

Huidige watergerelateerde klimaatrisico's in Nederland

Een inventarisatie voor de thema's waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit



Huidige watergerelateerde klimaatrisico's in Nederland

Een inventarisatie voor de thema's waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit

Auteur(s)

Marjolein Mens

Peter de Grave

Ruurd Noordhuis

Wesley van Veggel

Huidige watergerelateerde klimaatrisico's in Nederland

Een inventarisatie voor de thema's waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit

Opdrachtgever	Planbureau voor de Leefomgeving
Contactpersoon	de heer drs. F. van Gaalen
Referenties	-
Trefwoorden	-

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	29-04-2024
Projectnummer	11210323-002
Document ID	11210323-002-BGS-0003
Pagina's	207
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Marjolein Mens	
	Peter de Grave	
	Ruurd Noordhuis	
	Wesley van Veggel	

Samenvatting

Ten behoeve van de Nationale Adaptatie Strategie brengt het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in samenwerking met kennisinstellingen de grootte van de huidige klimaatrisico's in beeld en, waar mogelijk, de ontwikkeling hiervan over de afgelopen 30 jaar. Deze klimaatrisicoanalyse wordt gezien als een nulmeting: als in de toekomst deze informatie actueel wordt gehouden, laat dit ook de ontwikkeling zien in de tijd: nemen klimaatimpacts en -risico's af, of toe, of blijven ze gelijk? Daarmee geeft het zicht op de opgaven voor het nationale klimaatadaptatiebeleid.

Aan Deltares is gevraagd om op 3 thema's de beschikbare kennis over klimaatgerelateerde risico's in kaart te brengen: waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit. PBL heeft hiervoor een methodiek ontwikkeld en een format aangereikt; zogenaamde *factsheets*. Onderliggend rapport is een bundeling van de factsheets van de drie thema's, welke als bijlage in dit rapport zijn gevoegd. PBL heeft de informatie uit deze factsheets vervolgens gebruikt om een overkoepelend rapport te schrijven waarin alle klimaatrisico's behandeld worden.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Vraag	6
2	Aanpak per thema	7
2.1	Waterveiligheid	7
2.1.1	Meest relevante risico's en informatiebronnen	7
2.1.2	Te monitoren indicatoren	7
2.2	Waterkwantiteit	10
2.2.1	Afbakening	10
2.2.2	Meest relevante risico's en informatiebronnen	10
2.2.3	Te monitoren indicatoren	11
2.3	Waterkwaliteit	13
2.3.1	Afbakening en selectie risico's	13
2.3.2	Informatiebronnen	14
2.3.3	Te monitoren indicatoren	14
3	Referenties	15
	Bijlagen	16
A	Factsheet waterveiligheid: overstroming vanuit het Hoofdwatersysteem	17
A.1	Factsheet klimaatrisico waterveiligheid	18
B	Factsheet waterveiligheid: overstroming vanuit het regionale watersysteem	47
C	Factsheet waterkwantiteit: zoutindringing	71
D	Factsheet waterkwantiteit: grondwater	95
E	Factsheet waterkwantiteit: watertekort	122
F	Factsheet waterkwantiteit: grote rivieren	147
G	Factsheet waterkwaliteit: watertemperatuur	166
H	Factsheet waterkwaliteit: verblijftijd	187

1 Introductie

1.1 Aanleiding

Het Directeuren Overleg Nationale Klimaatadaptatiestrategie (DO-NAS) heeft in 2020 besloten om een beleidsondersteunend kennisprogramma in het leven te roepen voor het nationale klimaatadaptatiebeleid. Dit traject bestaat uit een aantal stappen. De 1e stap richt zich op het beschrijven van de huidige klimaatrisico's en het verkennen van de toekomstige klimaatrisico's in Nederland. De tweede stap betreft het monitoren en evalueren van het adaptatiebeleid, en ten slotte levert de derde stap een lange termijn ontwerp voor een effectief monitoring- en evaluatiesysteem voor de periode na 2026.

Als onderdeel van de eerste stap brengt het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in samenwerking met kennisinstellingen de grootte van de huidige klimaatrisico's in beeld en, waar mogelijk, de ontwikkeling hiervan over de afgelopen 30 jaar. Deze klimaatrisicoanalyse wordt gezien als een soort nulmeting: als in de toekomst deze informatie actueel wordt gehouden, laat dit ook de ontwikkeling zien in de tijd: nemen klimaatimpacts en -risico's af, of toe, of blijven ze gelijk? Daarmee geeft het zicht op de opgaven voor het nationale klimaatadaptatiebeleid. 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 adaptatiemaatregelen.

In een vervolgstudie zal het PBL het klimaatadaptatiebeleid evalueren en de toekomstige klimaatimpacts en -risico's in Nederland (2050 en 2100) verkennen; deze studie zal worden gepubliceerd eind 2025/begin 2026. De toekomstverkenning zal gebaseerd worden op meerdere toekomstbeelden die verschillen in omvang van klimaatverandering, socio-economische ontwikkelingen en in ambities van/perspectieven op klimaatadaptatiebeleid. Dit alles levert (nieuwe) kennis voor de herijking van de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) en de beoogde herziening van het Deltaprogramma, (beide voor zien in 2026) en de opzet van een structurele, langjarige klimaatadaptatiemonitor (de Nationale Monitor Klimaatadaptatie NMK).

1.2 Vraag

Aan Deltares is gevraagd om op 3 thema's de beschikbare kennis over klimaatgerelateerde risico's in kaart te brengen: waterveiligheid, waterkwantiteit en waterkwaliteit. PBL heeft hiervoor een methodiek ontwikkeld en een format aangereikt; zogenaamde *factsheets*. Onderliggende rapport is een bundeling van de factsheets van de drie thema's, welke als bijlage in dit rapport zijn gevoegd. PBL heeft de informatie uit deze factsheets vervolgens gebruikt om een overkoepelend rapport te schrijven waarin alle klimaatrisico's behandeld worden.

2 Aanpak per thema

2.1 Waterveiligheid

2.1.1 Meest relevante risico's en informatiebronnen

De **twee** meest relevante risico's waarop de monitoring zich dient te richten zijn:

- 1 risico's van overstroming van onbeschermd en beschermd gebieden langs het hoofdwatersysteem (Bijlage A), en
- 2 risico's van overstromingen van beschermd en onbeschermd gebieden vanuit het regionale watersysteem (doorbraak secundaire keringen, overstroming in beekdalen) én door intensieve neerslag (Bijlage B).

We gebruiken onder meer informatie uit de ROR (Europese Richtlijn Overstromingsrisico's), die tezamen met andere overstromingsinformatie beschikbaar is in het LIWO (Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen).

De ROR heeft als doel de negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische bedrijvigheid te beperken. Concreet verplicht de ROR de EU lidstaten tot het maken van een voorlopige risicobeoordeling, overstromingsgevaar- en overstromingsrisico kaarten en overstromingsrisico-beheerplannen.

Het Rijk is verantwoordelijk voor de zes-jaarlijkse rapportage aan de Europese Commissie. BIJ12, de uitvoeringsorganisatie voor de gezamenlijke provincies zorgt voor het beheer van de LDO (Landelijke Databank Overstromingsinformatie) en voor de publicatie van de overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten voor publiek via risicokaart.nl / de Atlas Leefomgeving.

Het LDO is ook de basis voor het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) dat kaartlagen en overstromingsscenario's beschikbaar stelt voor professionals die zich bezighouden met (de voorbereiding op) wateroverlast en overstromingen in Nederland. Het LIWO is een product van het Watermanagementcentrum Nederland (WMCN).

Binnen LIWO zijn verschillende kaartbeelden voor heel Nederland beschikbaar die regelmatig worden geactualiseerd. Daarnaast wordt jaarlijks een rapportage gemaakt in het kader van de waterveiligheidsmonitor, waarin de voortgang van dijkversterkingsprogramma wordt beschreven. Op basis van de planning van het HWBP (Hoogwaterbeschermingsprogramma) voor komende vijf jaar en de realisatie van dijkversterkingstrajecten wordt berekend hoeveel mensen wonen in gebied met beschermingsniveau lager dan 10^{-5} .

Op dit moment zijn in LIWO voornamelijk de overstromingsscenario's aanwezig vanuit het oppervlaktewater.

2.1.2 Te monitoren indicatoren

In deze paragraaf zijn de te monitoren indicatoren, waarin ontwikkeling van risico's en effect van maatregelen tot uiting komt, op een rij gezet en wordt een doorkijk gegeven naar hoe deze kunnen worden gebruikt bij de monitoringsanalyse (in 2024 en daarna, in een vervolgproject).

De risico's en gevolgen van overstromingen kunnen op verschillende manieren in beeld gebracht worden. Uitgaande van een landelijk beeld met eindimpact op mens, omgeving en economie wordt gedacht aan de volgende indicatoren.

Uiting klimaatverandering in:

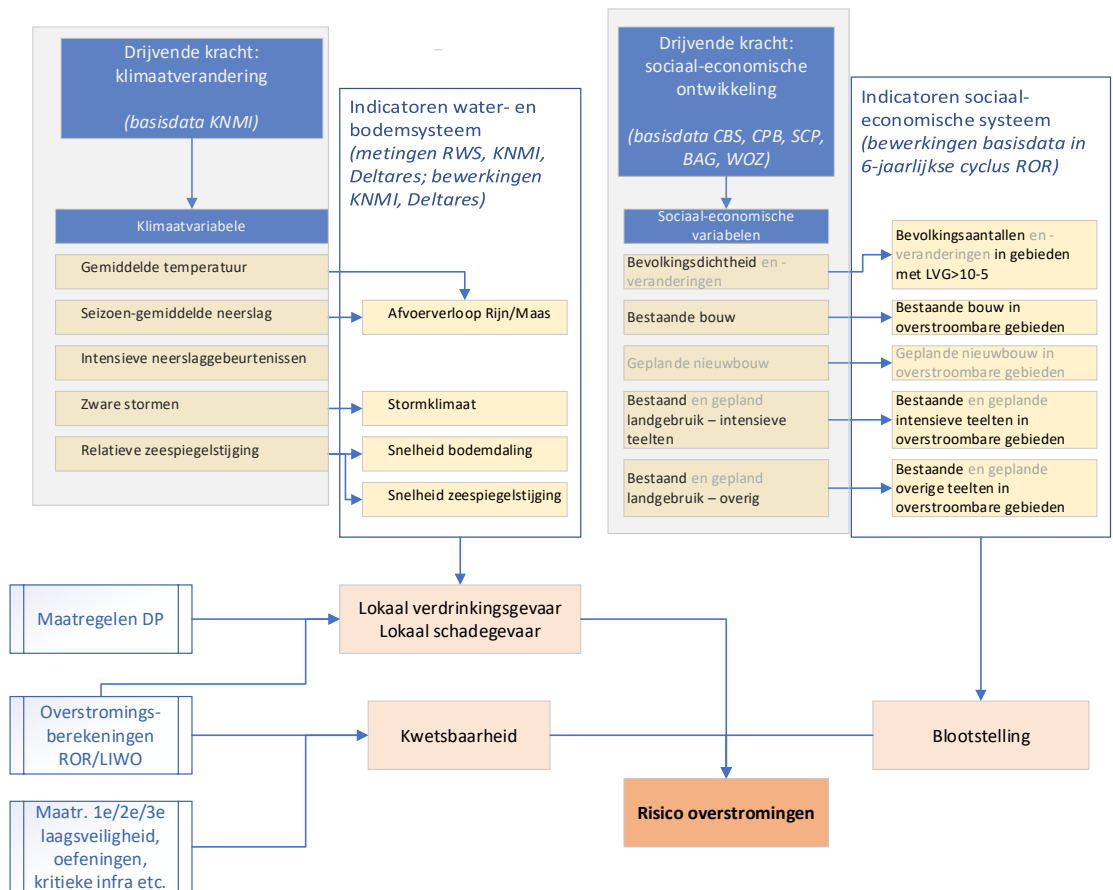
- Rivierafvoer (m^3/s), statistiek van het afvoerloop door het jaar heen, hoge en lage afvoeren
- Absolute en relatieve (in combinatie met bodemdaling) zeespiegelstijging (cm t.o.v. NAP)
- Veranderingen in windstatistiek en stormverloop
- Buistatistiek (In Figuur 1 opgenomen als basisgegevens). Dit is vooral van belang voor de monitoring van wateroverlast, niet zozeer van hoogwaterveiligheid.

Verandering in blootstelling, uitgedrukt in:

- Waterdiepte (m)
- Aankomsttijden (uur na doorbraak)
- Overstromingsduur (uur)
- Stijgsnelheid
- Grondwaterstand keringen en objecten.

Verandering in kwetsbaarheid, uitgedrukt in:

- Aantal inwoners in overstroombare gebieden (data CBS)
- Evacuatiefractie per gebied (berekend)
- Mortaliteit, slachtoffers
- Objecten per categorie (data uit BAG (basisregistratie adressen en personen))
- Objectwaarde (WOZ)



Figuur 1 Basisschema nulmeting waterveiligheid. In grijze tekst enkele indicatoren die in de nulmeting nog niet spelen maar in de monitoring meegenomen moeten worden. De beide grijze tekstboxen omvatten de basisinformatie die verwacht wordt van de genoemde projectpartners.

Door de indicatoren van het water- en bodemsysteem te combineren met de impact van al uitgevoerde maatregelen en de uitkomsten van overstromingsberekeningen kan een inschatting gemaakt worden van het:

- Lokaal Verdrinkingsgevaar (LVG) (voorheen aangeduid als Lokaal Individueel Risico, LIR). Op basis van dit gegeven kan in combinatie met gegevens van de bevolkingsdichtheid gekomen worden tot een inschatting van het aantal inwoners dat woont in een gebied met verlaagd beschermingsniveau (<norm 10^{-5})
- Lokaal Schade Gevaar (LSG) Op basis van dit gegeven kan in combinatie met gegevens over geïnvesteerd vermogen en actueel landgebruik gekomen worden tot een inschatting van schade bij overstroming door deze uit te drukken in een gemiddeld bedrag / ha voor heel NL of per regio. Nagedacht kan worden om potentiële schade per sector uit te splitsen.

LVG en LSG kunnen worden beschouwd als 'samengestelde indicatoren' waarin de waarde en veranderingen van onderliggende indicatoren tot uiting komen.

Door LVG en LSG te confronteren met het huidige en toekomstige aantal inwoners in gebieden en de daar aanwezige economische waarde, wordt het mogelijk om tot een kwantitatieve en ruimtelijk gedifferentieerde inschatting te komen van het huidige overstromingsrisico in Nederland (Figuur 1).

Als prognoses beschikbaar komen van deze indicatoren kan in een vervolgstadium ook een toekomstig beeld worden ontwikkeld dat met de huidige situatie vergeleken kan worden.

2.2 Waterkwantiteit

2.2.1 Afbakening

Het onderdeel waterkwantiteit richt zich op de zoetwaterbeschikbaarheid voor verschillende sectoren en watergebruikers. Voor veel sectoren geldt dat met name tijdens droogte knelpunten optreden. Waar mogelijk worden de (economische) gevolgen van droogte en watertekort op de sectoren landbouw, scheepvaart, industrie en drinkwater ook besproken.

2.2.2 Meest relevante risico's en informatiebronnen

Zoetwaterbeschikbaarheid is een complex samenspel tussen landgebruik, watergebruik, watersysteem, waterbeheer, wateraanvoer vanuit de grote rivieren en alle processen die daar tussen zitten via de grote rivieren (inclusief bodemerosie), externe verzilting, interne verzilting, grondwatersysteem, bodemdaling in relatie tot peilbeheer, etc.

In de toekomst neemt bij sterke klimaatverandering de aanvoer via grote rivieren af in het zomerhalfjaar, terwijl gelijktijdig de vraag naar zoet water toeneemt. Dat laatste is deels direct gevolg van klimaatverandering (meer verdamping = meer watervraag), maar ook de maatschappelijke reactie hierop, zoals meer drinkwatergebruik en meer beregening en meer doorspoelbehoefte van het regionale systeem.

Het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW) kan gebruikt worden als belangrijke informatiebron van klimatarisico's op het thema waterkwantiteit. In een 6-jaarlijkse cyclus geeft het DPZW inzicht in de huidige en toekomstige knelpunten in de zoetwatervoorziening. Dit wordt onderbouwd met berekeningen met het Nationaal Water Model.

Met de risicobenadering voor droogte kijken we naar de hele variabiliteit van mogelijke omstandigheden én naar de gevolgen op sectoren.

De belangrijkste vier risico's voor de zoetwaterbeschikbaarheid zijn:

- 1 Zoutindringing van de Rijn-Maasmonding ([Bijlage C](#)) met daaraan gekoppeld: watertekort voor regionaal waterbeheer in West-Nederland, innamestops voor drinkwater en industrie. Concreet betekent dit:
 - Bedreiging voor regionale inlaatpunten langs Nieuwe Maas, Lek, Hollandsche IJssel en Spui (Bernisse en Spijkenisse).
 - Bij lage afvoeren neemt de kans op verzilting toe, waardoor de KWA (Klimaatbestendige WaterAanvoer) vaker moet worden ingezet.
 - Zeespiegelstijging zorgt voor steeds verdere indringing van zout, waardoor het risico verder toeneemt.
 - Dit heeft gevolgen voor: veenoxidatie/CO₂ uitstoot, funderingsschade stedelijk gebied in veengebieden en kleigebieden (krimp/zwel/paalrot/bodemdaling), beregeningstekort landbouw (zie ook figuur).
- 2 Verdere daling van grondwaterstanden in de hoge zandgronden ([Bijlage D](#)), waardoor reeds verdroogde natuurgebieden verder verdrogen. Dit komt niet alleen door klimaatverandering, maar ook door intensieve ontwatering en grondwateronttrekkingen voor industrie, drinkwater, landbouw.
- 3 Watertekort in Noord-Nederland ([Bijlage E](#)) met gevolgen voor:
 - Verziltten van het IJsselmeer zelf (drinkwaterwinning PWN in gevaar)

- Nathouden veenweidegebieden
- Schade aan landbouwgewassen door beregeningstekort en/of verzilting sloten
- Onherstelbare schade aan natuur en ecologie via waterkwaliteit
- Innamestops industrie in Eemshaven en Delfzijl

4 Langdurige periodes van lage rivierafvoeren met gevolgen voor de scheepvaart (Bijlage F): vaardieptebeperkingen, inhaalverboden.

2.2.3 Te monitoren indicatoren

In deze paragraaf worden de te monitoren indicatoren, waarin ontwikkeling van risico's en effect van maatregelen tot uiting komt, op een rij gezet en wordt een doorkijk gegeven naar hoe deze kunnen worden gebruikt bij de monitoringsanalyse (in 2024 en daarna, in een vervolgproject).

Om de oorzaak en doorvertaling van droogte in het hydrologische en socio-economische systeem goed te begrijpen moet niet alleen naar droogte-indicatoren (lage afvoeren, neerslagtekort) en droogterisico-indicatoren (economisch effect van opbrengstderving in euro's per jaar) worden gekeken, maar ook naar tussenliggende hydrologische indicatoren die iets zeggen over hoe de droogte zich voortplant in het hydrologische systeem (inclusief menselijke invloeden zoals onttrekkingen).

- 1 Droogte-indicatoren. Deze zijn deels al beschikbaar via het dashboard van de Signaalgroep van het Deltaprogramma, maar kunnen worden uitgebreid:
 - Maximaal cumulatief neerslagtekort (mm per zomerhalfjaar)
 - Verschillende indicatoren voor lage afvoeren op de Rijn en de Maas
 - Laagste 7-daagse gemiddelde afvoer
 - Afvoertekort (volumetekort onder bepaalde drempelwaarde)
 - Duur van lage afvoeren (onder bepaalde drempelwaarde)
 - Overeengekomen Laagste Afvoer OLA (veel gebruikt voor scheepvaart)
 Deze kunnen worden afgeleid uit de KNMI scenario's en metingen. Zie voorbeeld in Figuur 2.

Gebied / sector	Indicator	2018 conditie	Geschatte herhalingstijd van 2018 condities in huidig klimaat [jaren]	Geschatte herhalingstijd 2018 condities in 2050* [jaren]
Vrij-afwaterende gebieden (landbouw, natuur)	Neerslagtekort			
	• landsgemiddeld	309 mm	30	15 ^[2]
	• Veluwe	~280 mm	20	-
	• Limburg en Brabant	~360 mm	60	-
Scheepvaart Rijn	aantal aaneengesloten dagen Rijnafvoer (Lobith < 1100 m ³ /s)	135 dagen	60	20
Voorzieningsgebied Nederrijn/Lek	Inzet Klimaatbestendige Wateraanvoer	63 dagen	60	15
Voorzieningsgebied IJsselmeer/Markermeer	Gebruik IJsselmeerbuffer**	8 cm	35	8

Figuur 2 Voorbeeld van kwantificeren van indicatoren door combinatie van metingen met statistiek (Kramer et al., 2019)

2 Hydrologische indicatoren

In onderzoeken voor de nationale overheid (DPZW, IRM) wordt vaak gekeken naar de volgende set hydrologische indicatoren, die kunnen worden afgeleid uit de Basisprognose berekeningen met het Nationaal Water Model voor het DPZW.

Noord-Nederland:

- Buffergebruik IJsselmeer
- Watertoevoer Twentekanal
- Frequentieverdeling watervraag en -tekort uitgesplitst naar gebruiker (doorspoelen, beregenen, peilbeheer, industrie, drinkwater)

West- en Midden-Nederland:

- Doorvoer ARK-Betuwepand
- Zoutindringing Rijn-Maasmonding: duur en frequentie van overschrijding streefwaardes in de monding van de Lek en de monding van de Hollandsche IJssel
- Frequentieverdeling watertekort

Grote rivieren:

- Waterstanden bij inlaatpunten

Grondwater:

- Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)
- Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
- Stijghoogte in de diepere pakketten
- Kwelflux in de kwelafhankelijke natuurgebieden
- Mate van grondwaterstands daling in veengebieden in droge jaren

Via het NHI (Nederlands Hydrologisch Instrumentarium, nhi.nu) wordt al veel data van waterschappen ontsloten die helpen om een landelijk beeld te krijgen van de eigenschappen van het watersysteem. Voorbeelden zijn peilbesluiten, locaties en eigenschappen van waterlopen, hoogteligging, bodem- en ondergrond eigenschappen, stuwen, gemalen, drainagemiddelen, beregening (locatie, gift, bron, etc.).

Een deel van de uitkomsten van de Knelpuntenanalyse Zoetwater wordt al ontsloten via de Klimateffectatlas. Het is van belang daarmee de verbinding te leggen teneinde dubbelingen te voorkomen.

Deze data is essentieel om het hydrologisch systeem te reproduceren in fysische modellen (o.a. Landelijk Hydrologisch Model). Vervolgens kunnen daarmee prognoses worden gemaakt van toekomstige risico's.

3 Droogterisico-indicatoren

Ten aanzien van maatschappelijke impact van droogte (zie Figuur 3) kan het volgende met modellen worden berekend:

- Opbrengstderving landbouw
- Welvaartseffect van opbrengstderving inclusief prijseffecten
- Vaarkosten binnenvaart op de economisch belangrijke vaarroutes
- Welvaartseffect van scheepvaartbeperkingen
- Innamestops drinkwater uit oppervlaktewater (op aantal locaties)
- Terrestrische natuur en aquatische natuur in en langs het hoofdwatersysteem

De komende jaren wordt dit lijstje in het kader van DPZW uitgebreid met een effectmodule voor bodemdaling (CO₂-uitstoot en funderingsschade) en een effectmodule voor natuurbranden. In een update van de monitor kunnen deze indicatoren worden toegevoegd, na 2024.



Figuur 3 Overzicht van de maatschappelijke gevolgen van droogte in Nederland. Kleurscores zijn tot stand gekomen op basis van expertoordeel na de 2018 droogte.

2.3 Waterkwaliteit

2.3.1 Afbakening en selectie risico's

Vanuit de klimaatdreigingen opwarming, vernatting, verdroging, zeespiegelstijging, weersextremen en verzuring ontstaan op het thema waterkwaliteit met name risico's voor natuur en milieu.

De drie meest relevante, actuele risico's met betrekking tot waterkwaliteit zijn:

- Toename van de watertemperatuur met daaraan gekoppelde toename van algenbloei en lage zuurstofconcentraties;
- Langere verblijftijden in de zomer en hogere kans op stratificatie in de meren;
- Toenemende invloed van zoutindringing in zoete systemen.

Aanvullend hierop, de drie voornaamste risico's voor ecologie zijn:

- Veranderingen seizoensverloop en mismatching prooi-predator relaties, andere seizoensdynamiek door afname ijsbedekking, veranderingen windinvloed en seizoensgebonden verschuivingen in de waterbalans;
- Verschuiving arealen doelsoorten en toenemende rol van exoten, afname diversiteit;
- Extremen als hittegolven en uitdroging.

Voor het thema waterkwaliteit is prioriteit gegeven aan de risico's in relatie tot:

- temperatuurtoename (Bijlage G) en
- de risico's in relatie tot verandering van verblijftijden (Bijlage H).

Bij de vertaling van klimaatdreigingen naar risico's is aandacht besteed aan geografische aspecten en frequenties waarmee dreigingen zich voordoen in relatie tot blootstelling, gevoeligheid en adaptiviteit van de verschillende watersystemen.

