugblik op de NAS in 2020 (I&W 2020) zijn genoemd (zie paragraaf 2.2). Op deze manier wordt nagegaan of de risico's veranderd zijn en zo ja, in welke richting.

#### 4.1.10 Waarschijnlijkheid

De waarschijnlijkheid dient voor zowel de klimaatdreiging als de impact op een (beleids)sector uitgewerkt te worden. De waarnemingen van het weer door het KNMI vanaf 1990 tot 2022 zullen worden gebruikt voor het bepalen van de waarschijnlijkheid van de huidige klimaatdreigingen. De klimaatscenario's die het KNMI in 2023 zal publiceren zullen de basis vormen voor het in kaart brengen van de waarschijnlijkheid van toekomstige klimaatdreigingen. Klimaatimpacts worden op dit moment niet gemonitord. Dit bemoeilijkt het inschatten van de waarschijnlijkheid van impacts. De verwachting is dat deze inschatting vooral op basis van expertbeoordeling uitgevoerd wordt.

Idealiter wordt de waarschijnlijkheid van een klimaatdreiging of -impact uitgedrukt in een frequentie waarmee dit optreedt, gevolgd door een analyse van de onzekerheid (zie paragraaf 4.3.4). Een frequentie heeft de voorkeur, omdat de beleving van een risico mede afhankelijk is van de frequentie waarmee een impact optreedt. De frequenties dienen voor zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie in 2050, 2100 en 2150 te worden bepaald (voor het gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario). Voor de frequentie kunnen bijvoorbeeld de volgende klassen gehanteerd worden:

- Minder vaak dan eens per 1000 jaar
- Eens per 1000 jaar tot eens per 100 jaar
- Eens per 100 jaar tot eens per 10 jaar
- Eens per 10 jaar tot eens per jaar
- Eens per jaar of vaker

Samen met de experts van de verschillende kennisinstituten zullen de frequentieklassen definitief worden bepaald. De frequentie en daarmee de waarschijnlijkheid kan ook onbekend zijn of heel laag (zie paragraaf 3.3.2). Voor enkele risico's met potentieel grote impact en onbekende of zeer kleine waarschijnlijkheid zal een 'wat als' analyse worden uitgevoerd door PBL (zie paragraaf 4.3.5). De risico's waarvoor dit gebeurt zullen worden geselecteerd samen met experts op basis van de verwachte schade en maatschappelijke ontwrichting.

Wanneer een indeling in frequenties niet mogelijk blijkt (o.a. vanwege het ontbreken van voldoende informatie, de IPCC AR5, UK CCRA3 en GE CCRA2 bevatten ook geen waarschijnlijkheid in de vorm van frequentie), is het voorstel om waarschijnlijkheid in te schatten met een interval via expertbeoordeling. Ook hierbij dient een onzekerheidsanalyse te worden uitgevoerd. Het interval zegt hoe groot de kans is dat een klimaatdreiging of impact in de huidige situatie of toekomstige situatie (tot 2050, 2100 of 2150) zal optreden. Waarschijnlijkheid kan bijvoorbeeld ingedeeld worden volgens:

- Zeer waarschijnlijk: 90 – 100 %

- Waarschijnlijk: 33 - 90 %
- Onwaarschijnlijk: 10 - 33 %
- Zeer onwaarschijnlijk: 0 - 10 %

Samen met de experts van de verschillende kennisinstituten zullen de intervalklassen definitief worden bepaald.

#### 4.1.11 Cascade-effecten

Cascade-effecten kunnen impacts vergroten of nieuwe risico's veroorzaken. Cascade-effecten zijn ook van belang bij adaptatiemaatregelen of bij maladaptatie, waarbij adaptatie in de ene sector negatieve effecten kan veroorzaken in een andere sector. Bijvoorbeeld het verminderen van hittestress middels vergroening kan negatieve effecten hebben op de gezondheid door toename van pollenallergieën. De kennisinstituten wordt gevraagd om cascade-effecten te inventariseren. Ook (verschillen in) ontwikkelingen in tijd en ruimte zijn hierbij relevant. De uitwerking van cascade-effecten staat nader beschreven in paragraaf 4.3.6.

#### 4.1.12 Verkennen van adaptatiestrategieën

Adaptatiestrategieën worden in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 dusdanig gekozen, dat ze de belangrijkste beleidskeuzen en dilemma's in beeld brengen. Het kan hierbij gaan om bijvoorbeeld de keuze voor kostenminimalisatie versus kostenverhogende adaptatiemaatregelen die mens en cultuur, natuur en milieu en economie minder kwetsbaar maken. Adaptatiestrategieën zullen samen met beleidsmakers worden opgesteld. Voor het verkennen van mogelijke adaptatiestrategieën, dienen aannames te worden gedaan over de omvang van de klimaatrisico's, adaptatiecapaciteit en prioriteiten bij het beleid. De verkenning van adaptatiestrategieën zal pas plaatsvinden na de analyse van de toekomstige klimaatrisico's.

#### 4.1.13 Eindrisico's

Om urgentie te kunnen bepalen in de aanpak van klimaatrisico's over alle (beleids)sectoren heen, dienen de klimaatrisico's te worden uitgedrukt in vergelijkbare termen. Eindrisico's zijn de uiteindelijke klimaatrisico's voor relevante belangen. Het gaat om de belangen voor mens, cultuur, natuur, milieu en economie ('people, planet, profit') (zie figuur 4.1). Onder de belangen 'mens' vallen menselijk welzijn en gezondheid, onder 'cultuur' vallen cultuurhistorische waarden en materieel en immaterieel erfgoed, onder de belangen 'milieu en natuur' vallen ecosystemen, biodiversiteit, natuurwaarden en -gebieden en kwaliteit van het milieu en onder het belang 'economie' vallen materiële goederen en investeringen, geldelijke kosten en baten, financiële waarden en belangen.

In de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal elk risico vertaald worden naar een eindrisico voor mens en cultuur, voor natuur en milieu en/of voor economie. Dit maakt dat de risico's onderling vergelijkbaar zijn (indien uitgedrukt in dezelfde termen) en dat urgentie kan worden bepaald op basis van een breed spectrum aan impacts. Het opstellen van impactketens en bollenschema's kan helpen om de doorvertaling naar eindrisico's inzichtelijk te maken. Zie ook bijlage 8 voor een handreiking voor het opstellen van impactketens volgens ISO 14091. Methoden voor het samenvoegen van kwalitatieve en kwantitatieve informatie voor het bepalen en onderling vergelijken van eindrisico's worden verder uitgewerkt in paragraaf 4.3.2.

Vanwege de grote onzekerheid bij het inschatten van klimaatrisico's op basis van vooral expertbeoordeling worden risico's gescoord in grove klassen met behulp van duidelijk beschreven indicatoren. Een risico dient in ieder geval vertaald te worden naar één eindrisico, maar zal zo vaak als mogelijk vertaald worden naar meerdere of alle eindrisico's. Een natuurbrand onder invloed van droogte en hitte kan bijvoorbeeld gevolgen hebben voor zowel mens en cultuur (welzijn, cultureel erfgoed), natuur en milieu (natuurschade) en economie (verloren inkomsten, kosten voor blussen).

Voor niet alle risico's zal het mogelijk zijn om de impact op mens en cultuur, natuur en milieu en economie exact te kwantificeren. Voorgesteld wordt om eindimpacts voor 'mens en cultuur' te beschrijven in termen van aantal slachtoffers en/of getroffen (mens) en omvang en/of omkeerbaarheid (cultuur), 'natuur en milieu' in termen van omvang (lokaal tot nationaal) en/of omkeerbaarheid en 'economie' in geldbedragen. Door met klassenindelingen te werken is het eenvoudiger om op basis van expertbeoordeling de impact te bepalen. Na bestudering van de UK CCRA3 (zie bijlage 9), GE CCRA2 en de Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid worden voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 de volgende klasseindelingen voor eindrisico's voorgesteld:

- *Mens en cultuur*
  - *Laag*: < 10.000 getroffen en/of 0 – 10 doden, lokaal en/of omkeerbare cultuurschade
  - *Middel*: 10.000 – 100.000 getroffen en/of 10 – 100 doden, regionaal en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade
  - *Hoog*: > 100.000 getroffen en/of > 100 doden, nationaal en/of onomkeerbare cultuurschade
- *Natuur en milieu*
  - *Laag*: lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu
  - *Middel*: regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu
  - *Hoog*: nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu
- *Economie*
  - *Laag*: < € 100 miljoen
  - *Middel*: € 100 miljoen – 1 miljard
  - *Hoog*: > € 1 miljard

Voor risico's die in twee categorieën van een eindrisico vallen, bijvoorbeeld voor natuur en milieu in lokaal en onomkeerbaar, geldt dat de hoogst scorende klasse leidend is. De klassen voor mens en economie bevatten hogere getallen dan de Nederlandse klimaatrisicoanalyse uit 2014/2015, die gebaseerd was op criteria uit van der Horst en Pruyt (2013). De klassen zijn verhoogd omdat de Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid ook hogere getallen bevat. In overleg met de kennisinstituten kunnen de klassen nog aangepast worden.

#### 4.1.14 Input voor urgentiebepaling

De klimaatrisicoanalyse levert uiteindelijk input voor de urgentiebepaling. De urgentie van klimaatrisico's wordt niet alleen bepaald door de omvang van de eindrisico's, maar is ook afhankelijk van onder andere beschikbare mogelijkheden voor adaptatie en implementatie van adaptatiebeleid. De urgentiebepaling is onderdeel van de overkoepelende analyse door PBL om een risicobeeld te schetsen voor Nederland. De urgentiebepaling zal zoveel mogelijk worden gebaseerd op objectieve criteria. Subjectieve aspecten zoals risicobeleving of (on)aanvaardbaarheid van risico's kunnen echter ook meewegen.

Criteria voor urgentiebepaling staan nader uitgewerkt in paragraaf 4.4.2 (zie ook figuur 1.2). Prioriteitstelling wordt vervolgens door het beleid uitgevoerd, gebaseerd op een scala aan beweegredenen waar urgentie er maar één van is.

## 4.2 Invulling overige risicofactoren

### 4.2.1 Ruimtelijke variatie

De klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal zich richten op risico's op nationale schaal. Voor sommige risico's zal echter een ruimtelijke differentiatie relevant zijn. Klimaatdreigingen, sociaaleconomische omstandigheden, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, adaptatiebeleid en waarschijnlijkheid kunnen namelijk ruimtelijk verschillen. Denk hierbij aan bijvoorbeeld stedelijk en landelijk gebied, hoog en laag Nederland, fysisch geografische regio's en primaire en regionale waterveiligheid. Ruimtelijke variatie wordt in de risicoanalyse meegenomen en uitgevraagd aan de kennisinstituten. Hierbij kan worden gedacht aan 'blootstellingskaarten' en overzichtskaarten die risicovolle gebieden voor een specifieke klimaatdreiging combineren met de locatie van vitale en kwetsbare functies. Ruimtelijk gedifferentieerde klimaatgegevens van het KNMI en kaarten in de klimaateffectatlas (CAS 2022) (<https://www.klimaateffectatlas.nl>) over klimaatdreigingen en (fysieke) impacts kunnen hiervoor aanknopingspunten bieden.

### 4.2.2 Internationale aspecten

In de ISO 14091 is opgenomen dat internationale risico's via handelsketens of andere relaties meegenomen moeten worden in een klimaatrisicoanalyse. In de UK CCRA3 (Betts et al. 2021) zijn internationale klimaatrisico's onderzocht middels stakeholder consultatie. Zij onderzochten handelsketens, migratie, internationale veiligheid en conflicten en mensenrechten. Ook in de eerste klimaatrisicoanalyse van het PBL is gekeken naar risico's voor Nederland door klimaatverandering elders in de wereld (PBL 2015d, 2015e).

Voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 kunnen belangrijke lessen over de doorwerking van internationale klimaatrisico's beknopt worden samengevat, gebaseerd op (internationale) literatuur. Ook kan worden nagegaan of de eerder gevonden internationale gevaren en kansen nog steeds relevant zijn voor de huidige situatie en toekomstige scenario's. Op Europese schaal zal het vooral gaan om vitale netwerken, zoals grensoverschrijdende elektriciteit- en ICT netwerken, waterdynamiek in de grensoverschrijdende stroomgebieden en om gezondheidseffecten veroorzaakt door infectieziekten. Op mondiale schaal zal het gaan om verstoring van handelsketens, politieke spanningen en het gevaar voor Nederlandse burgers en bedrijven in rampgebieden.

De kwetsbaarheid van Nederland voor klimaatrisico's wordt niet alleen binnenlands bepaald, maar ook door de (on)mogelijkheid van andere landen om zich aan te passen aan klimaatverandering. De impact vanuit het buitenland, voornamelijk economische schade door verstoorde handelsketens, kan voor een open economie zoals die van Nederland groter zijn dan risico's op nationale schaal. Het ontbreken van een verantwoordelijke partij voor een internationaal klimaatrisico ('risk ownership') maakt het lastiger om adaptatiebeleid vorm te geven. Voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 kunnen internationale aspecten slechts beperkt worden uitgewerkt vanwege budgettaire beperkingen.

Aan de kennisinstituten wordt gevraagd om rekening te houden met internationale aspecten bij het opstellen van de belangrijkste risico's in de betreffende (beleids)sector. In een periodieke herhaling van de risicoanalyse kunnen internationale aspecten uitgebreider worden behandeld.

Voor het Caribische deel van Nederland wordt in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 geen gedetailleerde risicoanalyse uitgewerkt, vanwege de beperkte middelen. Recent is een uitgebreide analyse verschenen van klimaatimpacts op Bonaire, uitgevoerd door de Vrije Universiteit in opdracht van Greenpeace (van Beukering et al. 2022 en deelrapporten). Ook de rijksbrede risicoanalyse heeft in een themarapport aandacht besteed aan klimaatdreigingen in het Caribisch deel van het koninkrijk (ANV 2022b).

### 4.2.3 Bestuurlijke situatie

In elke (beleids)sector zijn overheids- en private partijen betrokken, sturende partijen, instituties, onderzoeksinstellingen, beleid, strategieën, regels, wetten, normen, standaarden en financiering. Zowel voor het analyseren van de adaptatiecapaciteit als voor het aangeven van aangrijpingspunten voor maatregelen is het voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 nodig dat deze bestuurlijke situatie per (beleids)sector in beeld wordt gebracht. Wat zijn de huidige rol- en taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om de relevante en urgente risico's aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? De kennisinstituten wordt gevraagd een beeld te schetsen van de wettelijke normen, regelgeving en de bestuurlijke situatie. TNO geeft bijvoorbeeld op het gebied van energie, ICT en transportinfrastructuur aan dat infrastructuurnetwerken voldoen aan de huidige veiligheidsnormen en – eisen, maar dat de normen weinig tot geen rekening houden met klimaatverandering en weersextremen. De randvoorwaarden voor het voldoen aan de wettelijke normen en eisen zijn leidend in het omgaan met klimaatimpacts en -risico's en voorbij deze randvoorwaarden wordt nauwelijks tot niet gekeken (TNO 2021). Runhaar et al. (2014) hebben gekeken naar publieke en private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie vanuit een juridisch-bestuurlijk perspectief.

### 4.2.4 Samenhang met ander beleid en transities

Beleid gericht op sectoren heeft invloed op de kwetsbaarheid voor en blootstelling aan klimaatdreigingen. Zo heeft bijvoorbeeld het beleid om ouderen zo lang mogelijk thuis te laten wonen invloed op de kwetsbaarheid voor en blootstelling aan hittestress. Beleid om woningen te isoleren om energie te besparen houdt zowel de koude als de warmte buiten de deur. Klimaat, wonen, energie en stikstof zijn de grote onderwerpen in het Coalitieakkoord 2021 – 2025 (VVD, D66, CDA & ChristenUnie 2021). Deze speerpunten van het kabinet hebben relaties met elkaar die van belang zijn voor het (adaptatie)beleid.

Het is belangrijk om naast klimaatverandering ook maatschappelijke ontwikkelingen te evalueren die klimaatrisico's beïnvloeden. Het gaat hierbij om aspecten/ontwikkelingen die van invloed zijn op de klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, (on)mogelijkheden voor adaptatie en cascade-effecten. Ook problemen die samenhangen met klimaatverandering op internationale schaal zijn van belang, zoals klimaatvluchtelingen of geopolitieke spanningen om de Noordpool, ook al is de kennis hierover nog weinig concreet. Er zal worden nagegaan welke ontwikkelingen/aspecten kunnen worden meegenomen voor de maatschappelijke situatie/scenario's in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026.

I&W en EZK gaan in 2023 een quickscan uitvoeren naar de knelpunten en meekoppelkansen tussen klimaatmitigatie en -adaptatie, mogelijk kunnen relevante bevindingen hieruit worden samengevat.

## 4.3 Dwarsdoorsnijdende aspecten

Naast de onderwerpen die in het schema in figuur 4.1 zijn opgenomen, zijn er ook aspecten van belang die over het gehele schema van invloed zijn. Deze aspecten zijn in de volgende paragrafen toegelicht.

### 4.3.1 Selecteren van klimaatrisico's

Voor de analyse dient een selectie gemaakt te worden van welke risico's onderzocht gaan worden. De selectie van klimaatrisico's is bepalend voor de analyse en uitkomsten en dient daarom zorgvuldig te worden uitgevoerd en met inbreng van experts, beleidsmakers en andere betrokkenen uit een breed scala aan invalshoeken. Dit selectieproces wordt voorgeschreven in de ISO 14091 en zal verschillende rondes doorlopen, voordat een goede balans is gevonden tussen voldoende breedte en diepgang voor een nationale analyse enerzijds en uitvoerbaarheid anderzijds.

Voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 wordt voorgesteld om de selectie als volgt aan te pakken:

- Door het PBL wordt literatuur over klimaatrisico's geraadpleegd (onder andere de eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse, UK CCRA3 en GE CCRA2) en gebruik gemaakt van de informatie die is verzameld in de eerste inventarisatierondes met departementen, koepelorganisaties en kennisinstellingen. Per (beleids)sector worden de verzamelde klimaatrisico's genoteerd.
- Vervolgens wordt per beleidsveld opdracht gegeven aan kennisinstellingen om de relevante risico's op een rij te zetten. Hierbij wordt gevraagd om argumenten te geven voor de keuze van risico's en een plan voor het onderzoeken van deze risico's.
- Op basis van beide bovengenoemde acties wordt een overkoepelende keuze gemaakt van de te onderzoeken risico's door het PBL. Dit voorstel wordt voorgelegd aan de kennisinstellingen, departementen en koepelorganisaties ter commentaar.
- De opdrachten aan de kennisinstellingen worden uitgezet en een startoverleg wordt georganiseerd door PBL met alle kennisinstellingen. Op deze startbijeenkomst wordt onder andere aandacht besteed aan afstemming tussen de betrokken kennisinstellingen.

Uiteindelijk moeten deze acties leiden tot een selectie van risico's waarvan de analyse haalbaar is binnen het budget. Het is denkbaar dat in een later stadium van de analyse terug wordt gekomen op deze selectie, vanwege een gebeurtenis of nieuwe ontdekking. De geselecteerde risico's zullen alleen op basis van beschikbare informatie uitgewerkt worden, er zal geen nieuw onderzoek worden uitgevoerd.

De twaalf in de NAS 2016 genoemde risico's (urgent en naar verwachting op termijn urgent; I&M 2016) zullen in ieder geval worden meegenomen in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026. Ook zal er aandacht worden besteed aan de speerpunten die in het uitvoeringsprogramma NAS van 2018 (I&W 2018) en de terugblik op de NAS in 2020 (I&W 2020) zijn genoemd (zie paragraaf 2.2).

Aangezien in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 ook toekomstverkenningen worden uitgevoerd, zal deze risicoanalyse worden aangevuld met risico's die relevant worden geacht voor 2050, 2100 en 2150.

Als een verdere selectie van klimaatrisico's noodzakelijk blijkt, kan dit worden gebaseerd op criteria die worden overwogen voor de selectieprocedure voor de eerste Europese Climate Risk Assessment (EUCRA) 2022 – 2024. Hierin worden de volgende criteria meegewogen: de onomkeerbaarheid van de impact, belang van het bedreigde systeem, overige ontwikkelingen die de kwetsbaarheid verhogen en relevantie voor adaptatiebeleid, waaronder de noodzaak van centrale coördinatie en beperkte mogelijkheden om het risico te beheersen. Deze criteria zijn aanvullend op de IPCC selectiecriteria voor 'key risks' die de omvang van de impact meewegen, de waarschijnlijkheid en timing van een klimaatgebeurtenis, de (on)mogelijkheden om de kwetsbaarheid te beperken en om adaptatiemaatregelen te nemen.

### 4.3.2 Aggregeren van klimaatrisico's

Door ieder risico in dezelfde eenheden voor mens en cultuur, natuur en milieu en economie uit te drukken, kunnen klimaatrisico's met elkaar vergeleken worden. Dit maakt het tevens mogelijk om klimaatrisico's te aggregeren naar verschillende niveaus en te bekijken vanuit verschillende invalshoeken. Bijvoorbeeld vanuit de klimaatdreiging, vanuit eindrisico's of vanuit ruimtelijke verschillen in blootstelling of kwetsbaarheid. Bijvoorbeeld het aggregeren van klimaatrisico's per klimaatdreiging, of het sommeren van alle onderzochte klimaatrisico's op de economie. Ook de Duitse CCRA2 en de UK CCRA3 aggregeren risico's voor specifieke systemen tot risico's op hogere schaalniveaus, zoals beleidsterreinen of het hele land. Zie ISO 14091 voor een toelichting op aggregeren. Het opstellen van impactketens volgens ISO 14091 kan hier ook bij helpen (zie bijlage 8). Appendix F van de ISO 14091 gaat in op aggregatie van indicatoren en risicomponenten. De OECD (2008) heeft een handboek opgesteld voor het maken van samengestelde indicatoren. Zebisch et al. (2017) geven handreikingen voor het definiëren, verzamelen, bewerken, interpreteren en presenteren van kwantitatieve milieu-informatie, inclusief normaliseren en aggregeren.

Aggregeren gaat ook om het samenvoegen van kwalitatieve en kwantitatieve informatie over klimaatrisico's. In de klimaatrisicoanalyse zullen hiervoor methoden nader worden uitgewerkt. In beleid wordt vaak meer waarde toegekend aan kwantitatieve informatie. Er zal worden nagegaan hoe kwalitatieve informatie uitgewerkt kan worden. Bijvoorbeeld in verhaalvorm, gebaseerd op ervaringen uit lopende projecten zoals de Europese klimaatrisicoanalyse (EUCRA) 2022 - 2024.

Voor het aggregeren van risico's in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal gebruik worden gemaakt van een relationele database. Een relationele database bestaat uit tabellen waarin de rijen soortgelijke groepen informatie vormen. Elke rij staat in dit geval voor één klimaatrisico. De kolommen bestaan uit de aspecten van het in figuur 4.1 weergegeven schema (klimaatdreiging, blootstelling, waarschijnlijkheid et cetera). Een relationele database maakt het mogelijk om verbanden te leggen en bijvoorbeeld het totale eindrisico voor de economie van de klimaatdreiging zeespiegelstijging te aggregeren.

### 4.3.3 Expertbeoordeling

De geselecteerde klimaatrisico's zullen zo veel mogelijk berekend worden op basis van kwantitatieve gegevens en modellen. Indien dit niet mogelijk is, dan zal expertbeoordeling worden gebruikt. Dergelijke beoordeling kan onderhevig zijn aan subjectiviteit.

De procedure van beoordeling door experts dient systematisch, transparant en herleidbaar te worden uitgevoerd, zodat de uitkomsten betrouwbaar en vergelijkbaar zijn.

Voor expertbeoordeling zullen met behulp van beschikbare kwantitatieve gegevens (over klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid en/of adaptatiecapaciteit) en kwalitatieve beschrijvingen, klimaatgebeurtenissen en situaties worden geschetst waarvan de potentiële eindrisico's op mens en cultuur, natuur en milieu en economie worden geschat. Met expertbeoordeling dienen zowel de potentiële impact als de waarschijnlijkheid te worden ingeschat, voor zowel de huidige situatie als mogelijke toekomstige situaties. Ook moet worden aangegeven hoe groot de onzekerheid is van de kwalitatieve schattingen. Zie paragrafen 3.5, 3.6, en 3.7 voor een toelichting op expertbeoordeling voor het inschatten van onzekerheid en waarschijnlijkheid in de risicoanalyse. Expertbeoordeling van klimaatrisico's zal voor iedere (beleids)sector worden uitgevoerd door het betreffende kennisinstituut. Onderstaande handreikingen kunnen hier bij helpen.

Handreikingen/aanbevelingen voor expertbeoordeling volgens Hemming et al. (2017) en Knol et al. (2010) zijn:

- Selecteren experts – Vraag experts met verschillende expertises/invalshoeken, zorg voor diversiteit in achtergronden, minimaal 6 tot maximaal 12 experts wordt aanbevolen.
- Aantal vragen – De diepgang en complexiteit van de vragen en de beschikbare tijd bepalen wat haalbaar is, ~15-25 vragen of meer bij vragenlijsten/interviews kan aangehouden worden.
- Doel en dataverwerking – Bepreek vooraf het doel van de expertbeoordeling en de rapportage van de resultaten, inclusief anonimiteit, databeheer en toegang tot data.
- Gestructureerde vraagstelling – Vraag eerst naar de laagste, de hoogste en dan de beste inschatting van de waarschijnlijkheid, eventueel gevolgd door inschatting van de betrouwbaarheid van dit interval. Het IDEA protocol geeft voorbeelden voor een 3- of 4-staps vraagstelling.
- Vraagstelling – Gebruik termen als realistisch of aannemelijk in de vraagstelling.
- Documentatie – Een lijst van de geraadpleegde experts, hun inschattingen en hun onderbouwingen, met argumenten en factoren die meespeelden bij de beoordeling, is belangrijk voor de transparantie en herhaalbaarheid.
- Aggregeren – Voor het samenvoegen van de resultaten van expertbeoordeling en bepalen van intervallen en gemiddelden geven Hemming et al. (2017) en Knol et al. (2010) gedetailleerde aanbevelingen. Een simpel gewogen gemiddelde is vaak te verkiezen boven complexe statistische methodes.
- Presenteren – Neem ook uitschieters op in de presentatie van de expertbeoordelingen, ook de verschillen in expertbeoordeling geven waardevolle informatie.

Aanbevelingen gebaseerd op evaluatie van expertbeoordeling voor IPCC AR5 (Mach et al. 2017) zijn:

- Transparantie – Presenteer alle expertbeoordelingen, ook voor individuele experts, zodat de variatie in beoordelingen en onderbouwingen voor de conclusie inzichtelijk is.
- Rapportage – Rapporteer de conclusies van expertbeoordeling voor onzekerheid en waarschijnlijkheid in de tekst aan het eind van de zin en tussen haakjes, volgens: beschrijving conclusie of trend (wetenschappelijk bewijs, consensus, waarschijnlijkheid).
- Gestandaardiseerde terminologie – Gebruik standaard beschrijvingen voor de wetenschappelijke onderbouwing, consensus en waarschijnlijkheid (zie figuur 3.5 en paragrafen 3.6, 3.7 en 4.1.10).



Maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen en adaptatiebeleid spelen een rol bij de impact van klimaatrisico's. Ook zijn klimaatrisico's in toenemende mate complex, door het optreden van combinaties van risico's en sector- en grensoverschrijdende impacts. Om rekening te houden met bovenstaande aspecten en tot een gedragen klimaatrisicoanalyse te komen, zullen expertsessies worden georganiseerd. Door experts van diverse achtergronden hierbij uit te nodigen, ontstaat er een bredere kijk op en beoordeling van complexe klimaatrisico's. Experts dienen laagdrempelig te kunnen bijdragen aan deze sessies. Voor een consistente duiding en verslaglegging van de expertsessies is een goede procesbegeleiding en een gestructureerde opzet belangrijk. PBL zal deze brede expertsessies faciliteren en hierbij gebruik maken van lessen uit de rijksbrede veiligheidsanalyse (ANV 2022a, 2022c). Er zal een werkgroep worden opgezet om nader uit te werken hoe deze brede expertsessies vorm kunnen krijgen.

#### 4.3.4 Onzekerheidsanalyse

Klimaatrisicoanalyse kent grote onzekerheden. Alle stappen in de klimaatrisicoanalyse hebben een mate van onzekerheid. Dit begint met de onzekerheid over de waarschijnlijkheid en het effect van een klimaatdreiging en eindigt bij de onzekerheid over de impact op mens en cultuur, natuur en milieu en economie. Hiertussen is onzekerheid aanwezig over blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, relaties tussen (beleids)sectoren en cascade-effecten.

De klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 dient daarom gepaard te gaan met een analyse van de onzekerheden in de resultaten, zowel in berekende analyses als bij expertbeoordeling. Het voorstel is om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de methoden van de IPCC (zie paragraaf 3.5 en 3.6), die gebaseerd zijn op richtlijnen van Mastrandrea et al. (2010). In deze methode wordt een inschatting van de betrouwbaarheid en zekerheid uitgevoerd, op basis van de kwaliteit van het wetenschappelijk bewijs en de mate van consensus. De methode kan toegepast worden voor de huidige en toekomstige klimaatrisico's en specifiek voor de blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit. Waar mogelijk zal ook een inschatting van onzekerheid in de waarschijnlijkheid worden gemaakt. De klassen voor onzekerheid zullen worden afgestemd met experts van de kennisinstellingen. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de onzekerheidsklassen uit IPCC AR5 (Mastrandrea et al. 2010; zie tabel 3.1) en de UK CCRA3 (Watkiss et al. 2021; zie tabellen 3.2 en 3.3). Indien onzekerheid niet in een van de stappen is meegenomen of er onvoldoende kennis is om de onzekerheid in te schatten, dient dit expliciet te worden vermeld.

Daarnaast speelt onzekerheid een rol in de scenario's voor klimaatverandering, maatschappelijke ontwikkelingen en adaptatiebeleid. De keuze voor een gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario wat betreft zowel klimaatverandering als maatschappelijke ontwikkelingen zou de maximale bandbreedte in deze onzekerheden moeten aangeven (zie paragraaf 4.1.5). Ook voor adaptatiestrategieën kan een inschatting worden gemaakt van de onzekerheid volgens GE CCRA2 en UK CCRA3, na vergelijking van twee extreme klimaatscenario's (zie paragraaf 3.6).

Het meenemen van onzekerheid is vooral belangrijk voor de perceptie van risico's, urgentiebepaling en om de significantie van geconstateerde ontwikkelingen in de tijd te kunnen vaststellen. Ook kunnen met behulp van onzekerheidsanalyse kennishiaten worden opgespoord. In bijlage 10 is literatuur over onzekerheden opgenomen. Hoe deze onzekerheden in de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 meegewogen en verwerkt kunnen worden dient nog verder te worden uitgewerkt. Er zal een werkgroep worden ingesteld om de analyse van onzekerheid in de klimaatrisicoanalyse verder vorm te geven.

### 4.3.5 Complexe risico's

#### **Combinaties en extremen**

Kennis, analyse en berekening van combinaties van klimaatgebeurtenissen ('compound events') staat nog in de kinderschoenen (Raymond et al. 2020; Zscheischler et al. 2020). Dynamiek en ontwikkeling van klimaatverandering in de tijd kan zorgen voor verschuivingen in het gemiddelde, de variatie en/of onderlinge afhankelijkheid van klimaatgebeurtenissen. Dit bemoeilijkt het om combinaties en extremen te analyseren. In overleg met het KNMI zal worden nagegaan hoe de analyse van combinaties en extreme klimaatgebeurtenissen vorm kan krijgen (bijvoorbeeld door het uitvoeren van een literatuurstudie).

Een extreme klimaatgebeurtenis betekent niet dat een impact ook extreem zal zijn (Leonard et al. 2014). Er is dus ook aandacht nodig voor interacties met adaptatiebeleid en maatschappelijke ontwikkelingen die de blootstelling en kwetsbaarheid beïnvloeden. Dit vereist inzicht in complexe impactketens, die ook (beleids)sector- of grensoverschrijdend kunnen zijn (Carter et al. 2021; Pescaroli & Alexander 2018; Simpson et al. 2021; Taylor et al. 2020; UNDRR 2022). Een kwantitatieve benadering van complexe klimaatrisico's is vaak niet mogelijk omdat er onvoldoende over bekend is (Zscheischler et al. 2018). Uitwerkingen van 'wat als' scenario's of uitwerkingen in verhaalvorm worden aanbevolen als een geschikte kwalitatieve manier om het onvoorspelbare en onvoorziene optreden en de impact van complexe klimaatrisico's te analyseren (Moezzi et al. 2017; Simpson et al. 2021; UNDRR 2022). Er komt in rap tempo nieuwe literatuur beschikbaar over complexe klimaatrisico's. Dergelijke literatuur zal bijgehouden worden gedurende de looptijd van het project, en belangrijke lessen hieruit zullen worden samengevat. Mogelijk kunnen de expertsessies opties bieden om de impact van enkele complexe risico's in de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 (beknopt) uit te werken.

#### **Zwarte zwanen en kantelpunten**

Als gevolg van klimaatverandering kunnen zogenoemde zwarte zwanen of kantelpunten ontstaan. Zwarte zwanen betreffen gebeurtenissen met enorme impact die vooraf door velen als ondenkbaar zijn geacht. Kantelpunten betreffen bij klimaatverandering het overschrijden van een kritieke drempel, wat leidt tot grote en vaak onomkeerbare veranderingen op aarde. In 2021 hebben verschillende zwarte zwanen plaatsgevonden, waaronder de extreem hoge temperaturen en bosbranden in Canada en de Verenigde Staten, gevolgd door extreme neerslag. Ook de overstromingen in de zomer van 2021 in Duitsland, België en Nederland zijn een voorbeeld van een zwarte zwaan.

In de eerste klimaatrisicoanalyse 2014/2015 zijn zwarte zwanen en kantelpunten niet meegenomen, omdat geen uitspraken gedaan konden worden over de waarschijnlijkheid van deze gebeurtenissen. Inmiddels is meer onderzoek hierover verricht, onder andere door de IPCC AR6 (IPCC 2022) en de UK CCRA3 (Hanlon et al. 2021; Slingo et al. 2021). De Signaalgroep Deltacommissie beveelt aan om voor dit soort gebeurtenissen een andere risicobenadering te gebruiken, bijvoorbeeld 'Assumption-Based Planning' (Dewar 2002; Signaalgroep Deltacommissie, 2021). Hierbij wordt een bepaalde extreme situatie aangenomen zonder daar een waarschijnlijkheid aan te koppelen. Op basis van deze extreme situatie onderzoekt men gevolgen, ontwikkelingen en oplossingsrichtingen. Juist klimaatdreigingen die wel bedacht kunnen worden maar die (vooralsnog) onwaarschijnlijk worden geacht en/of met grote onzekerheid gepaard gaan, kunnen uitgewerkt worden om inzicht te krijgen in mogelijke impacts.

In het themarapport klimaat- en natuurrampen van de rijksbrede risicoanalyse nationale veiligheid (ANV 2022c) werd dit uitgewerkt aan de hand van zogenaamde ‘wild cards’. Dit zijn scenario’s met een relatief lage waarschijnlijkheid en hoge impact of grote onzekerheid, bijvoorbeeld zeespiegelstijging in combinatie met een doorbraak van dijkkring 14.

De enorme potentiële impact van zwarte zwanen en kantelpunten en de onmogelijkheid om er waarschijnlijkheden aan te koppelen, zijn redenen om er in de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 aandacht aan te besteden. Lessen uit analyses van extreme klimaatgebeurtenissen van de afgelopen jaren zullen worden samengevat. Kantelpunten kunnen niet alleen optreden in het klimaat, maar ook bij adaptatie. Wanneer een kritische grens wordt overschreden is aanpassing middels adaptatie geen optie meer. Onder andere in het PBL project Nederland Later 2 wordt hierover nagedacht. Mogelijk dat hier aanknopingspunten uit kunnen worden gehaald. De kennisinstellingen worden gevraagd om kantelpunten die voorzien worden te inventariseren en kwalitatief te beschrijven. Voorstel is om verder literatuuronderzoek uit te voeren naar hoe om te gaan met zwarte zwanen en kantelpunten binnen de klimaatrisicoanalyse. Bij voorkeur wordt aangesloten bij eventuele acties die de Deltacommissie gaat uitvoeren als reactie op het advies van de Signaalgroep. Mogelijk kan ook het KNMI bijdragen aan een verkenning van kantelpunten.

#### 4.3.6 Cascade-effecten

Door TNO is in 2021 een eerste verkenning uitgevoerd van nieuwe ontwikkelingen in klimaatrisico’s voor elektriciteitsnetwerken, IT netwerken en transportinfrastructuur (TNO 2021). Hierin benoemen experts allen dat cascade-effecten het grootste risico zijn. Over deze cascade-effecten is weinig bekend, zoals hoe uitval in één infrastructuursysteem doorwerkt naar andere infrastructuren. TNO geeft aan dat het voor de kennisbasis goed is om eerst per (beleids)sector beter inzicht te krijgen in de klimaatimpacts en -risico’s, voordat de koppeling wordt gemaakt met andere (beleids)sectoren. De klimaatrisicoanalyses in het Verenigd Koninkrijk en Duitsland brachten ook relevante cascade-effecten in kaart over (beleids)sectoren heen.

Een compleet overzicht van cascade-effecten is lastig te schetsen vanwege het grote aantal (mogelijke) cascade-effecten. Dit werd tevens vastgesteld in de UK CCRA3 en GE CCRA2. Ook de omvang/grootte van de impact op een andere (beleids)sector kan sterk verschillen. In de UK CCRA3 is door middel van expertbeoordeling een selectie gemaakt van de meest relevante cascade-effecten. Deze selectie is gebaseerd op de grootte van impact, gevoeligheid voor het risico en relevantie voor het adaptatiebeleid. In de GE CCRA2 zijn cascade-effecten gevisualiseerd, onafhankelijk van de grootte van de impact.

Voor de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 wordt aan de kennisinstellingen gevraagd om cascade-effecten te inventariseren en zo mogelijk uit te vragen bij de geraadpleegde experts. Ook kan (internationale) literatuur worden geraadpleegd voor nieuwe inzichten en informatie over cascade-effecten. In de werkgroep voor expertbeoordeling (paragraaf 4.3.3) zal worden gekeken of cascade-effecten (en mogelijk ook grensoverschrijdende effecten) nader uitgewerkt kunnen worden in de expertsessies georganiseerd door het PBL. Het gaat hierbij om zowel negatieve gevolgen (gevaren) als positieve gevolgen (kansen) van een klimaatdreiging voor een andere (beleids)sector dan de eerst getroffen sector. Ook adaptatiemaatregelen die kunnen doorwerken in een andere (beleids)sector vallen onder cascade-effecten. Dit is belangrijk zodat doeltreffende adaptatiemaatregelen voorgesteld kunnen worden die geen onvoorziene, negatieve gevolgen hebben voor andere (beleids)sectoren.

Voorgesteld wordt om cascade-effecten kwalitatief te beschrijven, inclusief een inschatting van de omvang van de mogelijke impact en de waarschijnlijkheid van optreden. Indien mogelijk zal de vertaalslag naar eindrisico's voor mens en cultuur, natuur en milieu en economie gemaakt worden. Ook als het niet mogelijk is om de impact of waarschijnlijkheid van cascade-effecten in te schatten is het relevant om zo kennishiaten vast te stellen.

Cascade-effecten zijn sector-overschrijdend en daarom is afstemming nodig tussen de kennisinstellingen die de verschillende (beleids)sectoren onderzoeken. Voorgesteld wordt om op basis van een inventarisatie per (beleids)sector door de kennisinstellingen een selectie te maken van meest relevante cascade-effecten, in samenspraak met de deelnemende experts aan de expertsessies. Indien nodig wordt aanvullend literatuuronderzoek uitgevoerd. De selectie kan worden uitgevoerd op basis van de impact en waarschijnlijkheid van het cascade-effect. In bijlage 11 staat een overzicht van intersectorale relaties die zijn onderkend in de NAS in 2016 (I&M 2016). In de klimaatrisicoanalyse zal worden nagegaan of deze nog actueel zijn en welke nieuwe inzichten inmiddels beschikbaar zijn.

### 4.3.7 Risicoperceptie

De Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 richt zich in eerste instantie op de feitelijke analyse van risico's, zoals in voorgaande paragrafen beschreven is. Voor de urgentiebepaling van risico's en adaptatiemaatregelen speelt onder andere risicoperceptie echter een belangrijke rol. Vooral bij grote onzekerheid over omvang en/of waarschijnlijkheid van klimaatrisico's en bij hoge kosten van adaptatiemaatregelen zal de beleving van risico's door verschillende partijen doorslaggevend zijn voor beleidskeuzes. Risicoperceptie heeft ook invloed op risicocommunicatie en het betrekken van partijen. De klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 zal, indien dit mogelijk is binnen de beschikbare tijd en het budget, aandacht besteden aan de perceptie van klimaatrisico's. Hiervoor kan PBL een literatuuronderzoek uitvoeren, met aandacht voor de volgende aspecten:

- Waarom beleving van klimaatrisico's een belangrijk aspect is
- Hoe klimaatrisico's over het algemeen worden beleefd en of daar verandering in is opgetreden. Uitgezocht wordt waar men zich vooral zorgen over maakt en op welk niveau (zichzelf en/of anderen)
- In welke mate maken Nederlanders zich zorgen over verschillende klimaatrisico's en wat daarop van invloed is
- Hoe het beleid op een juiste manier kan omgaan met de beleving van klimaatrisico's door Nederlanders (onder andere risicocommunicatie bij zowel acute blootstelling aan klimaatgebeurtenissen als chronische blootstelling aan toenemende risico's)

### 4.3.8 Risicocommunicatie

Risico is een abstract begrip waar soms moeilijk een voorstelling van te maken is. Daarom is het moeilijk beleid te formuleren op basis van risico's, vooral wanneer de complexiteit en onzekerheid van de risico's groot zijn. Daadwerkelijk opgetreden klimaatgebeurtenissen kunnen de stemming en beleidsurgentie beïnvloeden. Wanneer een klimaatgebeurtenis langere tijd niet is voorgekomen (zoals een overstroming), verslapt de aandacht voor een dergelijk risico, terwijl juist dan kan worden gewerkt aan het voorkómen van een herhaling en het weerbaarder maken van de maatschappij en natuur tegen negatieve impacts. In literatuur over risicocommunicatie kunnen handreikingen worden gevonden om risico's te communiceren naar beleidsmakers en politici. Het IPO heeft bijvoorbeeld in 2006 een wegwijzer gepubliceerd voor risicocommunicatie (Geujen et al. 2006; Gutteling et al. 2006).

Risicocommunicatie kan een preventieve of reactieve vorm van adaptatie zijn, gericht op het aanpassen van gedrag door burgers voor risico's vooral op het gebied van fysieke veiligheid (Bakker & Mertens, 2019). Risicocommunicatie wordt bijvoorbeeld gebruikt door uitvoerende instanties zoals GGD's en de veiligheidsregio's. Ook het KNMI is bezig met de ontwikkeling van een 'early warning system' om vroegtijdig te kunnen waarschuwen voor extreem weer. Aan het NIPV wordt gevraagd om voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 de ontwikkelingen en/of protocollen over risicocommunicatie op het gebied van veiligheid en rampenbestrijding te beschrijven.