2.3.2 Informatiebronnen

Voor het opstellen van de factsheets wordt geput uit recent werk i.s.m. RWS en uit lopende projecten i.s.m. de WUR. In samenwerking met RWS zijn deze risico's per hoofdwatersysteem (Waddenzee, IJsselmeergebied, Delta en Rivieren) verkend in een Klimaatscan (Noordhuis et al., 2019). De basis hiervoor waren de KNMI'14 scenario's en een analyse van data van KNMI, RWS en andere beheerders m.b.t. van actuele trends in waterkwaliteit en aquatische ecologie. Specifiek over temperatuurtoename is door Deltares voor RWS een literatuurstudie en data-analyse uitgevoerd (Noordhuis et al., 2021). De Klimaatscan wordt momenteel geüpdatet in een lopend vervolgproject met RWS (KAKATOE / Klimaat en Ecologie Grote Wateren), waarbij ook de nieuwe KNMI-'23 scenario's worden gebruikt.

2.3.3 Te monitoren indicatoren

Aan de geselecteerde risico's worden indicatoren verbonden. Dit zijn secundaire indicatoren (t.o.v. de primaire indicatoren van de KNMI) die betrekking hebben op waterkwaliteit (watertemperatuur, zuurstof, pH, etc.) en ecologie (bijv. chlorofyl, abundantie doelsoorten en gemeenschappen, doelbereik KRW en N2000). Daarbij wordt ook rekening gehouden met cumulatie van effecten van verschillende drukfactoren (verontreiniging en gebruik).

De selectie van indicatoren is tevens afgestemd op beschikbare data uit reguliere monitoring van RWS en andere waterbeheerders. De beschikbaarheid hiervan m.b.t. toestand en trends is in de factsheets weergegeven. Ook is geïventariseerd welke analyses reeds zijn uitgevoerd en door wie, en is aansluiting gezocht op lopende projecten zoals het hiervoor genoemde KAKATOE project van RWS en aansluitende / geïntegreerde activiteiten van de WUR.

3 Referenties

Noordhuis, S. de Rijk, G. van Geest, M. Maarse, S. Vergouwen & A. Boon (2019) Klimaatscan. Rapport 11203733-000-ZWS-0006, Deltares, Utrecht.

Noordhuis R., L. van der Heijden en A. de Jong. (2021) Effecten van temperatuur toename op de grote wateren. Een literatuurstudie met data-overzicht. Rapport 11205270-005-ZWS-0003, Deltares, Utrecht.

Kramer, N., Mens, M., Beersema, J. and Kielen, N.(2019) Hoe extreem was de droogte van 2018?, H2O-Online. Available from: <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/hoe-extreem-was-de-droogte-van-2018> (Accessed 1 April 2023)

Bijlagen

A Factsheet waterveiligheid: overstrooming vanuit het Hoofdwatersysteem



Versie 31.8.2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

Factsheet klimaatrisico waterveiligheid

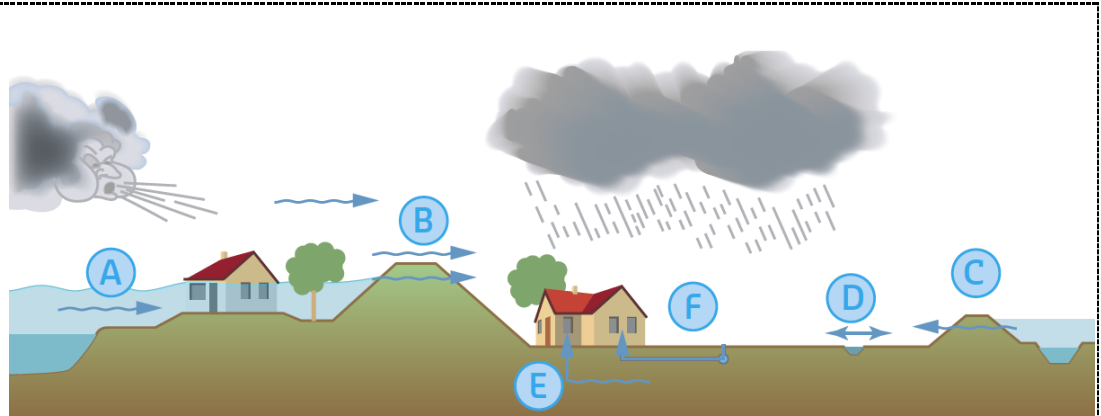
Overstroming van onbeschermd en beschermd gebieden langs het hoofdwatersysteem

Inleiding

Overstromingsrisico is een gegeven waar we ons in Nederland al eeuwenlang van bewust zijn. Overstromingsrisico's worden bepaald uit de combinatie van de kans dat een gebied overstroomt en de gevolgen van een overstroming. Hierbij kan economische schade optreden, maar kunnen ook (grote aantallen) slachtoffers vallen. In Nederland wordt een zestal typen overstromingen onderscheiden, zie figuur A.1 [ROR, 2018]:

- A. Overstroming van onbeschermd gebieden (uiterwaarden etc.) langs het hoofdwatersysteem;
- B. Overstroming van beschermd gebieden langs het hoofdwatersysteem, door het overlopen of bezwijken van primaire waterkeringen;
- C. Overstroming van beschermd gebieden langs het regionale watersysteem, door het overlopen of bezwijken van regionale waterkeringen;
- D. Overstroming van onbeschermd gebieden vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem;
- E. Overstroming van gebieden door grondwatersystemen;
- F. Overstroming van gebieden door intense neerslag

NB: In gebieden waar hoge grondwaterstanden aan de orde zijn, is de inrichting hierop aangepast. Overstromingen van het type E waarbij schade optreedt en slachtoffers vallen komen in Nederland daarom nog zeer beperkt voor, en blijven in de factsheets buiten beschouwing.



Figuur A.1 Verschillende typen overstromingen in Nederland [ROR, 2018]

Deze factsheet richt zich op overstromingen van het type A en B, onbeschermd (zgn. buitendijkse) gebieden en beschermd gebieden langs het hoofdwatersysteem. Dit factsheet beschrijft de huidige risico's en refereert daarbij aan informatie die doorgaans in het werkveld van waterveiligheid wordt gebruikt om risico's inzichtelijk te maken, en tevens (grotendeels) beschikbaar is om toekomstige veranderingen in risico's a.g.v. klimaatverandering te beschrijven.

In totaal wordt 47% van het landoppervlak in Nederland (excl. binnenwateren) beschermd tegen overstromingen door primaire waterkeringen [Hoogendoorn, 2023]. Hiervan kan bijna 40% potentieel overstroomd als een voorliggende (genormeerde) primaire kering bezwijkt of overloopt. In het door primaire keringen beschermd gebied wonen 10,9 miljoen mensen (62% van de Nederlandse bevolking, peiljaar 2022), waarvan 8,1 miljoen in het potentieel overstroombare gebied. Daarnaast bestaat nog 5% van het landoppervlak uit buitendijks gebied (inclusief het onbedijkt deel van de Maasvallei), waarvan ca. 80% gevoelig is voor overstromingen. In dit overstromingsgevoelige buitendijkse gebied wonen ca. 75.000 mensen.

Historisch gezien zijn vele voorbeelden te vinden van overstromingen langs het hoofdwatersysteem in Nederland waarbij primaire waterkeringen het hebben begeven. Meest bekend zijn de grootschalige overstromingen in het rivierengebied in 1926 (waarbij 3.000 huizen zwaar zijn beschadigd, maar geen slachtoffers zijn gevallen) en de watersnoodramp in 1953 (met 1.835 slachtoffers, 72.000 evacuaties, 3.000 verwoeste huizen en 300 verloren boerderijen, 47.000 verdrinken stuks vee en 1,5 miljard gulden schade). Door genomen maatregelen wordt de kans op herhaling van dergelijke gebeurtenissen nagenoeg als nihil ingeschat. De recentere hoogwaters van 1993 en 1995 (Maas en Rijnakken) hebben uiteindelijk niet tot doorbraken van primaire keringen geleid, hierbij zijn echter wel vele inwoners preventief geëvacueerd. Daarbij zijn grote delen van het (toen nog) onbedijkt Maasdal ondergelopen, wat leidde tot veel schade aan onder andere woningen, bedrijven en landbouw. Ook het zomerhoogwater van 2021 heeft in Nederland niet tot slachtoffers geleid, en primaire keringen langs de Maas zijn hierbij niet bezwaken. Langs de Geul, de Geleenbeek en de Roer zijn wel woningen en dorpen (gedeeltelijk) overstroomd.

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

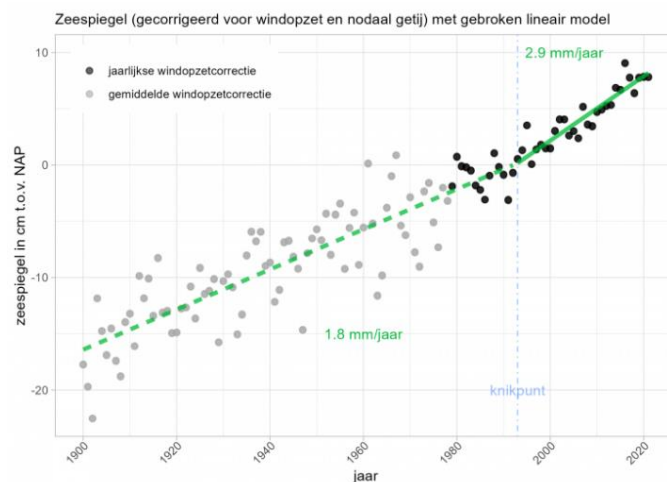
Zie methoderapport
paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

Overstromingsrisico's worden in algemene zin bepaald door de kans van optreden van een overstroming in combinatie met de mogelijke gevolgen daarvan.

Klimaatdreigingen die in relatie tot overstromingen van het hoofdwatersysteem geïdentificeerd worden zijn zeespiegelstijging en frequentere, langdurigere en heviger piekbuien in het stroomgebied van de grote rivieren die zorgen voor een grotere kans op hoogwater in de winter én de zomer. Deze hebben een effect op hydraulische belastingen (waterstanden en golven aan de teen van de dijk) en daarmee op de overstromingskans, maar kunnen ook een effect hebben op de omvang van een overstroming indien een dijk doorbreekt.

Stijging van de zeespiegel:

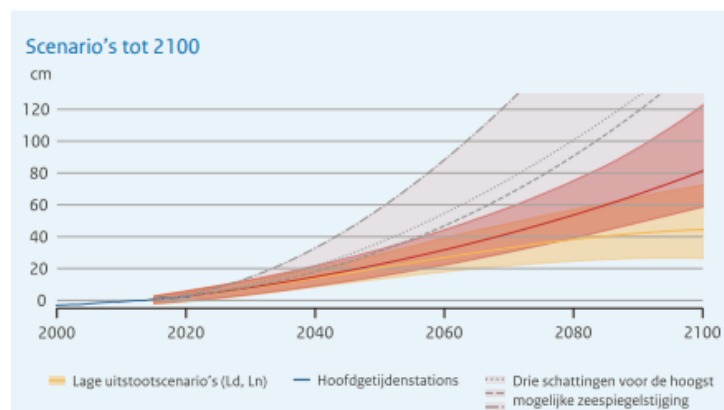
In de Zeespiegelmonitor [Stolte, e.a., 2022], zie Figuur A.2, is recent voor het eerst een versnelling van de zeespiegelstijging in Nederland te zien. In de twee voorgaande rapportages werd de stijging van de zeespiegel goed weergegeven door een constante trend van 1,8 mm/jaar sinds het begin van de metingen in 1890. Nieuwste inzichten laten zien dat over de afgelopen 30 jaar de gemiddelde stijging zo'n 2,9 mm/jaar bedraagt.



Figuur A.2 Gemeten zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust [Stolte, e.a., 2022]

Op dit moment heeft de snelheid van zeespiegelstijging nog weinig effect op de klimaatrisico's t.a.v. overstromingen. Afhankelijk van de hoeveelheid broeikasgassen die nog wordt uitgestoten, wordt voor de Nederlandse kust rond 2050 een verdere zeespiegelstijging verwacht [KNMI, 2023] van 16-34 cm in het lage, en tot 19-38 cm in het hoge uitstootscenario (Figuur A.3). Rond 2100 zal de stijging in het lage uitstootscenario 26-73 cm bedragen, en 59-124 cm in het hoge uitstootscenario. De bovengrens van de zeespiegelstijging rond 2100 kan tot 2,5 m oplopen als onzekere processen, zoals het

instabiel worden van de Antarctische IJskap, al vóór 2100 optreden.



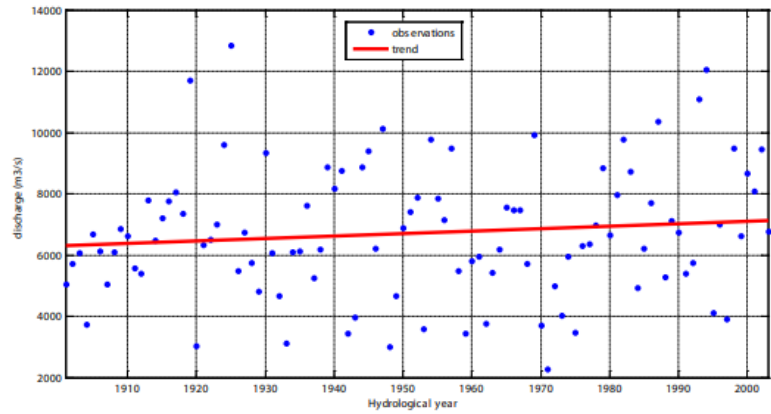
Figuur A.3 Zeespiegelstijgingsscenario's [KNMI'23 Klimaatscenario's voor Nederland]

Frequentere, langdurigere en hevigere piekbuien:

Voor het berekenen van huidige en toekomstige extreme afvoeren voor het toetsen en ontwerpen van keringen wordt het instrument GRADE (Generator of Rainfall and Discharge Extremes) gebruikt, waarbij de neerslag in het hele stroomgebied gesimuleerd kan worden. Voor toekomstige ontwikkelingen wordt vooralsnog uitgegaan van het WH scenario (KNMI2014), in 2024 wordt het effect op de afvoerstatistiek van de meest recente KNMI klimaatscenario's (KNMI2023) bekend. Extreme rivierafvoer treedt op als de combinatie van neerslag in verschillende delen van het stroomgebied ongunstig uitpakt. De kans hierop kan met GRADE berekend worden [Hegnauer, 2020].

Hierbij wordt rekening gehouden met onzekerheden in neerslag, hydrologische processen (die bepalen hoe snel en hoeveel neerslag tot afvoer komt in beken en de Rijn) en hydraulica (het gedrag van de afvoergolf in de rivier).

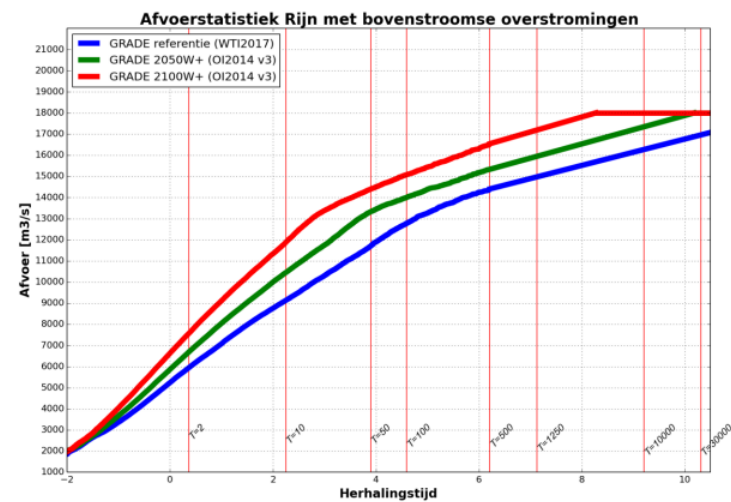
In 2010 is beschouwd [Diermanse, e.a.] of er een verandering te zien was in de jaarlijkse piekafvoer van de Rijn en de Maas op basis van langjarige meetreeksen bij Lobith en Borgharen. Hoewel er op beide rivieren een stijgende trend werd geconstateerd in de jaarmaxima over de afgelopen 100 jaar werd deze als niet statistisch significant beoordeeld (aanzienlijke kans dat het op toeval berust, vanwege de grote spreiding in de gemeten jaarmaxima) (Figuur A.4). Het herhalen en updaten van een dergelijke analyse waarbij ook andere indicatoren beschouwd worden verdient aanbeveling (bijvoorbeeld 7-daagse gemiddelden, meenemen van alle pieken boven xx m³/s, etc.).



Figuur A.4 Statistisch niet-significante trend in jaarmaxima op de Rijn

Ontwikkeling Rijnafvoer (afvoerstatistiek Lobith) (Figuur A.5):

Bij het bepalen van de maximale afvoercapaciteit van de Rijn bij Lobith wordt ervan uitgegaan dat op een zeker moment dijken in Duitsland zullen overstromen, waarbij rekening gehouden wordt met eventuele noodmaatregelen die aldaar nog getroffen kunnen worden bij een calamiteit. Een groter debiet dan 18.500 m³/s dat ons land bij Lobith kan bereiken lijkt fysiek niet mogelijk, omdat dan de Duitse dijken (zelfs als deze met zandzakken versterkt zijn), zullen overstromen. Omdat verwacht wordt dat onzekerheden in GRADE nog zullen afnemen is beleidsmatig de keuze gemaakt om in ontwerpstudies voor de toekomst voorlopig uit te gaan van een maximum debiet van 18.000 m³/s zoals ook gehanteerd in het Deltaprogramma 2015 . Wanneer Duitsland er voor kiest om z'n keringen verder te versterken, dient dit maximum opnieuw tegen het licht gehouden te worden.



Figuur A.5 Toekomstige verandering van afvoerstatistiek Rijn bij Lobith

Ontwikkeling Maasafvoer (afvoerstatistiek Eijsden):

Dat extreme neerslag in het stroomgebied van de Maas tot hoogwaters kan leiden hebben we recent gezien in de zomer van 2021. Het is onduidelijk welke invloed dit event heeft op de afvoerstatistiek. Bij het bepalen van de maatgevende afvoer hoeft bij de Maas in tegenstelling tot de Rijn niet gerekend te worden

met overstromingen bovenstrooms. De Maas stroomt in de Ardennen door een dal zonder grote overstromingsvlakten, van topvervlakking is daar nauwelijks sprake. Pas in de omgeving van Luik kunnen grootschalige overstromingen plaatsvinden, echter deze zullen de top van de extreme afvoergolven nauwelijks verlagen. De ontwikkeling van de afvoerstatistiek (W+) is weergegeven in tabel A.1.

HERHALINGSTIJD	REFERENTIE (WTI)	2050W+	2100W+
2	1439	1492	1667
5	1971	2054	2298
10	2302	2419	2709
20	2603	2741	3081
30	2776	2951	3298
50	2965	3171	3550
100	3224	3470	3893
250	3520	3800	4284
300	3573	3857	4360
500	3701	4039	4537
1000	3862	4209	4720
1250	3914	4247	4788
2000	4024	4380	4928
3000	4118	4441	4994
4000	4185	4480	5039
5000	4237	4531	5082
10000	4398	4652	5188
20000	4560	4773	5295
30000	4654	4844	5357
50000	4773	4933	5435
100000	4935	5055	5542

Tabel A.1 Toekomstige verandering van afvoerstatistiek Maas bij Eijsden [OI2014, versie 4]

Secundaire effecten

Klimaat effecten als verdroging hebben een mogelijk effect op dijksterkte, en daarmee op de kans van overstroom. Door (versnelde) bodemdaling neemt de kerende hoogte van een dijk af.

Als voorbeeld (hoewel niet in het primaire maar in het regionale systeem) kan de overstroming bij Wilnis van 2003 genoemd worden waarbij een veenkade langs de ringvaart is weggeschoven werd veroorzaakt door uitdroging van de dijk tijdens een periode van droogte.

Indertijd was onbekend dat door uitdroging veenkaden onvoldoende standzeker kunnen worden. Naar aanleiding van de overstroming van 2003 worden in droge perioden kaden in veenweidegebieden uitgebreid gemonitord en waar nodig besproeid. De kans dat een dergelijke gebeurtenis zich herhaalt is daarmee zeer klein.

Blootstelling

Definitie:

(“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012)

“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Wanneer de ruim 2000 afzonderlijke overstromingssimulaties die beschikbaar zijn in de Landelijke Database Overstromingen (LDO) voor het primaire systeem over elkaar heen gelegd worden, dan volgt dat ruim 47% van het landoppervlak in Nederland wordt beschermd door primaire keringen. Daarnaast ligt nog 5% van het landoppervlak buitendijks.

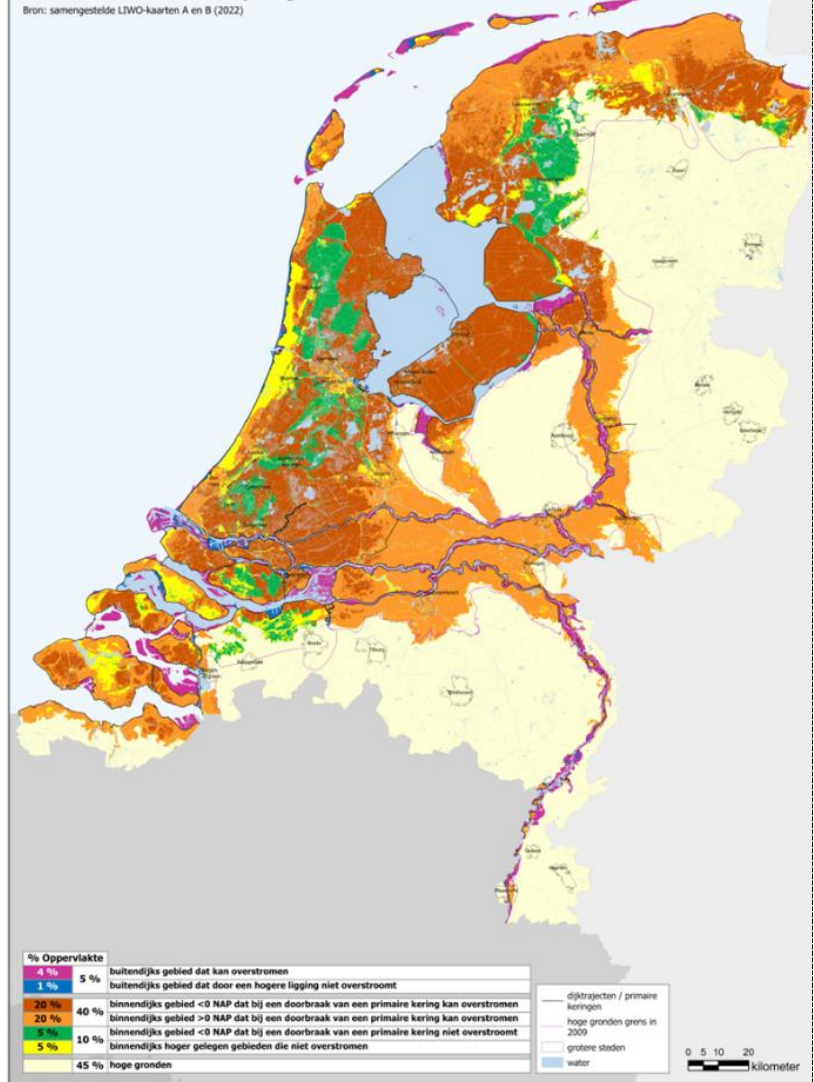
In onderstaande kaart [Hoogendoorn, 2023] wordt een overzicht gegeven van het binnen- (oranje) en buitendijkse (paars) gebied dat na een doorbraak van een primaire kering kan overstromen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar gebieden die boven en onder N.A.P. liggen.

Bijna 40% van het landoppervlak van Nederland (exclusief binnen- en buitenwater, 13.333 van de 33.568 km²) is potentieel overstroombaar na het doorbreken van een primaire kering (oranje). Overige binnendijkse gebiedsdelen (7%, geel) liggen zo hoog dat deze simpelweg niet kunnen overstromen (denk aan uitlopers van duingebieden en opgehoogde binnensteden) of worden beschermd door hun ligging achter compartimenteringselementen, boezemkades, verhoogd gelegen wegen, slaperdijken, e.d.). Van het buitendijks gelegen landoppervlak (5% van Nederland) is 80% overstroombaar (paars, 4% van de totale oppervlakte van NL).

Interessant zou zijn om in kaart te brengen welke gebieden specifiek bedreigd worden vanuit zee, vanuit de rivieren, vanuit het primaire of het regionale systeem, waar komt het risico vandaan. Deze uitsnedes (kaarten) kunnen gemaakt worden, maar zijn op het moment niet beschikbaar.