### 4.3.9 Verzekerde en onverzekerde schade

Zowel in Nederland als in Europa is er toenemende aandacht bij verzekeringen en overheden voor de verzekeraarbaarheid van schade door klimaatgebeurtenissen en het gat tussen gedekte en niet-gedekte schade (EIOPA, 2021; Europese Commissie 2021). Dit gat moet worden opgevuld door particulieren of de overheid. Particulieren en bedrijven zijn zich vaak niet bewust van dit gat (AMF 2021). Inzicht in verzekerde en onverzekerde schade en voorwaarden voor uitkeringen uit noodfondsen kan belangrijke informatie verschaffen over de (verwachte) economische impact van klimaatrisico's. De Nederlandse Bank agendeerde risico's voor financiële instellingen door klimaatverandering (Europese Centrale Bank 2020), met onderscheid tussen fysieke risico's gerelateerd aan weersextremen en transitierisico's die samenhangen met mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Signalen over klimaatrisico's voor de financiële sector kunnen hieruit worden samengevat. Het Verbond van Verzekeraars (2021) ontwikkelde een website met een overzicht van verzekerde schade door extreem weer ([dashboard klimaatschademonitor](#)). Er zal onderzocht worden of deze informatie toegankelijk en bruikbaar is voor de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026.

## 4.4 Adaptatiecapaciteit en urgentie

Door de urgentie van klimaatrisico's te bepalen, kan een keuze gemaakt worden voor welke klimaatrisico's adaptatiebeleid nodig is of geïntensiveerd moet worden. Inzicht in de adaptatiecapaciteit is belangrijk voor het adaptatiebeleid. In de paragrafen hieronder is de invulling van de analyse van adaptatiecapaciteit en urgentiebepaling verder toegelicht. Evaluatie van het adaptatiebeleid (inclusief de uitvoering, uitkomsten en effectiviteit) zal in een opvolgend project door PBL uitgevoerd worden.

### 4.4.1 Adaptatiecapaciteit

Een inschatting van de adaptatiecapaciteit voor de huidige en toekomstige klimaatrisico's is, in combinatie met klimaatrisicoanalyse, van belang om urgente risico's te bepalen en bij te dragen aan mogelijke handelingsopties voor adaptatie. Adaptatiecapaciteit gaat om de mogelijkheden, beperkingen en grenzen voor het aanpassen aan klimaatverandering. Adaptatiecapaciteit hangt samen met wetenschappelijke, politieke, organisatorische, institutionele, wettelijke, technische, financiële, maatschappelijke, psychologische (waaronder perceptie en motivatie), natuurlijke en ecologische aspecten (zie ook paragraaf 3.10). Adaptatiecapaciteit speelt een rol bij de volgende stappen in de klimaatrisicoanalyse:

- Bij het schatten van risico's per potentiële impact per (beleids)sector in de huidige situatie. Een schatting is nodig van de geïmplementeerde preventieve adaptatie, en de effectiviteit hiervan, om iets te kunnen zeggen over blootstelling en kwetsbaarheid (zie figuren 3.1 en 3.2). Als onderdeel van kwetsbaarheid is ook kennis over de reactieve adaptatiecapaciteit nodig, onder andere bepaald door effectieve rampenbestrijding en paraatheid van hulpdiensten.
- Bij het inschatten van toekomstige risico's in verschillende scenario's en met verschillende adaptatiestrategieën en maatregelen. Adaptatiecapaciteit van de samenleving als geheel of een specifieke (beleids)sector in een scenario bepaalt in hoeverre adaptatiebeleid ontwikkeld zal worden, hoe die zal worden geïmplementeerd en hoe effectief die zal zijn.
- Bij het bepalen van de urgentie van klimaatrisico's en vervolgens beleidsprioritering. Een inschatting van de tijd die nodig is om adaptatiebeleid te ontwikkelen en te implementeren is hierbij cruciaal (paragraaf 3.11).
- Bij het aangeven van beleidsopties en inschatten van de effectiviteit hiervan.

Het is zinvol om de adaptatiecapaciteit per (beleids)sector en nationaal te analyseren, zoals men in Duitsland heeft gedaan. De adaptatiecapaciteit van alle (beleids)sectoren samen bepaalt de nationale klimaatadaptatiecapaciteit. Hiervoor is middeling niet geschikt, omdat er grote verschillen zijn in adaptatiecapaciteit binnen en tussen (beleids)sectoren. Eerder moet gedacht worden aan scores per sector op adaptatiecapaciteit. De klimaatrisicoanalyse 2014/2015 besteedde aandacht aan de nationale adaptatiecapaciteit (PBL 2015a, 2015b). Een dergelijke analyse kan waardevolle inzichten en informatie opleveren voor de NAS (Peterson et al. 2010). Voor deze analyse kan verder worden gebouwd op bijlage 2 over adaptief vermogen van Nederland in 'Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie' (PBL 2015b), gebaseerd op PBL (2009).

Adaptatiecapaciteit kan verschillen per detailniveau. Een gemiddelde adaptatiecapaciteit geeft daardoor geen goed beeld. De adaptatiecapaciteit kan beperkt of begrensd worden door sociaaleconomische en/of ruimtelijke omstandigheden. Zo was in 2003 door een hittegolf het aantal hitte-slachtoffers vele malen groter in Frankrijk en specifiek in Parijs dan in de rest van Europa. Een generieke analyse van adaptatiecapaciteit op nationaal niveau levert hierdoor soms beperkte aangrijpingspunten voor adaptatie op. Adaptatiecapaciteit, en het benodigde detailniveau, dienen daarom per impact te worden onderzocht, met oog voor verschillen tussen sociale groepen en/of ruimtelijk niveau. Ook de snelheid van implementatie van adaptatiebeleid en de wendbaarheid en flexibiliteit in het benutten van de adaptatiecapaciteit zijn hierbij relevant.

Een extreme klimaatgebeurtenis of een combinatie van meerdere klimaatgebeurtenissen kan de benodigde adaptatiecapaciteit vergroten (Simpson et al. 2021). Complexe klimaatrisico's hebben effect op de houdbaarheid van adaptatiemaatregelen en vragen inzet door verschillende partijen, sectoren en ministeries. Adaptatiemaatregelen kunnen zijn voorzien maar (nog) niet zijn uitgevoerd door bijvoorbeeld een gebrek aan kennis, financiën of politieke prioriteit. De adaptatiecapaciteit kan kantelpunten hebben. Als een klimaatrisico de beschikbare adaptatiecapaciteit overtreft dan is verdere aanpassing niet meer mogelijk.

Bij de inschatting van adaptatiecapaciteit dient onderscheid te worden gemaakt tussen benutte adaptatiecapaciteit, huidige adaptatiecapaciteit en toekomstige adaptatiecapaciteit. Bij de toekomstige adaptatiecapaciteit kunnen door bijvoorbeeld politieke, technische, financiële en/of maatschappelijke ontwikkelingen meer of minder mogelijkheden voor aanpassing ontstaan.

Voor toekomstige adaptatiecapaciteit is ook de verwachting/aanname of de huidige capaciteit benut gaat worden relevant. De beschikbaarheid van (generieke) adaptatiecapaciteit op nationaal niveau betekent niet automatisch dat deze zal worden benut. Plannen op papier (huidig voorgenomen beleid) worden mogelijk niet of slechts gedeeltelijk uitgevoerd.

Een analyse van de adaptatiecapaciteit kan parallel aan of na de risicoanalyse worden uitgevoerd. Voorgesteld wordt om dit parallel uit te voeren en de bijdrage van de blootstelling, gevoeligheid en adaptatiecapaciteit aan de geschatte impact en waarschijnlijkheid expliciet te benoemen in de risicoschatting van de huidige en toekomstige klimaatrisico's. Dit maakt de risicoschatting transparant en herhaalbaar. Voortgangsrapportages van de NAS (I&W 2020) en evaluaties op het gebied van vitaal en kwetsbaar (Bles et al. 2020; I&W, LNV & BZK 2020; TwynstraGudde 2021; TwynstraGudde & ORG-ID 2019), het Nationaal Deltaprogramma (I&W, LNV & BZK 2021), het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) (Samen klimaatbestendig 2021), klimaat en gezondheid (Huynen et al. 2019; RIVM 2021) en nationale veiligheid (ANV 2022a) kunnen inzicht geven in voornemens en knelpunten in het adaptatiebeleid. De Graaff en Leewis (2022) hebben in een nulmeting het adaptatiebeleid van het Rijk geïnventariseerd.

#### 4.4.2 Urgentiebepaling

Het schatten van klimaatrisico's is geen doel op zich, maar een noodzakelijke stap om urgente klimaatrisico's te bepalen waardoor een nationale adaptatiestrategie opgesteld en/of aangescherpt kan worden. Met de urgentiebepaling wordt een brug geslagen naar het beleid, inclusief handreikingen voor adaptatie-opties. Uit de klimaatrisicoanalyse volgt een overzicht van alle klimaatrisico's (per klimaatdreiging, (beleids)sector etcetera), die uitgedrukt zijn in eindimpacts op mens en cultuur, natuur en milieu en economie en de waarschijnlijkheid daarvan. Naast de omvang en waarschijnlijkheid is de adaptatiecapaciteit cruciaal voor de urgentiebepaling. Door het beleid dienen vervolgens de klimaatrisico's geprioriteerd te worden. Op basis daarvan kan een nationale adaptatiestrategie opgesteld worden. De nationale adaptatiestrategie is erop gericht om de blootstelling aan en kwetsbaarheid voor klimaatrisico's van cruciale systemen in Nederland op een acceptabel niveau te brengen en te houden.

Criteria voor de urgentiebepaling zijn onder andere (zie ook figuur 1.2):

- De adaptatiecapaciteit met mogelijkheden, beperkingen en grenzen voor adaptatie
- De omvang van het risico, gesplitst naar type risico: grote impact met kleine waarschijnlijkheid, kleine impact met grote waarschijnlijkheid, het overschrijden van een drempel bij een geleidelijke verandering
- Onzekerheid in de risicoschatting
- Mee- en tegenkoppelingen met andere beleidsinitiatieven:
  - Risico's voor maladaptatie (adaptatiemaatregel die onbedoeld het klimaatrisico vergroot in plaats van verkleint) en 'lock-ins' door op stapel staande plannen en activiteiten met langdurige en moeilijk om te keren gevolgen, zoals het aanleggen van infrastructuur en bebouwing
  - Kansen om mee te koppelen met andere activiteiten, zoals de vernieuwing van infrastructuur of de energietransitie
- Flexibiliteit, omloopsnelheid en levensduur van adaptatiemaatregelen
- De tijd die er rest tot het moment dat het risico onaanvaardbaar wordt ('onaanvaardbaar' is een subjectief begrip en zou door beleid moeten worden vastgesteld),

versus de tijd die nodig is om de adaptatie te ontwikkelen en implementeren, samenhangend met de adaptatiecapaciteit

- De kosten en baten van adaptatie. Hierin zit de subjectieve afweging hoe erg we het risico vinden en wat het ons waard is om het risico te verkleinen met maatregelen. Het maatschappelijke belang van het getroffen systeem of de getroffen (beleids)sector (onder andere vitaal en kwetsbaar, zie paragraaf 4.1.7) speelt hierbij een rol. Maatschappelijk belang is een waardeoordeel, en wordt daarom bekeken vanuit de verschillende belangen van mens en cultuur, natuur en milieu en economie
- Kennis over en bewustzijn van klimaatrisico's en adaptatie-effecten

De definitieve criteria voor urgentiebepaling zullen worden afgestemd met het beleid, experts en de kennisinstituten. Op basis van deze en eventuele aanvullende criteria kan een scoringstabel worden ontwikkeld met per risico de urgentie voor alle criteria, inclusief argumentatie. Aan deze urgentiebepaling kunnen verschillende handelingsopties worden gekoppeld, bijvoorbeeld nader onderzoek bij het ontbreken van kennis over adaptatiemogelijkheden, snel handelen bij meekoppelkansen, zoeken naar mogelijkheden voor ingrijpen bij dreigende maladaptatie en 'lock-ins'.

In navolging van de klimaatrisicoanalyse in Duitsland (GE CCRA<sub>2</sub>) kan een overzicht gemaakt worden van de huidige en toekomstige klimaatrisico's met hun onzekerheid en daarnaast een kolom met een schatting van de benodigde tijd voor adaptie (zie tabel 3.5). Handelingsopties voor adaptatie zijn afhankelijk van de omloopsnelheid, eventuele kritische grenzen, interacties tussen klimaatrisico's en toenemende onzekerheid in de toekomst. In GE CCRA<sub>2</sub> is expertbeoordeling volgens de Delphi methode toegepast voor de urgentiebepaling. In de werkgroep expertbeoordeling zal worden gekeken hoe experts in door PBL georganiseerde expertsessies kunnen bijdragen aan de urgentiebepaling. De expertbijdrage geldt voor zowel het vaststellen van definitieve criteria als het beoordelen van de urgentie van klimaatrisico's. Ook kan een schema van urgentiecategorieën of -scores met definities worden opgesteld. Ten slotte kan een beslisboom worden ontworpen voor het onderbrengen van risico's in deze categorieën, zoals de UK CCRA<sub>3</sub> heeft gedaan (zie figuur 3.10 en tabel 3.4). Het ontwerp van een scoringtabel of beslisboom voor de urgentiebepaling zal worden afgestemd met experts en beleidsmakers.

Toetsbare beleidsdoelen ontbreken veelal in het adaptatiebeleid, met uitzondering van waterveiligheid. De afstand tussen het huidige en gewenste risiconiveau kan dus niet als criterium dienen voor de urgentiebepaling van adaptatiemaatregelen. Wel zijn er afspraken over leveringszekerheid van nutsvoorzieningen zoals electriciteit en drinkwater. Deze afspraken kunnen worden gekoppeld aan klimaatrisico's. Een ander punt van aandacht is het voorgenomen beleid (plannen die nog niet zijn gefinancierd en geïnstrumenteerd). Dergelijk beleid kan de urgentie van klimaatrisico's verlagen, maar wordt nog niet (volledig) uitgevoerd. Het is te onzeker wat het effect van voorgenomen beleid zal zijn. In de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 ligt daarom de focus op het geïmplementeerde en huidige adaptatiebeleid en niet het voorgenomen beleid. Hopelijk ontwikkelt zich in dialogen tussen wetenschap, beleid en samenleving een steeds preciezer beeld van een gewenste klimaatrisico situatie die voldoet aan 'klimaatbestendig en waterrobuust'. Ook hier spelen zowel berekeningen als perceptie een rol, en zullen er verschillende meningen zijn. Ervaringen met een toename in klimaatgebeurtenissen zoals overstromingen en droogte, zullen deze discussie zeker beïnvloeden. Uiteindelijk ligt de verantwoordelijkheid voor het stellen van prioriteiten voor adaptatiemaatregelen bij het beleid.



# 5 Overzichten, rapportage en proces

## 5.1 Overzicht keuzes voor invulling van klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026

De werkwijze die wordt voorgesteld in dit rapport moet worden goedgekeurd en gedragen door de beslissende en uitvoerende partijen in de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026. Om de besluitvorming gemakkelijker te maken, staan hieronder de belangrijkste gemaakte keuzes en de te maken keuzes voor de invulling van de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 op een rij:

- *Doel en vraagstelling van de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026*: onderschrijven dat de risicoanalyse een tussenstap is en niet het uiteindelijke doel van de analyse. Het doel is het aangeven van argumenten voor urgentiebepaling op nationale schaal in de aanpak van risico's (zie paragraaf 1.3).
- *Zichtjaren 2050, 2100 en 2150 hanteren* (zie paragraaf 4.1.1).
- *Huidige risico's*: onderzoeken als zowel waargenomen risico's als risico's die in de huidige situatie potentieel kunnen optreden (zie paragraaf 4.1.4).
- *Toekomstige risico's onderzoeken aan de hand van twee scenario's*: een gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario voor klimaatverandering en maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen (zie paragraaf 4.1.5).
- *(Beleids)sectoren*: selectie in mee te nemen (beleids)sectoren (zie paragraaf 4.1.7).
- *Risico's*: focus leggen op risico's die een gevaar zijn en risico's die kansen betreffen slechts beknopt beschrijven of bij gebrek aan capaciteit en middelen niet onderzoeken (zie paragraaf 4.1.9).
- *Waarschijnlijkheid*: uitdrukken in frequentie of een interval (zie paragraaf 4.1.10).
- *Eindrisico's*: apart bepalen voor de belangen van mens en cultuur, natuur en milieu en economie en deze uitdrukken in de genoemde klassen (zie paragraaf 4.1.13).
- *Ruimtelijke variatie*: ruimtelijke variatie bij risico's toepassen waar relevant (zie paragraaf 4.2.1).
- *Internationale aspecten*: meenemen als voorwaarden voor de belangrijkste risico's in de betreffende (beleids)sector (zie paragraaf 4.2.2).
- *Selecteren van klimaatrisico's*: zie paragraaf 4.3.1 voor wijze van invulling.
- *Expertbeoordeling*: inventarisatie door kennisinstituten op sectoraal niveau. Expertsessies organiseren voor complexe risico's door PBL. Instellen werkgroep voor verdere uitwerking (zie paragraaf 4.3.3).
- *Onzekerheidsanalyse*: waar mogelijk de IPCC methode toepassen. Meewegen van de onzekerheid in adaptatie(beleid), maatschappelijke ontwikkelingen en klimaatverandering voor toekomstige scenario's in de klimaatrisicoanalyse (zie paragraaf 4.3.4).
- *Cascade-effecten, extremen, zwarte-zwanen en kantelpunten*: beperkt meenemen door middel van een literatuurstudie (zie paragrafen 4.3.5 en 4.3.6).
- *Risicoperceptie*: meenemen indien dit mogelijk is binnen de beschikbare tijd en het budget (zie paragraaf 4.3.7)

## 5.2 Overzicht nader uit te werken onderwerpen

In de invulling van de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 (hoofdstuk 4) is beschreven dat meerdere onderwerpen nog nader uitgewerkt dienen te worden. Ter overzicht staan hieronder de nader uit te werken onderwerpen op een rij:

- *Geïmplementeerd en huidig adaptatiebeleid*: wordt in meer detail onderzocht in opvolgend project, inclusief uitkomsten en effectiviteit (zie paragraaf 4.1.2).
- *Maatschappelijke ontwikkelingen*: wat wordt meegenomen in gematigd risicoverhogend / sterk risicoverhogend scenario? Welk ander beleid (die blootstelling & kwetsbaarheid beïnvloeden) wordt meegenomen? Ook internationale ontwikkelingen zijn mogelijk relevant (klimaatvluchtelingen, geopolitieke situatie Noordpool etcetera). Afbakening nodig van welke aspecten worden meegenomen (zie paragraaf 4.1.3).
- *Waarschijnlijkheid*: frequenties of intervallen en klassengrenzen samen met de kennisinstituten afstemmen (zie paragraaf 4.1.10).
- *Eindrisico's*: klassen(grenzen) definitief vaststellen in afstemming met kennisinstituten (zie paragraaf 4.1.13).
- *Adaptatiecapaciteit*: schaal/detailniveau van uitwerking (generiek, sector-specifiek) (zie paragraaf 4.4.1).
- *Verkenning adaptatiestrategieën*: opstellen in samenspraak met kennisinstituten en beleid (scenario's/varianten opstellen en wat daar in meenemen) (zie paragraaf 4.1.12).
- *Aggregeren*: methodes om kwantitatieve en kwalitatieve informatie samen te voegen worden nader uitgewerkt. Onderzocht wordt hoe het belang van kwalitatieve beoordelingen te onderstrepen (bijvoorbeeld uitwerking in verhaalvorm (zie paragraaf 4.3.2).
- *Expertbeoordeling*: opstellen protocol voor kennisinstituten voor klimaatrisicoanalyse op sectoraal niveau. Organiseren van expertsessies met bredere blik (inclusief cascade-effecten en complexe risico's, eventuele doorwerking van internationale effecten; complexe risico's (i.e., combinaties, sector- en grensoverschrijdend) volgens gestructureerde workshops en verslaglegging (proces en duiding en consistent). Instellen werkgroep voor verdere uitwerking (zie paragraaf 4.3.3).
- *Onzekerheidsanalyse*: overwegen welke aspecten (onzekerheid in adaptatie(beleid), maatschappelijke ontwikkelingen en klimaatverandering voor toekomstige scenario's) meegewogen worden in de onzekerheidsanalyse. Instellen werkgroep voor verdere uitwerking (zie paragraaf 4.3.4).
- *Complexe risico's (compound, zwarte zwanen, kantelpunten)*: een eerste overzicht wordt ingevuld door de kennisinstituten, aangevuld door expertsessies en in afstemming met KNMI voor extremen. Invulling van zwarte zwanen en kantelpunten in een literatuurstudie (zie paragraaf 4.3.5).
- *Urgentiebeoordeling*: lijst definitieve criteria vaststellen in overleg met kennisinstituten, beleid en expertgroep (zie paragraaf 4.4.2).

## 5.3 (Budgettaire) beperkingen

Door beperkingen in het budget van de klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 kunnen bepaalde onderwerpen niet of slechts beperkt worden uitgewerkt.

Deze onderwerpen worden relevant geacht voor een analyse van klimaatrisico's in Nederland en kunnen mogelijk uitgebreider onderzocht worden in een periodieke herhaling van de klimaatrisicoanalyse. Het betreft de volgende onderwerpen:

- *Scenario's*: scenario's voor de toekomstige situatie (is nu beperkt tot combinatie van een gematigd risicoverhogend en sterk risicoverhogend scenario voor klimaatverandering en maatschappelijke ontwikkelingen) (zie paragraaf 4.1.5)
- *Sectoren*: niet meenemen van de (beleids)sectoren visserij, toerisme, financiële sector en het buitenland. (Beleids)sectoren die beperkt worden meegenomen zijn: industrie, ICT en energie. Milieu wordt alleen als tussenstap voor andere (beleids)sectoren meegenomen (zie paragraaf 4.1.7)
- *Sociale ongelijkheid*: wordt nu niet meegenomen (zie paragraaf 4.1.8)
- *Internationale aspecten*: worden nu beperkt meegenomen (zie paragraaf 4.2.2)
- *Het Caribisch gebied*: wordt nu niet meegenomen (zie paragraaf 4.2.2)
- *Complexe klimaatrisico's en cascade-effecten*: worden nu beperkt meegenomen i.v.m. op dit moment beperkt beschikbare kennis (zie paragraaf 4.3.5)
- *Risicoperceptie*: wordt alleen uitgevoerd bij voldoende beschikbare tijd en middelen (zie paragraaf 4.3.7)
- *Risicocommunicatie*: wordt door het NIPV beknopt uitgewerkt voor veiligheid en rampenbestrijding. Er wordt geen aparte literatuurstudie over dit onderwerp uitgevoerd.

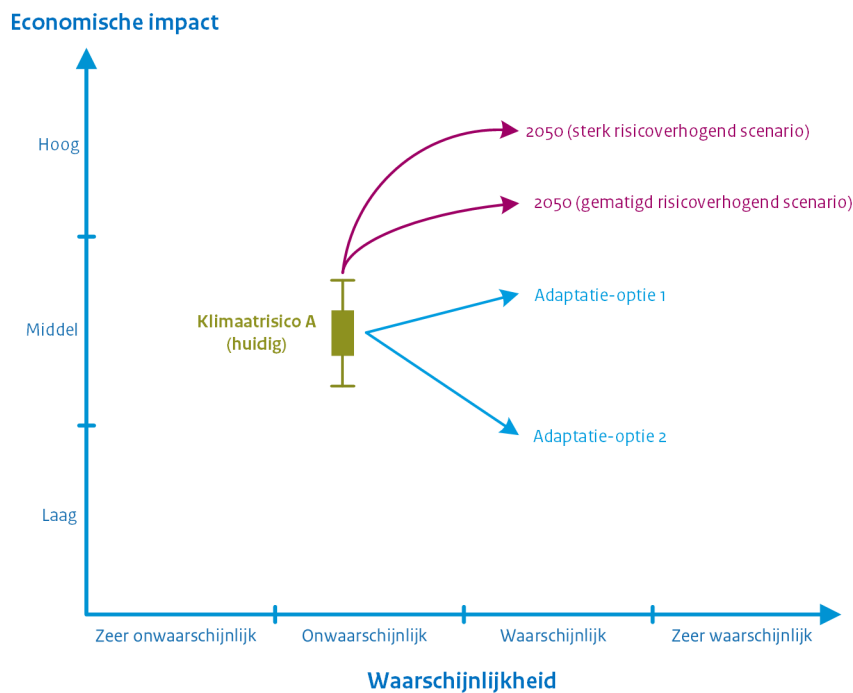
## 5.4 Presentatie en visualisatie van resultaten

Het PBL zal een overkoepelende analyse uitvoeren, gebaseerd op de deelstudies van de kennisinstituten. De resultaten van de overkoepelende analyse zullen (schriftelijk) worden gerapporteerd, mogelijk in de vorm van een interactief dashboard zoals EEA, 2021. In aanvulling daarop zal een Engelstalige versie of een uitgebreide samenvatting in het Engels beschikbaar komen.

De resultaten van de huidige en toekomstige klimaatrisico's kunnen in grafiekvorm gevisualiseerd worden in de uiteindelijke rapportage. Dit creëert een overzicht van de onderzochte klimaatrisico's en laat zien hoe deze risico's zich ten opzichte van elkaar verhouden. Zie figuur 5.1 voor een mogelijke grafiekvorm. Op de x-as en y-as zijn respectievelijk de impact (in dit geval eindrisico economie) en waarschijnlijkheid weergegeven (grafiekvorm afgeleid van ten Brinke 2014). Ook voor de eindrisico's mens en cultuur en natuur en milieu kunnen dergelijke grafieken gemaakt worden. De pijlen geven vervolgens weer hoe het risico verandert naar de toekomst en onder verschillende adaptatieopties. Dergelijke grafiekvormen kunnen ook in een interactief dashboard gepresenteerd worden met doorklik-mogelijkheid naar achtergrondinformatie (zie ter illustratie het [webrapport van de EEA](#) (2021), wat de gebruiker meer keuzevrijheid en verdieping geeft.

**Figuur 5.1**

Voorbeeld van een risicografiek, waarin met pijlen de mogelijke ontwikkelingen van de risico's in de tijd kunnen worden weergegeven voor verschillende adaptatie opties



Bron: PBL

## 5.5 Eisen aan het proces volgens ISO 14091

De organisatie van het project is beschreven in het Plan van Aanpak Herijking klimaatimpacts en -risico's (PBL projectteam Herijking klimaatimpacts en -risico's 2022). In aanvulling daarop worden de volgende eisen gesteld, gebaseerd op de ISO 14091:

- De rollen, taken, taakverdeling, verantwoordelijkheden en bevoegdheden zijn duidelijk en aan iedereen bekend, tussen het hoofdproject en de deelprojecten en tussen de deelprojecten. Het is duidelijk voor welke onderwerpen samenwerking en uniformiteit nodig zijn en welke onderwerpen als maatwerk individueel per instituut worden uitgewerkt
- Iedereen kent en onderschrijft de afgesproken definities, conceptuele raamwerken en invullingen. Betrokken kennisinstututen wordt gevraagd de ISO 14091 te bestuderen en aangeraden om de voor hen relevante sectorale deelrapporten te bestuderen van de UK CCRA3, GE CCRA2 en Geïntegreerde Risicoanalyse Nationale Veiligheid
- Het project kent een coördinerend overkoepelende projectgroep, deelprojecten per (beleids)sector en werkgroepen die nog uit te werken onderwerpen realiseren.
- Het is belangrijk om, behalve inhoudelijke experts, ook personen met beslisbevoegdheid over de aanpak van klimaatrisico's en adaptatie en beleidsmakers in een vroeg stadium te betrekken. Hiermee wordt gestimuleerd dat de doelen van de klimaatrisicoanalyse worden gedeeld en tot bruikbare onderzoeksvragen en -antwoorden leiden. Hierdoor zullen het draagvlak en eigenaarschap groter zijn

- Afstemming en overleggen met een wetenschappelijke klankbordgroep
- Gedurende het hele proces zijn communicatie en coördinatie nodig tussen de betrokken partijen in het project, om op dezelfde lijn te blijven, de voortgang te bewaken en problemen tijdig te onderkennen en op te lossen
- Belanghebbende partijen bij klimaatrisico's en uitvoerders van adaptatiebeleid en -maatregelen, ook private partijen, worden betrokken in de klimaatrisicoanalyse voor een beter begrip van de context van de klimaatrisico's en adaptatieopties in de (beleids)sectoren, en uitwisseling van informatie. Deze partijen worden aan het einde van de analyse gevraagd om de uitkomsten en conclusies te valideren
- Alle keuzen en besluiten worden bijgehouden in een logboek (vooral belangrijk wanneer afgeweken wordt van de beschreven methodiek)
- Alle data worden voorzien van meta-informatie.

Bijlage 4 bevat een overzicht van de belangrijkste onderdelen voor een klimaatrisicoanalyse volgens ISO 14091.

## 5.6 Tips uit de praktijk, verder lezen en vervolg

In bijlage 12 is een overzicht opgenomen van verzamelde aanbevelingen en tips uit diverse bronnen. Zie voor gedetailleerde aanbevelingen per (beleids)sector ook de aanbevelingen van de kennisinstituten in de kwartiermaker fase (PBL projectteam Herijking klimaatimpacts en -risico's, 2022). Bijlage 13 bevat geconstateerde kennisleemtes in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse van 2014/2015.

Voorliggende analysemethodiek is gebaseerd op literatuuronderzoek van klimaatrisicoanalyses op nationale schaal. Voor specifieke (beleids)sectoren of sector-overstijgende analyses is geen uitgebreid literatuuronderzoek uitgevoerd. In de deelprojecten waar kennisinstituten risicoanalyses voor specifieke beleidsvelden uitvoeren of sector-overschrijdende analyses zou dit wel moeten gebeuren.

Voor verder lezen wordt de volgende literatuur aanbevolen die als voorbeeld hebben gediend voor de nationale klimaatrisicoanalyse 2022 – 2026 (waaronder rapporten van de thematische deelprojecten die ten grondslag lagen aan de eerste nationale klimaatrisicoanalyse 2014/2015):

- Klimaatverandering en natuur (Braakhekke et al. 2014)
- Klimaatadaptatie en energie-infrastructuur (TNO 2014a)
- Klimaatadaptatie en de sector Informatie- en Communicatie Technologie (TNO 2014b)
- Klimaatverandering en transport en infrastructuur (TNO 2014c)
- Klimaatverandering: risico's en kansen voor de Nederlandse visserij- en aquacultuursector (Rijnsdorp et al. 2014)
- Publieke en/of private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie. Een juridisch-bestuurlijke analyse en eerste beoordeling (Runhaar et al. 2014)
- Klimaatrisico's en –kansen voor de landbouw (Schaap et al. 2014)
- Effecten van klimaat op gezondheid (RIVM 2014)
- UK Climate Change Risk Assessment 2022 (CCRA3), inclusief alle deelrapporten (zie <https://www.ukclimaterisk.org>)

- Climate Impact and Risk Assessment 2021 for Germany (CCRA2), inclusief alle deelrapporten (zie <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-English-Summary>)
- Oostenrijkse klimaatrisicoanalyse, inclusief deelrapporten over gezondheid en toerisme (zie: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries/austria>)
- Rijksbrede Risicoanalyse Nationale Veiligheid en Themarapportages 2022 (ANV 2022a)

In een opvolgend project zal PBL de effectiviteit van adaptatiemaatregelen analyseren, voortbouwend op het raamwerk voor beleidsevaluatie uit het rapport 'Koers houden in de delta' van PBL (2016). In aansluiting daarop zal een dashboard worden ontwikkeld voor de monitoring van klimaatrisico's en het adaptatiebeleid in Nederland.

# Referenties

- AMF (Autoriteit Financiële Markten) (2021) *De invloed van klimaatverandering op schadeverzekeringen. Aandachtspunten voor consumenten en ondernemers.*
- ANV (Analistennetwerk Nationale Veiligheid) (2019a) *Geïntegreerde risicoanalyse Nationale Veiligheid: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).*
- ANV (Analistennetwerk Nationale Veiligheid) (2019b) *Leidraad risicobeoordeling: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).*
- ANV (Analistennetwerk Nationale Veiligheid) (2022a) *Rijksbrede Risicoanalyse Nationale Veiligheid: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).*
- ANV (Analistennetwerk Nationale Veiligheid) (2022b) *Themarapportage Rijksbrede Risicoanalyse Caribisch deel van het Koninkrijk der Nederlanden: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).*
- ANV (Analistennetwerk Nationale Veiligheid) (2022c) *Themarapportage klimaat- en natuurrampen: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).*
- Bakker, M. & Mertens, C. (2019) *Gedrag beïnvloeden met risicocommunicatie*, Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.
- Bamber, J.L., Oppenheimer, M., Kopp, R.E., Aspinall, W.P. & Cooke, R.M. (2019) 'Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (23): 11195-11200.
- Berry, P., Brown, I., Betts, R., Falloon, P., Hemming, D., Morecroft, M., Thackeray, S., Topp, K. & Watkiss, P. (2021) *National environment and assets*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Betts, R.A., Haward, A.B. & Pearson, K.V. (2021) *The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Bles, T., Marle, M.v., Jonge, A.d., Kruijf, J.V.-d., Doornkamp, T., Hartman, A., Borst, A., Kort, R.d., Bijsterveldt, M.v., Stolk, A., Hounjet, M. & Zaadnoordijk, N. (2020) *Thema Vitaal en Kwetsbaar, Verantwoordingsrapportage: Deltares, Universiteit Twente, Arcadis, Stichting CAS, RHDHV.*
- Braakhekke, W.G., Berendse, F., de Jong, M., Kreveld, A.v. & van Winden, A. (2014) *Klimaatverandering en natuur: een verkenning van risico's, kansen en aangrijpingspunten voor klimaatadaptatiebeleid*, Wageningen: Bureau Strooming en Universiteit Wageningen.
- Buth, M., Kahlenborn, W., Greiving, S., Fleischhauer, M., Zebisch, M., Schneiderbauer, S. & Schauser, I. (2017) *Guidelines for climate impact and vulnerability assessments: recommendations of the Interministerial Working Group on adaptation to climate change of the German Federal Government*, Dessau-Roßlau, Germany: Umweltbundesamt.
- Cardona, O.D., Van Aalst, M.K., Birkmann, J., Fordham, M., Mc Gregor, G., Rosa, P., Pulwarty, R.S., Schipper, E.L.F., Sinh, B.T. & Décamps, H. (2012) Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 65-108, New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Carter, T.R., Benzie, M., Campiglio, E., Carlsen, H., Fronzek, S., Hildén, M., Reyer, C.P. & West, C. (2021) 'A conceptual framework for cross-border impacts of climate change', *Global Environmental Change*: 69102307.
- CAS (Stichting Climate Adaptation Services) (2022) *Klimaat-effectatlas*, <https://www.klimaat-effectatlas.nl/>, 3-10-2022

- Challinor, A., Benton, T.G., Hermans, T., Adams, H., Beveridge, L., Duvic-Paoli, L.-A., Jones, A., Morse, A., Conway, D., Hunt, A., Depledge, D., Hess, T. & Evans, C. (2021) *International Dimensions*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Clar, C., Prutsch, A. & Steurer, R. (2012) *Barriers and guidelines in adaptation policy making: Taking stock, analysing congruence and providing guidance*. In: International symposium on The Governance of Adaptation, Amsterdam, Netherlands.
- CPB & PBL (Centraal Planbureau & Planbureau voor de leefomgeving) (2015) *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving, Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's*, Den Haag.
- Crespi, A., Terzi, S., Cocuccioni, S., Zebisch, M., Berckmans, J. & Füssel, H. (2020) *Climate-related hazard indices for Europe*: European Environment Agency, European Topic Centre Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation.
- Deltaprogramma, S. (2021) *Advies Signaalgroep Deltaprogramma 2021*, Amersfoort: Delta Programma.
- Dewar, J.A. (2002), *Assumption-based planning: a tool for reducing avoidable surprises*, Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- EEA (European Environment Agency) (2018) *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe, 2018*.
- EEA (European Environment Agency) (2021) *Europe's changing climate hazards - an index-based interactive EEA report*. <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1>.
- EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority) (2020) *The pilot dashboard on insurance protection gap for natural catastrophes*, [https://www.eiopa.europa.eu/document-library/feedback-request/pilot-dashboard-insurance-protection-gap-natural-catastrophes\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/document-library/feedback-request/pilot-dashboard-insurance-protection-gap-natural-catastrophes_en), 8-7-2021
- EU (European Union) (2007) *Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks*, Official Journal of the European Union, 288.
- EU (European Union) (2018) *Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council*, Official Journal of the European Union, 328.
- EU (European Union) (2021) *Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')*, Official Journal of the European Union, 243.
- Europese Centrale Bank (ECB) (2020) *Gids inzake klimaat- en milieurisico's: Toezichtsverwachtingen ten aanzien van risicobeheer en informatieverschaffing*.
- Europese Commissie (2020) *Commission Implementing Regulation (EU) 2020/1208 of 7 August 2020 on structure, format, submission processes and review of information reported by Member States pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Regulation (EU) 749/2014*, Official Journal of the European Union, 278.
- Europese Commissie (2021) *Closing the climate protection gap - Scoping policy and data gaps*, Commission Staff Working Document.



- Fritsch, U., Zebisch, M., Voß, M., Linsenmeier, M., Walter Kahlenborn, Porst, L., Hölscher, L., Wolff, A., Hardner, U., Schwartz, K., Wolf, M., Schmuck, A., Schönthaler, K., Nilson, E., Fischer, H. & Fleischer, C. (2021) *Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser, Dessau-Roßlau, Deutschland: Umweltbundesamt.*
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M. & Kahlenborn, W. (2014a) *The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments*, Obrigheim, Germany: German Agency for International Cooperation GmbH (GIZ).
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M. & Kahlenborn, W. (2014b) *Indicator and data factsheet. Annex to The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments*, Obrigheim, Germany: German Agency for International Cooperation GmbH (GIZ).
- Garner, A.J., Weiss, J.L., Parris, A., Kopp, R.E., Horton, R.M., Overpeck, J.T. & Horton, B.P. (2018) 'Evolution of 21st century sea level rise projections', *Earth's Future* 6 (11): 1603-1615.
- Geujen, G., Iserief, H., de Sain, M., Span, I., Gutteling, J.M. & ter Huurne, E. (2006) *Wegwijzer risicocommunicatie "sleutelbos binnen handbereik" - Deel I*, Den Haag: Interprovinciaal Overleg (IPO).
- de Graaff, R. & Leewis, M. (2022) *Resultaten nulmeting NAS 2021.*
- Grime, M.M. & Wright, G. (2016) 'Delphi method', *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*: 1-6.
- Gutteling, J.M., ter Huurne, E., Beunk, A., Geujen, G., Iserief, H., de Sain, M. & Span, I. (2006) *Wegwijzer risicocommunicatie "sleutelbos binnen handbereik" - Deel II: Conceptueel kader en casus*, Den Haag: Interprovinciaal Overleg (IPO).
- Hagens, W. & van Bruggen, M. (2014) *Nationaal Hitteplan: versie 2015*: Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.
- Hanlon, H., Palmer, M. & Betts, R. (2021) *Effect of Potential Climate Tipping Points on UK Impacts*: Met Office, Hadley Centre.
- Hemming, V., Burgman, M.A., Hanea, A.M., McBride, M. & Wintle, B.C. (2018) 'A practical guide to structured expert elicitation using the IDEA protocol', *Methods in Ecology and Evolution*: 9169 - 180.
- Hillier, J.K., Matthews, T., Wilby, R.L. & Murphy, C. (2020) 'Multi-hazard dependencies can increase or decrease risk', *Nature Climate Change* 10 (7): 595-598.
- Huynen, M., van Vliet, A., Staatsen, B., Hall, L., Zwartkruis, J., Kruize, H., Betgen, C., Verboom, J. & Martens, P. (2019) *Kennisagenda klimaat en gezondheid*, Den Haag: ZonMw.
- I&M (Ministerie van Infrastructuur en Milieu) (2016) *Aanpassen met ambitie: nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS)*, Den Haag.
- I&W (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2018) *Uitvoeren met ambitie. Uitvoeringsprogramma 2018 – 2019 Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)*, Den Haag.
- I&W (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2019) *Eindrapportage Beleidstafel Droogte, Nederland beter weerbaar tegen droogte*, Den Haag.
- I&W (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2020) *Nationaal perspectief klimaatadaptatie. Groeiende opgave in een snel veranderende omgeving. Rapportage NAS 2017 – 2019*, Den Haag.
- I&W (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2021) *Ontwerp overstromingsrisicobeheerplan Rijn, Maas, Schelde en Eems 2022-2027*, Den Haag.
- I&W (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) (2022) *Eerste advies Beleidstafel wateroverlast en hoogwater*, Den Haag.

- I&W, LNV, BZK (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties) (2020) *Voortgangsrapportage nationale aanpak vitaal en kwetsbaar: Terugblik op de afgelopen 6 jaar en vooruitblik naar 2026. Achtergronddocument G van nationaal deltaprogramma 2021*, Den Haag.
- I&W, LNV, BZK (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties) (2021) *Nationaal deltaprogramma 2022*, Den Haag.
- I&W, LNV, BZK (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties) (2022) *Nationaal Water Programma 2022–2027*, Den Haag.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014) *AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022) *AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report*.
- ISO (International Organization for Standardization) (2021) *ISO 14091:2021. Adaptation to climate change - Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment*.
- Jaroszweski, D., Wood, R., Chapman, L., Bell, S., Betts, R., Darch, G., Ferranti, E., Gosling, S., Haigh, I., Hughes, P., Lombardi, D., Palin, E., Paulson, K., Pregolato, M., Watson, G., White, D. & Watkiss, P. (2021) *Infrastructure*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Kahlenborn, W., Linsenmeier, M., Porst, L., Voß, M., Dorsch, L., Lacombe, S., Huber, B., Zebisch, M., Bock, A., Klemm, J., Cresp, A., Renner, K., Wolf, M., Schönthaler, K., Lutz, C., Becker, L., Ulrich, P., Distelkam, M., Behmer, J., Walter, A., Leps, N., Wehring, S., Nilson, E. & Jochumsen, K. (2021b) *Teilbericht 1: Grundlagen*, Dessau-Roßlau, Deutschland: Umweltbundesamt.
- Kahlenborn, W., Porst, L., Voß, M., Fritsch, U., Renner, K., Zebisch, M., Wolf, M., Schönthaler, K. & Schauser, I. (2021a) *Summary*, Dessau-Roßlau, Germany: German Environment Agency.
- Kahlenborn, W., Porst, L., Voß, M., Hölscher, L., Undorf, S., Wolf, M., Schönthaler, K., Crespi, A., Renner, K., Zebisch, M., Fritsch, U. & Schauser, I. (2021c) *Teilbericht 6: Integrierte Auswertung – Klimarisiken, Handlungserfordernisse und Forschungsbedarfe*, Dessau-Roßlau, Deutschland: Umweltbundesamt.
- Kause, A., Bruine de Bruin, W., Persson, J., Thorén, H., Olsson, L., Wallin, A., Dessai, S. & Vareman, N. (2022) 'Confidence levels and likelihood terms in IPCC reports: a survey of experts from different scientific disciplines', *Climatic Change* 173 (2): 1-18.
- KNMI & PBL (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut en Planbureau voor de Leefomgeving) (2015) *Klimaatverandering. Samenvatting van het vijfde IPCC-assessment en een vertaling naar Nederland*, De Bilt/ Den Haag.
- KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) (2014) *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland*, De Bilt.
- KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) (2021) *Klimaatsignaal'21: hoe het klimaat in Nederland snel verandert*, De Bilt: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Knol, A.B., Slottje, P., van der Sluijs, J.P. & Leuret, E. (2010) 'The use of expert elicitation in environmental health impact assessment: a seven step procedure', *Environmental Health* 9 (19): 1-16.
- Kovats, S., Brisley, R., Baylis, M., Belcher, C., Bennett-Lloyd, P., Betts, R., Brown, S., Fluck, H., Gupta, R., Knox, K., Marincioni, V., Morse, A., Osborne, D., Payne, C., Taylor, J., Turner, G. & Watkiss, P. (2021) *Health, communities and the built environment*, London: Prepared for the Climate Change Committee.