Binnendijks gebied dat na een doorbraak van een primaire kering kan overstroom en inundatie van buitendijkse gebieden

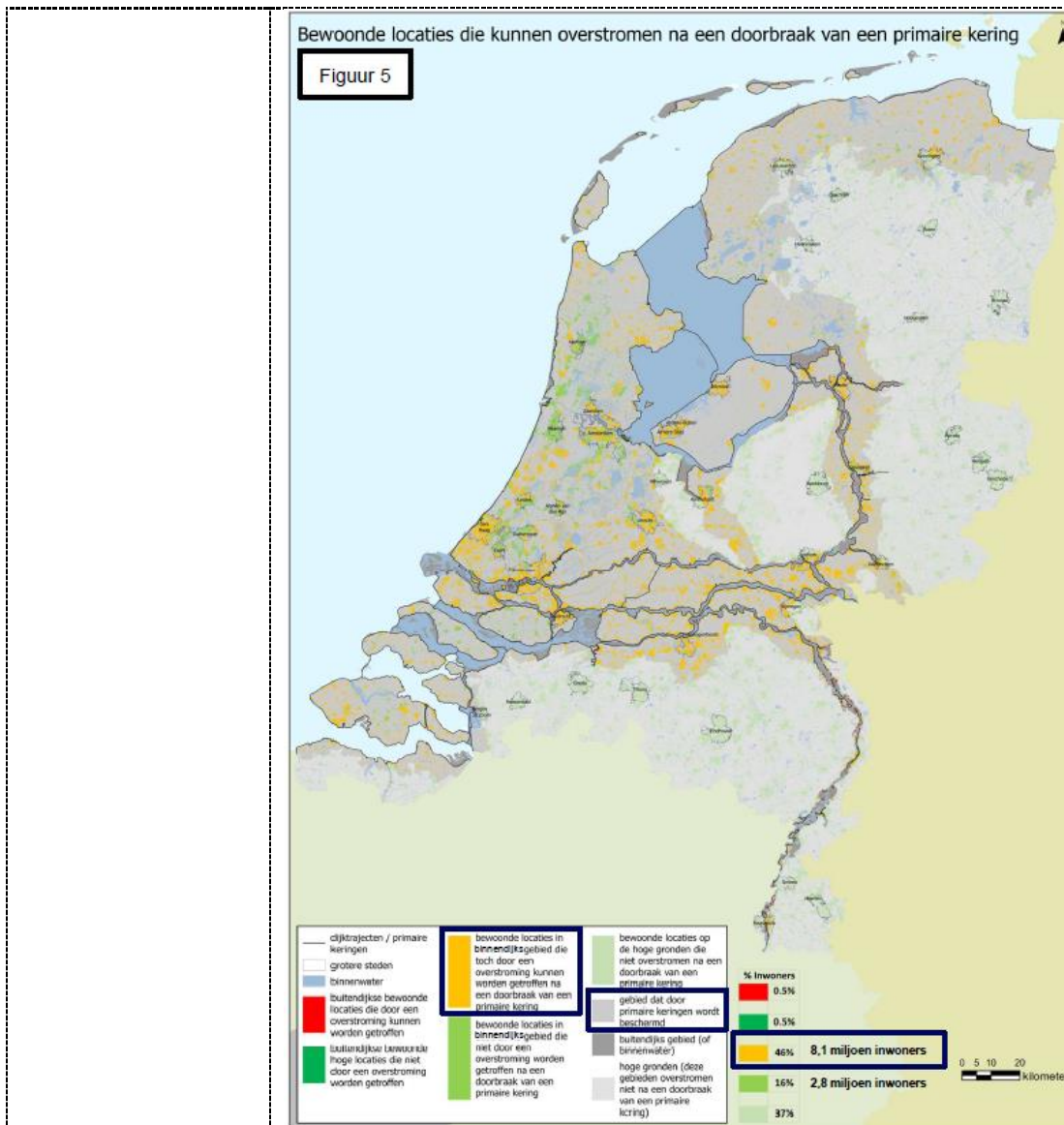
Bron: samengestelde LIWO-kaarten A en B (2022)



Figuur A.6 Binnendijks gebied dat bij een doorbraak van een primaire kering kan overstroom [Hoogendoorn, 2023]

In het door primaire keringen beschermde gebied wonen 10,9 miljoen mensen. Dat komt overeen met 62% van de Nederlandse bevolking van 17,6 miljoen in peiljaar 2022. In de 40% van het landoppervlak dat kan overstroom na doorbraak van een primaire kering wonen 8,1 miljoen mensen, 46% van de totale bevolking. In buitendijks overstromingsgevoelig gebied wonen nog eens 75.000 mensen.

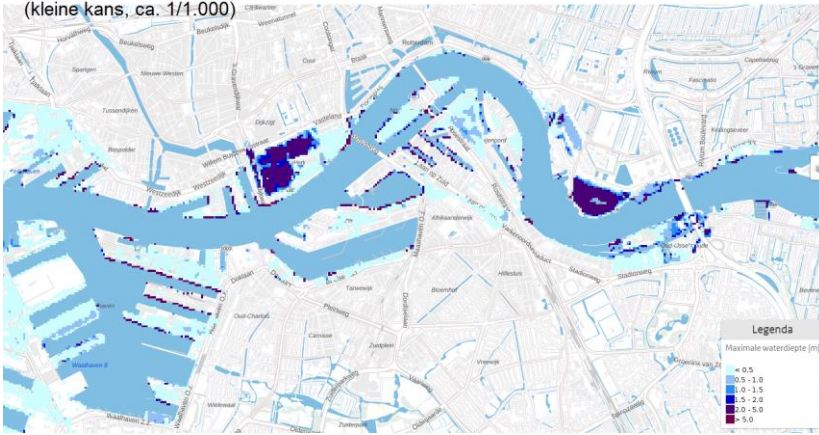
Onderstaande kaart geeft een overzicht van de verdeling van inwoners in potentieel overstroombaar gebied.



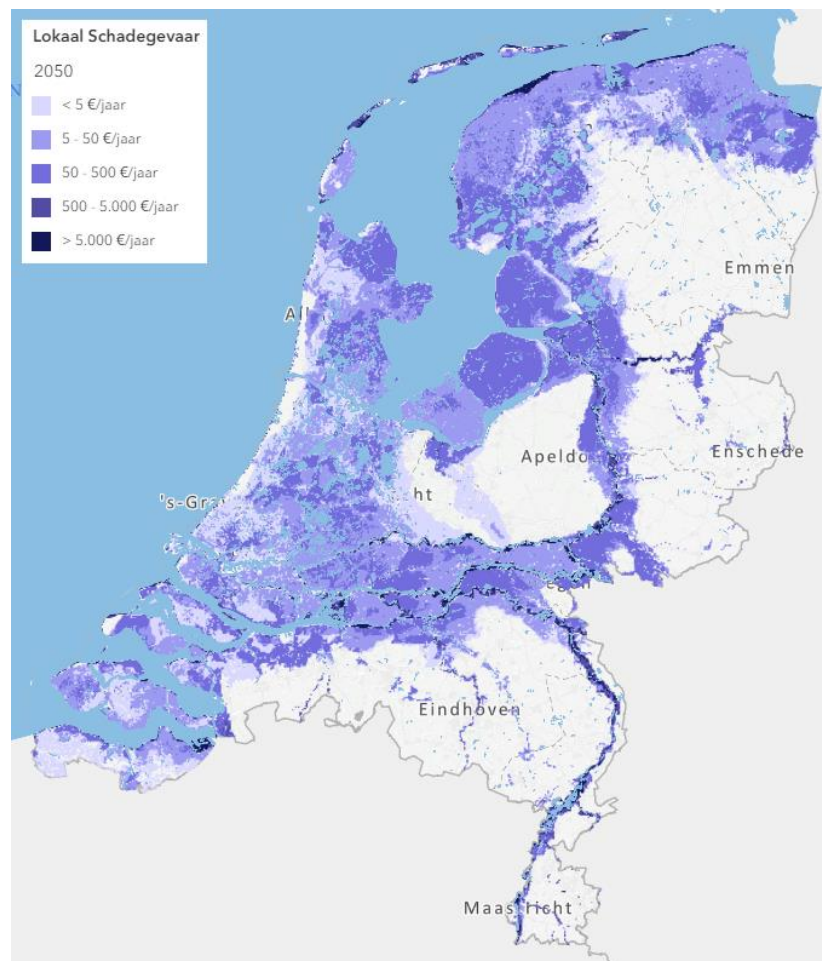
Figuur A.7 Bewoonde locaties die kunnen overstromen bij doorbraak van een primaire kering

Voor buitendijks gebied geldt dat (voornamelijk de onbebouwde) delen nu al geregeld overstromen bij hoge rivierafvoeren (uiterwaarden). Hoe hoger de frequentie waarmee een gebied overstroomt, hoe kleiner over het algemeen de gevoeligheid van een gebied voor schade. Bebouwing in deze frequenter bedreigde gebieden is in het algemeen aangepast aan overstroming (bv. verhoogd) en men is beter voorbereid. Het grootste deel van het bewoonde buitendijkse gebied vinden we in de regio Rijnmond-Drechtsteden en in enkele kustplaatsen (Scheveningen en Katwijk).

Op www.basisinformatie-overstromingen.nl zijn kaarten te downloaden met overstromingsdieptes in buitendijks gebied voor verschillende kansen van optreden (een grote kans van 1/10 per jaar, een middelgrote (1/100), kleine (1/1000) en zeer kleine (1/10.000) kans per jaar). Onderstaand een uitsnede voor

	<p>Rotterdam, waarop te zien is dat zelfs bij een kleine kans de overstromingsdieptes zeer beperkt blijven.</p> <p>A. Inundatie buitendijkse gebieden (kleine kans, ca. 1/1.000)</p>  <p>Het potentieel overstroombare gebied is van een dergelijke omvang dat gesteld kan worden dat alle sectoren in Nederland in meer of mindere mate blootgesteld worden aan overstromingsrisico.</p>
<p>Gevoeligheid</p> <p>Definitie: ("De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed")</p> <p>("Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events" (Cardona, 2012))</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8</p>	<p>Een overstroming van buitendijks gebied (type A) treedt op wanneer de kritische waterstanden voor het betreffende gebied worden overschreden. Een overstroming van een beschermd gebied langs het hoofdwatersysteem (type B) zal enkel plaatsvinden in het geval een primaire kering bezwijkt of overloopt. Dit zal veelal optreden in het geval van een extreme belasting (stormvloed, rivierwaterstand of combinatie), waarbij de omvang van een overstroming afhankelijk van de plaats groot en regionaal of zelfs landelijk ontwrichtend kan zijn. Er zal een groot verschil in gevoeligheid zijn tussen een doorbraak in de Maasvallei of in een kering langs een diepe polder als de Alblasserwaard.</p> <p>Directe (economische) schade is met name afhankelijk van de uiteindelijke overstromingsdiepte die bereikt wordt in een gebied. Daarbij treedt in geval van een overstroming ook indirecte schade op, schade die ontstaat als gevolg van de directe schade. Denk aan bedrijfsuitval en zgn. uitval van woningdiensten tijdens herstelwerkzaamheden, schade die samenhangt met uitval van infrastructuur en nutsdiensten, maar ook langetermijnpact op het investeringsklimaat.</p> <p>Door middel van zogenaamde lokaal schadegevaarkaarten (LSG) [Deltares 2023] kan de relatieve gevoeligheid ten aanzien van overstromingen in een gebied worden weergegeven. Deze gaan op iedere plaats uit van <u>dezelfde fictieve aanwezigheid van waarde</u> (dus niet de werkelijk aanwezige waarde). Hier wordt dus niet het daadwerkelijke overstromingsrisico in een gebied gegeven, maar op basis van deze kaarten kan het ene gebied als gevoeliger geclassificeerd worden dan het andere gebied. Kaarten kunnen</p>

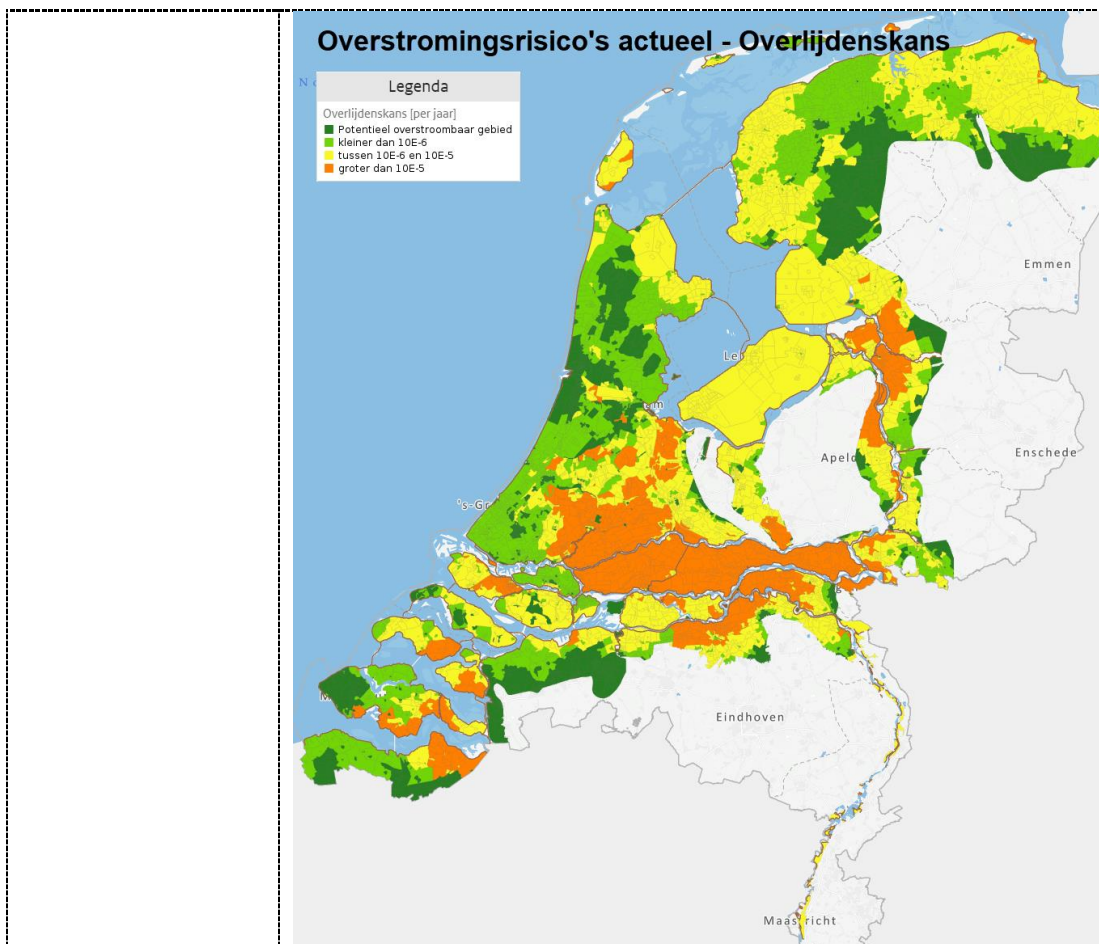
bijvoorbeeld gebruikt worden bij planvorming over woningbouw en andere vormen van ruimtegebruik (let op: kaarten bevatten ook informatie van regionale overstromingen).



Figuur A.8 Kaart lokaal schadegevaar 2050 wanneer primaire keringen voldoen aan de norm (bron en beschrijving:

<https://storymaps.arcgis.com/stories/e2f85f5d60c24965b93913e0b044e19c>)

Voor verwachte slachtofferaantallen zijn naast de overstromingsdiepte ook stroomsnelheden, aankomsttijd, waarschuwingstijd, eventuele vooraf ingezette evacuatie, e.d. van belang. Gevoeligheid van een gebied ten aanzien van overstromingslachtoffers wordt uitgedrukt in het Lokaal Individueel Risico (LIR). In de kaart wordt (per buurt) de kans weergegeven dat een hypothetische persoon op die locatie door een overstroming komt te overlijden, rekening houdend met diens kans tijdig te evacueren (evacuatiefractie), te ontsnappen en/of de gebeurtenis te overleven (mortaliteit).



Figuur A.9 Kaart Lokaal Individueel Risico (LIR) huidig (bron: www.basisinformatie-overstromingen.nl)

Aanvullende informatie m.b.t. gevoeligheid ten aanzien van overstromingen is te vinden op de website www.basisinformatie-overstromingen.nl. Zo zijn er kaarten beschikbaar m.b.t. maximale overstromingsdieptes, evacuatiepercentages, waarschuwingstijd bij een dreigend hoogwater, aankomsttijd van het water na een primaire doorbraak, overstromingsduur, de beschikbaarheid van droge verdiepingen per buurt voor verticale evacuatie, en meer.

Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

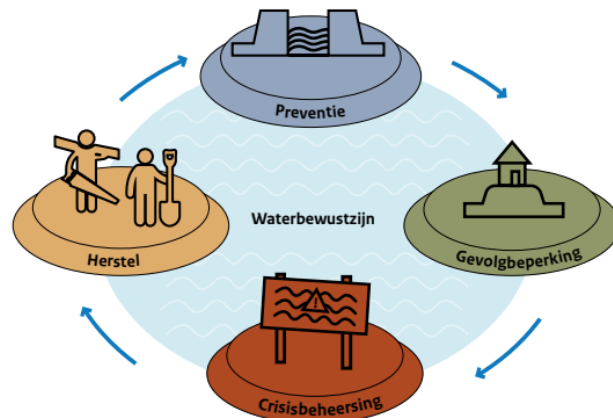
Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

In 2009 is in het Nationaal Waterplan [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, e.a. (2009)] het concept meerlaagsveiligheid (MLV) geïntroduceerd voor een duurzaam waterveiligheidsbeleid voor overstromingen uit het hoofdwatersysteem. Deze benadering werkt in drie ‘lagen’. De eerste laag is preventie: het zoveel mogelijk voorkomen van een overstroming. De tweede laag richt zich op het realiseren van een duurzame ruimtelijke inrichting van ons land. De derde laag zet in op een betere (organisatorische) voorbereiding op een mogelijke overstroming (rampenbeheersing).

Recent is geadviseerd [Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater (2023)] om het principe van meerlaagsveiligheid uit te breiden van drie naar vijf lagen door het toevoegen van een integrale basislaag

‘waterbewustzijn’ en een extra, vierde laag ‘herstel’, zie onderstaande afbeelding.

Meerlaagsveiligheid



Figuur A.10 Principeschets meerlaagsveiligheid [Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater (2023)]

Meerlaagsveiligheid gaat uit van een risicobenadering, het gaat om zowel kansen op als mogelijke gevolgen van overstromingen.

In praktijk wordt ten aanzien van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem van oudsher ingezet op preventie, omdat dit in de meeste gevallen veruit de goedkoopste manier is om de risico's te beperken. Een stelsel van dijken beschermt het achterliggende gebied tegen overstromingen. Naast dijken loont het ook om te investeren in systeemmaatregelen, zoals een stelsel van voorliggende keringen (stormvloedkeringen, de Afsluitdijk en andere dammen en kunstwerken) of andere ruimtelijke maatregelen (bijvoorbeeld rivierverruiming) om hydraulische belastingen in een groter gebied te beperken.

In 2017 is de Waterwet aangenomen waarin voor alle primaire keringen (dijktrajecten en voorliggende keringen) in Nederland overstromingskansnormen zijn vastgelegd. Deze normen zorgen ervoor dat voor iedereen in Nederland achter een primaire waterkering een bepaalde mate van basisveiligheid geboden wordt (de jaarlijkse kans dat een denkbeeldig persoon op een bepaalde locatie komt te overlijden door een overstroming (Lokaal Individueel Risico of LIR), rekening houdend met de evacuatiemogelijkheden is vastgesteld op maximaal 1/100.000 per jaar). Daarbovenop bieden ze extra bescherming op plaatsen met kans op grote aantallen slachtoffers, grote economische schade en/of ernstige schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur met nationaal belang.

Doel is dat alle primaire waterkeringen in 2050 aan de gestelde normen voldoen. Hieraan werken 21 Waterschappen en Rijkswaterstaat samen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma

(HWBP). De globale kosteninschatting voor de dijkversterkingsopgave tot 2050 is circa 24,0 miljard euro [AT OSBORNE, Witteveen+Bos, 2023]]

Op de meeste plekken wordt geconstateerd dat investeren in gevolgbeperking ten aanzien van overstromingen lang niet zo effectief is als investeringen in preventie. Toch is ook in ruimtelijke ordening (laag 2) steeds meer aandacht voor het niet verder laten toenemen klimaatrisico's ten aanzien van overstromingen. In 2022 heeft de ministerraad besloten dat water en bodem sturend moet zijn bij beslissingen over de inrichting van Nederland. Feitelijk betekent dit het ruimtegebruik op lange termijn minder kwetsbaar maken voor weersextremen als gevolg van klimaatverandering. Een vorm van gevolgbeperking is dat bebouwing in buitendijks gebied (op plaatsen waar dat überhaupt is toegestaan) minimaal 1 meter boven maatgevend hoog water (bij een terugkeertijd van 100 jaar) aangelegd wordt.

Tenslotte in de 3^e laag, crisisbeheersing, spelen diverse overheden een rol. Het ministerie van Justitie en Veiligheid is verantwoordelijk voor de inrichting van het stelsel voor rampenbestrijding en crisisbeheersing. Zodra een crisis de bevoegdheid van een overheidslaag overstijgt, vindt opschaling plaats naar een hogere laag.

Wanneer bepaalde drempelwaarden van waterstanden op zee of op de rivieren overschreden dreigen te worden (voorspellingen), treden diverse protocollen in werking. Bij (dreigende) overstromingen is de veiligheidsregio de coördinerende partij voor de inzet van de hulpdiensten. Kennis over het watersysteem wordt door het waterschap en Rijkswaterstaat ingebracht. Het gehele proces wordt beschreven in het Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen [Minister IenW, 2020].

In maart 2023 heeft de beleidstafel Hoogwater en wateroverlast [2023] in haar eerste advies vijf aanbevelingen gedaan die bijdragen aan het verbeteren van de crisisbeheersing, met name gericht op het handelingsperspectief tijdens de crisis. Deze aanbevelingen gaan over het ontwikkelen van een waarschuwingssysteem voor flashfloods (Limburg), het verbeteren van de kwaliteit van de hoogwaterverwachtingen, het verbeteren van de kwaliteit van hoogwatermetingen, het verbeteren van de informatievoorziening over hoogwatermetingen en het verbeteren van de internationale uitwisseling van data en informatie voor hoogwatermetingen.

Impact

In Nederland zijn ruim 200 (genormeerde) dijktrajecten onderscheiden die direct buitenwater keren en achterliggend gebied beschermen. Deze trajecten hebben ieder min of meer constante gevolgen van een overstroming en daarmee in de omvang van de schade en de schadebedragen onafhankelijk van de breslocatie in het traject. Impacts zijn erg overstromingsafhankelijk en locatiespecifiek. Denk aan een doorbraak in een kleine dijkkring in Limburg (met een zeer plaatselijk impact) versus een grootschalige overstroming in Randstad (landelijke impact).

In het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) is per doorbraaklocatie berekend hoe hoog de schade in geval van een doorbraak zou kunnen worden (prijsspeil 2011). Daarbij is bekeken hoeveel door de overstroming getroffen inwoners er zijn in het gebied (afhankelijk van de reikwijdte van de overstroming) en hoeveel dodelijke slachtoffers er zouden kunnen vallen (o.b.v. inwonersaantal 2011). Dit laatste is op haar beurt afhankelijk van de hoeveelheid mensen die nog aanwezig zijn op een bepaalde plek wanneer deze plek overstroomt (afhankelijk van de waarschuwingstijd, evacuatiemogelijkheden) en hoe groot de kans is dat die mensen in dat geval daadwerkelijk overlijden (mortaliteit, afhankelijk van stroomsnelheid en stijgsnelheid van het water in een gebied). Deze informatie is gecombineerd tot een gewogen gevolgengetal per normtraject in het Deltaprogramma Veiligheid.

Zie onderstaande tabellen voor de meest gevoelige dijktrajecten in de drie categorieën schade, getroffen en slachtoffers [Bron: Factsheets, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016)].

Economische schade

Traject	Naam	Schade (miljard euro)
44-1	Kromme Rijn - Rijn	41.0
15-1	Lopiker-en Krimpenerwaard - Oost	29.9
43-4	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 4	29.3
16-1	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede	28.6
8-3	Flevoland 3	26.0
8-4	Flevoland 4	26.0
14-1	Hollandse IJssel dkr14	25.3
41-1	Land van Maas en Waal - Waal	24.5
43-3	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 3	24.1
36-3	Land v Heusden/de Maaskant 3	24.1
16-4	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-Oost	22.8
41-2	Land van Maas en Waal - Waal	22.7
16-3	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-West	22.0
45-1	Gelderse Vallei - Rijn	20.6
36-2	Land v Heusden/de Maaskant 2	20.6
15-2	Lopiker-en Krimpenerwaard - West	18.8
43-5	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 5	18.1
14-6	Zuid - Holland - Kust 3	17.3
43-6	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 6	17.1
8-2	Flevoland 2	16.4
8-1	Flevoland 1	14.7
48-1	Rijn en IJssel 1	13.8
38-1	Bommelerwaard-Waal	13.7
43-2	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 2	13.4
53-2	Salland 2	13.0
16-2	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede/Noord/Lek	12.5
14-5	Zuid-Holland - Kust 2	12.0
14-2	Zuid-Holland - Nieuwe Waterweg - Oost	11.7
43-1	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 1	11.0
17-3	IJsselmonde - Noord-Oost	10.6

Tabel A.2 Normtrajecten met meer dan 10 miljard euro verwachte economische schade bij overstroming (2011)

Slachtoffers

Traject	Naam	Slachtoffers (-)
14-2	Zuid-Holland - Nieuwe Waterweg - Oost	3100
16-1	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede	3100
29-3	Walcheren 3 - Ritthem	2100
49-1	IJsseland 1	2000
16-2	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede/Noord/Lek	1900
19-1	Rozenburg	1500
14-1	Hollandse IJssel dkr14	1300
30-2	Zuid-Beveland West 2 - Hansweert	1200
15-1	Lopiker-en Krimpenerwaard - Oost	1100
16-3	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-West	1100
17-3	IJsselmonde - Noord-Oost	1000
15-2	Lopiker-en Krimpenerwaard - West	1000
16-4	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-Oost	1000
20-3	Voorne-Putten 2	900
44-1	Kromme Rijn - Rijn	700
43-4	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 4	600
8-3	Flevoland 3	600
8-4	Flevoland 4	600
14-10	Zuid-Holland - Kust 7	600
41-1	Land van Maas en Waal - Waal	600
14-6	Zuid - Holland - Kust 3	600
14-3	Zuid-Holland - Nieuwe Waterweg - West	500
41-2	Land van Maas en Waal - Waal	500

Tabel A.3 Normtrajecten met meer dan 500 verwachte slachtoffers bij overstroming (2011)

Getroffenen

Traject	Naam	Getroffenen (-)
44-1	Kromme Rijn - Rijn	690000
15-1	Lopiker-en Krimpenerwaard - Oost	388000
14-6	Zuid - Holland - Kust 3	317000
43-4	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 4	288000
41-1	Land van Maas en Waal - Waal	280000
43-3	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 3	269000
15-2	Lopiker-en Krimpenerwaard - West	254000
41-2	Land van Maas en Waal - Waal	252000
8-3	Flevoland 3	252000
8-4	Flevoland 4	252000
36-3	Land v Heusden/de Maaskant 3	252000
14-7	Zuid - Holland - Kust 4	249000
36-2	Land v Heusden/de Maaskant 2	247000
14-8	Zuid-Holland - Kust 5	239000
45-1	Gelderse Vallei - Rijn	232000
14-5	Zuid-Holland - Kust 2	202000
16-1	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede	172000
16-4	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-Oost	170000
14-10	Zuid-Holland - Kust 7	164000
48-1	Rijn en IJssel 1	152000
43-5	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 5	152000
17-3	IJsselmonde - Noord-Oost	150000
16-3	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Lek-West	149000
8-2	Flevoland 2	147000
8-1	Flevoland 1	146000
36-4	Land v Heusden/de Maaskant 4	129000
43-2	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 2	127000
53-2	Salland 2	124000
16-2	Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden - Merwede/Noord/Lek	124000
14-2	Zuid-Holland - Nieuwe Waterweg - Oost	124000
43-6	Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 6	118000
13-6	Noord-Holland - IJsselmeer	118000
41-4	Land van Maas en Waal - Maas	111000
14-9	Zuid-Holland - Kust 6	110000
13-7	Noord-Holland - Markermeer 1	105000

Tabel A.4 Normtrajecten met meer dan 100.000 getroffen bij overstroming (2011)

<p>Cascade-effecten</p> <p>(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p>Een overstroming heeft mogelijk (ontwrichtende) effecten op vitale infrastructuur, netwerken, energievoorziening, wegen/transport/spoorwegen, vliegvelden, telecom, gezondheidszorg. Tevens effecten op de financiële sector, landbouw en natuur.</p> <p>Deze lijst is niet uitputtend, nagenoeg elke sector wordt geraakt. Effecten houden niet op aan de grenzen van het overstroomde gebied, en zelfs niet aan de Nederlandse grens, gezien de buitenlandse investeringen in Nederland.</p>
<p>Eindimpact: mens en cultuur</p> <p>Opties:</p> <p>- <i>Laag</i>: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Middel</i>: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Hoog</i>: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade</p> <p>* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde</p> <p>N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek</p>	<p>De eindimpact van het overstromingsrisico (een product van kans, blootstelling en kwetsbaarheid) kan variëren tussen laag en zeer ontwrichtend, afhankelijk van het scenario dat zich voordoet. In onderstaande (verouderde, maar op hoofdlijnen nog correcte) kaart is weergegeven welke plaatsen gevoelig zijn voor overstromingen met een groot aantal slachtoffers [de Bruijn en Klijn, 2009]. Hierbij is de blootstelling ingedeeld in 2 gevaarklassen, hoog (met een beschermingsnorm/kans (pré 2017) van 1/1250 of 1/2000 per jaar) en laag (met een beschermingsnorm van 1/4000 of strenger).</p> <p>Gebieden met een hoge kwetsbaarheid zijn bepaald op basis van de volgende criteria: (1) Bebouwingskernen (met een groot relatief aantal inwoners per oppervlak), (2) waar een overstroming plotseling kan optreden (geen waarschuwingstijd), en (3) het bereiken van een veilige vluchtplaats lastig is.</p> <p>Bijvoorbeeld in Almere is de kwetsbaarheid (vulnerability) hoog, omdat overstromingen vanuit het IJsselmeer plots kunnen gebeuren en de stad vlak achter de dijk ligt en mensen in het geval van een overstroming niet makkelijk (meer) wegkunnen komen. De blootstelling (hazard) is echter laag, vanwege de hoge beschermingsnorm van de keringen. In Dordrecht bijvoorbeeld zijn zowel de blootstelling als de kwetsbaarheid hoog.</p>

primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)



Figuur A.11 Risicovolle plaatsen in Nederland (Bron: de Bruijn en Klijn, 2009)

Eindimpact: natuur en milieu

Opties:

- *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

De eindimpact van overstromingen op natuur en milieu is zeer afhankelijk van de omvang en specifieke plaats overstroming. Zie ook eerdere paragrafen.

Natuur zal mogelijk (tijdelijke) schade oplopen afhankelijk van de duur van de overstroming, overstromingsdiepte en bron van de overstroming (mogelijk ook zout water). Kan ook een positief effect hebben op plaatsen, bijvoorbeeld wanneer vruchtbaar slib wordt afgezet.

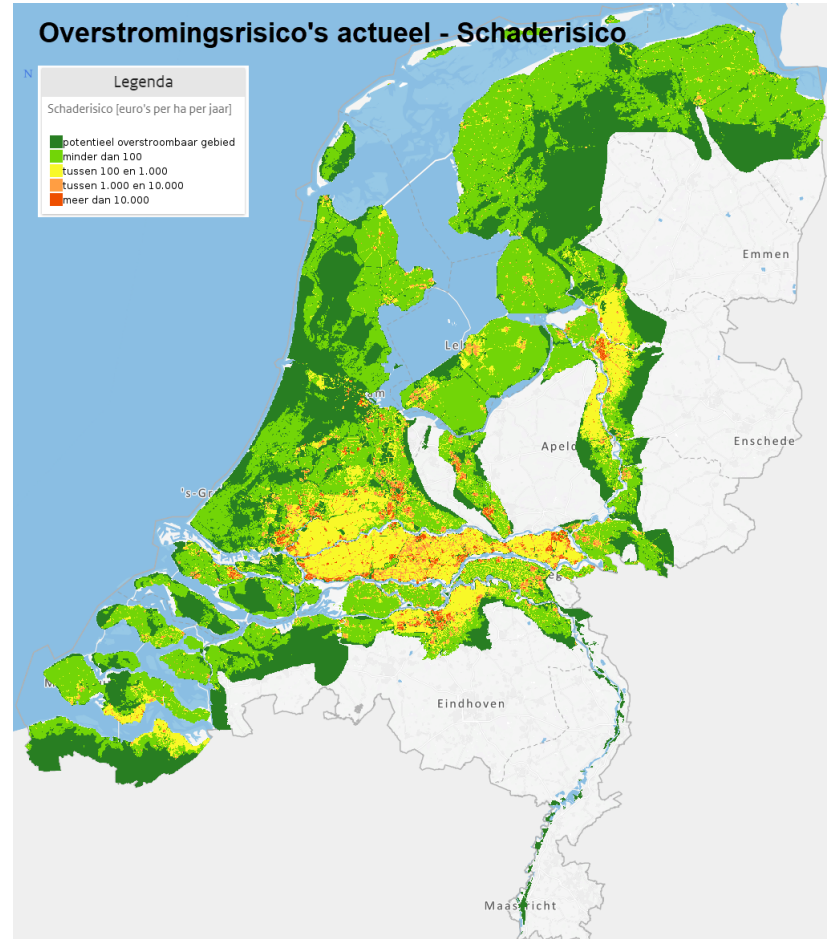
Milieu impact kan groot zijn wanneer bijvoorbeeld bedrijven met chemische stoffen overstromen.

Eindrisico: economie

Opties:

- Laag: < € 100 miljoen
- Middel: € 100 miljoen – 1 miljard
- Hoog: > € 1 miljard

In onderstaande kaart wordt het economisch schaderisico (ESR) per hectare per jaar voor heel Nederland gepresenteerd. Deze kaart is het product van de gevolgen bij alle overstromingssimulaties vanuit het primaire systeem, gecombineerd met de kans van voorkomen (onder meer afhankelijk van de faalkans van de voorliggende keringen). De kaart wijkt af van de Lokaal Schadegevaar Kaart (gepresenteerd onder *gevoeligheid*) omdat hier gewerkt wordt met de werkelijke waarde in een gebied, in plaats van een gevoeligheid van een hypothetische woningwaarde.



Figuur A.12 Overstromingsrisico's actueel in euro's per ha per jaar (Bron: www.basisinformatie-overstromingen.nl)

Waarschijnlijkheid

Frequentie:

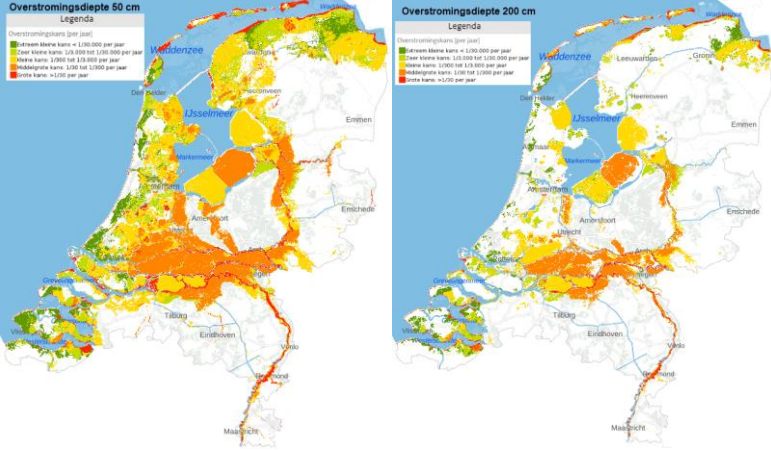
- Minder vaak dan eens per 1000 jaar
- Eens per 1000 jaar tot eens per 100 jaar
- Eens per 100 jaar tot eens per 10 jaar
- Eens per 10 jaar tot eens per jaar
- Eens per jaar of vaker

In Nederland wordt een dijktraject iedere 12 jaar getoetst aan de wettelijk gestelde overstromingskansnorm. In 2050 dienen alle keringen aan de nieuwe normen (Waterwet 2017) te voldoen, dit is op dit moment nog niet het geval. In de eerste van onderstaande kaarten staan de actueel ingeschatte overstromingskansen per dijktraject na de recent afgeronde beoordelingsronde van 2017 e.v. (bron: www.basisinformatie-overstromingen.nl). De kaart toont de inschatting van de faalkans per trajectdeel voor primaire waterkeringen in 2022. Deze inschatting is in het Deltaprogramma gemaakt op basis van de (VNK) situatie na uitvoering van het

HWBP2 en Ruimte voor Rivier/Maaswerken. Keringbeheerders zijn in de gelegenheid gesteld om de faalkans aan te passen o.b.v. hun beheerdersoordeel. De faalkans van primaire waterkeringen zijn ingeschat op basis van de vigerende faaldefinitie en zonder noodmaatregelen. Nogmaals, de vermelde faalkansen zijn een globale inschatting. In deze berekeningen zitten vele onzekerheden en voorbehouden.



In de twee kleinere kaartjes staat de plaatsgebonden overstromingskans bij overstromingsdieptes van 50 cm (het ruimtelijk beeld van de plaatsgebonden overstromingskans bij een diepte van 0 cm wijkt hiervan nauwelijks af) en 200 cm (bron: www.basisinformatie-overstromingen.nl).

	 <p>Voor onbeschermd (buitendijks) gebied wordt de kans dat er een overstroming optreedt voornamelijk bepaald aan de hand van de kans van optreden van hogere waterstanden. Bebouwing in buitendijks gebied wordt minimaal 1 meter boven maatgevend hoog water (bij een terugkeertijd van 100 jaar) aangelegd. In praktijk hebben buitendijkse bebouwde gebieden een klein risico. Kansen op overstromen zijn weliswaar in enkele gevallen groter dan bij binnendijks gebied, overstromingsdieptes zullen veelal beperkt blijven, en schades te overzien omdat in de inrichting van het gebied al rekening is gehouden met eventuele wateroverlast. In sommige gevallen (denk aan Dordrecht, Rotterdam) liggen buitendijkse gebieden hoger dan de primaire waterkeringen.</p>
<p>Wildcards & kantelpunten</p> <p>Wildcard <i>("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact")</i></p> <p>Kantelpunt <i>("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</i></p>	<p>Bij wildcards en kantelpunten kunnen we bijvoorbeeld denken aan zaken als een extreme versnelling van zeespiegelstijging (ten gevolge van het afsmelten van de ijskap bij Antarctica, of het optreden van een (bijna) overstroming die zorgt voor een ontwrichtend effect op ons vestigingsklimaat.</p>

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p>Veiligheid tegen overstromingen heeft continu de aandacht in Nederland, en is een samenspel tussen alle bestuurslagen, de Rijksoverheid, de provincie, de waterschappen, en gemeentes. Om te kunnen voldoen aan de eisen die het waterbeheer van de toekomst aan ons land stelt, is in 2009 de Waterwet in werking getreden. Vanaf 2024 is de Waterwet opgegaan in de Omgevingswet.</p> <p>Wettelijk is onder meer de normering van de primaire waterkeringen vastgelegd waar de keringen in 2050 aan dienen te voldoen (preventie).</p> <p>Een vereiste is onder meer dat de Rijksoverheid eens in de 6 jaar een Nationaal Waterplan opstelt. Het NWP 2022-2027 beschrijft de hoofdlijnen van het nationale waterbeleid en het beheer van de rijkswateren en rijkswaerwegen. Hoofdambities van het NWP zijn:</p> <ul style="list-style-type: none">• Een veilige en klimaatbestendige delta.• Een concurrerende, duurzame en circulaire delta.• Een schone en gezonde delta met hoogwaardige natuur <p>In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie (2015) is afgesproken dat het Rijk ervoor zorgt dat nationale vitale en kwetsbare functies uiterlijk in 2050 beter bestand zijn tegen overstromingen. In 2022 heeft de ministerraad besloten dat water en bodem sturend moet zijn bij beslissingen over de inrichting van Nederland.</p>
<p>Samenhang met andere transities en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p>Overstromingsrisico's worden beïnvloed door het ruimtelijke ordeningsbeleid in brede zin. Ons landgebruik, waar gaan we waarde neerzetten in de toekomst, m.n. woningbouwopgave, energietransitie, wegen.</p> <p>In onderstaande afbeelding is een overzicht gegeven van alle wet- en regelgeving, beleid, beheerplannen, uitvoeringsprogramma's en maatregelen die met het NWP samenhangen.</p>

	<p>Overzicht van wet- en regelgeving, beleid, beheerplannen, uitvoeringsprogramma's en maatregelen die met het Nationaal Water Programma 2022-2027 samenhangen</p>
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p>M.n. internationaal beleid in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas zijn relevant voor klimaatrisico's in Nederland. Beschermingsniveaus (kruinhoogtes) in Duitsland zijn direct van invloed op hoeveelheid water die Nederland binnen kan komen bij Lobith. Ook mogelijke overstromingen 'via de achterdeur' wanneer een dijk in Duitsland doorbreekt.</p>
<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p>Een mogelijke lock-in binnen het huidige waterveiligheidsbeleid is het zogenaamde "levee-effect": versterking van waterkeringen leidt tot meer investeringen in beschermd gebied, wat weer leidt tot noodzaak om keringen te versterken, enz. Voor de primaire keringen is het effect van extra versterken op het gevoel van veiligheid mogelijk beperkt. In de meeste bedijkte gebieden voelen de mensen zich al heel veilig en is een gevoel van onveiligheid geen beperking voor investering. In buitendijkse gebieden of beekdalen met meer frequentere overstromingen en in Limburg kan dit wel spelen.</p>
<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	<p>Klimaatadaptatie wordt landelijk gecoördineerd vanuit twee programma's: het nationaal Deltaprogramma en de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS).</p>

Rechtvaardigheid

Er is een grote regionale differentiatie in het overstromingsrisico door de ligging, zie eerdere beschouwingen. Vroeger was voor ieder gebied een maatschappelijke kosten-baten analyse leidend. Nu om eerlijkheid te vergroten wordt in ieder geval een basisveiligheid gehanteerd voor iedereen, ook inwoners van gebieden met relatief lage waarde, of hoge kosten van dijkversterking. Het huidige beleid neemt eerlijkheid dus al enigszins mee. Verder worden dijkversterkingen deels betaald door de regio en deels door de Rijksoverheid.

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening	-
Kennishiaten	<ul style="list-style-type: none">- Databronnen en onderzoeken zoals gepresenteerd in deze factsheet dateren veelal uit verschillende peiljaren en zijn gebaseerd op verschillende databronnen. Mogelijkheid om <u>nú</u> een thermometer in het systeem te steken ontbreekt. Aanbevolen wordt om bij iedere update van scenario's in de landelijke database overstromingen (LDO) tevens nieuwe up-to-date risicokaarten (op basis van een beste inschatting van geldende overstromingskansen) te genereren. Hierbij kunnen diverse uitsnedes gemaakt worden, bijvoorbeeld uitgesplitst naar overstromingsgevoeligheid vanuit het primaire en regionale systeem, bron van de overstroming (grote rivieren, zee, regionaal, neerslag, e.d.), etc.- Is er een ongelijkheid in de verdeling van overstromingsrisico's in Nederland? Rechtvaardigheid, beschouwen van kwetsbare groepen en buurten.- Vertaling KNMI2023 scenario's naar nieuwe afvoerstatistiek Rijn en Maas. Beschouwen invloed van zomerhoogwater 2021 op afvoerstatistiek.- Effect zeespiegelstijging op overstromingskarakteristieken en economisch optimale overstromingskansen (normen).
Onzekerheid en betrouwbaarheid	-
Expertbeoordeling	-

Referentielijst

Referenties:

- AT OSBORNE en Witteveen+Bos (2023). *Globale kosteninschatting dijkversterkingsopgaven na eerste Landelijke Beoordelingsronde primaire waterkeringen*. Rapportage 14 september 2023.
- Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater (2023). *Eindadvies Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater. Voorkomen kan niet, voorbereiden wel allemaal aan de slag*.
- Bruijn, K.M. de & F. Klijn, (2009), 'Risky places in the Netherlands. A first approximation for floods', *Journal of Flood Risk Management* 2: 58-67.
- Deltaprogramma Veiligheid (2014). Synthesedocument veiligheid, Achtergronddocument B1 bij Deltaprogramma 2015. Rapportage dd. 25 juli 2014.
- Deltares (2018). *Overstromingsrisico's in Nederland in het kader van de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) 2^e cyclus (2016-2021)*. Uitgevoerd door Deltares i.o.v. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, vastgesteld door Stuurgroep Water d.d. 12 december 2018
- Deltares (2023). Kaarten van overstromingsgevaar voor ruimtelijk beleid, in het bijzonder de woningbouw. Website: <https://www.deltares.nl/nieuws/kaarten-van-overstromingsgevaar-voor-ruimtelijk-beleid-in-het-bijzonder-de-woningbouw> dd. 14 februari 2023
- Diermanse, F., J. Kwadijk, e.a. (2010). *Statistical trend analysis of annual maximum discharges of the Rhine and Meuse rivers*. Deltares, 2010.
- Hegnauer, M. *Statistiek extreme hoogwaters Rijn en Maas op basis van geschaalde KNMI'14 scenario's*. Deltares rapport 11205237-003-ZWS-0014, 4 december 2020. 31p.
- Hoogendoorn, R. (2023). *Kengetallen voor aantal inwoners en oppervlak van overstroombaar Nederland vanuit het primaire systeem*. Memo Deltares 11208059-011-GEO-0007 dd. 4 april 2023
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023). *Tussenbalans, hoe kan Nederland de stijging van de zeespiegel aan?* Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Staf deltacommissaris en Rijkswaterstaat, november 2023.
- Kind, J. (2011). *Maatschappelijke Kosten Baten Analyse Waterveiligheid 21^e eeuw*. Deltares rapportage 1204144-006, maart 2011.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). *Factsheets normering primaire waterkeringen. Getalsinformatie per normtraject*.
- Ministerie van IenW (2020). *Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen*. Departementaal Coördinatiecentrum Crisisbeheersing, dd. 25 november 2020.
- Ministeries van IenW, LNV en BZK (2021), *Ontwerp Nationaal Water Programma 2022-2027, het nationale waterbeleid en de uitvoering in de rijkswateren*.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009) Nationaal Waterplan 2009-2015

Smale, A.J. (2016). Ontwerpinstrumentarium 2014, werkwijzer bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden, OI2014 versie 4. Deltares rapportage 1230090-009, december 2016.

Stolte, W., F. Baart, e.a. (2022) *Zeespiegelmonitor 2022*. Deltares rapportage 11209266 dd. maart 2023

B Factsheet waterveiligheid: overstrooming vanuit het regionale watersysteem



Versie 31.8.2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

Factsheet klimaatrisico waterveiligheid

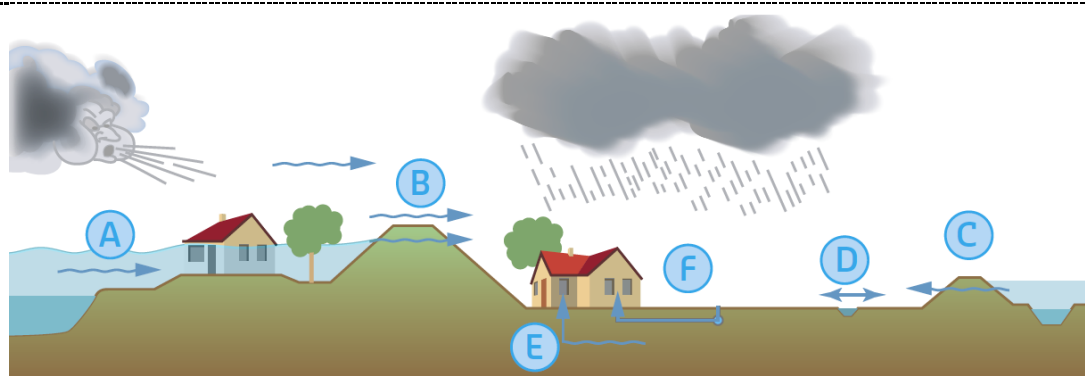
Overstroming van onbeschermd en beschermd gebieden langs het regionale watersysteem, en overstroming van gebieden door intense neerslag

Inleiding

Overstromingsrisico is een gegeven waar we ons in Nederland al eeuwenlang van bewust zijn. Overstromingsrisico's worden bepaald uit de combinatie van de kans dat een gebied overstroomt en de gevolgen van een overstroming. Hierbij kan economische schade optreden, maar kunnen ook (grote aantallen) slachtoffers vallen. In Nederland wordt een zestal typen overstromingen onderscheiden, zie Figuur B.1 [ROR, 2018]:

- G. Overstroming van onbeschermd gebieden (uiterwaarden etc.) langs het hoofdwatersysteem;
- H. Overstroming van beschermd gebieden langs het hoofdwatersysteem, door het overlopen of bezwijken van primaire waterkeringen;
- I. Overstroming van beschermd gebieden langs het regionale watersysteem, door het overlopen of bezwijken van regionale waterkeringen;
- J. Overstroming van onbeschermd gebieden vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem;
- K. Overstroming van gebieden door grondwatersystemen;
- L. Overstroming van gebieden door intense neerslag

NB: In gebieden waar hoge grondwaterstanden voorkomen, is de inrichting hierop aangepast. Overstromingen van het type E waarbij schade optreedt en slachtoffers vallen komen in Nederland daarom nog zeer beperkt voor, en blijven in de factsheets buiten beschouwing.



Figuur B.1 Verschillende typen overstromingen in Nederland [ROR, 2018]

Deze factsheet richt zich op overstromingen van het type C en D, respectievelijk beschermde en onbeschermde gebieden langs het regionale watersysteem, en op overstroming van gebieden met intense neerslag, type F.**

Overstromingen van het type F treden op als gevolg van stagnerend regenwater, dat de waterloop of het rioolsysteem (nog) niet heeft bereikt. Dit type overstroming doet zich vooral voor bij heftige intense buien of grootschalige langdurige neerslag. De overstroming is bij heftige buien in het algemeen kortstondig en doorgaans lokaal van aard en kan schade toebrengen aan (de inboedel van) gebouwen, landbouwgewassen en tijdelijke uitval van wegen veroorzaken door onderlopen van tunnels e.d. Bij grootschalige neerslagsystemen kan een groter gebied meerdere dagen te maken krijgen met wateroverlast. Vanwege de beperktere omvang en duur van dit type overstromingen wordt veelal gesproken over wateroverlast, al is de overgang naar een lokale overstroming niet altijd eenduidig te definiëren.

Het gebied dat met overstromingen vanuit het regionale watersysteem wordt bedreigd (type C en D) is ongeveer half zo klein als het overstromingsgevoelige gebied vanuit het primaire watersysteem. Ook is de omvang van een overstroming bij een doorbraak vanuit het regionale systeem veelal een stuk kleiner en zijn de overstromingsdieptes minder groot, omdat er meestal minder water in het systeem beschikbaar is. Bij een beperkt aantal regionale wateren kan de economische schade echter aanzienlijk zijn, bijvoorbeeld bij overstromingen vanuit de Roer, de Geul, de Linge en de Geleenbeek.