- Leonard, M., Westra, S., Phatak, A., Lambert, M., van den Hurk, B., McInnes, K., Risbey, J., Schuster, S., Jakob, D. & Stafford-Smith, M. (2014) 'A compound event framework for understanding extreme impacts', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 5 (1): 113-128.
- Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Freeman, P.T. & Field, C.B. (2017) 'Unleashing expert judgment in assessment', *Global Environmental Change* 44: 1-14.
- MarketResponse & Ons water (2020) *Ons Water Leefstijlvinder*, <https://onswaterleefstijlvinder.nl/>, 20-6-2022
- Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K.J. & Matschoss, P.R. (2010) *Guidance note for lead authors of the IPCC fifth assessment report on consistent treatment of uncertainties*, Jasper Ridge, CA, USA: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- Mastrandrea, M.D. & Mach, K.J. (2011) 'Treatment of uncertainties in IPCC Assessment Reports: past approaches and considerations for the Fifth Assessment Report', *Climatic Change* 108: 659-673.
- MNP (Milieu- en Natuurplanbureau) & RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) (2003) *Nuchter omgaan met risico's*, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Moezzi, M., Janda, K.B. & Rotmann, S. (2017) 'Using stories, narratives, and storytelling in energy and climate change research', *Energy Research & Social Science* 31: 1-10.
- Moss, R. & Schneider, S.H. (2000) *Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting*, Geneva: World Meteorological Organization.
- NCTV (Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid) (2017) *Weerbare vitale infrastructuur*, Den Haag: Ministerie van Justitie en Veiligheid.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2008) *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*, Paris, France.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2009) *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*, Den Haag/Bilthoven.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2014) *Maatschappelijke ontwrichting en overstromingen*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2015a) *Aanpassen aan klimaatverandering – Kwetsbaarheden zien, kansen grijpen*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2015b) *Van risicobeoordeling naar adaptatiestrategie*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2015c) *Wereldwijde klimaateffecten – Risico's en kansen voor Nederland*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2015d) *Wereldwijde klimaateffecten: risico's en kansen voor Nederland*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2015e) *Achtergronden bij wereldwijde klimaateffecten – Risico's en kansen voor Nederland*. Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2016) *Koers houden in de delta. Ontwerp van een monitorings- en evaluatiekader voor het Deltaprogramma*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2021a) *Navigator naar een klimaatbestendig Nederland*, Den Haag.
- PBL (Planbureau voor de leefomgeving) (2021b) *Grote opgaven in een beperkte ruimte*, Den Haag.
- PBL projectteam Herijking klimaatimpacts en -risico's (2022) *Plan van Aanpak Herijking klimaatimpacts en risico's*, Den Haag, PBL (Planbureau voor de Leefomgeving).
- Pescaroli, G. & Alexander, D. (2015) 'A definition of cascading disasters and cascading effects: Going beyond the "toppling dominos" metaphor', *Planet@ risk* 3 (1): 58-67.

- Pescaroli, G. & Alexander, D. (2018) 'Understanding compound, interconnected, interacting, and cascading risks: a holistic framework', *Risk analysis* 38 (11): 2245-2257.
- Peterson, T.D., Wyman, M., Flora, G., Dougherty, W., Smith, J., Saunders, S., Chester, S. & Looby, T. (2010) *Comprehensive Climate Action*, Washington DC, USA: Center for Climate Strategies (CCS).
- Raymond, C., Horton, R.M., Zscheischler, J., Martius, O., AghaKouchak, A., Balch, J., Bowen, S.G., Camargo, S.J., Hess, J. & Kornhuber, K. (2020) 'Understanding and managing connected extreme events', *Nature Climate Change* 10 (7): 611-621.
- Reisinger, A., Howden, M., Vera, C., Garschagen, M., Hurlbert, M., Kreibiehl, S., Mach, K.J., Mintenbeck, K., O'Neill, B., Pathak, M., Pedace, R., Pörtner, H.-O., Poloczanska, E., Rojas Corradi, M., Sillmann, J., van Aalst, M., Viner, D., Jones, R., Ruane, A.C. & Ranasinghe, R. (2020) *The concept of risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A summary of cross-working group discussions*: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).
- Renner, K., Fritsch, U., Zebisch, M., Wolf, M., Schmuck, A., Ölmez, C., Schönthaler, K., Porst, L., Voß, M., Wolff, A. & Jay, M. (2021) *Teilbericht 2: Risiken und Anpassung im Cluster Land, Dessau-Roßlau, Deutschland*: Umweltbundesamt.
- Rijnsdorp, A.D., Buisman, E., Beukers, R., Deerenberg, C.M., de Graaf, M., Kamermans, P., Poelman, M., Teal, L.R. & Turenhout, M.N.J. (2014) *Klimaatverandering: Risico's en kansen voor de Nederlandse visserij- en aquacultuursector*: IMARES ( Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies).
- Risbey, J.S. & Kandlikar, M. (2007) 'Expressions of likelihood and confidence in the IPCC uncertainty assessment process', *Climatic Change* 85 (1-2): 19-31.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) (2014) *Effecten van klimaat op gezondheid : Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016)*, Bilthoven.
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), (2021) *Klimaat en gezondheid*, <https://www.rivm.nl/klimaat-en-gezondheid>, 9-1-2021
- Runhaar, H., Gilissen, H.K., Uittenbroek, C., Mees, H. & van Rijswijk, M. (2014) *Publieke en private verantwoordelijkheden voor klimaatadaptatie: Een juridisch-bestuurlijke analyse en eerste beoordeling*, Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Samen Klimaatbestendig (2021) *Voortgangsrapportage DPRA, op basis van gesprekken met DPRA werkregio's*.
- Schaap, B.F., Reidsma, P., Agricola, H.J. & Verhagen, A. (2014) *Klimatrisico's en -kansen voor de landbouw*, Wageningen: Wageningen University Research, Plant Research International.
- Simpson, N.P., Mach, K.J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., Lawrence, J., Lempert, R.J., Muccione, V., Mackey, B., New, M.G., O'Neill, B., Otto, F., Hans-O. Pörtner, Reisinger, A., Roberts, D., Schmidt, D.N., Seneviratne, S., Strongin, S., van Aalst, M., Totin, E. & Trisos, C.H. (2021) 'A framework for complex climate change risk assessment', *One Earth* 4 (4): 489-501.
- Slingo, J., Betts, R., Beverly, J., Booth, B., Caesar, J., Collins, M., Fowler, H., Fung, F., Gohar, L., Gregory, J., Hanlon, H., Johns, T., Kendon, L., Lowe, J., Mitchell, D., Palmer, M. & Senior, C. (2021) *Latest scientific evidence for observed and projected climate change*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Street, R., Di Mauro, M., Humphrey, K., Johns, D., Boyd, E., Crawford-Brown, D., Evans, J., Kitchen, J., Hunt, A. & Knox, K. (2016) *UK Climate Change Risk Assessment Evidence Report: Chapter 8, Cross-cutting Issues*, London: Report prepared for the Adaptation Sub-Committee of the Committee on Climate Change.

- Surminski, S., Abrams, J., Blyth, N., Fankhauser, S., Guida, K., Howarth, C., Ingirige, B., Johnstone, K., Mathews, S., Tompkins, E. & Ward, J. (2021) *Business and industry*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Taleb, N.N. (2007), *The black swan: The impact of the highly improbable*: Random house.
- ten Brinke, W. (2014) *Maatschappelijke ontwrichting door overstromingen in Europees perspectief*: Blueland Consultancy.
- TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) (2014a) *Klimaatadaptatie en energie-infrastructuur*, Den Haag.
- TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) (2014b) *Klimaatadaptatie en de sector Informatie- en Communicatie Technologie (ICT)*, Den Haag.
- TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) (2014c) *Klimaatverandering en transport en infrastructuur*, Den Haag.
- TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) (2021) *Stand van zaken 'Herijking Klimaatimpacts en -risico's*. Den Haag.
- Twigger-Ross, C., Coates, T., Orr, P., Stafford, J., Ramsden, M. & Deeming, H. (2012) *Community Resilience Research: UK Case Studies, Lessons and Recommendations report to the Cabinet Office and Defence Science and Technology Laboratory*, London: Collingwood Environmental Planning.
- TwynstraGudde (2021) *Voortgangsrappportage nationale aanpak Vitaal en Kwetsbaar 2020 – 2021*: in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- TwynstraGudde & ORG-ID (2019) *Ingredienten voor de nationale aanpak vitaal en kwetsbaar: Lessons learned en een blik vooruit*: Project nationale aanpak vitaal en kwetsbare functies, onderdeel van Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie.
- UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) (2022) *Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change*, Geneva, Switzerland.
- van Beukering, P., van Oosterhout, L., Schep, S., Duinmeijer, C., Dullaart, J., Koks, E., Tiggeloven, T., van Manen, S., Buijs, S., de Boer, M., van der Knaap, M., Baertz, A. & Ouwersloot, B. (2022) *The Impacts of Climate Change on Bonaire*, Amsterdam: IVM Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit Amsterdam.
- van der Horst, J. & Pruyt, E. (2013) *Werken met scenario's, risicobeoordeling en capaciteiten in de Strategie Nationale Veiligheid*, Den Haag: Ministerie van Buitenlandse Zaken.
- Verbond van Verzekeraars, (2022) *Klimaatshademonitor 2007-2021*, <https://bi.verzekeraars.nl/db/klimaatshademonitor.html>, 3-10-2022
- Voß, M., Kahlenborn, W., Porst, L., Dorsch, L., Nilson, E., Rudolph, E. & Lohrengel, A.-F. (2021) *Teilbericht 4: Risiken und Anpassung im Cluster Infrastruktur*, Dessau-Roßlau, Deutschland: Umweltbundesamt.
- VVD, D66, CDA & ChristenUnie, (2021) *Coalitieakkoord 2021 - 2015 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst'*.
- Wallingford, H. (2012) *Climate Change Risk Assessment - Methodology Report*, Londen: Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).
- Watkiss, P., Betts, R.A., Fung, F., Harrison, P., Hunt, A., Lowe, J. & Kovats, S. (2021) *Method*, London: Prepared for the Climate Change Committee.
- Wolf, M., Ölmez, C., Schönthaler, K., Porst, L., Voß, M., Linsenmeier, M., Kahlenborn, W., Dorsch, L. & Dudda, L. (2021) *Teilbericht 5: Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit*, Dessau-Roßlau, Deutschland: Umweltbundesamt.

- Wolters, H., Hunink, J., Delsman, J., Lange, G.d., Schasfoort, F., Mark, R.v.d., Born, G.J.v.d., Dammers, E., Rijken, B. & Reinhard, S. (2018a) *Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017, Hoofdrapport*.
- Wolters, H., Hunink, J., Delsman, J., Lange, G.d., Schasfoort, F., Mark, R.v.d., Born, G.J.v.d., Dammers, E., Rijken, B. & Reinhard, S. (2018b) *Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017, Achtergrondinformatie over gebruiksfuncties en sectoren*.
- Zartha Sossa, J.W., Halal, W. & Hernandez Zarta, R. (2019) 'Delphi method: analysis of rounds, stakeholder and statistical indicators', *foresight* 21 (5): 525-544.
- Zebisch, M., Schneiderbauer, S., Renner, K., Below, T., Brossmann, M., Ederer, W. & Schwan, S. (2017) *Risk supplement to the vulnerability sourcebook. Guidance on how to apply the vulnerability sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk.*, Bonn, Germany: German Agency for International Cooperation GmbH (GIZ).
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R.M., van den Hurk, B., AghaKouchak, A., Jézéquel, A. & Mahecha, M.D. (2020) 'A typology of compound weather and climate events', *Nature reviews earth & environment* 1 (7): 333-347.
- Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, B.J., Seneviratne, S.I., Ward, P.J., Pitman, A., AghaKouchak, A., Bresch, D.N., Leonard, M. & Wahl, T. (2018) 'Future climate risk from compound events', *Nature Climate Change* 8 (6): 469-477.

# Bijlagen

## Bijlage 1 Vraagstelling aan kennisinstituten

**Versie 10 mei 2022**

### 1. Selectie risico's

PBL heeft de kennisinstituten gevraagd om een overzicht te maken van relevante klimaatrisico's op basis van expertkennis voor:

- De meest belangrijke of urgente risico's/(kansen) die in elk geval moeten worden meegenomen;
- Belangrijke risico's die bij voorkeur ook moeten worden meegenomen;
- Minder belangrijke risico's die wel interessant zijn.

Een onderbouwing/toelichting op het gekozen onderscheid is noodzakelijk.

### 2. Vraagstelling risico's

De hoofdvraag is:

*Wat zijn de belangrijkste klimaatgerelateerde risico's in dit beleidsveld/voor deze sector en waarom?*

Meer uitgewerkt:

- Om welke klimaatdreigingen gaat het, met welke frequentie, en welke blootstelling, gevoeligheid, geïmplementeerde adaptatie en reactieve adaptatiecapaciteit zijn van belang? Zie hiervoor het methoderapport. Bij de inschatting van risico's wordt onderscheid gemaakt tussen risico's voor mens (personen) en cultuur, risico's voor natuur en milieu en economische risico's.
- Wat zijn de meest kwetsbare processen/objecten/personen binnen de sector/ klimaatbeïnvloed systeem/impact keten voor klimaatdreigingen? Welke gevoeligheden/afhankelijkheden zijn er voor/van klimaatrisico's in buitenland?

Vervolgens vragen we om per risico een factsheet op te stellen met de volgende aspecten:

- Met welke indicator(en) en in welke eenheden kan het risico in beeld worden gebracht, uitgaande van eindimpact op mens en cultuur, natuur en milieu en economie?
- Welke informatie en data zijn beschikbaar om de indicatoren in te vullen voor de huidige situatie ( $\pm 2020$ , informatie op gebied van klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, reactieve adaptatiecapaciteit, resultaat van geïmplementeerde adaptatie, cascade effecten, cumulatieve effecten), welke informatie ontbreekt? Vindt systematische registratie van gebeurtenissen plaats? Zijn de data en informatie beschikbaar voor de risicoanalyse?
- Hebben er al eerder klimaatimpact analyses plaatsgevonden voor deze sector/dit beïnvloed systeem? Welke bron(nen)?
- Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij dit risico (publiek en privaat) die bij de analyse betrokken zouden moeten worden, dan wel het eindresultaat van de analyse zouden moeten beoordelen?
- Welk beleid, welke wettelijke regelingen zijn belangrijk voor het betreffende risico voor die sector/klimaatbeïnvloed systeem/impact keten en hoe zijn verantwoordelijkheden en bevoegdheden verdeeld?

- Op welke ruimtelijke schaal en over welke periode is de informatie beschikbaar en met welke frequentie?
- Is er informatie beschikbaar om de trend (zo mogelijk vanaf 1990, anders later) aan te geven?
- Zijn er modellen om de indicatoren in fase 2 van het project in te vullen, als we in de periode 2024-2026 de toekomstige risico's gaan verkennen?
- Is het risico door te vertalen naar eindimpacts op mens en cultuur, natuur en milieu en economie, en welke klassegrenzen zouden bruikbaar zijn voor het scoren van de eindimpacts en waarschijnlijkheden? Zie de voorbeelden uit de PBL klimaatrisico analyse 2014/2015, Duitse en Britse klimaatrisico analyse en de Leidraad risicoanalyse nationale veiligheid.
- Wat zijn de belangrijkste aspecten/ontwikkelingen die het risico beïnvloeden? Dit kunnen onder andere zijn: klimaatveranderingen, sociale-, ruimtelijke-, economische aspecten/ontwikkelingen, beleid, internationale aspecten. Dit geredeneerd vanuit de opbouw van risico's zoals beschreven in de methodiek, dus aspecten/ontwikkelingen die van invloed zijn op klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, resultaat van geïmplementeerde adaptatie, reactieve adaptatiecapaciteit, cascade effecten, cumulatieve effecten.
- Welke relaties zie je daarbij met andere sectoren/beleidsvelden?
- Zie je belangrijke keteneffecten en/of cumulatieve effecten?
- Welke klimaatgerelateerde tipping points zie je en wat is daar over bekend?
- Is er adaptatiebeleid (of een strategie) m.b.t. het risico? Zo ja welk beleid (of strategie) is vastgesteld en wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de belangrijkste adaptatiemaatregelen die al zijn uitgevoerd? Wat is bekend t.a.v. de implementatie van deze maatregelen? Wat is bekend over de effectiviteit van deze maatregelen?
- Zie je belangrijke risico's als gevolg van de adaptatiemaatregelen? Hoe zouden deze risico's ondervangen kunnen worden?



# Bijlage 2 Onderzochte risico's in eerste Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2014/2015

Bron: PBL 2015a

**Tabel 1**

Overzicht van grote risico's die onderzocht zijn in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2014/2015

Aspect	Risico's
<b>Mens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hittestress in steden</li> <li>• Verlenging en intensivering pollenseizoen (hooikoorts, astma)</li> <li>• Toename aantal Lyme-patiënten</li> <li>• Infectieziekten door verslechtering waterkwaliteit</li> <li>• Verkeersongevallen en -hinder door extreme windstoten en regenval</li> <li>• Beschadiging drinkwater- leidingen door wrikken boomwortels bij windstoten</li> <li>• Nederlandse slachtoffers in het buitenland door weersextremen of (infectie)ziekten</li> <li>• Uitval cruciale delen elektriciteitsnetwerk door langdurige hitte/droogte of windstilte</li> <li>• Grootschalige uitval ICT-diensten door oververhitting</li> <li>• Grootschalige uitval ICT door uitval cruciale ICT-knooppunten elders ter wereld</li> </ul>
<b>Omgeving</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verslechtering ecologische waterkwaliteit</li> <li>• Verlies soorten en habitats door extreem laag water rivierarmen</li> <li>• Achteruitgang van inheemse soorten door verschuiven klimaatzones</li> <li>• Veranderen migratiepatronen van trekkende diersoorten</li> </ul>
<b>Economie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toename medische kosten en arbeidsverlies door verlenging en intensivering pollenseizoen (hooikoorts, astma)</li> <li>• Uitval cruciale delen elektriciteitsnetwerk door langdurige hitte/droogte of windstilte</li> <li>• Verkeershinder door extreme windstoten en regenval</li> <li>• Beperking scheepvaart door extreem hoog of laag water</li> <li>• Beschadiging drinkwaterleidingen door wrikken boomwortels bij windstoten</li> <li>• Oogstschade door elkaar opvolgende droogteperiodes</li> <li>• Schade aan gebouwen en leidingen door extra bodemdaling</li> </ul>

**Tabel 2**

Overzicht van middelgrote risico's die onderzocht zijn in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2014/2015

Aspect	Risico's
<b>Mens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epidemie van voor Nederland nieuwe ziekte</li> <li>• Lokale wateroverlast door extreme regenval</li> <li>• Overstroming door bezwijken secundaire waterkering op lokale/regionale schaal</li> <li>• Overstroming door bezwijken primaire kering</li> <li>• Overstroming in Oost-Nederland door dijkdoorbraak in Duitsland</li> <li>• Hinder (spoor)wegvervoer door hitte</li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurbranden met lokale uitval ICT en transport</li> <li>• Lokale uitval elektriciteitsvoorziening door storm of grondzetting</li> <li>• Regionale uitval elektriciteitsvoorziening door weersextremen</li> <li>• Verstoring (spoor)wegverkeer door stormschade</li> <li>• Gevolgen politieke conflicten elders ter wereld</li> </ul>
<b>Omgeving</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlies soorten door verschuiven klimaatzones</li> <li>• Verdwijnen kwelders en wadplaten door overstroming vanuit zee</li> <li>• Tijdelijke verstoring habitats door herhaaldelijk optreden extreme droogte</li> <li>• Versterken natuur- en milieueffecten van verdroging en vermessing</li> <li>• Lokale verstoring habitats door weersextremen</li> <li>• Extra CO<sub>2</sub> -uitstoot door versterkte bodemdaling</li> <li>• Verstoring van de bodem en van archeologisch bodemarchief door versterkte bodemdaling<sup>1)</sup></li> </ul>
<b>Economie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overstroming door bezwijken van primaire kering</li> <li>• Overstroming door bezwijken secundaire waterkering</li> <li>• Overstroming in Oost-Nederland door dijkdoorbraak in Duitsland</li> <li>• Lokale wateroverlast door extreme regenval</li> <li>• Uitval cruciale ICT-knooppunten elders ter wereld door weersextremen</li> <li>• Lokale uitval elektriciteitsvoorziening door weersextremen</li> <li>• Verstoring (spoor)wegverkeer door stormschade of natuurbranden</li> <li>• Hinder (spoor)wegvervoer door hitte</li> <li>• Stijgende elektriciteitsprijzen op Europese schaal door schaarste koelwater en/of windstilte</li> <li>• Productieverlies Nederlandse bedrijven door klimaateffecten in het buitenland</li> <li>• Prijschommelingen grondstoffen</li> <li>• Beroep op noodhulp vanuit het buitenland</li> <li>• Epidemie van voor Nederland nieuwe ziekte</li> <li>• Oogstschade door plaag of dierziekte</li> <li>• Oogstschade door weersextremen</li> <li>• Prijsstijgingen voedsel door langdurige droogte in Europa</li> </ul>

---

1) *Verstoring van bodemarchief valt in de nieuwe risicoanalyse onder cultureel erfgoed als onderdeel van het perspectief 'mens'. Bodemdaling is een risico voor de omgeving, met gevolgen voor mens, natuur en economie.*

## Bijlage 3 Vitale en kwetsbare functies en daarvoor verantwoordelijke ministeries

**Tabel 1**

Overzicht van vitale en kwetsbare functies en de daarvoor verantwoordelijke ministeries

Vitale en kwetsbare functies	Verantwoordelijk ministerie	Aangemerkt als vitaal
<b>Energie: elektriciteit, aardgas en olie</b>  ('Vitale processen' NCTV *)	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat	- <i>Elektriciteit</i> : landelijk transport en distributie, en regionale distributie. Bijvoorbeeld een hoogspanningsstation. - <i>Aardgas</i> : productie, landelijk transport en (regionale) distributie. Bijvoorbeeld station voor overslag of distributie van gas. - <i>Olie</i> : olievoorziening, bijvoorbeeld een depot of raffinaderij.
<b>Telecom/ICT: basisvoorzieningen voor communicatie om te kunnen reageren bij een overstroming &amp; publiek netwerk</b>  ('Vitale processen' NCTV *)	- <i>Basisvoorzieningen</i> : Ministerie van Justitie en Veiligheid - <i>Publiek netwerk</i> : Ministerie van Economische Zaken en Klimaat	- <i>Basisvoorzieningen</i> : communicatie met en tussen hulpdiensten, Bijvoorbeeld C2000-zendmasten. - <i>Publiek netwerk</i> : internet en datadiensten, internettoegang en dataverkeer, spraakdiensten en sms. Bijvoorbeeld glasvezelkabel of zendmast.
<b>Waterketen: afvalwater &amp; drinkwater</b>  (alleen drinkwater valt onder 'Vitale processen' NCTV *)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	- <i>Afvalwater</i> : afvalwaterzuivering en riool zijn kwetsbaar maar niet vitaal: bij een overstroming wordt de zuivering van afvalwater uitgeschakeld. - <i>Drinkwater</i> : drinkwatervoorziening, bijvoorbeeld een waterwingebied of drinkwaterzuivering.
<b>Gezondheid</b>	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport	Ziekenhuizen zijn kwetsbaar maar niet vitaal
<b>Keren en beheren oppervlaktewater</b>  ('Vitale processen' NCTV *)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	Hoofdgemalen
<b>Transport</b>  (alleen lucht- en scheepvaart zijn 'Vitale processen' NCTV *)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	Hoofdwegennet

---

<p><b>Chemisch en Nucleair, incl. infectieuze stoffen en genetisch gemodificeerde organismen (ggo's)</b></p> <p><b>(alleen chemische stoffen en nucleair vallen onder 'Vitale processen' NCTV *)</b></p>	<p>- <i>Chemie en nucleair:</i> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat</p> <p>- - <i>Infectieuze stoffen en ggo's:</i> Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport &amp; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat</p>	<p>- <i>Chemie:</i> grootschalig vervoer, opslag, productie en verwerking van chemische stoffen. Bijvoorbeeld chemische bedrijven.</p> <p>- <i>Nucleair:</i> opslag, productie en verwerking nucleair materiaal. Bijvoorbeeld een kerncentrale.</p> <p>- <i>Infectieuze stoffen en ggo's:</i> laboratoria die werken met infectieuze stoffen waaronder genetisch gemodificeerde organismen.</p>
--	--	---

---

Bronnen: TwynstraGudde & ORG-ID (2019)

Samen Klimaatbestendig (2021)

\* Categorie A en B vitale processen Nationale Veiligheid, volgens NCTV (2017).