Er zijn in het verleden diverse keren overstromingen opgetreden vanuit het regionale watersysteem. In 1960 is de dijk langs zijkanaal H langs het Noordzeekanaal doorgebroken en is Tuindorp Oostzaan in Amsterdam-Noord onder water gelopen. 11.000 bewoners hebben hun huizen moeten verlaten door de overstroming, er is één dode te betreuren en de schade aan huizen en centrale voorzieningen bedroeg omgerekend naar het prijspeil van vandaag zo'n 30 miljoen Euro. Andere voorbeelden van overstromingen vanuit het regionale systeem zijn het wegschuiven van een veenkade in Wilnis in 2003 (schade enkele miljoenen, geen slachtoffers). Zie voor een overzicht van regionale overstromingen uit de ROR Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht van historische overstromingen vanuit het regionale watersysteem

nr.	Overstroming					Gevolgen		
	Datum	Bron	Omvang van overstroming	Aard / route van overstroming	Indicatie van frequentie	Gezondheid van de mens	Economische bedrijvigheid ¹	Risico van herhaling
7	1960 januari	Regionaal water (A15)	Tuindorp Oostzaan, woonwijk, 200 hectare	Doorbraak door breuk in watertransport leiding (A25,A33)	n.v.t	Geen slachtoffers, evacuatie van 10.000 personen	Schade aan 2.600 woningen	Klein door beter bewustzijn en regelgeving
8	1998 september, oktober	Intense neerslag (A12)	Zuidwest-Nederland en Noord-Nederland	Buiten oevers treden van waterlopen (A21,A35)	ca. 1:100 jaar	Geen slachtoffers	574 miljoen gulden schadevergoeding uitgekeerd aan agrarische bedrijven	Zeer klein door verbetering van afvoer- en bergingscapaciteit
9	1998 oktober	Regionaal water (A11)	Groningen, Tussenklappenpolder, 500 hectare	Doorsteken kering als noodmaatregel om grotere schade elders te voorkomen (A25,A39)	1:50 tot 1:100 jaar	Geen slachtoffers	Paar honderd miljoen gulden, schade aan landbouw, stopzetten gaswinning	Zeer klein door verbetering van afvoer- en bergingscapaciteit
10	2003 augustus	Regionaal water (A11)	Wilnis, woonwijk, 50 hectare	Wegschuiven van veenkade langs ringvaart (A23,A33)	n.v.t.	Geen slachtoffers, evacuatie van 2.000 personen	Schade geschat op enige miljoenen	Zeer klein door beter bewustzijn en monitoring

¹ Schade in valuta en prijspeil ten tijde van de overstroming

Een laatste recente gebeurtenis die ons allen nog scherp op het netvlies staat is het buiten z'n oevers treden van de Geul (m.n. het centrum van Valkenburg), de Geleenbeek en de Roer in de zomer van 2021. Hierbij zijn geen slachtoffers gevallen in Nederland, maar is een aanzienlijke schade van ca. 455 M€ [HKV, 2023 en ENW, 2021] opgetreden.

** Let op, bij beschermde gebieden gaat het om gebieden die beschermd worden door een genormeerde regionale kering.

Klimaatrisicoanalyse

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

Overstromingsrisico's worden in algemene zin bepaald door de kans van optreden van een overstroming in combinatie met de mogelijke gevolgen daarvan.

Een overstroming in het regionale systeem kan plaatsvinden wanneer neerslag in een gebied niet snel genoeg afgevoerd kan worden. Dit kan zeer lokaal gaan om regenwater dat de waterloop of het rioolsysteem (nog) niet heeft bereikt, het overlopen van een waterloop (bijvoorbeeld een boezemkanaal, als de capaciteit van de waterweg zelf, spuilsuizen of gemalen onvoldoende is, als een spui of gemaal uitvalt, als een watergang verstopt raakt of er niet bemalen kan worden door een maalstop), óf als er een (genormeerde) regionale kering doorbreekt.

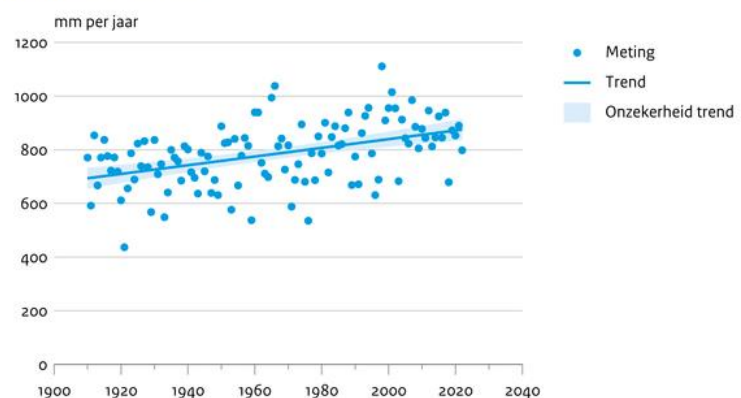
Daarnaast kunnen regionale rivieren of beken buiten hun oevers treden bij een extreme neerslag over een groot deel van het stroomgebied (bv. de Vecht, de Roer, de Geul, de Linge en de Geleenbeek). De situatie in Limburg in 2021 toont dat extreme neerslag in een gebied kan optreden dat de lokale en regionale schaal overstijgt.

De primaire klimaatdreiging in relatie tot overstromingen van het regionale watersysteem is dus het optreden van frequentere, langdurigere en heviger piekbuien, in het regionale watersysteem maar ook daarbuiten. Extreme neerslag in een gebied kan plaatsvinden in combinatie met hoge rivierafvoer of hoge zeewaterstanden, waardoor water niet of minder makkelijk op het primaire systeem geloosd kan worden. Een grote mate van zeespiegelstijging kan daarmee in de toekomst een effect hebben op het secundaire systeem, maar op dit moment heeft de snelheid van zeespiegelstijging nog weinig effect op deze klimaatrisico's.

De gevolgen van toenemende neerslag zijn al geregeld te zien in het watersysteem, denk aan de overstromingen in Limburg (m.n. Valkenburg) in de zomer van 2021. Het buiensysteem in juli 2021 had een omvang vergelijkbaar met de helft van Nederland en veroorzaakte ook in België, Duitsland en Luxemburg overstromingen. Als deze bui elders boven Nederland was gevallen dan was de impact ook enorm geweest. Ook dan zou veel schade zijn ontstaan en doordat water in vlakke gebieden lang blijft staan kan ook maatschappelijke ontwrichting optreden [Bruijn, K. de, K. Slager e.a. (2022)].

De jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland (gemiddeld over 102 stations) is tussen 1910 en 2022 gestaag gestegen met 26%, van 694 naar 875 mm per jaar [Compendium voor de Leefomgeving, <http://www.clo.nl/nl050809>]. Vooral de neerslag in de winter is toegenomen, maar ook de zomers zijn natter geworden. Het aantal dagen met neerslag is niet of nauwelijks toegenomen. De neerslag is dus vooral heviger geworden, bijvoorbeeld tijdens zomerse hoosbuien. Vanaf het jaar 2000 lijkt de hoeveelheid neerslag in de lente af te nemen, de neerslag in de winter neemt daarentegen sneller toe.

Hoeveelheid neerslag



Bron: KNMI; bewerking PBL

PBL/aug23;
www.clo.nl/nl050809

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Hoeveelheid neerslag in lente</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Hoeveelheid neerslag in winter</p> </div> </div> <p><i>Figuur B.2 Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland (gemiddeld over 102 stations) [Compendium voor de Leefomgeving, http://www.clo.nl/nl050809]</i></p> <p>Ook de extremen zijn de afgelopen jaren toegenomen. Het Compendium voor de Leefomgeving [zie http://www.clo.nl/nl059003] laat zien dat het aantal dagen met meer dan 50 millimeter ergens in Nederland sinds 1951 is toegenomen met 85%.</p> <p>Zeespiegelstijging is een andere klimaatdreiging. Wanneer de waterstanden in het hoofwatersysteem stijgen, bestaat de kans dat er niet meer (voldoende) gespuid of gepompt kan worden vanuit het regionale systeem, met daarbij meer kans op overlast. Zie voor een beschouwing van de waargenomen zeespiegelstijging verder de factsheet m.b.t. overstromingen vanuit het primaire systeem.</p>
<p>Secundaire effecten</p>	<p>Klimaat effecten als verdroging hebben een mogelijk effect op dijksterkte, en daarmee op de kans van overstromen. Door (versnelde) bodemdaling neemt de kerende hoogte van een dijk af. Als voorbeeld kan de overstroming bij Wilnis van 2003 genoemd worden waarbij een veenkade langs de ringvaart is weggeschoven werd veroorzaakt door uitdroging van de dijk tijdens een periode van droogte.</p> <p>Indertijd was onbekend dat door uitdroging veenkaden onvoldoende standzeker kunnen worden. Naar aanleiding van de overstroming van 2003 worden in droge perioden kaden in veenweidegebieden uitgebreid gemonitord en waar nodig besproeid. De kans dat een dergelijke gebeurtenis zich herhaalt is daarmee zeer klein.</p>
<p>Blootstelling</p> <p>Definitie: ("De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging" (PBL methoderapport).</p>	<p>Uit overstromingssimulaties die beschikbaar zijn in de Landelijke Database Overstromingen (LDO, ruim 2800 de 5000 scenario's zijn opgesteld voor regionale overstromingen van het type C en D) volgt dat rond de 20% van het landoppervlak in Nederland gevoelig is voor overstromingen uit het regionale watersysteem. Dit gaat vooral om de laaggelegen polders (onder N.A.P.) in het noorden en westen van Nederland. Het grootste deel van dit gebied is tevens gevoelig voor overstromingen vanuit het hoofwatersysteem, hier zit dus een grote overlap.</p>

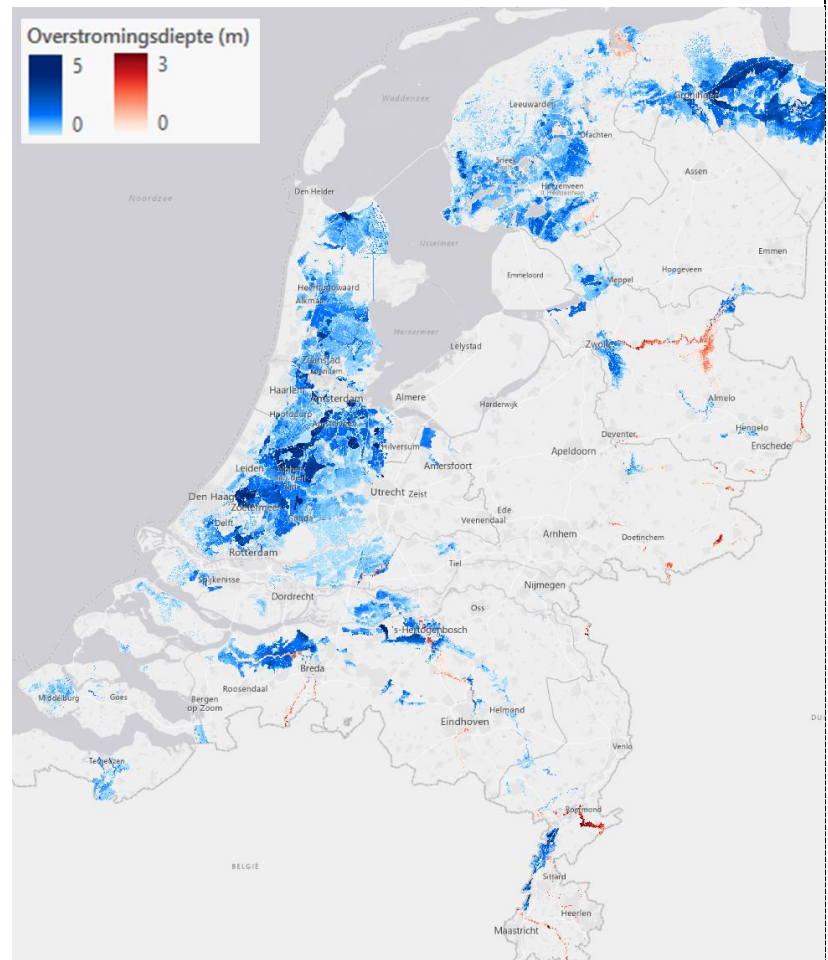
“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012)

“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

In onderstaande kaart (bron: <http://www.basisinformatie-overstromingen.nl>) zijn om een gevoel te krijgen van de omvang van het blootgestelde beschermde gebied (type C overstromingen) de maximale overstromingsdieptes (in blauw) weergegeven. Daarbij is ook duidelijk het onbeschermd gebied rond de regionale rivieren en beken te zien (type D overstromingen, in rood). Het gaat hierbij veelal om kleinere waterdieptes (uitgezonderd de Roer), maar naar alle waarschijnlijkheid grotere stroomsnelheden.

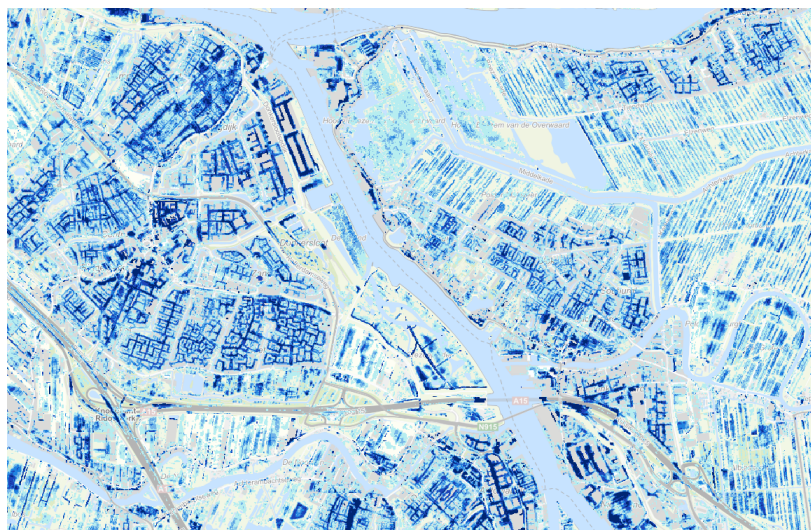
Het potentieel overstroombare gebied is van een dergelijke omvang dat gesteld kan worden dat alle sectoren in Nederland in meer of mindere mate blootgesteld worden aan dit risico.



Figuur B.3 Potentieel overstroombaar gebied vanuit het regionale watersysteem type C (blauw) en D (rood) [bron: www.basisinformatie-overstromingen.nl]

Voor overstromingen van het type F zijn waterdieptekaarten beschikbaar vanuit de ROR waarbij is gerekend met neerslagintensiteiten van 35, 70 respectievelijk 140 mm in 2 uur [ROR, 2018]. Deze intensiteiten komen grofweg overeen met gebeurtenissen op een willekeurige locatie in Nederland met een herhalingsstijd van 10, 100 respectievelijk 1000 jaar. Het overstromingsrisico van intense neerslag is gelijkmatig verdeeld over heel Nederland. Kaarten met waterdieptes zoals hieronder weergegeven zijn beschikbaar via de Klimateffectatlas

(www.klimaat-effectatlas.nl). Deze zijn zeer gedetailleerd en slechts lokaal te bekijken in hoge resolutie.



Figuur B.4 Waterdiepte bij hevige bui, 140 mm/2 uur. Voorbeeld: Ridderkerk-Alblasserdam. Via www.klimaat-effectatlas.nl

Gevoeligheid

Definitie:

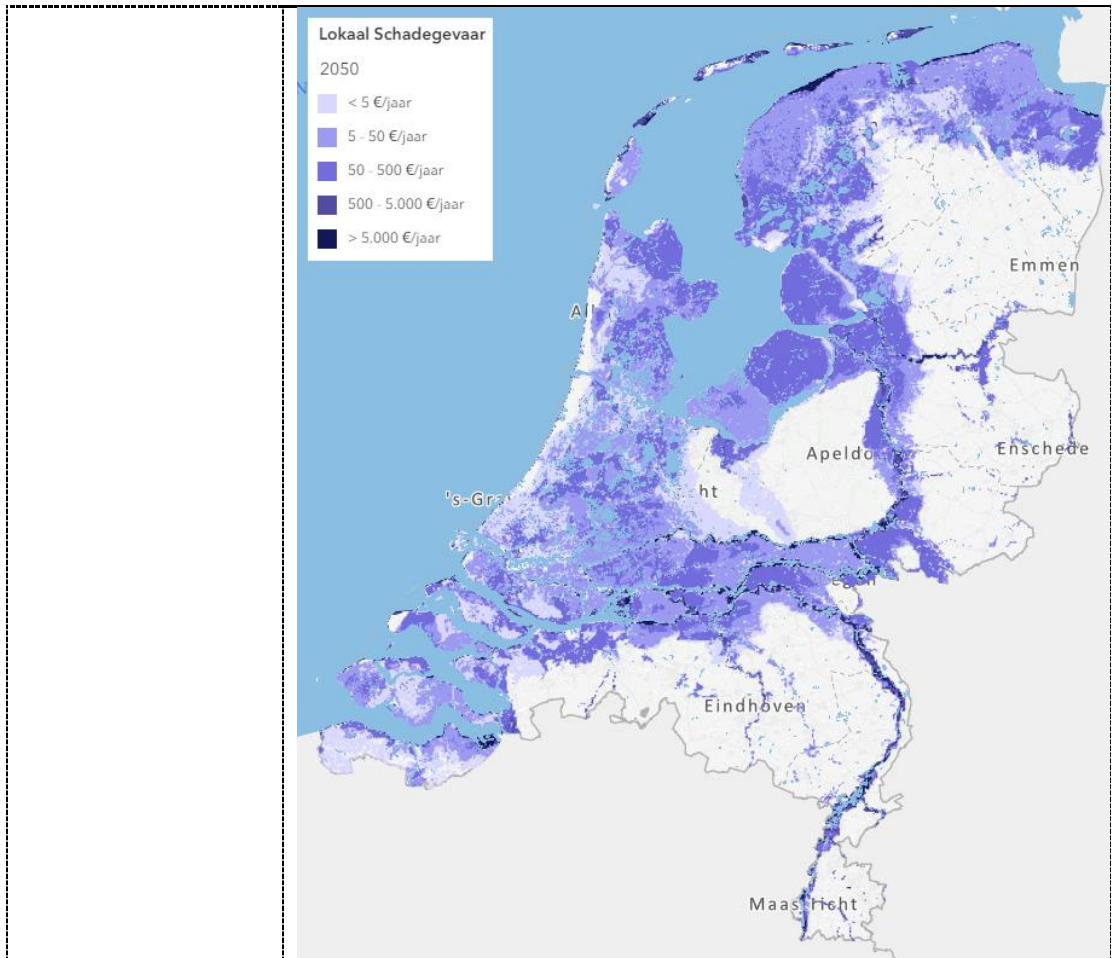
(“De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed”)

(“Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events” (Cardona, 2012))

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Bij aanwezigheid van kapitaal (waarde) in een gebied is de directe (economische) schade met name afhankelijk van de uiteindelijke overstromingsdiepte die bereikt wordt (en bij gewassen soms ook van de duur van overlast). Daarbij treedt in geval van een overstroming ook indirecte schade op, schade die ontstaat als gevolg van de directe schade. Denk aan bedrijfsuitval en zgn. uitval van woningdiensten tijdens herstelwerkzaamheden, schade die samenhangt met uitval van infrastructuur en nutsdiensten, maar ook lange termijn impact op het investeringsklimaat.

Door middel van zogenaamde lokaal schadegevaarkaarten (LSG) [Deltares 2023] kan de relatieve gevoeligheid ten aanzien van overstromingen in een gebied worden weergegeven. Deze gaan op iedere plaats uit van dezelfde fictieve aanwezigheid van waarde (dus niet de werkelijk aanwezige waarde). Hier wordt dus niet het daadwerkelijke overstromingsrisico in een gebied gegeven, maar op basis van deze kaarten kan het ene gebied als gevoeliger geclassificeerd worden dan het andere gebied. Kaarten kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden bij planvorming over woningbouw en andere vormen van ruimtegebruik (let op: onderstaande kaarten bevatten ook informatie van overstromingen vanuit het hoofdwatersysteem, suggestie voor de toekomst: LSG en LVG kaarten uitsplitsen per overstromingstype!).



Figuur B.5 Kaart lokaal schadegevaar wanneer alle keringen voldoen aan de norm 2050 (bron en beschrijving: <https://storymaps.arcgis.com/stories/e2f85f5d60c24965b93913e0b044e19c>)

Voor verwachte slachtofferaantallen zijn naast de overstromingsdiepte ook stroomsnelheden, aankomsttijd, waarschuwingstijd, eventuele vooraf ingezette evacuaties, e.d. van belang. Gevoeligheid van een gebied ten aanzien van overstromingslachtoffers wordt uitgedrukt in het Lokaal Individueel Risico (LIR). In de kaart wordt de kans weergegeven dat een hypothetische persoon op die locatie door een overstroming komt te overlijden, rekening houdend met diens kans tijdig te evacueren (evacuatiefractie), te ontsnappen en/of de gebeurtenis te overleven (mortaliteit). De LIR kaart is gepresenteerd in de factsheet m.b.t. overstromingen uit het hoofdwatersysteem. Verwacht wordt dat door kleinere overstromingsdieptes en stijgsnelheden de slachtofferaantallen vanuit het regionale systeem klein zijn.

Aanvullende informatie m.b.t. gevoeligheid ten aanzien van overstromingen is te vinden op de website <http://www.basisinformatie-overstromingen.nl>. Zo zijn er kaarten beschikbaar m.b.t. maximale overstromingsdieptes.

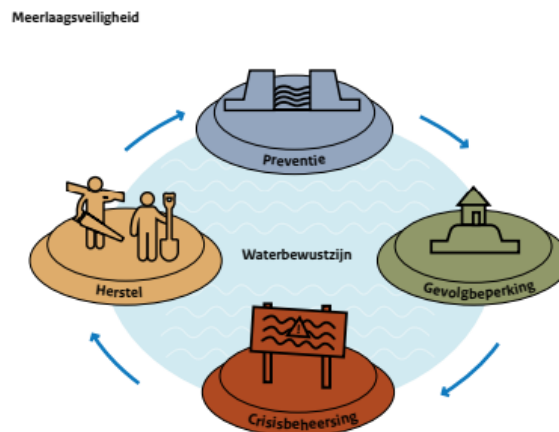
Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

In 2016 is in Nederland een nationale klimaatadaptatie strategie (NAS) vastgesteld (op verzoek van de Europese Commissie aan alle lidstaten). Het onderdeel wateroverlast, hittestress, droogte en de gevolgen van overstromingen daarin wordt ingevuld in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (2018, onderdeel van het Deltaprogramma). Het doel van dit plan van de Nederlandse overheden is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk werken samen aan de ambities in dit plan en hebben zich daarvoor ook verenigd in werkregio's. Onderdeel van het deltaplan is om de kwetsbaarheden o.a. ten aanzien van overstromingen in kaart te brengen a.d.h.v. stresstests en het opstellen van een strategie en uitvoeringsagenda.

Ook voor het regionale watersysteem geldt dat we overstromingsrisico's kunnen beperken aan de hand van de lagen preventie (kans van overstromen), ruimtelijke inrichting en crisisbeheersing (beide aspecten van gevolgbeperking). Vanuit de beleidstafel wateroverlast is aanbevolen om hier nog 2 lagen aan toe te voegen: herstel en een basislaag waterbewustzijn. Burgers en ook bedrijven moeten weten wat er kan gebeuren en wat hen te doen staat in een (dreigende) crisissituatie. Acceptatie van risico's en eigen verantwoordelijkheid nemen horen daar bij.



Figuur B.6 Meerlaagsveiligheid [Beleidstafel wateroverlast, 2023]

Preventie, robuuster maken van het watersysteem t.a.v. overstromingen.

- Bijvoorbeeld meer bergingscapaciteit voor extreme neerslag (water vasthouden), afvoercapaciteit in de vorm van riolering, watergangen, gemalen, systeemmaatregelen als afsluiters, stuwen, e.d. om het peil te kunnen reguleren
- Actief peil beheer (betere weersvoorspelmethode, operationeel waterbeheer, waterretentie binnen afwaterende polders) of compartimentering
- Sterkere dijken, strengere normen (toelaatbare overstromingskans)

Ruimtelijke inrichting:

- Watertoets, met bv. verhoogd bouwen (uitgiftepeil) op een locatie die een relatief grote kans heeft om te overstromen (beschermd, maar ook onbeschermd/buitendijks), niet bouwen van vitale functies in overstromingsgevoelige gebieden, etc

Crisisbeheersing:

- Voorbereiden: evacuatieplannen, vluchtroutes, opvang- en vluchtlocaties (verhoogd), oefeningen, noodvoorzieningen (bv. zandzakken, vloedschotten)

Herstel:

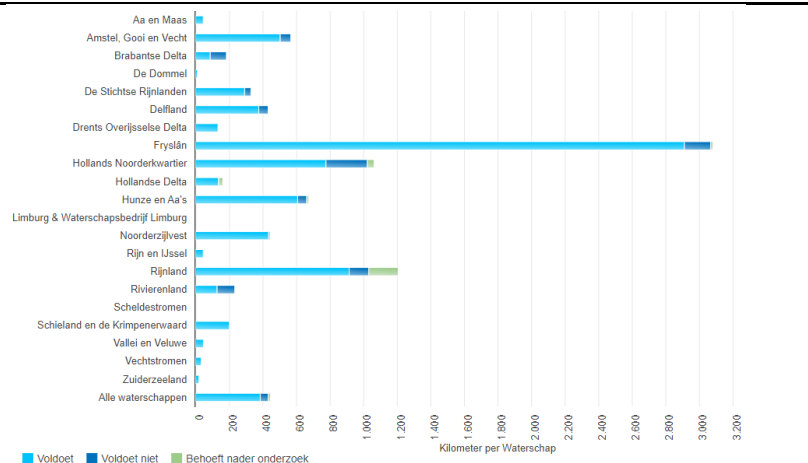
- Inzet op klimaatrobuust herstel. Niet simpelweg herbouwen van wat er was, maar rekening houdend met een evt. volgende crisis.
- Verzekeringen

Waterbewustzijn:

- Weten mensen welke risico's ze lopen en waar ze de informatie kunnen vinden? Invoeren van een klimaatlabel voor woningen?

Preventie

Waterschappen beheren bijna 10.000 (!) kilometer aan regionale waterkeringen. Van deze regionale keringen, was 93% (9.273 kilometer) eind 2022 genormeerd. De keringen worden -net als primaire keringen- periodiek getoetst aan de gestelde normen. Wanneer uit de beoordeling blijkt dat een aantal kilometer regionale kering niet voldoet aan de geldende normen, maken waterschap en provincie afspraken over de termijn waarop versterking plaats moet vinden. Van de genormeerde regionale waterkeringen was eind 2022 in totaal 8.931 km getoetst, waarvan 7.723 km als goed is beoordeeld (86% van de getoetste kilometers). Verder voldoet eind 2022 942 km nog niet en voor 266 km is nog nader onderzoek nodig om tot een beoordeling te komen.



Figuur B.7 Resultaten van de toetsing van regionale waterkeringen per waterschap (2022) (bron: waves.databank.nl)

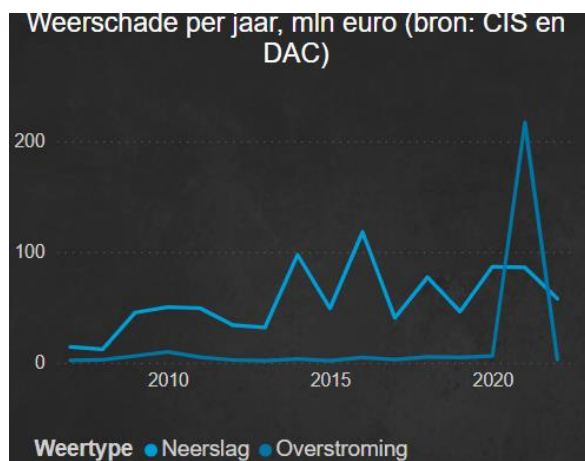
Crisisbeheersing

Bij (dreigende) overstromingen is de veiligheidsregio de coördinerende partij voor de inzet van de hulpdiensten. Kennis over het watersysteem wordt door het waterschap en Rijkswaterstaat ingebracht. De veiligheidsregio stelt met behulp van de input van haar partners vierjaarlijks een regionaal risicoprofiel op. Hierin wordt voor elk crisistype een risico-inschatting gemaakt met betrekking tot de kans op en de impact van overstromingen. Afhankelijk van de risico-inschatting zal de veiligheidsregio met de waterbeheerders na moeten denken over de wijze van voorbereiden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren in de vorm van planvorming vanuit verschillende disciplines. Een rampbestrijdingsplan is over het algemeen de zwaarst mogelijke vorm. Elke regio bepaalt zelf op basis van het regionaal risicoprofiel, ervaringen uit het verleden en bestuurlijke beslissingen of en welke soort planvorming voor een crisistype wordt opgesteld.

Impact

De impact van het risico op alle sectoren is zeer afhankelijk van exacte overstromingsscenario (plaats en omvang). Zie <http://www.basisinformatie-overstromingen.nl> voor schade en slachtoffer-berekeningen van individuele scenario's.

Om een inschatting te krijgen van de impact van overstromingen en neerslag over de afgelopen jaren is gekeken naar de klimaatschademonitor van het Verbond van Verzekeraars. In onderstaande figuur is het verloop van particuliere weerschade (neerslag en overstromingen) in de tijd weergegeven. Deze schades zijn aangevuld met zakelijke schades voor de grootste schadegebeurtenissen. Het lijkt erop dat onderstaande grafiek een stijgende trend laat zien, onduidelijk is echter of e.e.a. is terug te voeren op onvolkomenheden in de data. De afgelopen jaren bedraagt de gerapporteerde neerslag- en overstromingsschade in de orde 100 M€ per jaar, met een uitschieter naar 200 M€ voor 2021 (de gebeurtenissen in Limburg). Het merendeel daarvan zit in opstal- en inboedel, er is een kleine bijdrage van schade aan motorvoertuigen.

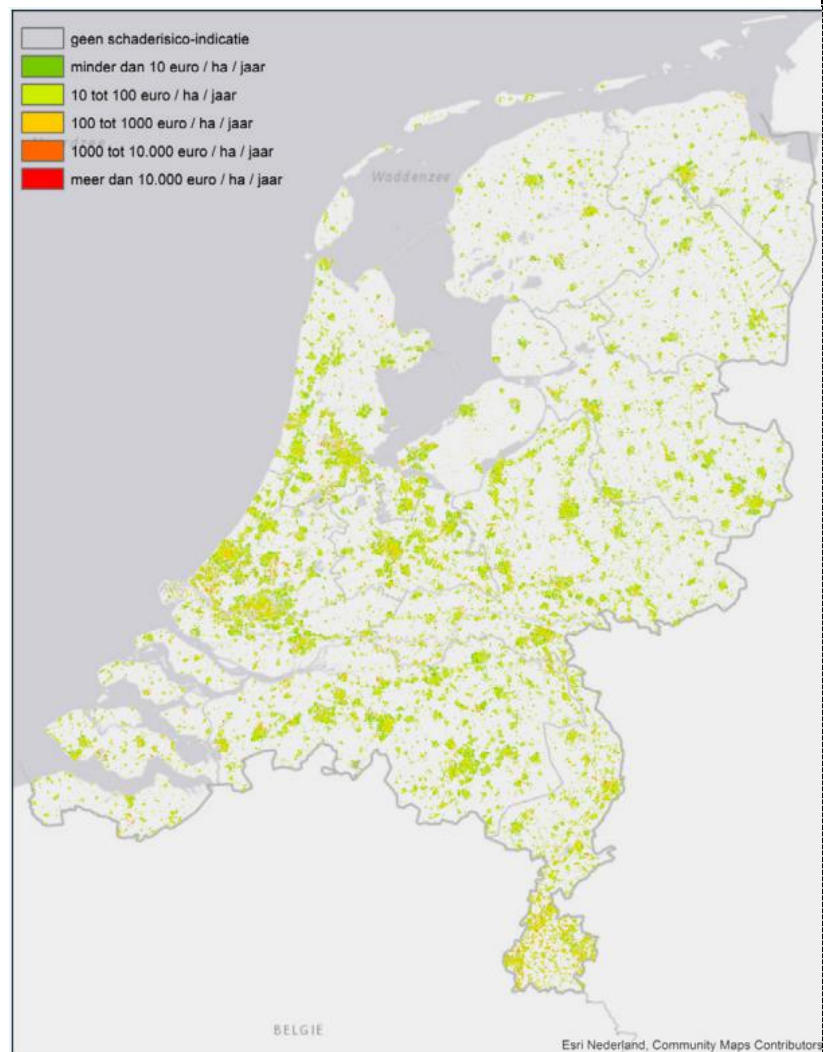


Figuur B.8 Klimaatschademonitor van het Verbond van Verzekeraars

Om een inschatting van schade van overstromingen ten gevolge van hevige neerslag (wateroverlast, kleinere waterdieptes) te bepalen wordt veelal gewerkt met de waterschadeschatter van STOWA. Op <http://www.klimaatschadeschatter.nl> zijn kaarten te vinden met inschattingen van te verwachten schade door wateroverlast tussen 2018 en 2050.

<p>Cascade-effecten</p> <p>(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p>Een overstroming vanuit het regionale watersysteem heeft mogelijk effecten op vitale infrastructuur, netwerken, energievoorziening, wegen/transport/spoorwegen, vliegvelden, telecom, gezondheidszorg. Door de naar verwachting geringe omvang van de overstromingen zal het effect en de duur beperkt zijn.</p>
<p>Eindimpact: mens en cultuur</p> <p>Opties:</p> <p>- <i>Laag</i>: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Middel</i>: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Hoog</i>: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade</p> <p>* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde</p>	<p>De eindimpact op mens en cultuur is zeer afhankelijk van het exacte overstromingsscenario (plaats en omvang). Effecten op regionale schaal, impact laag tot midden. Beperkt aantal getroffen en slachtoffers.</p>

<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel</i>: regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog</i>: nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p>De eindimpact op natuur en milieu is zeer afhankelijk van omvang en specifieke plaats van de overstroming. Zie eerdere paragrafen.</p> <p>Natuur zal mogelijk (tijdelijke) schade oplopen. Omdat overstromingsduur en overstromingsdiepte veelal beperkt zullen zijn, zal de natuurschade meevallen.</p> <p>Milieu impact kan groot zijn wanneer bijvoorbeeld bedrijven met chemische stoffen overstromen, of als er veel riooloverstorten plaatsvinden. Er is nog weinig bekend over milieupact van overstromingen.</p>
<p>Eindrisico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: < € 100 miljoen - <i>Middel</i>: € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog</i>: > € 1 miljard 	<p>Zeer afhankelijk van exacte overstromingsscenario (plaats en omvang). Effecten op regionale schaal, impact laag tot midden. Beperkte hoeveelheid getroffen, en slachtoffers. Voor overstromingen van het type C en D zijn op het moment geen kaarten met het schaderisico beschikbaar.</p> <p>In onderstaande kaart wordt een inschatting gegeven van het schaderisico t.g.v. overstromingen van het type F.</p> <p>In het kader van de ROR [2018] zijn voor heel Nederland voor drie bui-intensiteiten (35, 70 en 140 mm per 2 uur), indicatieve maximale waterdieptekaarten gemaakt. Deze neerslaghoeveelheden komen overeen met een T=10, T=100 en T=1000 herhalingsstijd (o.b.v. statistiek KNMI2018). Met de Waterschadeschatter (STOWA) zijn bij deze overstromingsdieptes de schadekaarten afgeleid voor verschillende landgebruikscategorieën (functie van de maximale waterdiepte, duur van de overstroming en het seizoen (in het geval van landbouwschade). Door combinatie van de berekende schades met de frequenties van voorkomen wordt het schaderisico op iedere plek bepaald, zie Figuur B.9.</p> <p>Er zijn ook schaderaming van enkele gebeurtenissen beschikbaar. Zo was de schade in 1998 van grootschalige neerslag in Delfland en Noord-Nederland al bijna 575 miljoen gulden en was de schade van overstroming vanuit de regionale rivieren de Geul, Geleenbeek en de Roer in 2021 zo'n 450 miljoen euro. Uit casestudies voor Zuid-Holland waarin grootschalige neerslag is toegepast op Zuid-Holland kwamen bedragen in de orde van 2 miljard euro. De kans op grootschalige neerslag van deze omvang en intensiteit is niet precies bekend. De schatting is dat deze ligt tussen 1/300 en 1/10000 per jaar. Dit is een zeer brede range die alleen aangeeft dat extreme grootschalige neerslag bovenmaatgevend is (het systeem is er niet op ingericht), maar wel mogelijk.</p>



Figuur B.9 Schaderisico indicatie o.b.v. de ROR [ROR, 2018]

Waarschijnlijkheid

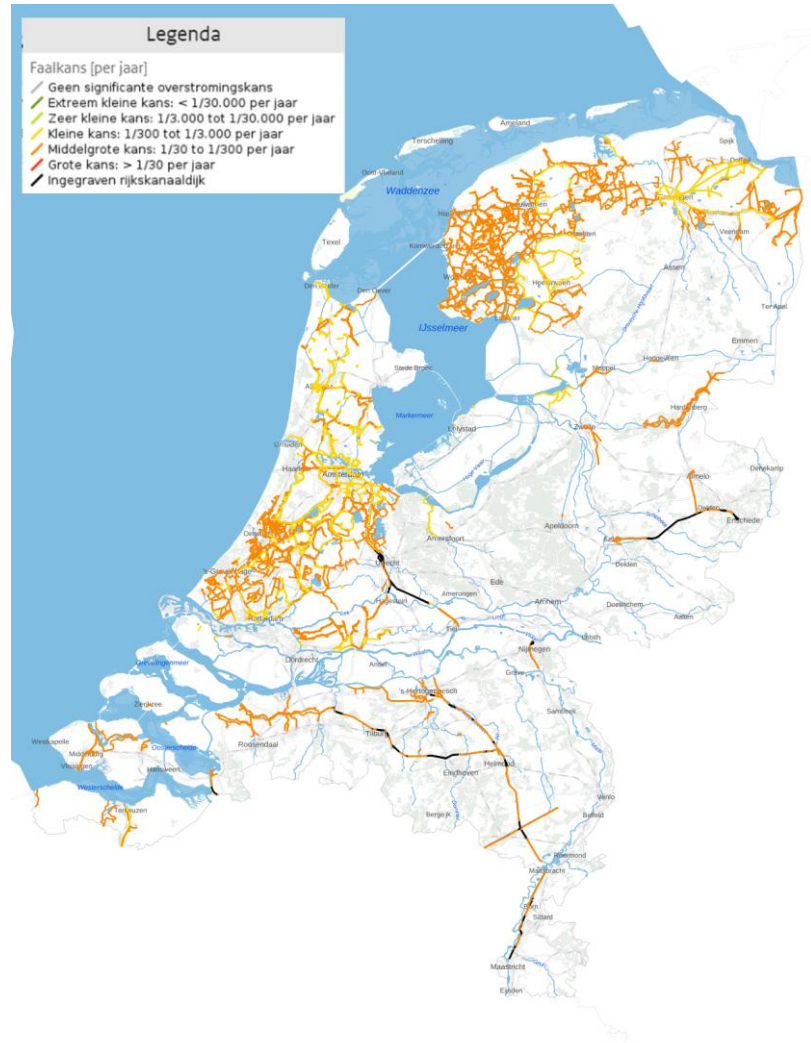
Frequentie:

- 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

Over de daadwerkelijke (huidige) overstromingskansen vanuit het regionale systeem is weinig bekend.

De veiligheidsnorm voor de boezemkaden en de keringen langs regionale rivieren en kanalen wordt vastgelegd als de gemiddelde overschrijdingsfrequentie per jaar (kans van voorkomen van een bepaalde waterstand). De regionale waterkeringen naar gelang de mogelijke optredende schade in een aantal klassen ingedeeld oplopende van een overschrijdingskans van 1/10 per jaar tot een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar. Deze aanpak resulteert in een strengere norm voor die keringen waarvan de gevolgen van een mogelijk falen groter zijn. Hierbij is het vertrekpunt gehanteerd dat het maximaal toelaatbaar risico ten gevolge van het doorbreken van een boezemkadevak maximaal 0,2 Mfl/jaar (prijspeil 1999) bedraagt. De normering is tevens afhankelijk van de functie die de regionale kering vervult.

In onderstaande kaart worden de normen van de regionale keringen weergegeven. Verondersteld wordt dat de faalkans van een boezemvak (overstromingskans) een factor 5 kleiner is dan de gestelde norm, in termen van overschrijdingskans van het maatgevend boezempeil.



Figuur B.10 Normering van regionale waterkeringen [www.basisinformatie-overstromingen.nl]

Extreme neerslag – Wateroverlast

Extreme neerslag kan zowel worden gedefinieerd op grond van de hoeveelheid (neerslag boven een bepaalde drempelwaarde) als in termen van herhalingsjijd (de neerslaghoeveelheid die eens per zoveel jaar overschreden wordt). Omdat neerslag vele karakteristieken heeft - grootte, intensiteit en duur - is er geen eenduidige definitie van een extreem. Plaatselijke neerslag van meer dan 25 millimeter in een uur noemen we een hoosbui, terwijl meer dan 50 millimeter in één dag wordt aangeduid met 'een dag met zware neerslag'.

	<p>Onderzoek van radarbeelden over de periode van 2008 tot en met 2016 laat zien dat een uursom van minimaal 60 mm (herhalingstijd circa 100 jaar) op een vierkante kilometer meer dan 70 keer per jaar ergens in Nederland valt. Een bui van meer dan 80 mm valt gemiddeld een kleine 10 keer per jaar.</p> <p>Voor de gestandaardiseerde stresstest wateroverlast voor Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie zijn een aantal typen buien gedefinieerd waarbij overlast optreedt. Korte hevige lokale buien en langdurige neerslag in een groter gebied. Onderstaande tabel geeft weer wat met statistiek berekende herhalingstijden zijn van die buien in het huidige klimaat. Deze statistiek wordt herzien op basis van de nieuwe KNMI 2023 scenario's. Een nieuwe bijsluiter voor de stresstesten wordt eind 2024 verwacht.</p> <table border="1" data-bbox="655 647 1426 929"> <thead> <tr> <th>Schaal</th> <th>Duur</th> <th>Herhalingstijd huidig klimaat</th> <th>Hoeveelheid huidig klimaat [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Lokaal</td> <td rowspan="2">1 uur</td> <td>100</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>2 uur</td> <td>1000</td> <td>128</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Regionaal</td> <td rowspan="3">48 uur</td> <td>100</td> <td>111</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>128</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>158</td> </tr> </tbody> </table>	Schaal	Duur	Herhalingstijd huidig klimaat	Hoeveelheid huidig klimaat [mm]	Lokaal	1 uur	100	58	250	75	2 uur	1000	128	Regionaal	48 uur	100	111	250	128	1000	158
Schaal	Duur	Herhalingstijd huidig klimaat	Hoeveelheid huidig klimaat [mm]																			
Lokaal	1 uur	100	58																			
		250	75																			
	2 uur	1000	128																			
Regionaal	48 uur	100	111																			
		250	128																			
		1000	158																			
<p>Wildcard & kantelpunten</p> <p>Wildcard (“Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact”)</p> <p>Kantelpunt (“Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel”)</p>	<p>Als de zeespiegel sneller stijgt en spuien steeds vaker niet mogelijk is kan dit leiden tot een grote toename van wateroverlast vanuit het regionale systeem.</p> <p>Ook wanneer vitaal en kwetsbare infrastructuur onderloopt en uitvalt, of natuurgebieden onherstelbare schade oplopen door vervuiling is de ramp ineens groter dan in meer voorkomende situaties.</p>																					

Context

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p>Veiligheid tegen overstromingen heeft continu de aandacht in Nederland, en is een samenspel tussen alle bestuurslagen, de Rijksoverheid, de provincie, de waterschappen, en gemeentes.</p> <p>Het aanwijzen en normeren van regionale keringen is de verantwoordelijkheid van de provincies. De provincie legt in een verordening vast wat het gewenste beschermingsniveau is van de waterkeringen die op grond van hun functie van regionale betekenis worden geacht. De desbetreffende waterkeringen zijn in</p>
---	---

de provinciale verordening aangewezen. Tevens is voor elke waterkering de veiligheidsnorm vastgelegd. De waterbeheerder is gehouden het watersysteem (waaronder de waterkering) zo in te richten en te beheren dat het voldoet aan de in de provinciale verordening vastgelegde veiligheidsnorm.

Huidige verdeling van verantwoordelijkheden t.a.v. overstroming en voorkomen van gevolgen bij extreme weersituatie, zijn gedetailleerd uitgewerkt in het rapport verantwoordelijkheden bij risico's van extreem weer in een veranderend klimaat [Ambient, 2020].

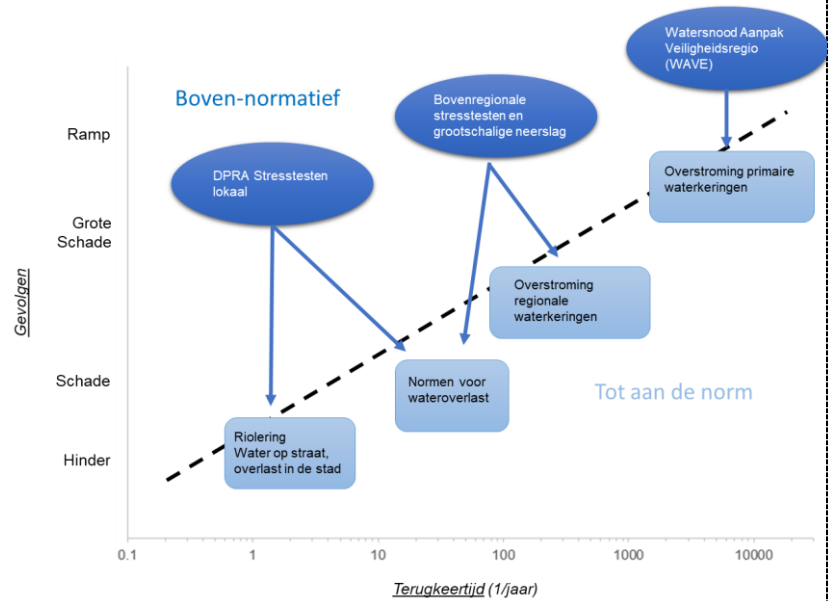
Het fysieke systeem om de kans op wateroverlast te verkleinen bestaat uit het watersysteem (waterbeheerder), de riolering (gemeente) en de inrichting van de openbare ruimte in de bebouwde omgeving (gemeente). Voor de verschillende deelsystemen bestaan specifieke ontwerpcriteria en normen. Een deel van de zorgplicht van de overheid richt zich op de aanleg en het onderhoud van deze deelsystemen. Gemeenten en het waterschap hebben een inspanningsverplichting om ervoor te zorgen dat respectievelijk de riolering en het watersysteem in de praktijk voldoen aan de ontwerpcriteria.

Er zijn diverse normen, standaarden en trajecten die gezamenlijk bijdragen aan het weerbaar maken van een gebied voor regenval. De belangrijkste hier relevante normen zijn:

- Normen voor het watersysteem "NBW normen": Normen voor wateroverlast zoals vastgelegd in het Nationaal Bestuursakkoord Water: Dit zijn normen voor wateroverlast met name op schaal van Waterschappen of deelgebieden daarvan (stroomgebieden, afwateringsgebieden en/of polders). Deze bepalen de maximale toelaatbare wateroverlast en het ontwerp van het drainage en afwateringssysteem.
- Ontwerpnormen riolering: Deze zijn gebaseerd op zeer korte en zeer heftige buien met een herhalingstijd van meestal 2 of 10 jaar en zijn gerelateerd aan de kans dat er water op straat blijft staan.

Aanvullend aan de normen wordt gewerkt met stresstesten voor bovennormatieve gebeurtenissen. Door waterschappen en gemeentes worden zogenaamde DPRAs stresstesten uitgevoerd voor piekbuien op schaal van een gemeente of kleiner. Eind 2022 heeft de Beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater een eindadvies gepubliceerd waarin aanbevolen wordt om ook bovenregionale stresstesten voor grootschalige neerslag uit te voeren om daarmee bewustzijn te creëren, te komen tot een betere voorbereiding, en ter ondersteuning van ruimtelijk beleid. Om het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat te ondersteunen bij het uitvoeren van de aanbevelingen van de Beleidstafel Wateroverlast en Hoogwater is in 2023 het Kennisprogramma Wateroverlast gestart.

Onderstaand figuur geeft een schematisch overzicht van de verschillende normen en trajecten voor bovennormatieve gebeurtenissen.



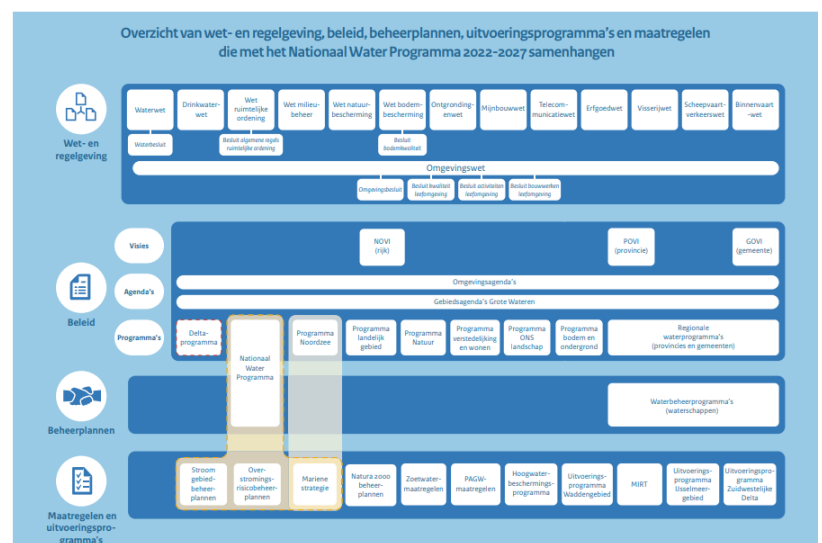
Figuur B.11 Normen en trajecten voor bovennormatieve gebeurtenissen [de Bruijn, 2023].

Samenhang met andere transities en beleid

Zie methoderapport paragraaf 4.2.4

Overstromingsrisico's worden beïnvloed door het ruimtelijke ordeningsbeleid in brede zin. Ons landgebruik, waar gaan we waarde neerzetten in de toekomst, m.n. woningbouwopgave, energietransitie, wegen.

In onderstaande afbeelding is een overzicht gegeven van alle wet- en regelgeving, beleid, beheerplannen, uitvoeringsprogramma's en maatregelen die met het Nationaal Water Programma (NWP) samenhangen.