# Bijlage 4 Overzicht met onderdelen van klimaatrisicoanalyse volgens ISO 14091

Bron: ISO 14091 (2021)

## **Where a report is used to present risk assessment results, the report should provide:**

- a description of the objectives of the risk assessment;
- the methods applied;
- the key findings;
- background information needed to understand and interpret the results.

## **The report should contain the following.**

### — A) Context and objectives:

- the context in which the risk assessment was conducted (e.g. as part of a specific programme);
- the objectives and approaches of the risk assessment;
- institutions and interested parties involved;
- the scope of the risk assessment including the system and impact(s) under review, as well as the geographical scope and timeframe.

### — B) Methodology and implementation:

- the assumed cause-effect relationships underlying the assessment, including the impact chains;
- the selected risk factors and their indicators and the method(s) used, any data gaps and how they were handled;
- the selection criteria for involved interested party(ies);
- the information on the involved experts, including the sectors/geographic areas or professional backgrounds that were represented;
- the weighting used (if any) and the process(es) by which it was determined (e.g. participatory processes with interested parties) (see [Annex F](#));
- the aggregation approach used (if any) for assessing risk;
- the information on data sources and calculations to be used in future assessments for monitoring and evaluation.

### — C) Findings:

- the summary of the quantitative information on the overall risk as well as values for individual and aggregated indicators for hazard, sensitivity, exposure, potential impact and adaptive capacity;
- the relevant qualitative information on the overall risk as well as any further relevant qualitative information on hazard, sensitivity, exposure, potential impact and adaptive capacity;
- the challenges and opportunities encountered at the various stages of the risk assessment;
- the uncertainties of the results;
- the lessons learned;
- the illustrations (maps, diagrams, graphs, etcetera) that help explain the findings.

### — D) Conclusions and recommendations:

- the conclusions regarding the objectives of the risk assessment (e.g. prioritization of climate change impacts, identification of regional hot spots);
- the conclusions for ongoing or forthcoming (policy) processes, such as adaptation strategies;
- the suggestions for adaptation planning and monitoring and evaluation;
- the recommendations for further assessments (methodology and content).

# Bijlage 5 Risicoanalyse Nationale Veiligheid

Bron: ANV (2019b)

Tabel 1

Nationaal veiligheidsbelang	Impactcriteria
1. Territoriale veiligheid	1.1 Aantasting van de integriteit van het (Nederlands) grondgebied
	1.2 Aantasting van de integriteit van de internationale positie van Nederland.
	1.3 Aantasting van de integriteit van de digitale ruimte
	1.4 Aantasting van de integriteit van het bondgenootschappelijk grondgebied
2. Fysieke veiligheid	2.1 Doden
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken
	2.3 Gebrek aan primaire levensbehoeften
3. Economische veiligheid	3.1 Kosten
	3.2 Aantasting van de vitaliteit van de Nederlandse economie
4. Ecologische veiligheid	4.1 Langdurige aantasting van het milieu en de natuur
5. Sociale en politieke stabiliteit	5.1 Verstoring van het dagelijkse leven
	5.2 Aantasting van de democratische rechtstaat
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact
6. Internationale rechtsorde	6.1 Aantasting van de normen van staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting
	6.2 Aantasting van de werking, legitimiteit dan wel naleving van de internationale verdragen en normen inzake de rechten van de mens
	6.3 Aantasting van een op regels gebaseerd internationaal financieel-economisch bestel
	6.4 Aantasting van de effectiviteit, legitimiteit van multilaterale instituties

Tabel 2

Impactcriteria, klimaatgerelateerde impacts en indicatoren

Impactcriteria	Klimaatgerelateerde impacts, niet uitputtend	Indicatoren
<b>1.1 Het buiten gebruik en/of ontoegankelijk zijn van dan wel het verlies van zeggenschap over delen van het Koninkrijk der Nederlanden (inclusief gebiedsdelen overzee en inclusief territoriale wateren en het luchtruim)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buiten oevers treden van rivieren, overstroming.</li> <li>- Territoriumverlies door zeespiegelstijging.</li> <li>- Uitbraak ziekten bij mens of dier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlakte van het bedreigde, ontoegankelijke of niet te gebruiken gebied (geografische afbakening);</li> <li>- tijdsduur gedurende welke het gebied wordt bedreigd, ontoegankelijk is of niet kan worden gebruikt;</li> <li>- bevolkingsdichtheid van het betreffende gebied.</li> </ul>
<b>2.1 Sterfte door directe en indirecte gezondheidsbedreigingen op korte en langere termijn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grootscheepse dijkdoorbraak.</li> <li>- Overstroming.</li> <li>- Hitte, droogte, natuurbrand.</li> <li>- Extreem weer, storm.</li> <li>- Uitbraak ziekte bij mens, pandemie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- totaal aantal doden door het incident of proces, ook door indirecte effecten. De totale sterfte is de som van overlijden door lichamelijk letsel, ziekte, geestelijk letsel (zelfdoding).</li> </ul>
<b>2.2 Ernstig letsel of langdurige functiebeperkingen door</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grootscheepse dijkdoorbraak.</li> <li>- Overstroming.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- som van het aantal slachtoffers met ernstig letsel</li> </ul>

<b>directe en indirecte gezondheidsbedreigingen van lichamelijke en geestelijke aard op korte en langere termijn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hitte, droogte, natuurbrand.</li> <li>- Extreem weer, storm.</li> <li>- Uitbraak ziekte bij mens, pandemie.</li> </ul>	of langdurige functiebeperkingen, zie definities in ANV (2019b). Ook door indirecte effecten.
<b>2.3 Lichamelijk lijden door gebrek aan primaire levensbehoeften, warmte, hygiëne, drinken, eten, acute gezondheidszorg</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Direct wegvallen voorzieningen door droogte, brand, overstroming, weersextremen.</li> <li>- Indirect wegvallen door b.v. langdurige uitval electriciteitsvoorziening door overstroming, brand of weersextremen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aantal getroffen;</li> <li>- tijdsduur.</li> </ul>
<b>3.1 Kosten: Geldbedrag in termen van herstelkosten voor geleden schade, extra kosten en gederfde inkomsten.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buiten oevers treden van rivieren, overstroming.</li> <li>- Grootscheepse dijkdoorbraak.</li> <li>- Territoriumverlies door zeespiegelstijging.</li> <li>- Uitbraak ziekten bij mens of dier, pandemie</li> <li>- Hitte, droogte, (natuur)brand.</li> <li>- Extreem weer, storm.</li> <li>- Vluchtelingenstromen</li> <li>- Uitval arbeidskrachten en lagere - inzet</li> <li>- Verlies triple A-status</li> <li>- Aantasting gebouwen, erfgoed</li> <li>- Opbrengstderving landbouw</li> <li>- etcetera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- materiële schade en kosten;</li> <li>- gezondheid schade en kosten;</li> <li>- financiële schade en kosten;</li> <li>- kosten van bestrijding, hulpverlening en herstel. Ook indirecte kosten, nakomende kosten, zie ANV (2019b).</li> </ul>
<b>3.2 Aantasting van de vitaliteit van de Nederlandse economie</b>	<p>Indirecte effecten van klimaatverandering:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlies triple A-status door hoge klimaatrisico's</li> <li>- Omvangrijk wegvallen productiecapaciteit door grootscheepse dijkdoorbraak en overstroming</li> <li>- Uitvallen infrastructuur.</li> <li>- Uitvallen transport.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toename van de schuldquote (schuld/bnp) over een periode van tenminste 2 jaar</li> <li>- toename van werkloosheid (12 uursgrens) over een periode van tenminste 2 jaar.</li> <li>- aandeel van getroffen sectoren in de nationale productie (bruto toegevoegde waarde) in samenhang met de duur van de verstoring.</li> </ul>
<b>4.1 Langdurige of blijvende aantasting van de kwaliteit van het milieu, waaronder verontreiniging van lucht, water of bodem, en langdurige of blijvende verstoring van de oorspronkelijke ecologische functie, zoals het verlies van soortendiversiteit flora en fauna, verlies van bijzondere ecosystemen, overrompeling door uitheemse soorten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Overstromingen</li> <li>- Geleidelijke temperatuurstijging</li> <li>- Weersextremen, storm, hagel</li> <li>- Hitte</li> <li>- Droogte</li> <li>- Natuurbranden</li> <li>- Verzilting</li> <li>- Territoriumverlies door afslag, zeespiegelstijging, erosie, droogvallen</li> </ul>	<p>A. aantasting van natuur- en landschappelijke gebieden die als beschermwaardig zijn aangewezen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Type van de natuurgebieden die in het getroffen gebied liggen: er wordt nagegaan of er zich in het getroffen gebied natuurgebieden bevinden die behoren tot de broedgebieden van weidevogels, tot de EHS of tot de Natura 2000 gebieden, of dat er sprake is van aantasting van de Waddenzee.</li> </ul> <p>Aantasting van deze gebieden</p>
<b>N.B.! Natuur en milieu worden gezien als één criterium, maar</b>		

---

daarbinnen wordt er toch  
gescheiden mee  
omgegaan.

**N.B.!** Dit criterium is  
blijkbaar lastig te vatten  
in indicatoren.

**N.B.!** Er wordt alleen naar  
gebieden gekeken, niet  
naar soorten, b.v.  
verdringing inheemse  
soorten door exoten door  
temperatuurstijging.

**N.B.!** Er wordt niet naar  
ecologische  
waterkwaliteit gekeken,  
b.v. zuurstofloosheid en  
hitte, droogvallen beken,  
wegtrekken koude-  
minnende soorten in zee.

wordt in die volgorde als  
ernstiger ingeschat.

- Relatief oppervlak van het  
getroffen gebied: voor ieder  
van de typen wordt bepaald  
welk percentage van de totaal  
in Nederland aanwezige  
oppervlakte getroffen is

B. aantasting van het milieu in  
algemene zin, ook buiten de  
genoemde natuur- en  
landschappelijke gebieden

- Als de aantasting zodanig  
ernstig is dat er sprake is van  
functioneel verlies van het  
getroffen gebied, dan valt dit  
onder impactcriterium 1.1.

- Impact van vrijgekomen  
chemische stoffen op de  
volksgezondheid: doden,  
(chronisch) zieken, lichamelijk  
lijden valt onder  
impactcriterium 2.

- Een groot aantal milieu-  
impacts zal gerekend moeten  
worden onder  
impactcriterium 3; het gaat  
dan bijvoorbeeld om kosten  
van/door: herstelactiviteiten  
van aantasting van het milieu,  
evacuatie van mensen en  
(landbouw huis)dieren ten  
gevolge van milieu-impacts,  
verlies van de bruikbaarheid  
van het milieu voor  
landbouw, veeteelt, visserij,  
en voor

'ecosysteemdiensten', verlies  
van andere 'use' functies van  
het milieu, zoals  
beschikbaarheid van  
oppervlaktewater voor water-  
zuivering, recreatieve functies  
(bijvoorbeeld zwemwater,  
toerisme).

- Aantasting van het milieu  
kan een ontwrichtende  
werking hebben, met  
aantasting van de  
luchtkwaliteit, waardoor  
(sommige groepen van)  
mensen zich niet meer vrijelijk  
buiten kunnen bewegen  
(impactcriterium 5.1).

De ernst van de impact wordt  
gescoord aan de hand van de  
absolute oppervlakte van het

---



<p><b>5.1 De aantasting van de vrijheid zich te verplaatsen en samen te komen op publieke plaatsen en in openbare ruimten, alsmede de aantasting van virtuele bereikbaarheid en nieuwsgaring, waardoor de deelname aan het normale maatschappelijk verkeer wordt belemmerd.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dijkdoorbraak</li> <li>- Hitte en brand</li> <li>- Massale aantasting vitale infrastructuur door overstroming</li> <li>- Massale uitval transport</li> <li>- Massale uitval beroepsbevolking door pandemie</li> <li>- Grootschalige instroom vluchtelingen</li> </ul>	<p>getroffen gebied, en de tijdsduur.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aantal getroffen (aandacht voor kwetsbare groepen)</li> <li>- tijdsduur. Die: <ul style="list-style-type: none"> <li>- geen onderwijs kunnen volgen;</li> <li>- niet naar het werk kunnen gaan;</li> <li>- geen gebruik kunnen maken van maatschappelijke voorzieningen als die voor sport, cultuur, religie en/of gezondheidszorg;</li> <li>- geen beroep meer kunnen doen op het eigen sociale netwerk en/of zelf niet meer maatschappelijk kunnen bijdragen (denk aan vrijwilligerswerk en mantelzorg)</li> </ul> </li> <li>verminderde virtuele/sociale bereikbaarheid en de mogelijkheid tot nieuwsgaring door uitval van internet (e-mailverkeer), telecommunicatie (tv, telefoon, e.d.);</li> <li>- niet kunnen doen van noodzakelijke aankopen wegens winkelsluiting.</li> </ul>
---	--	---

N.B. Eén klimaatgerelateerde gebeurtenis kan verschillende soorten nationale veiligheidsimpacts hebben.

# Bijlage 6 Fragmenten Europese Klimaatwet

## Article 5 Adaptation to climate change

1. The relevant Union institutions and the Member States shall ensure continuous progress in enhancing adaptive capacity, strengthening resilience and reducing vulnerability to climate change in accordance with Article 7 of the Paris Agreement.
2. The Commission shall adopt a Union strategy on adaptation to climate change in line with the Paris Agreement and shall regularly review it in the context of the review provided for in point (b) of Article 6(2) of this Regulation.
3. The relevant Union institutions and the Member States shall also ensure that policies on adaptation in the Union and in Member States are coherent, mutually supportive, provide co-benefits for sectoral policies, and work towards better integration of adaptation to climate change in a consistent manner in all policy areas, including relevant socioeconomic and environmental policies and actions, where appropriate, as well as in the Union's external action. They shall focus, in particular, on the most vulnerable and impacted populations and sectors, and identify shortcomings in this regard in consultation with civil society.
4. Member States shall adopt and implement national adaptation strategies and plans, taking into consideration the Union strategy on adaptation to climate change referred to in paragraph 2 of this Article and based on robust climate change and vulnerability analyses, progress assessments and indicators, and guided by the best available and most recent scientific evidence. In their national adaptation strategies, Member States shall take into account the particular vulnerability of the relevant sectors, inter alia, agriculture, and of water and food systems, as well as food security, and promote nature-based solutions and ecosystem-based adaptation. Member States shall regularly update the strategies and include the related updated information in the reports to be submitted under Article 19(1) of Regulation (EU) 2018/1999.
5. By 30 July 2022, the Commission shall adopt guidelines setting out common principles and practices for the identification, classification and prudential management of material physical climate risks when planning, developing, executing and monitoring projects and programmes for projects.

## Article 6 Assessment of Union progress and measures

1. By 30 September 2023, and every five years thereafter, the Commission shall assess, together with the assessment provided for under Article 29(5) of Regulation (EU) 2018/1999:  
.....  
(b) the collective progress made by all Member States on adaptation as referred to in Article 5 of this Regulation. The Commission shall submit the conclusions of that assessment, together with the State of the Energy Union report prepared in the respective calendar year in accordance with Article 35 of Regulation (EU) 2018/1999, to the European Parliament and to the Council.
2. By 30 September 2023, and every five years thereafter, the Commission shall review:  
.....  
(b) the consistency of Union measures with ensuring progress on adaptation as referred to in Article 5.
3. Where, based on the assessments referred to in paragraphs 1 and 2 of this Article, the Commission finds that Union measures are inconsistent with the climate-neutrality objective set out in Article 2(1) or inconsistent with ensuring progress on adaptation as referred to in Article 5, or

that the progress towards that climate-neutrality objective or on adaptation as referred to in Article 5 is insufficient, it shall take the necessary measures in accordance with the Treaties.

4.....The Commission shall also assess whether those draft measures or legislative proposals, including budgetary proposals, are consistent with ensuring progress on adaptation as referred to in Article 5. When making its draft measures and legislative proposals, the Commission shall endeavour to align them with the objectives of this Regulation. In any case of non-alignment, the Commission shall provide the reasons as part of the consistency assessment referred to in this paragraph.

#### **Article 7 Assessment of national measures**

1. By 30 September 2023, and every five years thereafter, the Commission shall assess: ..... (b) the consistency of relevant national measures with ensuring progress on adaptation as referred to in Article 5, taking into account the national adaptation strategies referred to in Article 5(4). The Commission shall submit the conclusions of that assessment, together with the State of the Energy Union report prepared in the respective calendar year in accordance with Article 35 of Regulation (EU) 2018/1999, to the European Parliament and to the Council.

2. Where the Commission finds, after due consideration of the collective progress assessed in accordance with Article 6(1), that a Member State's measures are inconsistent with the climate-neutrality objective set out in Article 2(1) or inconsistent with ensuring progress on adaptation as referred to in Article 5, it may issue recommendations to that Member State. The Commission shall make such recommendations publicly available.

3. Where recommendations are issued in accordance with paragraph 2, the following principles shall apply: (a) the Member State concerned shall, within six months of receipt of the recommendations, notify the Commission on how it intends to take due account of the recommendations in a spirit of solidarity between Member States and the Union and between Member States; L 243/12 EN Official Journal of the European Union 9.7.2021 (b) after the submission of the notification referred to in point (a) of this paragraph, the Member State concerned shall set out, in its following integrated national energy and climate progress report submitted in accordance with Article 17 of Regulation (EU) 2018/1999, in the year following the year in which the recommendations were issued, how it has taken due account of the recommendations; if the Member State concerned decides not to address the recommendations or a substantial part thereof, that Member State shall provide the Commission its reasoning; (c) the recommendations shall be complementary to the latest country-specific recommendations issued in the context of the European Semester.

## Bijlage 7 Definities

Voor een overzicht van definities wordt verwezen naar de begrippenlijst van ISO 14091. De lijst met definities kan naar behoefte worden aangepast en uitgebreid, indien andere of aanvullende definities zijn gewenst. De UK CCRA3 heeft ook een uitgebreide gereviewde glossary die voor een groot deel is gebaseerd op de IPCC: [CCRA3-Glossary.pdf \(ukclimaterisk.org\)](#). De IPCC heeft een uitgebreide website waarin definities kunnen worden opgezocht [IPCC Glossary Search](#). Hier kan uit worden geselecteerd voor definities die niet in de lijst staan van ISO 14091.

### **Definitie ‘klimaatrisico’**

Hieronder worden de definities uit de ISO 14091, de Climate Change Risk Analysis van het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3) en de IPCC AR6 WGII toegelicht. Deze bronnen preciseren het begrip ‘klimaatrisico’ steeds verder. De Nederlandse nationale klimaatrisico analyse 2022 – 2026 sluit zich aan bij de definitie van IPCC AR6 WGII (IPCC 2022, gebaseerd op Reisinger et al. 2020).

### **ISO 14091**

In de ISO 14091 voor de analyse van klimaatrisico's en -kwetsbaarheid is het begrip ‘risico’ breed gedefinieerd als het ‘gevolg van onzekerheid’. Het eerste deel van deze definitie, het gevolg, is gedefinieerd als een afwijking van het verwachte patroon en kan positief, negatief of beide zijn. In deze opvatting kan een risico dus zowel positief als negatief zijn: een gevaar of een kans. Echter, beide kan ook: een gevaar voor de een kan een kans zijn voor de ander. Het tweede deel van de definitie van risico, onzekerheid, ontstaat door het ontbreken van informatie, begrip of kennis over een gebeurtenis, de consequenties of waarschijnlijkheid (ISO 14091 2021).

### **UK CCRA3**

In de derde Climate Change Risk Analysis van het Verenigd Koninkrijk (UK CCRA3, Betts et al. 2021) definieert men risico als *‘the potential for consequences where something of value is at stake and where the outcome is uncertain’*. *Risk assessments often use measures of probability and consequence to characterise the risk, and attempts are made to define these quantities as accurately as possible. Climate change risk assessments must cope with a large amount of uncertainty* (Betts et al. 2021).