	Een voorname aanzet tot transitie is de kamerbrief over de rol van water en bodem bij ruimtelijke ordening. Hierin zijn structurerende keuzes en maatregelen opgenomen die bijdragen aan het verminderen van de gevolgen van overstroming en wateroverlast.
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	Met name internationaal beleid in de stroomgebieden van de regionale rivieren is hier relevant. In praktijk is die nog in ontwikkeling. Eerste stap is het beter delen van informatie, voorspellingen ed. In het nieuwe traject JCAR ATRACE wordt hier aan gewerkt.
<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	De woningbouwopgave vraagt veel ruimte, waardoor onvermijdelijk ook gebouwd wordt in de minder gunstiger gelegen delen van ons land die nog vrij zijn. Hierdoor is er steeds minder ruimte voor waterberging en is ook sneller overlast en schade te verwachten.
<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	Klimaatadaptatie wordt landelijk gecoördineerd vanuit twee programma's: het nationaal Deltaprogramma (en vooral Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie) en de Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS). Ook de provincies werken aan klimaatadaptatie.
Rechtvaardigheid	Er is een grote regionale differentiatie in gevoeligheid of impact door klimaatrisico's door de ligging, zie eerdere beschouwingen.

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening	-
Kennishiaten	<ul style="list-style-type: none">- Databronnen en onderzoeken zoals gepresenteerd in deze factsheet dateren veelal uit verschillende peiljaren en zijn gebaseerd op verschillende databronnen. Mogelijkheid om <u>nú</u> een thermometer in het systeem te steken ontbreekt. Aanbevolen wordt om bij iedere update van scenario's in de landelijke database overstromingen (LDO) tevens nieuwe up-to-date risicokaarten (op basis van een beste inschatting van geldende overstromingskansen) te genereren. Hierbij kunnen diverse uitsnedes gemaakt worden uitgesplitst naar overstromingsgevoeligheid vanuit het primaire en regionale systeem, bron van de overstroming (grote rivieren, zee, e.d.), etc.- Geen landelijk overzicht van faalkansen regionale keringen (enkel o.b.v. schattingen)- Grote onzekerheden in effecten van extreme neerslag door grote landelijke differentiatie. Overstromingsdieptes zijn zeer afhankelijk van (momentane) bergings- en afvoercapaciteit regionale watersysteem, capaciteit riolering, e.d. Schades zijn afhankelijk van exacte drempelhoogtes van gebouwen, kwetsbaarheid van installaties, e.d. Behoeftte aan verdere kennisontwikkeling en validatie van de modellen, b.v. aan de hand van een centrale open database waarin gedetailleerde gegevens worden verzameld. Er is geen algemeen geaccepteerd schademodel beschikbaar voor grootschalige wateroverlast. Voor lokale korte ondiepe wateroverlast is er de Waterschadeschatter. Voor (diepe grootschalige overstromingen het Schade- en Slachtoffer Model SSM.
Onzekerheid en betrouwbaarheid	-
Expertbeoordeling	-

Referentielijst

Referenties:

- Ambient advies (2020). *Verantwoordelijkheden bij risico's van extreem weer in een veranderend klimaat. Verkenning verantwoordelijkheden en ontwikkelagenda*. Rapportage P20053, Gert Dekker, dd. 19 november 2020.
- Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater (2023). *Eindadvies Beleidsstafel wateroverlast en hoogwater. Voorkomen kan niet, voorbereiden wel allemaal aan de slag*.
- Bruijn, K.M. de & F. Klijn, (2009). *Risky places in the Netherlands. A first approximation for floods*. Journal of Flood Risk Management 2: 58-67.
- Bruijn, K. de, K. Slager e.a. (2022). *Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'*. Deltares rapportage 11208520 dd. 22-12-2022
- Bruijn, K. de, en B. Maas (2023). *Methode voor bovenregionale stresstesten voor grootschalige neerslag, ten behoeve van een landelijk uniform beeld*. Deltares rapportage 11209224-001 dd. 29-12-2023.
- Deltares (2018). *Overstromingsrisico's in Nederland in het kader van de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) 2^e cyclus (2016-2021)*. Uitgevoerd door Deltares i.o.v. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, vastgesteld door Stuurgroep Water d.d. 12 december 2018
- Deltares (2023). *Kaarten van overstromingsgevaar voor ruimtelijk beleid, in het bijzonder de woningbouw*. Website: <https://www.deltares.nl/nieuws/kaarten-van-overstromingsgevaar-voor-ruimtelijk-beleid-in-het-bijzonder-de-woningbouw> dd. 14 februari 2023

ENW, Expertisenetwerk Waterveiligheid (2021). *Hoogwater 2021, Feiten en duiding*. Taskforce Factfinding hoogwater 2021, versie 2, 20 september 2021

HKV (2023). *Actualisatie inschatting schade Limburg 2021. Overstromingen Maas, Geul, Roer en Geleenbeek*. HKV rapportage PR4774.10, mei 2023.

Hoogendoorn, R. (2023). *Kengetallen voor aantal inwoners en oppervlak van overstroombaar Nederland vanuit het primaire systeem*. Memo Deltares 11208059-011-GEO-0007 dd. 4 april 2023

Ministeries van IenW, LNV en BZK (2021), *Ontwerp Nationaal Water Programma 2022-2027, het nationale waterbeleid en de uitvoering in de rijkswateren*.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009) *Nationaal Waterplan 2009-2015*.

NKWK (2022). *Werkpakket Wateroverlast en overstroming 2022, Methodiek voor uitwerken bovenregionale extreme neerslagsscenario's als input voor stresstesten, ruimtelijke ordening, crisisbeheersing en risico analyse*. Eindrapportage dd. 23 december 2022.

STOWA (2020). *De veiligheidsbenadering regionale keringen. Ontstaan, achtergronden en toepassing van de huidige veiligheidsbenadering voor regionale waterkeringen*. Rapport 2020-07, ISBN 978.90.5773.864.7

C Factsheet waterkwantiteit: zoutindringing



Versie 31.8.2023

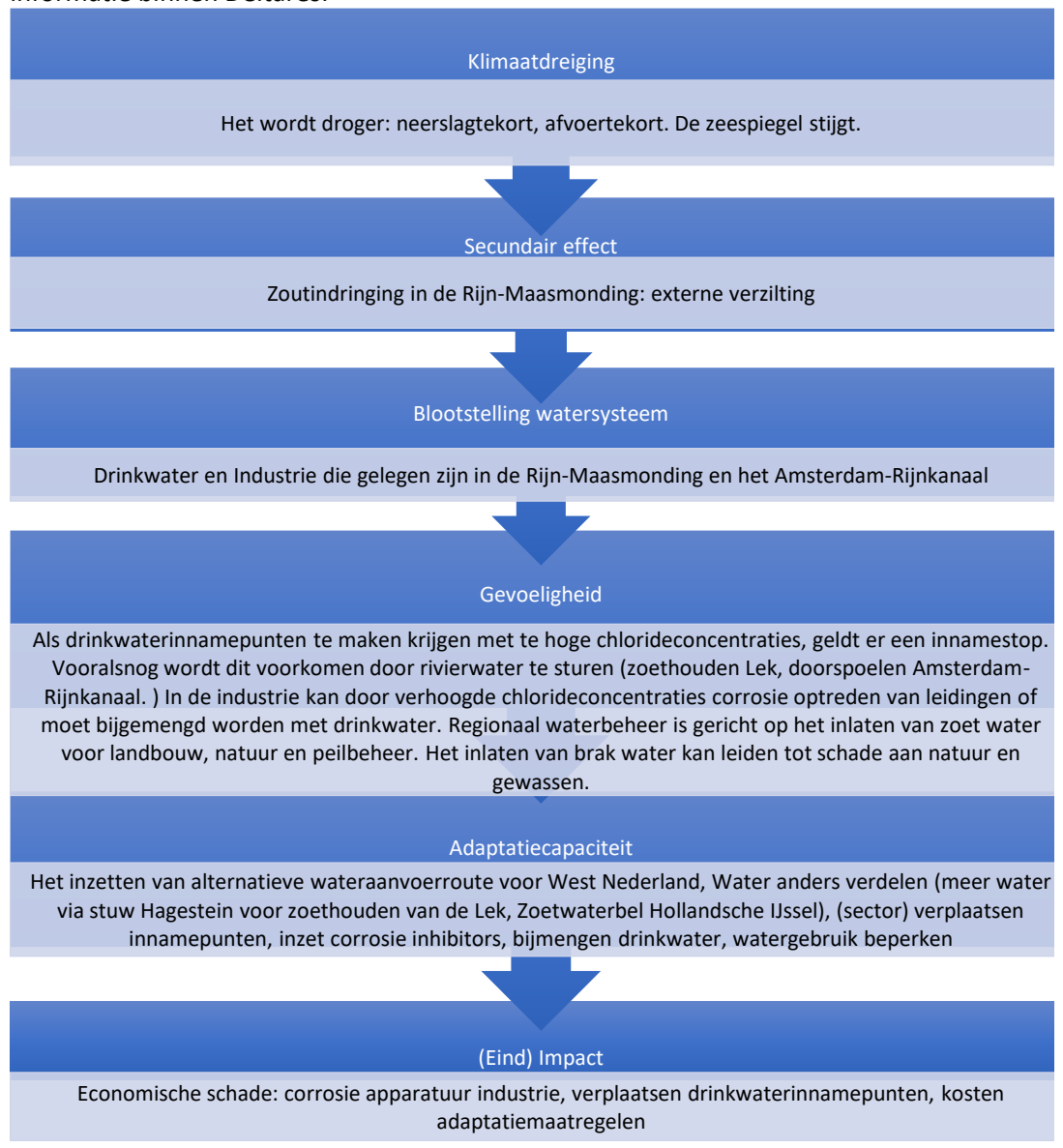
Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

Factsheet klimaatrisico Zoutindringing Rijn-Maasmonding

Vaker en langer zoutindringing via de Rijn-Maasmonding ('externe verzilting') als gevolg van lagere rivierafvoeren en zeespiegelstijging. Dit heeft negatieve gevolgen voor de waterbeschikbaarheid voor het regionale waterbeheer en kan leiden tot innamestops voor drinkwater en industrie.

Door klimaatverandering zijn er steeds frequentere, intensievere en langere periodes van neerslagtekort en lage afvoer in de rivieren. Daarnaast hebben we door klimaatverandering te maken met een stijgende zeespiegel. Dit zijn factoren die bijdragen aan externe verzilting (zoutindringing) van de Rijn-Maasmonding, waarbij chlorideconcentraties van het rivierwater langdurig oplopen op plekken waar het normaal gesproken zoet is. Dit kan zorgen voor onder andere innamestops voor drinkwater en industrie en watertekorten voor regionaal waterbeheer. Tegen de nadelige effecten van externe verzilting moeten al in het huidige klimaat maatregelen worden ingezet. Voorbeelden hiervan zijn het inzetten van de klimaatbestendige wateraanvoer (KWA) en het anders verdelen van rivierwater over de Lek, Hollandsche IJssel en Amsterdam-Rijnkanaal. Externe verzilting treedt niet alleen op in de (open) Rijn-Maasmonding, maar ook in het Brielse Meer, Volkerak-Zoommeer, Haringvliet en het IJsselmeer en Noordzeekanaal. Deze factsheet richt zich uit pragmatische overwegingen nu op de Rijn-Maasmonding en het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze factsheet wordt ingevuld aan de hand van het volgende schema en de beschikbare informatie binnen Deltares:



Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- **Het wordt droger**
- Overig weer
- **De zeespiegel stijgt**
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

Gegevens van o.a. het KNMI kunnen als basis worden gebruikt

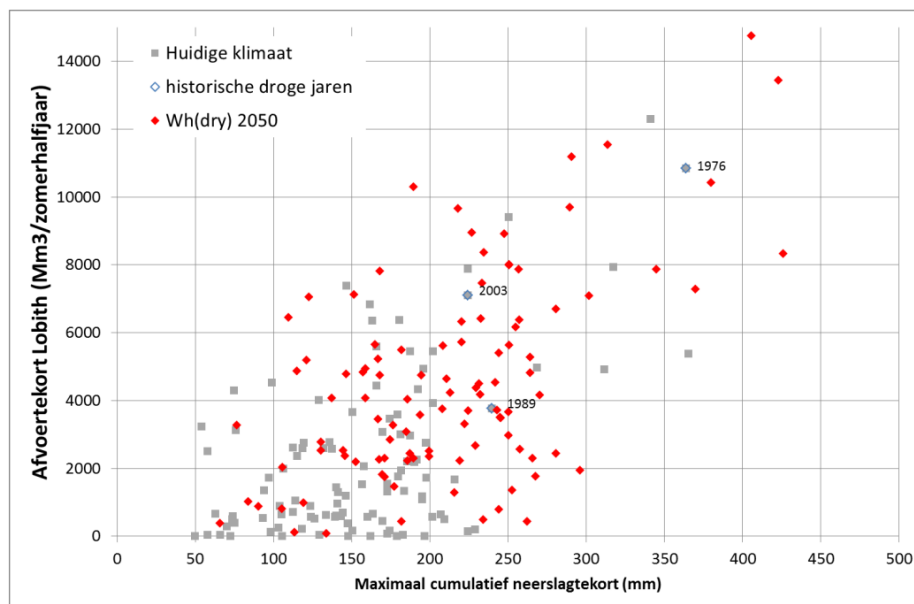
Door klimaatverandering komen droge jaren steeds vaker voor. In een droog jaar kunnen situaties van watertekort ontstaan, door de combinatie van **neerslagtekort** en een **afvoertekort**. Afvoertekort is een maat voor langdurig lage rivierafvoeren en wordt standaard berekend als het volumetekort van de Rijnafvoer bij Lobith onder een grenswaarde van 1800 m³/s.

Door lage Rijnafvoeren kan zout zeewater verder landinwaarts trekken via de open verbinding van de Nieuwe Waterweg – Nieuwe Maas, al dan niet versterkt door windopzet op zee. Hierdoor neemt de chlorideconcentratie in de rivierarmen Hollandsche IJssel, Lek, Oude Maas, Spui, etc. toe op locaties waar normaal gesproken zoet water kan worden ingenomen. Dit wordt externe verzilting genoemd. Ook op gesloten overgangen met zee (bv bij sluisen IJmuiden, Afsluitdijk, Volkerak, Haringvliet) treedt zoutindringing op als niet voldoende zoet water beschikbaar is om 'zoet te spoelen'. Deze factsheet richt zich op de Rijn-Maasmonding.

In Figuur C.1 is te zien hoe vaak neerslagtekort en afvoertekort (bij Lobith; drempelwaarde 1800 m³/s; zomerhalfjaar) samenvallen in het 'huidige klimaat' (volgens de historische 100-jarige reeks van neerslag, verdamping en Rijnafvoer), en in het KNMI'14 scenario Wh/Whdry voor zichtjaar 2050.

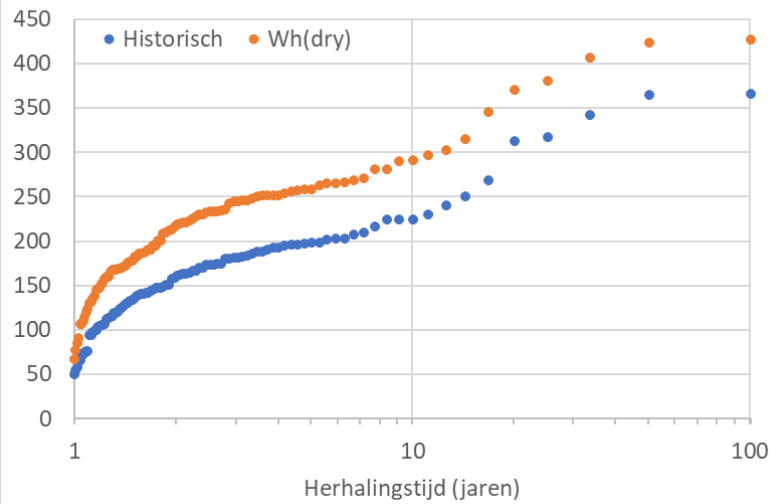
In Figuur C.2 is te zien dat de kans op grote neerslagtekorten toeneemt in het KNMI'14-scenario Wh. De waarde bij een herhalingsjijd (T) van 10 jaar neemt toe van ongeveer 225 mm naar 290 mm. Gemiddeld neemt het neerslagtekort toe van circa 155 naar 215 mm in het zomerhalfjaar.

Figuur C.3 laat een frequentieverdeling zien van het afvoertekort bij Lobith. Hieruit blijkt dat het afvoertekort dat nu gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomt, in scenario Whdry voor 2050 gemiddeld eens in de 4 a 5 jaar gaat optreden.



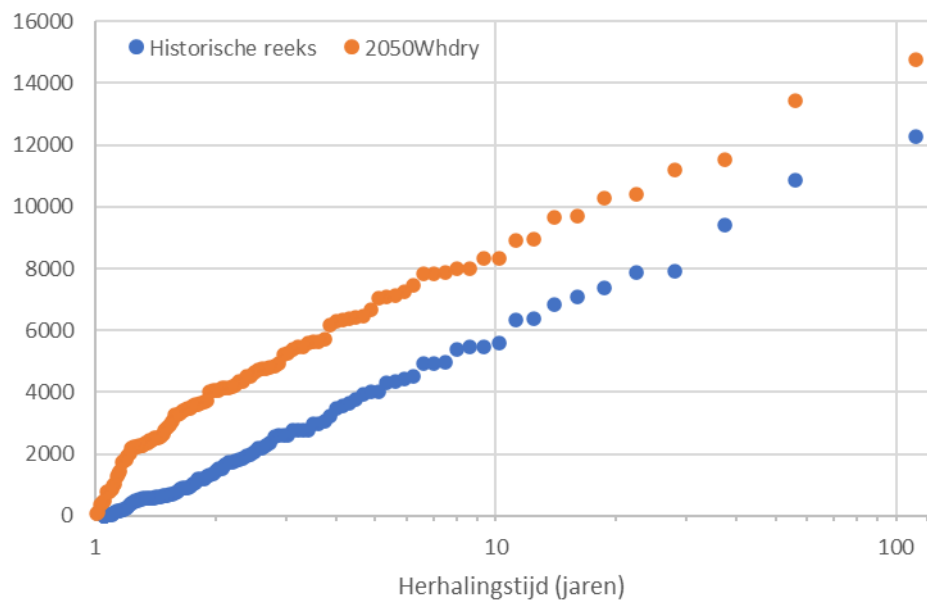
Figuur C.1 Neerslagtekort (mm) en afvoertekort Lobith (Mm³/zomerhalfjaar) van de 100-jarige reeks in huidige klimaat (Ref2017) en KNMI'14 scenario Wh/Wh,dry. Elk punt representeert een jaar. Neerslagtekort en afvoertekort in klimaatscenario GL komen grofweg overeen met die in het huidige klimaat en worden daarom niet apart getoond. (Mens et al., 2020)

maximaal neerslagtekort (mm)



Figuur C.2 Frequentieverdeling van het maximaal cumulatief neerslagtekort (mm) voor de historische reeks (1911-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)

Afvoertekort Lobith zomerhalfjaar (Mm³)

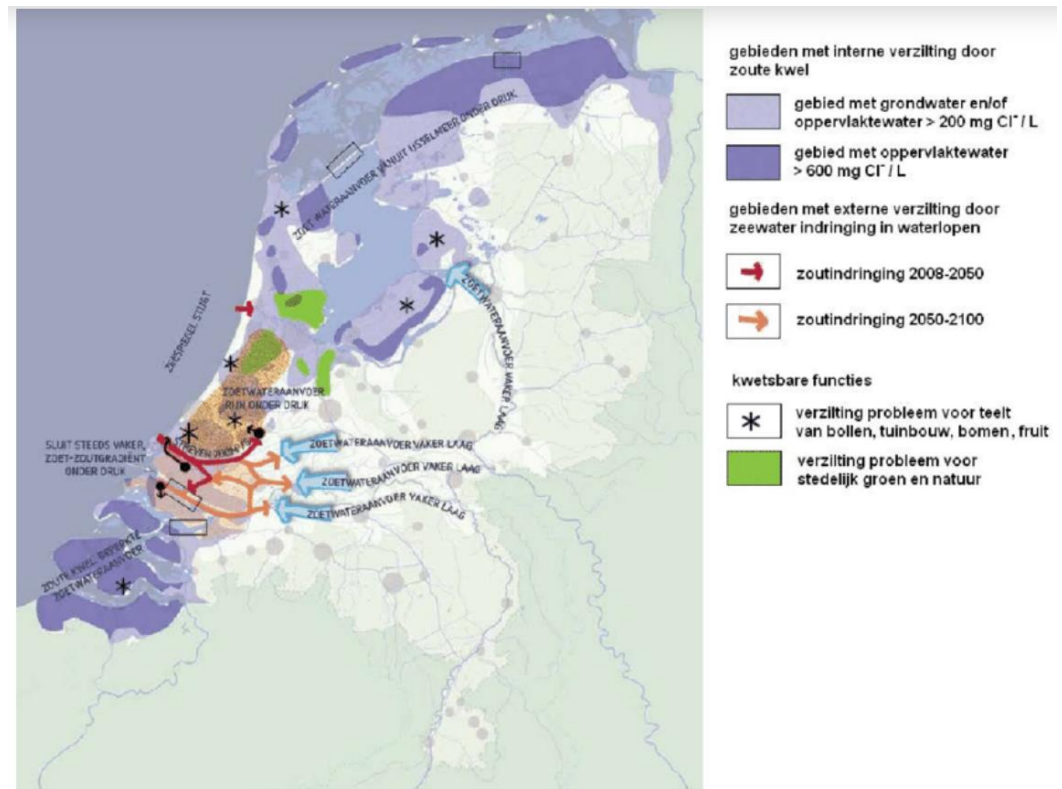


Figuur C.3 Frequentieverdeling van het afvoertekort van de Rijn bij Lobith (Mm³; zomerhalfjaar; drempelwaarde: 1800 m³/s) voor de historische reeks (1901-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)

Zeespiegelstijging: klimaatverandering zorgt voor een toename van de wereldwijde temperatuur. Hierdoor zet het zeewater uit en smelten de grote ijskappen en gletsjers. De zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust bedraagt momenteel circa 2 mm per jaar. De KNMI'14 scenario's (Tabel C.1) gaven een stijging van circa 1 meter ten opzicht van 1995 in het meest extreme scenario voor het einde van de eeuw. Hierin is de onzekere bijdrage van het landijs van Antarctica niet meegenomen. De stijging van de zeespiegel zorgt voor een toename van verzilting.

Scenario	Zeespiegelniveau (m + NAP)	Stijging (cm) t.o.v. 1995
Basisperiode (1995)	0,03	n.v.t.
Referentie (2017)	0,07	+4 cm
2050 G _L	0,18	+ 15 cm
2085 G _L	0,28	+ 25 cm
2050 W _H	0,43	+ 40 cm
2085 W _H	0,83	+ 80 cm

Tabel C.1: Zeespiegelstijging in de KNMI' Scenario's GL en Wh (KNMI, 2014)

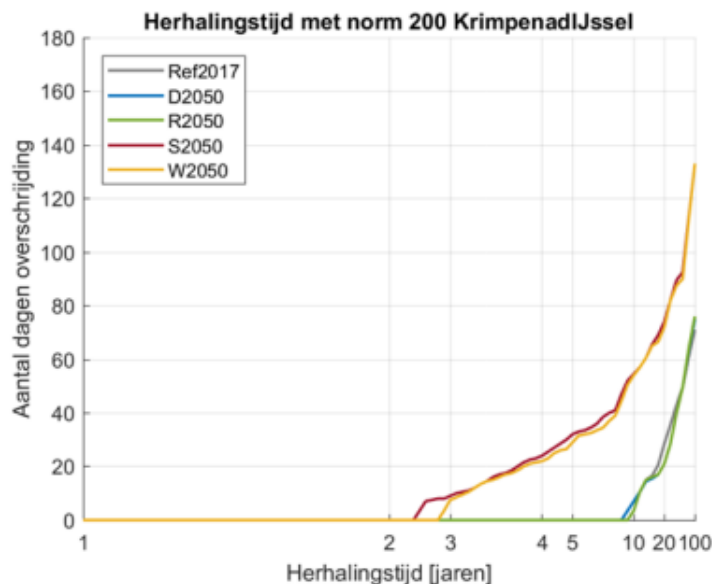


Figuur C.4 Verzilting in Nederland (Bron: Nationaal Waterplan 2009-2015.)