De UK CCRA3 voegt met deze definitie een volgende stap toe aan wat ISO 1409 ‘gevolg van onzekerheid’ noemt. Waar de ISO 14091 het alleen heeft over een ‘afwijking van het verwachte patroon’ (bij klimaatverandering bijvoorbeeld een afwijking van het verwachte weerspatroon), voegt de UKCCRA3 daar ‘waarden’ aan toe, waarop het afwijkende patroon invloed kan hebben. Deze invloed kan positieve of negatieve gevolgen hebben voor die waarden. Ook geeft de UK CCRA3 aan dat men probeert om de aard en omvang van de mogelijke gevolgen voor die waarden zo goed mogelijk te kwantificeren, evenals de waarschijnlijkheid van die gevolgen. Hiermee kunnen de risico's worden gekwantificeerd en onderling objectief vergeleken. Echter de onzekerheden over de gevolgen en waarschijnlijkheid zijn vaak groot.

### **IPCC AR6 WGII**

IPCC WGII (IPCC 2022, p. 1-17, gebaseerd op Reisinger et al. 2020, zie onder) definieert risico als volgt en geeft daarmee een omschrijving van de ‘waarden’ waarop klimaatrisico's impact kunnen hebben: *Risk in this report is defined as the potential for adverse consequences for human or ecological systems, recognising the diversity of values and objectives associated with such systems. In the context of climate change impacts, risks result from dynamic interactions between climate-related hazards with the exposure and vulnerability of the affected human or ecological system. In the context of climate change responses, risks result from the potential for such responses not achieving the intended objective(s), or from potential trade-offs or*

*negative side-effects.*

IPCC WGII analyseert hiermee niet alleen de risico's direct voortvloeiend uit klimaatverandering, maar ook de risico's die juist voortvloeien uit adaptatie aan die klimaatinvloeden.

Reisinger et al. (2020) geven een gedetailleerdere beschrijving van de aard van de risico's en de waarden die aan de orde zijn bij klimaatrisico's.

*'The potential for adverse consequences for human or ecological systems, recognising the diversity of values and objectives associated with such systems. In the context of climate change, risks can arise from potential impacts of climate change as well as human responses to climate change. Relevant adverse consequences include those on lives, livelihoods, health and wellbeing, economic, social and cultural assets and investments, infrastructure, services (including ecosystem services), ecosystems and species.*

*- In the context of climate change impacts, risks result from dynamic interactions between climate-related hazards with the exposure and vulnerability of the affected human or ecological system to the hazards. Hazards, exposure and vulnerability may each be subject to uncertainty in terms of magnitude and likelihood of occurrence, and each may change over time and space due to socio-economic changes and human decision-making (see also risk management, adaptation, mitigation*

*- In the context of climate change responses, risks result from the potential for such responses not achieving the intended objective(s), or from potential trade-offs with, or negative side-effects on, other societal objectives, such as the Sustainable Development Goals. Risks can arise for example from uncertainty in implementation, effectiveness or outcomes of climate policy, climate-related investments, technology development or adoption, and system transitions.'*

## Bijlage 8 ISO 14091 handreiking impactketens

Bron: ISO 14091 (2021), Annex C

Impact chains can serve a variety of objectives. In the field of vulnerability and risk assessments and planning processes aimed at adaptation to climate change, impact chains have the following characteristics:

- an effective tool to better understand and systemize the factors that drive risk and vulnerability in a given system (cause-and-effect relationship);
- a basis for adaptation planning, by identifying indicators and concrete measures;
- a representation of how potential climate change risks can affect a system via direct and indirect impacts.

There are different ways to develop impact chains. It is easiest to start with the potential impacts (e.g. decrease in agricultural productivity) from the screening exercise when designing impact chains. During this first step, a broad overview of the relevant climate change impacts should be gained. If more than one sector is included in the assessment, climate change impacts should be collected for each sector separately. Useful questions for identifying these impacts include how climate signals have impacted the system concerned in the past and whether any new trends or change in recent weather events have been observed<sup>[14]</sup>.

In more complex cases, clustering the impacts by related or similar topics to form groups of impacts is the next step. These clusters are helpful for prioritizing the key impacts/clusters that will be analysed in greater depth in the assessment. The focus should be on those impacts that exercise the most influence on the system.

From the impact, it is easy to follow a bottom-up direction, identifying related intermediate impacts (e.g. reduced water availability) related to the climate change impacts collected above and lastly the hazard (e.g. less precipitation). Each relevant climate change impact should be linked to its climatic causes (i.e. the hazard: less precipitation).

For each impact, the other risk components, i.e. exposure and sensitivity, should be considered as well. Also, the adaptive capacity (e.g. potential for irrigation) that influences the risk to the affected system (see [6.5](#)) can be considered. As far as possible, one or several risk factors for each risk component should be determined (see [Table C.1](#)). Afterwards, indicators that can be quantitatively or qualitatively estimated are selected for these risk factors.

In considering the sensitivity of a system, it is helpful to look at the attributes that influence its susceptibility to potential negative impacts (e.g. the crop type cultivated). To identify the exposure factor(s) of a system, the project team should identify the key elements that are present in the system that can potentially be affected by the hazard (e.g. the location of smallholders)<sup>[14]</sup>.

**Tabel 1***Risico componenten, risico factoren en indicatoren*

<b>Risk component</b>	<b>Risk factor (example)</b>	<b>Indicator (example)</b>
Hazard	Precipitation	Sum of rainfall over three consecutive months
Exposure	Location of smallholders (incidence)	Number of smallholders in a given area
Sensitivity	Crop type	Percentage of area cultivated with drought sensitive crops
Adaptive capacity	Capacity to switch to resilient crops	Percentage of income available for investment into new crop types

Exposure factors can be identified by answering the following questions: “who or what is potentially exposed to the hazard and the related impacts?” and “which spatial factors contribute to the degree of exposure?” Normally fewer factors are needed to express the exposure component of a risk assessment than is the case for hazard or sensitivity components.

Sensitivity factors can be approached like exposure factors. The guiding question is: “what are the characteristics/existing attributes of the system that make it susceptible to adverse effects of the changing hazards identified in the previous step?”. These characteristics or attributes can be bio-physical, socioeconomic or other (e.g. regulatory, administrative). The task is to identify attributes or properties that influence the extent of the potential impacts.

# Bijlage 9 Risicoklassen UK CCRA3

(Watkiss et al. 2021)

**Tabel 1**

Risicoklassen in de UK CCRA3 op basis van kwantitatief en kwalitatief bewijs

	<b>High Magnitude</b>	<b>Medium Magnitude</b>	<b>Low Magnitude</b>
Quantitative evidence	<i>Major annual damage and disruption or foregone opportunities:<sup>1</sup></i>	<i>Moderate annual damage and disruption or foregone opportunities:</i>	<i>Minor annual damage and disruption or foregone opportunities:</i>
	-£hundreds of millions damage (economic) or foregone opportunities, and/or	-£tens of millions damage (economic) or foregone opportunities, and/or	-Less than £10 million damage (economic) or foregone opportunities, and/or
	-Hundreds of deaths <sup>2</sup> , thousands of major health impacts, hundreds of thousands of people affected / minor health impacts, and/or	-Tens of deaths, hundreds of major health impacts, tens of thousands of people affected / minor health impacts. and/or	-A few deaths, tens of major health impacts, thousands of people affected / minor health impacts, and/or
	-Tens of thousands of hectares land lost or severely damaged <sup>3</sup> , and/or thousands of km of river water/km <sup>2</sup> of water bodies affected, and/or	-Thousands of hectares of land lost or severely damaged, and/or hundreds of km of river water/km <sup>2</sup> of water bodies affected, and/or	-Hundreds of hectares of land lost or severely damaged, and/or tens of km of river water/km <sup>2</sup> of water bodies affected, and/or
	-Major impact (~10% or more at national level) to valued habitat or landscape types (e.g. BAP habitats, SSSIs), and/or	-Intermediate impact (~5% at national level) to valued habitat or landscape types (e.g. BAP habitats, SSSIs), and/or	-Minor impact (~1% at national level) to valued habitat or landscape types (e.g. BAP habitats, SSSIs), and/or
	-Major impacts on or loss of species groups, and/or	-Intermediate impacts on or loss of species groups, and/or	-Minor impacts on or loss of species groups, and/or
	-Major impact (10% or more at national level) to an individual natural capital asset and associated goods and services <sup>4</sup> , and/or	- Intermediate impact (1 to 10% at national level) to an individual natural capital asset and associated goods and services, and/or	- Minor impact (~1% or less at national level) to an individual natural capital asset and associated goods and services, and/or
	-Major loss or irreversible damage to single nationally iconic heritage asset (e.g. Stonehenge, Giants' Causeway)	-Medium loss or irreversible damage of nationally iconic heritage asset (e.g. Stonehenge, Giant's Causeway)	-Low loss or irreversible damage to nationally iconic heritage asset (e.g. Stonehenge, Giants' Causeway)
Qualitative evidence	Expert judgement of chapter authors, confirmed with agreement across authors, CCC and peer reviewers suggest there is a possibility of impacts of the magnitude suggested above.		



## Bijlage 10 Literatuur over onzekerheden

MNP Leidraad en tools 'Omgaan met onzekerheden' Webapplicatie Leidraad voor Omgaan met Onzekerheden | PBL Planbureau voor de Leefomgeving, (Van der Sluijs et al. 2003 en 2004).

Background on uncertainty assessment supporting climate adaptation decision-making L Van Bree, J Van Der Sluijs Adapting to an Uncertain Climate, 17-40

### Guide for uncertainty communication

JA Wardekker, P Kloprogge, AC Petersen, PHM Janssen, ...  
Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series 6

### A guidance for assessing and communicating uncertainties

PHM Janssen, AC Petersen, JP van der Sluijs, JS Risbey, JR Ravetz  
Water science and technology 52 (6), 125-131

### RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication: Mini-Checklist & Quickscan Questionnaire

AC Petersen, PHM Janssen, JP van der Sluijs, JS Risbey, JR Ravetz, ...  
PBL Netherlands Environmental Assessment Agency

### IVM/MNP guidance for uncertainty assessment and communication: Quickscan hints & actions list

PHM Janssen, AC Petersen, JP van der Sluijs, JS Risbey, JR Ravetz  
RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series 2

### RIVM/MNP guidance for uncertainty assessment and communication: Detailed guidance

JP Van der Sluijs, JS Risbey, P Kloprogge, JR Ravetz, SO Funtowicz, ...  
Copernicus Institute for Sustainable Development, Universität Utrecht und ...

### A Leidraad for Uncertainty Scanning and Assessment at RIVM

J van der Sluijs, R Hoppe, J Risbey, P Kloprogge, J Ravetz, S Funtowicz, ...  
RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series

### Health risks of climate change: An assessment of uncertainties and its implications for adaptation policies

JA Wardekker, A De Jong, L Van Bree, WC Turkenburg, JP Van Der Sluijs  
Environmental Health 11 (1), 1-16

### Begrippen rondom onzekerheid

MJP Mens, JH Kwakkel, A De Jong, WAH Thissen, JP Van der Sluijs  
Kvk rapport 049-2012

### Reflective approaches to uncertainty assessment and communication

JP van der Sluijs, A Petersen, S Funtowicz  
The Politics of Scientific Advice: Institutional Design for Quality ...

### Karakterisering van onzekerheid in effecten van klimaatverandering in Nederland.

Copernicus Instituut, Utrecht Universiteit, rapport nr  
JA Wardekker, JP van der Sluijs

NWS-E-2011-79 Utrecht. Bijdrage aan Klimaatbestendig Nederland

Expert elicitation on uncertainty, climate change and human health

JA Wardekker, A de Jong, JP van der Sluijs

Copernicus Institute

Uncertainty communication in environmental assessments: views from the Dutch science-policy interface

JA Wardekker, JP van der Sluijs, PHM Janssen, P Kloprogge, ...

Environmental science & policy 11 (7), 627-641

Uncertainty and climate change adaptation: a scoping study

S Dessai, JP van der Sluijs

Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department ...

Uncertainty communication: issues and good practice

P Kloprogge, JP van der Sluijs, JA Wardekker

Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation

# Bijlage 11 Relaties tussen sectoren

Bron: I&M 2016

## **Water-Natuur-Stedelijke inrichting-Gezondheid:**

- Waterkwaliteit, bestrijding van blauwalg, minder infectieziekten.
- Groen-blauwe omgeving met recreatiemogelijkheden nodigt uit tot meer bewegen = goed voor gezondheid. Maar meer recreatie = ook hogere blootstelling aan ziekteverwekkers (denk aan teken en de ziekte van Lyme).
- Meer groen = goed tegen hittestress, let wel op slimme inrichting in verband met de luchtkwaliteit.

## **Water-RO-Openbare Ruimte-Woningbouw-Grond, Weg- en Waterbouw:**

- Transformatie van steden laten aanhaken op klimaatbestendige inrichting.
- Omgevingswet benutten om samenhang te brengen in de samenwerking tussen partijen.
- Wateroverlast in de ruimtelijke inrichting oplossen is goedkoper dan in watersysteem.
- Kennisuitwisseling tussen leveranciers en gemeenten (zoals boomkwekers) met oog op afstemming assortiment op wat nodig is vanwege klimaatadaptatie.
- Andere ontwerpeisen aan woningen en andere ontwerpeisen aan wegen.
- Bodemdaling in relatie tot peilbeheer in relatie tot ruimtelijke functies: dit botst en leidt tot economische dilemma's en noodzaak tot transformatie.

## **Infrastructuur-RO-Mobiliteit en IT**

- RWS en I&M willen de weg in relatie zien tot: verstedelijking, duurzaamheid, klimaatadaptatie, maar lopen aan tegen verantwoordelijkheidsverdeling en budgetkwesties.
- Mobiliteit wordt steeds afhankelijker van IT (denk aan zelfrijdende auto). Uitval van IT door klimaateffecten werkt dus door in bereikbaarheid en transport.

## **Industrie-Energie en ICT:**

- Uitval van industriële productie door uitval IT/elektriciteit ook door hitte en dergelijke.

## **Ruimtelijke inrichting en crisisbeheersing:**

- Structureel nadenken hoe functies in stand moeten worden gehouden als crisisbeheersing aan de orde is, als gevolg van een calamiteit. Hierbij rekening houden met de uitkomsten van het project Aanpak Nationale Vitale en Kwetsbare Functies.

## **Landbouw-Natuur- Water-Infrastructuur:**

- Landbouw-natuur-water is een bekende driehoek. Denk aan de klimaatbuffers, maar ook aan bodemvruchtbaarheid: een betere bodem is vruchtbaarder en kent meer bodemleven. Een betere bodem houdt meer water vast, draagt bij aan een betere waterkwaliteit en houdt meer CO<sub>2</sub> vast.
- De logistieke processen stabiel houden is een toevoeging die ontstaat door te onderzoeken of infrastructuur wel betrouwbaar genoeg blijft (aan en afvoer van voer, vee en andere landbouwproducten). Immers: Transportbeperkingen kunnen leiden tot economische schade en dierenwelzijnsvraagstukken (zoals: te volle stallen, bederf van niet verkochte voorraad).

## **Landbouw-Gezondheid:**

- Door andere beestjes komen er ook andere dierziektes in beeld die schadelijk kunnen zijn voor de menselijke gezondheid (zoönosen).
- Hittestress in de stal.

## **Landbouw-internationaal-foodsystems:**

- Hogere temperaturen leiden tot meer afval en verspilling in de hele keten en ook tot gezondheidsvraagstukken.

**Klimaat effecten breed en vestigingsklimaat**

- Het is belangrijk dat Nederland uitstraalt dat we klimaatrisico's goed beheersen, zodat het voor bedrijven interessant blijft om zich in ons land te vestigen.

# Bijlage 12 Aanbevelingen en tips

## ISO 14091

Dos.

- Be realistic: Try to elaborate an authentic picture of your system at risk.
- Be pragmatic: Identify direct impacts and relevant risk factors first.
- Be focused: Concentrate on the most important relationships between risk factors.
- Be clear about components: Differentiate between hazard, exposure, sensitivity and adaptive capacity.
- Do background research: Base your assumptions on scientific literature and expert opinions.

Don'ts.

- Don't duplicate sensitivity and adaptive/coping capacities.
- Don't attempt to capture all aspects of reality in all its details and interconnections.
- Don't try to visualize all possible interactions between risk factors (try to distinguish between direct and indirect relations).
- Don't restrict your impact chain to match limited data availability.

## Risk in IPCC AR6

(Reisinger et al. 2020).

Do:

- *use risk where you are explicitly considering potential adverse consequences and the uncertainty relating to those consequences.* The more clearly you can characterise the adverse consequence (in terms of magnitude, scale, distribution, reversibility, etcetera) and the nature of uncertainty, by providing the respective narrative, the more useful the risk concept will be. Note that uncertainty could lie in climate hazards, exposure, vulnerability/sensitivity, economics, human behaviour, technology, etcetera. Recognise that each of those can change over time, either naturally, unintended or as a deliberate change. If you assume no change in a relevant component of risk, state this explicitly to ensure your risk assessment is transparent.
- *use risk to improve the ability for decision-makers to understand and manage risk.* Understanding and managing risk means making decisions about whether the potential for adverse outcomes is acceptable, whether/how it could be reduced, or whether alternative paths of action might result in lesser or different potential adverse consequences.

Don't:

- *use risk as a simple substitute for probability/chance.* For example, a statement such as “climate change increases the risk of wildfire” may simply mean that climate change increases the probability of wildfires. If that is the case, stick with probability language.
- *use risk to describe physical hazards.* In IPCC use, risk refers to consequences for human or ecological systems. Don't use risk terminology if you are only describing a change in frequency and/or magnitude of physical hazards (e.g. don't say “climate change increases flood risk” if your assessment is only looking at changes in flood frequency and/or magnitude and not at the consequences for specified human or ecological systems). In such a case, refer explicitly to changes in frequency and/or magnitude of hazards.

- use *risk* as generic term for ‘anything bad that may happen in future’. Not every negative consequence that may occur in future deserves to be described as ‘risk’, because every future change has the ‘potential’ for adverse consequences. What adverse consequences are usefully presented as ‘risk’ will depend on the context of the assessment. For example, presenting the risk from a specific action may be highly subjective, but comparing risks under alternative courses of action may provide useful support for decision-making.
- use ‘*hazard*’ as a generic term for climatic events or trends that may not have adverse consequences for all elements of an affected system. The term ‘climatic impact driver’ may instead be used in climate science assessments to refer to climatic events or trends in general terms without prejudging whether their consequences are universally adverse or beneficial. The term ‘hazard’ is only appropriate if the consequence of a climate event or trend is determined to be adverse for a specific element of the affected system.

### **Aanbevelingen auteurs Nederlandse klimaatrisicoanalyse 2014/2015**

De auteurs van de overkoepelende klimaatrisico rapporten (PBL 2015a, 2015b) zijn geïnterviewd en hieruit kwamen de volgende aanbevelingen:

- *Investeer in onderzoekskader.* In de setting dat PBL de regie voert en kennisinstututen met experts de analyses uitvoeren, is het essentieel om vooraf te investeren in een helder kader waarbinnen iedereen werkt op dezelfde manier en volgens afgesproken methoden. Ook moet gaandeweg goed onderling contact worden gehouden tussen PBL en kennisinstututen en kennisinstututen onderling (onder andere voor coïncidentie). Alleen zo kunnen de resultaten aan het einde vergelijkbaar zijn. PBL moet meedoen en zich verdiepen in risicoanalyse methoden, alleen uitbesteden en verwerken van resultaten volstaat niet. In 2015 is er niet samengewerkt met en tussen de kennisinstututen. De uiteindelijke risico-tabellen zijn wel getoetst bij de kennisinstututen die de informatie hadden aangeleverd.
- *Besteed aandacht aan en beschrijf de fenomenologie van risico,* b.v. kantelpunten, niet-lineaire/exponentiële ontwikkelingen. Risico is meer dan een technische berekening, ga er conceptueel mee om. Er zijn sociale en psychologische aspecten van risico. Hoe moet je omgaan met risico, bijvoorbeeld hoe weeg je onvergelijkbare risico’s af, hoe wordt er beleidsmatig met risico’s omgegaan, hoe kan je daarmee rekening houden bij het communiceren over risico’s voor beleidsvorming? De PBL risicoanalyse (PBL 2015a, 2015b) onderscheidde risico’s voor gezondheid, natuur en economie. De Geïntegreerde risicoanalyse nationale veiligheid brengt uiteindelijk alle risico’s onder dezelfde noemers. Overleg met beleidsmakers is voor antwoorden op de vraag waarmee die het meest zijn gediend.
- *Neem verschillende indelingen van waarschijnlijkheidscategorieën van gebeurtenissen op in je onderzoek,* b.v. ‘onbekend met grote potentiële gevolgen’, ‘geleidelijke veranderingen met tipping points’, ‘er gaat iets veranderen, maar we weten niet wat’. *Gebruik de MNP Leidraad en tools ‘Omgaan met onzekerheden’ Webapplicatie Leidraad voor Omgaan met Onzekerheden | PBL Planbureau voor de Leefomgeving* (Van der Sluijs et al. 2003, 2004; zie bijlage 10). Er is onderscheid tussen waarschijnlijkheid en betrouwbaarheid om onzekerheid uit te drukken. Risbey en Kandlikar (2007) en Mastrandrea et al. (2010, 2011) beschrijven de omgang met waarschijnlijkheid en betrouwbaarheid voor het IPCC. Zie ook Hoofdstuk 3 en 4.
- *Onderzoek verschillende risico scholen.* Literatuur over risico’s is zeer divers, van kwantitatief tot sociaalpsychologisch tot bestuurlijk. Welke goeroe hang je aan? Hoe doen andere landen dit? Besteed er substantieel tijd aan, ook aan het combineren van kwantitatieve en kwalitatieve informatie. De o-meting geldt niet alleen voor de risico’s, maar ook voor de stand van zaken in kennis over risico’s en risicobeoordeling.
- *Hoe diepgaand en gedetailleerd moet de risicoanalyse zijn?* Wanneer is de analyse ‘goed genoeg’ voor beleidsafweging?

- *Beleidsurgentie wordt door meer factoren bepaald dan klimaatrisico's*, bijvoorbeeld ervaren rampen en nadelige effecten, omloopsnelheid en flexibiliteit van investeringen, reactietijden, omkeerbaarheid, meekoppelkansen, beleving van gebeurtenissen, zie figuur 11 in PBL (2015b). Ook onzekerheid is belangrijk en relevant voor urgentie. Sla een brug naar beleidsmaker, hoe kan je hen van goede informatie voorzien? Het gaat niet alleen om wetenschappelijk verantwoord informatie vergaren, maar ook om het brengen van relevante boodschappen en bruikbare uitkomsten.
- *Besteed aandacht aan de vraagarticulatie* voor departementen, en de urgentie van hún dossier. Toets de vraagarticulatie bij hen.
- *Gebruik NU je tijd goed, zodat je later niet in tijdnood komt*. Start zo snel mogelijk de literatuurstudie en omgevingsverkenning naar stand van kennis over risico en methoden voor klimaatrisico analyse.
- *Onderzoek ook de attributie van klimaatverandering*. Risico is resultante van vele factoren, niet alleen klimaatverandering, neem die mee, onder andere weerbaarheid. Hoe ontwikkelen al die factoren zich in de toekomst?
- *Meenemen 'weerbaarheid' is relevant* en wordt ook gevraagd door JenV (b.v. capaciteit brandweer voor natuurbranden). Proactief handelen kan efficiënter zijn dan herstellen na de klap, maar dit hoeft niet altijd zo te zijn. Het geloof en vertrouwen van mensen in de overheid, en adaptatiecapaciteit om te handelen kunnen ook als risico worden beschouwd. Clar et al. (2012) bespreken 33 guidelines voor ontwikkelen van adaptatiebeleid incl. barrières in de praktijk, en vergelijken deze met literatuur over barrières.
- *Neem kwetsbaarheid en weerbaarheid van het systeem mee* in je onderzoek, het systeem dat kwetsbaarheid mogelijk maakt of toelaat. Voorbeeld hittegolf Parijs 2003.
- *'Meekoppelkansen' en 'eigenaarschap, wie is probleemhouder'* ook meenemen, wie is verantwoordelijk, *wat zijn verantwoordelijkheid en rol van het Rijk?* Voor verplicht meekoppelen zijn b.v. richtlijnen van het Rijk nodig.
- *Wat laat je precies zien, hoe presenteer je resultaten?* Laat je de risico's zelf zien, of de veranderingen daarin t.o.v. een referentie(scenario). Voor weergave van de huidige situatie als o-situatie kies je voor de risico's zelf.
- *Analyseer ook naar secundaire risico's*. Ook zijn er keten effecten en systeemrisico's (zie figuur 6 in H. 3 in PBL (2015b)). Het is lastig het integrale overall-risico te bepalen. Ga uit van gebeurtenissen en analyseer die.
- *Neem ook arbeidsinzet mee als een van de economische gevolgen* van gezondheidsrisico en slachtoffers.
- *Toets uitkomsten van studies van kennisinstituten bij de private sector*, hun ervaringen. Controleer ook of gebruikte internationale (Europese) informatie klopt voor de Nederlandse situatie.
- *Monitoring moet veel systematischer*, was en is te ad hoc. Hiervoor is systeem en zijn er protocollen nodig. Voor gezondheid is het lastig vanwege decentrale organisatie van de GGD's. Rollen van organisaties zijn complex. Zie als voorbeeld overstromingsdreiging protocol.
- *NRB analyseert potentiële impact van één gebeurtenis in 'worst case' scenario*. Risico is een combinatie van gebeurtenissen, vaak niet lineair en met kantelpunten. Zijn we voorbereid op ergste gebeurtenis? Zie ook Jeroen van der Sluijs. NRB onderzoekt ook beleving van risico's. NRB gebruikt systematiek voor expert judgment. Lees hun pandemie scenario's.
- *Baken de analyse goed af tot behapbare werkzaamheden*.

### **National climate change vulnerability and risk assessments EEA member countries**

In 2018 heeft de EEA (European Environment Assessment Agency) een overzicht gemaakt van de nationale klimaatkwetsbaarheid en risicoanalyses door haar lidstaten, de National climate change vulnerability and risk assessments in Europe (EEA 2018). Hieruit kwamen de volgende conclusies over de toegepaste methoden en werkwijzen:

- Er is een grote verscheidenheid in de toegepaste benaderingen en de middelen die worden gebruikt voor nationale CCIV-beoordelingen in Europa (CCIV = Climate change impact and vulnerability). De meeste landen hebben hun eigen aanpak ontwikkeld of verschillende generieke benaderingen gecombineerd bij het ontwerpen van hun nationale CCIV-beoordeling.
- De meeste nationale CCIV-beoordelingen werden uitgevoerd door universiteiten en onderzoeksorganisaties, en er was een grote verscheidenheid aan andere openbare en particuliere instellingen bij betrokken.
- De meeste CCIV beoordelingen waren specifiek ontworpen om de ontwikkeling of herziening van een nationale adaptatiestrategie of nationaal adaptatieplan te ondersteunen. Multi sectorale en sectorale nationale CCIV-beoordelingen waren de belangrijkste informatiebronnen voor de ontwikkeling van nationaal adaptatiebeleid. Daarnaast hebben vrijwel alle landen ook de meningen van belanghebbenden en deskundigen gebruikt, evenals informatie uit internationale en/of Europese CCIV-beoordelingen.
- Bij alle CCIV-beoordelingen is gebruik gemaakt van kwantitatieve klimaatinformatie uit verschillende bronnen. Bijna tweederde nam ook niet-klimatologische scenario's mee, en evenveel hielden systematisch rekening met adaptief vermogen.
- Alle nationale CCIV-beoordelingen waren gericht op nationale beleidsmakers, en de meeste waren ook gericht op andere belanghebbenden, zoals regionale en lokale overheden, private sectoren en NGO's, en politici. Deze waren vooral betrokken via workshops, de beoordeling van concepten, adviescommissies en interviews of hoorzittingen.
- Vrijwel alle CCIV-beoordelingen presenteerden de belangrijkste resultaten op nationaal niveau. Meer dan de helft presenteerde ook informatie op regionaal niveau, en de meeste van hen identificeerden regionale adaptatieprioriteiten. Uit eerdere CCIV-beoordelingen blijkt onder meer het belang van het verstrekken van relevante informatie op sub-nationaal niveau, omdat klimaatrisico's niet uniform zijn binnen een land.
- Meer dan de helft van de CCIV-beoordelingen gebruikt meetgegevens die in geld worden uitgedrukt of een andere veelgebruikte meeteenheid om hun resultaten te presenteren. De meeste identificeerden ook de hardst getroffen sectoren of belangrijkste klimaateffecten.
- Tweederde van de CCIV-beoordelingen gaat verder dan een analytische beoordeling en identificeert en evalueert adaptatiemaatregelen.
- Meer dan de helft van de CCIV-beoordelingen communiceert onzekerheden in de belangrijkste beoordelingsresultaten. Echter, alleen een weinigen doen dit op een systematische manier voor alle sectoren.
- Nationale CCIV-beoordelingen hebben enkele gemeenschappelijke uitdagingen, zoals het omgaan met een gebrek aan of hiaten in gegevens, de integratie van kwantitatieve en kwalitatieve informatie en de vergelijking van diverse klimaatrisico's over sectoren heen.
- Alle landen zijn voornemens hun kennisbasis voor CCIV te actualiseren. Plannen voor toekomstige CCIV-beoordelingen omvatten zowel multi-sectorale CCIV-beoordelingen als gerichte sectorale of klimaat-thematische beoordelingen.



Er werden de volgende **aanbevelingen** gedaan:

- Houd rekening met de specifieke informatiebehoefte en het doel van de CCIV beoordeling.
- Breidt de beoordeling van de gevolgen van klimaatverandering en kwetsbaarheden uit met aangeven van adaptatiemaatregelen en acties die deze kwetsbaarheden verminderen.
- Betrokkenheid van belanghebbenden kan toegang geven tot relevante kennis, maakt wederzijds leren mogelijk en zorgt voor commitment. Het is het meest effectief wanneer belanghebbenden in alle fasen van de analyse worden betrokken.
- Regelmatige actualisering van nationale CCIV-beoordelingen, b.v. om de 5 jaar, maakt het mogelijk om relevante ontwikkelingen te volgen in zowel kennis (onder andere over klimaatverandering en effecten, en methoden voor klimaatrisico-beoordeling) als in het beleid.
- Nationale CCIV-beoordelingen kunnen baat hebben bij nauwere coördinatie met nationale risicobeoordelingen voor rampenpreventie en risicobeperking.
- Nationale CCIV-beoordelingen geven een algemeen overzicht en kunnen helpen bij het stellen van thematische en regionale prioriteiten, maar voor het ontwikkelen van gerichte adaptatiemaatregelen is sub-nationale en lokale informatie nodig.
- Toekomstige CCIV-beoordelingen hebben baat bij een meer systematische aanpak van de volgende elementen:
  - niet-klimatologische factoren, waaronder factoren die het adaptatie / aanpassingsvermogen beïnvloeden;
  - sector-overschrijdende en internationale (grensoverschrijdende) effecten; het ontwikkelen van geharmoniseerde meetinstrumenten voor effecten en kwetsbaarheden, mogelijk internationaal geharmoniseerd, daarnaast context specifieke regionale en lokale statistieken;
  - onzekerheden inschatten en communiceren; het beoordelen van de gevolgen van klimaatverandering in de tijd onder verschillende scenario's;
  - het gericht communiceren van de belangrijkste bevindingen aan verschillende doelgroepen.

### **UK CCRA1**

Tip 1: Maak zo vroeg mogelijk begrippenlijst, want definities verschillen tussen mensen en organisaties voor b.v. impact, gevolg en risico.

Tip 2: Indeling in 11 sectoren heeft voordelen, werkte goed voor bewijs verzamelen en stakeholderbetrokkenheid. Maar voor CCRA Evidence report en streekrapporten is men overgegaan op 5 overlappende en beleidsgerichte thema's.

Tip 3: Systematic mapping kan te veel tijd en mensen kosten. Mogelijke alternatieven:

Inter-sector matrices van impacts en gevolgen, gebruikt voor prioriteren en thema's ontwikkelen.

Case studies, geografische typen. Opschalen gevolgen naar nationaal kan echter lastig zijn.

Hoe identificeer je drempels en feedback, i.p.v. complete overzicht van alle links. Vroeg prioriteren tot meest belangrijke feedbacks, maar kan leiden tot te smalle analyse.

Tip 4: weeg relatieve belang af van nationale gevolgen van internationale impacts versus gevolgen nationale impacts.

Tip 5: Klimaatbeleid ontwikkelt zich snel, werk nauw samen met overheid en bedenk dat je steeds slechts een snapshot hebt van het beleid.

Tip 6: Gebruik standaard methode voor analyse maatschappelijke, omgevings- en economische kosten-baten van beleid.

Tip 7: Neem maatschappelijke kwetsbaarheid zo vroeg mogelijk mee in risicoanalyse. Verdeling van risico impacts over bevolkingsgroepen en maatschappelijke kwetsbaarheid waren in 2012 nieuwe onderwerpen in risicoanalyse (Twigger-Ross et al. 2012).

Tip 8: Literatuur over kwetsbaarheid om vragenlijst te beantwoorden moeilijk te vinden, daarom stakeholders betrekken.

Tip 9: Onderzoek van autonome adaptatiecapaciteit kost veel tijd, geld en menskracht. Om het vol mee te nemen in de risicoanalyse, in vroeg stadium meenemen voor alle sectoren.

Tip 10: Onderzoek van adaptatiecapaciteit kan nuttig zijn door aandacht te vestigen op praktische barrières voor adaptatie maatregelen en actie, waardoor adaptatiecapaciteit binnen en tussen sectoren kan verbeteren.

Tip 11: Sommige impacts hebben meerdere gevolgen en andere niet, wat tot disproportionele score kan leiden. Houd hiermee rekening bij definitie impact.

Tip 12: Impacts op maatschappij kunnen voordelig zijn voor één groep en nadelig voor een andere. Kans en bedreiging apart scoren.

Tip 13: Houd urgentie apart en score op andere twee criteria. Doe gevoeligheidsanalyse voor verschillende scoringsmethoden.

Tip 14: Bekijk uitkomst kritisch en gebruik gezond verstand met de uitkomst, maar blijf transparant.

Tip 15: Geef iedere 'risk metric' een uniek referentiegetal en naam.

Tip 16: Ontwikkelen 'risk metric' kost tijd. Metric moet goede maat zijn voor gevolgen en aansluiten bij mogelijke adaptatiemaatregelen.

Tip 17: Review geselecteerde risk metrics, controleer dat het een bruikbaar pakket is dat elkaar aanvult, onlogische eruit, voor de hand liggende erin.

Tip 18: Welke analysemethode je ook kiest, wees transparant over aannames en onzekerheden.

Tip 19: Wees voorzichtig met historische (te) korte tijdreeksen, extrapolatie van een relatie buiten de bewezen grenzen vanwege potentiële drempelwaarden in natuurlijke of maatschappelijke systeem die gevolgen klimaatverandering kunnen afzwakken of juist versterken via positieve of negatieve feedback. Deze drempelwaarden zijn vaak onbekend en vragen om onderzoek en/of expert judgement.

Tip 20: Een gemeenschappelijke methode voor alle sectoren kan schuren met gangbare praktijk binnen de sectoren, maar kan ook nieuwe inzichten geven. Geef duidelijke handreikingen voor toepassen methode bij verschillende situaties en beperkingen vanwege beschikbare kennis, data, modellen, etc. Dit geldt b.v. voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten, waar meerdere drukfactoren zijn en verschillende non-lineaire responsfuncties van species, habitats en ecosystemen. Respons functies kunnen wel indicatoren opleveren die verder worden geïnterpreteerd.

Tip 21: Met een gemeenschappelijke methode kunnen risico's worden vergeleken, maar gedetailleerdere analyse van risico's kan nodig zijn voor planning van adaptatie maatregelen.

Tip 22: Beschikbare klimaatprojecties hebben beperkingen voor gebruik in klimaatrisico analyses. B.v. ruimtelijke coherente projecties zijn nodig voor biodiversiteit en ecosysteemdiensten om ruimtelijke relaties mee te kunnen nemen.

Tip 23: Baseer risicoanalyse op een bandbreedte van klimaatprojecties, en niet op een mediane schatting.

Tip 24: Baseline voor de respons functies moet consistent zijn met baseline voor klimaatprojecties, en evt. verschillen en aannames moeten worden bijgehouden.

Tip 25: Wees voorzichtig met disaggregeren van nationale gegevens naar regio's, of extrapoleren van gegevens naar andere regio's. Geografische gaten in data werden gevuld door expert judgement.

Tip 26: Lokale omstandigheden, zoals maatschappelijke gevoeligheid, kunnen belangrijker zijn voor risico in een regio dan verschillen in klimaatcondities.

Tip 27: Socio-economische en ruimtelijke scenario's kunnen worden gebruikt, maar verschillende drivers zijn belangrijk voor verschillende sectoren, wat het moeilijk maakt om algemeen geldende scenario's te ontwikkelen. N.B! Op letten bij NL later en WLO.

Tip 28: Indien socio-economische scenario's worden gebruikt, kunnen deze beter eerder worden onderzocht en gebruikt als onderlegger voor klimaatscenario's en risico's.

Tip 29: Wel of niet meenemen adaptatie in toekomstverkenningen van klimaatrisico's beïnvloedt de risicofuncties. Hierover moeten in vroeg stadium besluiten worden genomen.

Tip 30: Bedenk vroeg in proces of en hoe je de risico's wilt moneteriseren, want kan keuze bepalen van indicatoren.

Tip 31: Moneteriseren was lastig en niet mogelijk voor alle risico's, dus de totale kosten van klimaatverandering en gevolgen voor de welvaart van UK konden niet worden aangegeven.

Tip 32: Leg verschillende varianten van rapportage voor aan stakeholders, zo vroeg mogelijk in proces.

Tip 32: Indelen van resultaten naar risico eigenaren kan handig zijn voor de adaptatie planning.

# Bijlage 13 Kennisleemtes in de Nederlandse klimaatrisicoanalyse van 2014/2015

De stand van zaken in 2021 van de kennisleemtes die zijn genoemd in de basisrapporten van de nationale klimaatrisicoanalyse 2014/2015 is op een rij gezet (R. Franken):

*Kennisleemte 1: Impact klimaatgerelateerde incidenten niet systematisch en uniform geregistreerd, hierdoor 'ad hoc' leren i.p.v. opwaartse leercurve.*

- Stand van zaken: Klimaat gerelateerde incidenten worden niet uniform geregistreerd, voor specifieke onderwerpen is er wel registratie.  
Er is een klimaat (schade) monitor van het Verbond van verzekeraars die in maart 2021 beschikbaar is gekomen en klimaatschade vanaf 2007 in beeld brengt; dit betreft alleen verzekerde schade (vooral storm, hagel en wateroverlast).
- Wel is er onder andere :  
Registratie van natuurbranden in NL (omvang en aantal), Brandweer inzet.  
Oversterfte als gevolg van hitte (dit is een berekening!), CBS.
- Indirect van belang voor het optreden van schade zijn:  
Droogtemonitor, ontwikkeling grondwaterpeilen op de hoge zandgronden, KWR.  
Hoofdwatersysteem afvoer Rijn en Maas, RWS.
- Er zijn wel pogingen gedaan bijvoorbeeld om op basis van gedetailleerde analyse van extreme neerslag in Amsterdam zuid te achterhalen wat de schade was; er is helaas niet vastgesteld waardoor deze schade is ontstaan (bijvoorbeeld verstopte dakgoot of via water op straat), de praktijk leert dat wateroverlast vaak ontstaat door gebrekkig (particulier) onderhoud van de dakgoot (of bijvoorbeeld constructiefout afvoer balkon).
- Naast overlast door extreme neerslag (incidenteel) is grondwateroverlast in steden (laag Nederland) een meer structureel probleem, sommige steden hebben dit in beeld gebracht (onder andere Utrecht). Grondwateronderlast is overigens ook een probleem in steden (onder andere Amsterdam).
- Of het buitenland meer registreert weet ik niet.

*Kennisleemte 2: Niet meenemen sociaaleconomische en ruimtelijke ontwikkelingen in Klimaatrisicoanalyse 2014/2015, scenario was een combinatie van 'worst case' klimaat 2050 met maatschappelijke en ruimtelijke toestand 2010. Kwetsbaarheid en blootstelling veranderen, hier liggen juist aangrijpingspunten voor adaptatie.*

- Wat we geleerd hebben is (Evaluatie droogte) niet alleen de gevolgen van klimaatverandering mee te nemen in de analyse; maar ook 'gedrag'; grondwateronttrekkingen zijn sterk toegenomen waardoor de effecten van droogte (vooral op de zandgronden) zijn toegenomen / de natuur kwetsbaarder is geworden.
- Ook relevant:
- Rekenkamer advies 'Aanpak natuurbranden kan veel beter'. De brandweer is nu niet goed genoeg toegerust om natuurbranden effectief te blussen (onder andere te weinig blushelikopters en te weinig militairen).
- Uit de Bestuurlijke evaluatie hagelstorm Zuidoost Brabant is naar voren gekomen dat het herstel traject ook alle aandacht vraagt om schade te beperken (coördinatie bij herstel vraagt aandacht opdat zo snel mogelijk bedrijven weer kunnen functioneren; in dit geval had de Veiligheidsregio zich te snel teruggetrokken).

*Kennisleemte 3: Voor geen enkele sector zijn volledig kwantitatieve risico data beschikbaar, hierdoor alleen grove (semi-)kwalitatieve schattingen van risico's door experts mogelijk.*

- Er zijn inmiddels stresstesten uitgevoerd voor onder andere hoofdwegennet, rails, binnenvaart. Ook zijn er stresstesten in ontwikkeling in het kader van DPRA project Vitaal en Kwetsbaar (planning eind 2021).

*Kennisleemte 4: Noodgedwongen grove indeling in 9 risico categorieën: 3 impact x 3 waarschijnlijkheid. Trends en mogelijk grote veranderingen binnen één categorie niet zichtbaar in 3x3 tabel.*

- Voor de NAS2016 was de PBL analyse toereikend; op basis van PBL analyse zijn NAS speerpunten vastgesteld. Wanneer is het goed genoeg? Belangrijke risico's moeten vastgesteld worden.

*Kennisleemte 5: Afhankelijkheid tussen sectoren neemt toe, kennisleemtes over schakels in effectketens en – netwerken binnen en tussen sectoren, invloed niet-klimaat factoren, actoren kennen elkaars risico's en maatregelen niet. Geen inzicht in risico's voor maatschappelijke systemen en gezamenlijk adaptief vermogen.*

- In diverse NAS pilots zijn keteneffecten beschouwd en inzichten zijn gedeeld (staan onder andere op klimaatadaptatienederland.nl). Er is in ieder geval wel gewerkt aan bewustwording. Het is aan de sectoren of ze daar iets mee willen doen. Voor enkele sectoren is het Rijk verantwoordelijk (onder andere hoofdwegennet, spoor, hoofdwatersysteem) voor de ander sectoren is het Rijk nu niet (direct) verantwoordelijk (er zijn geen wetten en regels die klimaatadaptatie voorschrijven; m.u.v. drinkwatervoorziening, bouwbesluit ...).

*Kennisleemte 6: Kwetsbaarheid en adaptief vermogen in 'worst case' scenario onvoldoende bekend. We worden overvallen als 'worst case' werkelijkheid wordt.*

- Watertekort/droogte is onderschat en werkt in veel sectoren door (dit vooral onderschat door (sterke) regionale toename grondwatergebruik).
- Voor waterveiligheid is het 'worst case' scenario uitgangspunt voor normen primaire waterkeringen.
- N.B.! Juli 2021: Overvallen door wateroverlast en overstromingen in Limburg, Duitsland, België, Friesland, Zeeland en West Brabant