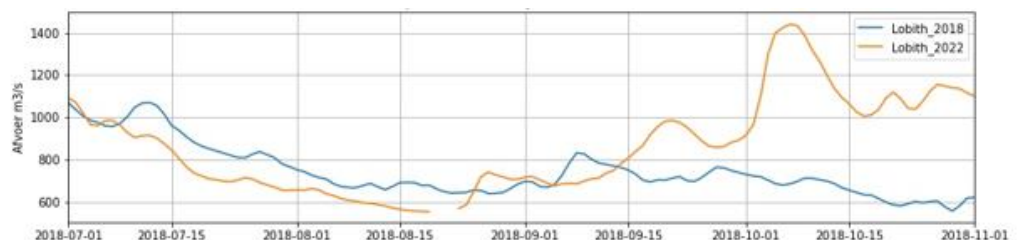
Secundaire effecten

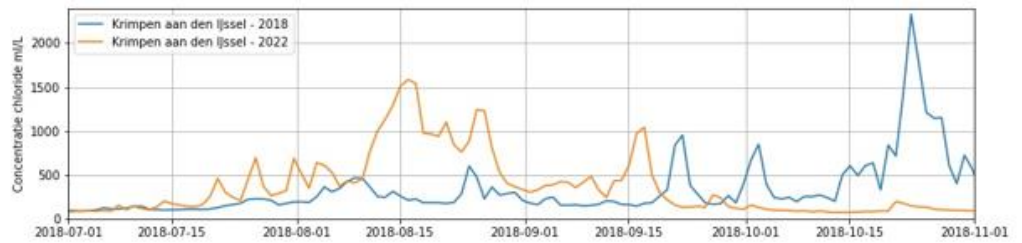
Studies naar de effecten van externe verzilting op de zoetwatervoorziening richten zich vaak op de monding van de Hollandsche IJssel en de monding van de Lek. Belangrijke innamepunten voor regionaal waterbeheer en drinkwater bevinden zich langs deze riviertakken en voor de mondingen kunnen met 1D modellen redelijke inschattingen worden gedaan over de ontwikkeling van chlorideconcentraties. De verschillende verschijningsvormen van externe verzilting worden geïllustreerd in Tabel 2.

Klimaatverandering resulteert in het vaker optreden van lange periodes van lage rivierafvoer. Hierdoor kan de monding van de Hollandsche IJssel en de Lek vaker verziltten. In figuur C.5 is de herhalingsduur van de overschrijdingsduur van zoutconcentraties bij **Krimpen aan den IJssel** berekend over het zomerhalfjaar met een drempelwaarde van 200mg/L. Met een te lange overschrijdingsduur van zoutconcentraties moet de klimaatbestendige wateraanvoer (KWA) worden ingezet. Een goede indicator hiervoor is een minimaal aaneengesloten periode van 7 dagen met een chlorideconcentratie van > 200mg/L. De grijze lijn in Figuur C.5 laat zien dat in het huidige klimaat (Ref2017) ongeveer eens in de 10 jaar langdurige verzilting plaatsvindt.



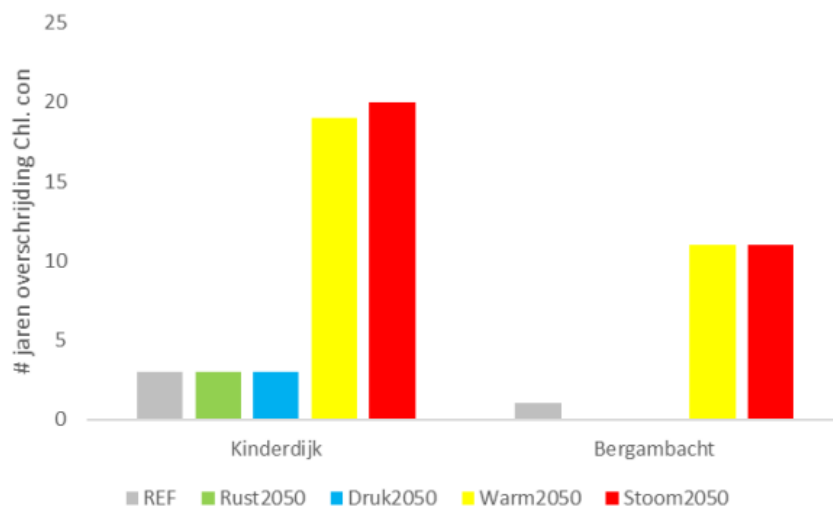
Figuur C.5 Herhalingstijden van overschrijdingsduren van zoutconcentraties bij Krimpen aan den IJssel voor referentie van scenario's. Berekend over het zomerhalfjaar voor een drempelwaarde van 200mg/l en aaneengesloten overschrijdingsduur van minimaal 7 dagen (Mens et al., 2020).



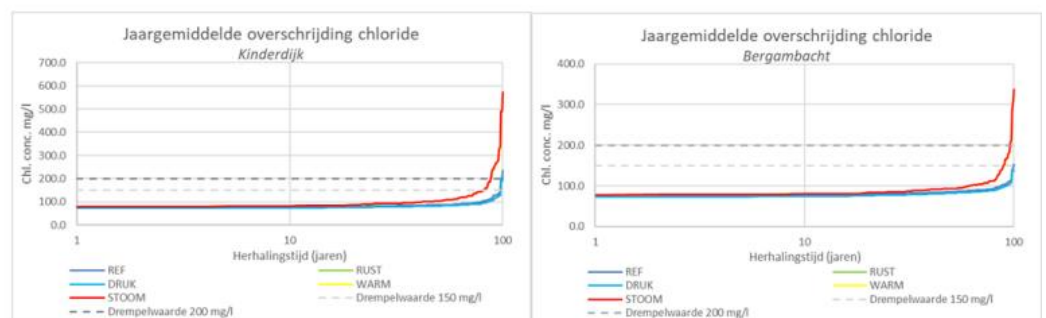


Figuur C.6 Getijgemiddelde chlorideconcentraties (mg/L; onderste paneel) ter hoogte van Krimpen aan de IJssel, Rijnafoer bij Lobith (m³/s; bovenste paneel) voor de periode juli t/m okt. In 2018 (blauw) en in 2022 (oranje). Grofweg bij afvoeren lager dan 800 m³/s loopt de chlorideconcentratie bij Krimpen aan den IJssel op, afhankelijk van de zeewaterstand.

Oeverinfiltratiepunten voor drinkwater langs **de Lek** zijn gevoelig voor chlorideconcentratie. Voor twee punten langs de Lek zijn twee locaties gekozen waarvoor modeluitvoer beschikbaar was: Kinderdijk en Bergambacht. Als de jaargemiddelde chlorideconcentratie hoger is dan 150mg Cl/L kan dit zorgen voor beperkingen. In het referentiescenario komt een hoger jaargemiddelde dan 150mg Cl/L ongeveer eens in de 33 jaar voor (Figuur C.7 en Figuur C.8):



Figuur C.7 Aantal jaren in de 100-jarige reeks waarin de gemiddelde chlorideconcentratie groter is dan 150 mg/l voor de innamepunten nabij Kinderdijk en Bergambacht (Mens et al., 2020)



Figuur C.8 Herhalingstijd van de gemiddelde jaarlijkse chlorideconcentraties bij Kinderdijk en Bergambacht. Deze punten worden representatief verondersteld voor de innamepunten Bergambacht, Krimpen aan de Lek, Langerak en Reijerwaard (Mens et al., 2020)

Brielse Meer: Het Brielse Meer is een zoetwatermeer dat wordt gebruikt door boeren in het omliggende gebied (Voorne-Putten), industrie in de Rotterdamse haven en tuinders in het Westland. Zoet water wordt vanuit het Spui via de Bernisse ingelaten. Incidenteel treedt verzilting van het Spui op. Afhankelijk van de duur kan dit ook gevolgen hebben voor de chlorideconcentraties in het Brielse Meer en de gebruikers van het Brielse Meer water.

Langdurige verzilting van de **Bernisse** wordt voornamelijk veroorzaakt door nalevering. Dit proces begint met de instroom van zout water via de Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Spui in het Haringvliet als gevolg van windopzet, wat bekend staat als achterwaartse verzilting. Bij gesloten Haringvlietsluizen (bij lage afvoeren) keert dit zoute water vervolgens terug via het Spui naar het noorden, wat als nalevering wordt aangeduid. Dit kan leiden tot langdurige verhoging van de chlorideconcentraties in de Bernisse.

Verziltings type	-	0	1	2	3	Schaal (mg Cl/l)
Omschrijving	Gemiddelde omstandigheden	Oprukkende zouttong bij lage afvoer	Eenmalige sterke achterwaartse verzilting	Zuidrand verzilt, na-ijleffect van extreme type 1 verzilting	Verzilting door hoge achtergrondconcentraties in rivierwater	
Zout verspreiding						
Getij	gemiddeld	normaal	forse getijopzet waarbij de vloedstroom richting Haringvliet langer dan één getijperiode kan aanhouden	normaal	normaal	
Rivierafvoer	gemiddeld	laag	normaal/laag	laag	extreem laag	
Periode	jaarrond	jaarrond	najaar/ winter	najaar/ winter	zomer/ najaar	
Verzilting Noordrand	0	+	++	0	+	
Verzilting Zuidrand	0	0	++	++	+	
Duur	1 getij	weken - maanden	2 getijden	weken - maanden	weken - maanden	
Frequentie	Groot deel van het jaar	Jaarlijks	Eens in de 5 jaar	Eens in de 10 jaar	Eens in de 3 jaar: huidig ≤ 130 mg/l toekomstig ≥ 150 mg/l	

Tabel C.2 Overzicht van de verschijningsvormen van verzilting in de Rijn-Maasmond: kaartjes van de zoutverspreiding, omstandigheden waaronder het verziltingstype optreedt en een inschatting van de frequentie en duur van de verzilting (van Heeringen et al., 2018)

Blootstelling

Definitie:

(“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012))

(“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

De drink- en industriewatervoorzieningen die gelegen zijn in gebieden waar (externe) verzilting plaatsvindt zijn blootgesteld aan dit klimaatrisico. Daarnaast staat een aantal innamepunten voor regionale wateraanvoer in deze gebieden bloot aan dit klimaatrisico, zoals de inlaat Gouda (Hollandsche IJssel), de inlaat Koekoek (Lek) en meerdere kleinere inlaatpunten. Door hoge chlorideconcentraties (verzilting) kan er corrosie optreden in pijpleidingen en apparatuur. Hiernaast kan dit leiden tot extra watergebruik voor spoelen en een hogere benodigde productiecapaciteit voor de productie van demi-water (Ecorys, 2019).

Drinkwaterinnamepunten kunnen kwetsbaar zijn voor droogte door de verhoogde chlorideconcentraties op verschillende locaties.

De industrie is afhankelijk van water voor verschillende stadia in de productieprocessen. Water wordt ingezet voor koeling en overige procesfuncties, onder andere de productie van demi-water (stoomproces), spoelen, wassen en blusfaciliteiten. De industrie onttrekt hiervoor grond-, oppervlakte- en/ of zeewater en koopt drink- en industriewater in bij drinkwaterbedrijven. Zoet oppervlaktewater werd in 2014 voor 93% gebruikt als koelwater en voor 7% gebruikt als proceswater (Ecorys, 2019).

Landbouw, natuur en stedelijk gebied in West-Nederland zijn blootgesteld aan zoutindringing, omdat ze afhankelijk zijn van de aanvoer van zoet water om het oppervlaktewater en (indirect) het grondwater op peil te houden en de kwaliteit van het water te waarborgen (doorspoelen). Er zijn meerder innamepunten in de Rijn-Maasmonding voor regionale wateraanvoer die tijdelijk moeten sluiten als de concentraties te hoog worden.

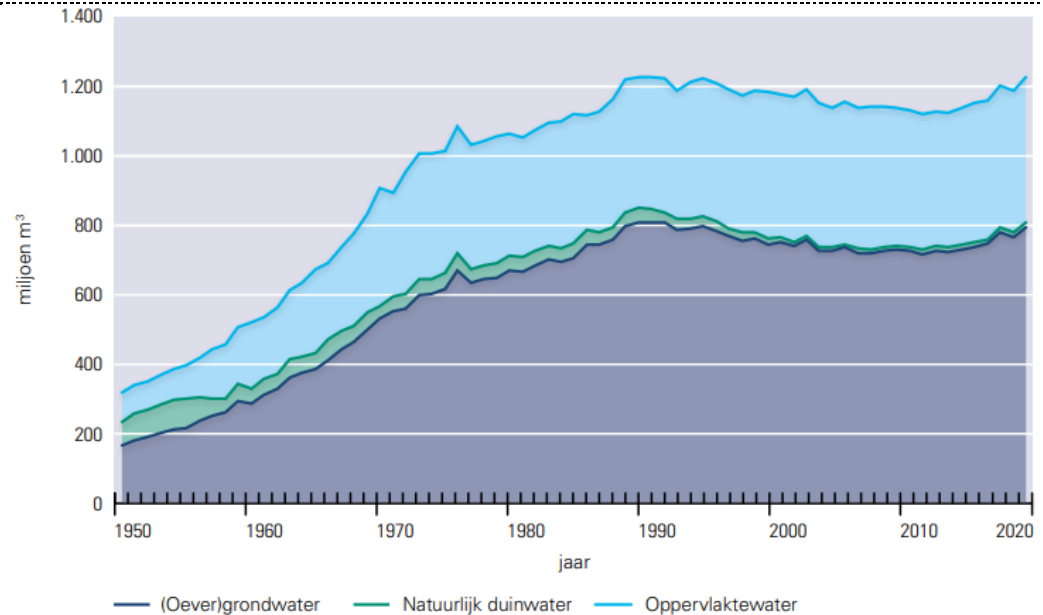
Maatschappelijke ontwikkelingen:

De productie van drinkwater is de afgelopen jaren weer aan het stijgen, na een periode van afname en stabiliteit. Deze toename is te wijten aan de groei van de bevolking en de economie, maar ook aan een stijgende individuele huishoudelijke consumptie¹ (Figuur C.9).

Door zowel economische groei als bevolkingsgroei is de inname van zoetwater voor industrieel gebruik toegenomen. Dit kan zorgen voor negatieve economische effecten (Schasfoort et al., 2019).

¹ [Productie van drinkwater, 1950-2020 | Compendium voor de Leefomgeving \(clo.nl\)](#)

Zie methoderapport
paragraaf 3.2.1 en
4.1.8



Figuur C.9 Productie van drinkwater 1950-2020, (Vewin, 2022)

- In de tabel hieronder staat een overzicht van de belangrijkste oppervlaktewaterinnamepunten, en de maatgevende indicator die gekoppeld is aan lage afvoeren.

Waterbedrijf	Innamepunt	Jaarlijkse Inname (Mm ³)	Bron water	Model	Maatgevende indicator	Type drink waterpunt	Drempelwaarde	Opmerkingen
Evides	Gat van de Kersloot	127	Rijn & Maas	Delwaq	Carbamazepine	Oppervlaktewater Oppervlaktewater winning	>0.1 µg/liter >200 mg/l	Signaalwaarde voor zowel Rijn als Maaswater gebruikt Carbamazepine kan ook als indicator gebruikt worden.
Waternet	Nieuwegein	65	Lekkanaal (Rijn)	Delwaq	Chloride	Oppervlaktewater winning	>150 mg/l	In droge periode is er een reserve innamepunt op de Lek bij Bergambacht; deze wordt als bepalend verondersteld
Dunea	Bergambacht	75	Lek (Rijn)	Delwaq	Chloride	Oppervlaktewater winning	>150 mg/l	Zelfde modeluitvoerpunt als Dunea Bergambacht met uitzondering van de mogelijkheid tot inlaat vanuit de Lek.
Dunea	Brakel	75	Afgedamde Maas (Maas)	Delwaq	Carbamazepine	Oppervlaktewater winning	>0.1 µg/liter	
PWN	Nieuwegein	16	Lekkanaal (Rijn)	Delwaq	Chloride	Oppervlaktewater winning	>200 mg/l	
Oasen	Schuwacht, Krimpen aan de Lek	3	Lek (Rijn)	NWM	Chloride	Oeverinfiltratie	>150 mg/l	Voor dit punt wordt voor een deel rivierwater gebruikt. Het innamepunt Kinderdijk wordt hiervoor gebruikt.
Oasen	Rodenhuis, Bergambacht	13	Lek (Rijn)	NWM	Chloride	Oeverinfiltratie	>150 mg/l	
Oasen	Reijerwaard, Ridderkerk	3	Nieuwe Maas en Noord	NWM	Chloride	Oeverinfiltratie Oppervlaktewater winning en oevergrondwaterw inning	>150 mg/l >0.1 µg/liter	Dit punt wordt deels gevoed door rivierwater. Modeluitvoerpunt Kinderdijk wordt hiervoor gebruikt.
WML	Heel	20	Lateraalkanaal (Maas)	Delwaq	Bromide/Glyfosaat	Oppervlaktewater winning	>0.1 µg/liter	
Vitens	Engelse Werk	12	Ijssel	LHM	Debiet	Oppervlaktewater winning		

Tabel C.3 Drinkwaterinnamepunten die gevoelig zijn voor externe verzilting en/of lage afvoeren (Schasfoort et al., 2019)

Gevoeligheid

Definitie:

("De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed")

("Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events" (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Beschrijf de gevoeligheid van de (sub)sector voor het klimaatrisico

Drinkwaterinnamepunten: In de huidige situatie hebben drinkwaterbedrijven en de industrie voldoende buffercapaciteit om met de risico's om te gaan. Dit leidt ertoe dat in de referentiesituatie drinkwaterbedrijven vrijwel nooit (<1% kans) te maken krijgen met leveringsproblemen, ook niet tijdens zeer droge perioden. In de toekomst echter kunnen innamestops, het inzetten van reservecapaciteit en het verplaatsten van innamepunten resulteren in hogere productiekosten voor drinkwaterbedrijven (Ecorys, 2019).

Industrie: Stopzetten van productieprocessen in de industrie is te kostbaar. Daarom heeft de industrie zich aangepast aan de huidige omstandigheden. Echter kan dit wel resulteren in schade en kosten. Schade door chloride aan installaties begint al onder de 150 mg/l.

Maatschappelijke ontwikkelingen: Door de zowel toenemende bevolkingsgroei als welvaartsgroei groeit de watervraag. Innovatie kan zorgen voor efficiënter watergebruik.

Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Voorbeeld:

Huizen hebben muren, ramen en deuren die versterkt kunnen worden zodat ze sterk genoeg en waterdicht zijn en ze geen beschadigingen oplopen.

Maatregelen door waterbeheerders: Om verzilting van regionale innamepunten tegen te gaan wordt er gebruikt gemaakt van **Klimaatbestendige Water Aanvoer (KWA) en de zoetwaterbel Hollandse IJssel**. Hiermee wordt er water vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek aangevoerd naar Rijnland, Delfland en Schieland en de Krimpenerwaard wanneer de reguliere aanvoer uit de Hollandse IJssel is verzilt. Ook het doorspoelen van het Amsterdam-Rijnkanaal, eventueel aangevuld met noodmaatregelen zoals schutbeperkingen IJmuiden en bellenscherm bij Weesp, is gericht op het voorkomen van innamestops door verzilting.

Recent is hieraan toegevoegd (Deltaplan 2021): meer water sturen over stuw Hagestein om de Lek zoet te houden, en het implementeren van de Krimpenerwaardroute (wateraanvoer vanuit de Lek richting Rijnland) als aanvulling op de KWA.

Maatregelen drinkwatersector: mogelijke maatregelen zijn: watervraag reduceren door waterbewustzijncampagnes, diversificatie van bronnen (grondwater, oppervlaktewater, zeewater), verplaatsen van innamepunten en vergroten van de buffercapaciteit om periodes van innamestops te overbruggen. Een recent voorbeeld is de ‘klimaatbuffer IJsselmeer’: Om de gevoeligheid voor verzilting te beperken wordt door PWN onderzoek gedaan naar een waterbekken in het IJsselmeer, waar voorgezuiverd water beschikbaar is om periodes te overbruggen waarbij het IJsselmeer bv tijdelijk verzilt raakt door droogte.²

Maatregelen Industrie: Om verzilting tegen te gaan kan de industrie gebruikmaken van corrosie-inhibitoren, chemische stoffen die worden toegevoegd om corrosie te remmen. De kosten voor de industrie zouden dan bestaan uit de extra schade door corrosie of de bijkomende kosten voor het implementeren van maatregelen ter voorkoming van corrosie. Een andere maatregel is het bijmengen met drinkwater om de zoutconcentraties te verlagen (onder andere toegepast door Evides Industriewater indien Brielse Meer verzilt).

Maatregelen Bernisse-Brielse Meer:

Huidige afspraken zijn:

- Als de chlorideconcentraties tot 250 mg/l stijgen en dit gedurende maximaal 10 dagen aanhoudt, wordt de inlaat vanuit het Brielse Meer stopgezet.
- Bij aanhoudend verhoogde chlorideconcentraties vanaf 150 mg/l wordt zout water bewust toegelaten in het Brielse Meer.

Optimalisatie van het Bernisse-Brielse Meer systeem, waarbij de Spijkenisse-inlaat (Oude Maas) weer in gebruik genomen wordt als neveninlaat tijdens innamebeperking Bernisse, is onderdeel van de eerste stap in het adaptatiepad. De aanname is dat in het huidige klimaat de neveninlaat voldoende alternatief is voor Bernisse tijdens periodes van nalevering.

² <https://www.pwn.nl/klimaatbuffer-ijsselmeer>

Waterbeheer afspraken met gebruikers van het Brielse Meer tijdens verziltingsgebeurtenissen, de zogenaamde calamiteitenladder van Waterschap Hollandsche Delta uit 2017 (inmiddels mogelijk geactualiseerd, maar via Google Search niet vindbaar):

Fase	Chl. Conc.	Dagen	Waterbeheermaatregelen
A	<100 mg/l	-	Geen maatregelen
B	<100-150 mg/l	-	Geen maatregelen, eventueel inlaat Spijkenisse benutten en stoppen spuien Noordzee
C	>150 mg/l	t/m 2 dagen	Inlaatstop Bernisse inlaat, benutten buffercapaciteit, stoppen spuien Noordzee, eventueel inlaat Spijkenisse benutten
D		2-10 dagen	Inlaatstop Bernisse inlaat, Vooraf peil opzetten, Benutten buffercapaciteit (incl. peil uit laten zakken), eventueel inlaat Spijkenisse benutten
E		10 dagen	Inlaatcriterium geleidelijk verhogen (tot evt. 250 mg/l) incl. overige maatregelen
F	>250 mg/l	> 10 dagen	Inlaatcriterium verder verhogen tot boven 250 mg/l, Inlaat beperken tot strikt noodzakelijk, Peil Brielse Meer verder laten zakken, benutten Spijkenisse.

Tabel C.4 Waterbeheermaatregelen Brielse meer, Bron: WSHD, 2017

Impact

Beschrijf wat de impact van het risico is op de sector (bijv. landbouwgewasschade door droogte en daardoor resulterende opbrengstderving). Maak hierbij onderscheid tussen subsystemen (bijv. aardappelen, mais, gras), indien relevant.

Industrie: Schade als gevolg van chloride treedt al op bij concentraties onder de 150 mg/l. De industrie heeft de mogelijkheid om dit te voorkomen door het gebruik van corrosie-inhibitoren en het bijmengen van drinkwater. De kosten voor de industrie omvatten dan ofwel de extra schade als gevolg van corrosie ofwel de bijkomende uitgaven voor het implementeren van maatregelen ter voorkoming van corrosie. Voor zover bij de auteurs bekend zijn hier geen gegevens van beschikbaar. Hierdoor is het moeilijk is om de exacte omvang van het probleem te beoordelen.

Drinkwater: De drinkwatersector kan negatieve effecten ondervinden door oplopende neerslagtekorten en een toenemende watervraag. In de huidige situatie hebben drinkwaterbedrijven buffercapaciteit hebben om met de huidige concentratiepatronen om te gaan. Dit leidt ertoe dat in de referentiesituatie drinkwaterbedrijven vrijwel nooit (<1% kans) te maken krijgen met leveringsproblemen, ook niet tijdens zeer droge perioden. De extra onttrekkingen kunnen leiden voor overschrijding van de vergunning. Eventuele boetes voor drinkwaterbedrijven zijn een financiële overdracht van de ene (semi-)overheid naar de andere. Vanuit een nationaal welvaartspectief is dit geen economisch effect.

<p>Cascade-effecten</p> <p>(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p>Beschrijf hier eventuele cascade-effecten die in zowel dezelfde sector als in een andere sector kunnen optreden als gevolg van de impact.</p> <p>Neem deze cascade-effecten ook mee in de eindrisico(s) en de waarschijnlijkheid, tenzij dit deel al door een ander kennisinstituut wordt uitgewerkt in een klimaatrisico.</p>
<p>Eindimpact: mens en cultuur</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laag: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade - Middel: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade - Hoog: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade <p>* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde</p> <p>N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)</p>	<p>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor mens en cultuur. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 36.000 mensen die zonder elektriciteit komen te zitten). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</p> <p>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. 10 tot 20 doden). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</p> <p>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - voor de impact op mens, specificeer of bepaalde demografische (ouderen) of sociaal-economische groepen worden geraakt - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)

<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel</i>: regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog</i>: nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor natuur en milieu. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 12.000 hectare onomkeerbare schade). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</p> <p>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. meer duiding in een exact aantal plantensoorten dat verdwijnt). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</p> <p>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)
<p>Eindrisico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: < € 100 miljoen - <i>Middel</i>: € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog</i>: > € 1 miljard 	<p>De eindimpact voor de economie bestaat uit de toenemende kosten door externe verzilting voor sectoren. Op dit moment zijn er onvoldoende kwantitatieve gegevens binnen Deltares beschikbaar voor het huidige klimaatrisico voor drinkwater en industrie. Volgens de Economische Analyse Zoetwater wordt in het huidige klimaat het risico voor de sectoren drinkwater en industrie kleiner dan 1 miljoen euro geschat (Stratelligence, 2021).</p> <p>De kosten van crisismanagement bij droogte en dreigend watertekort, zoals personele inzet voor de crisisorganisatie (RDO, LCW) en inzet van de klimaatbestendige wateraanvoer en noodpompen, etc. zijn voor zover bekend nog niet onderzocht.</p> <p>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. €150 miljoen tot €200 miljoen). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</p> <p>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)

<p>Waarschijnlijkheid</p> <p>Frequentie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 	<p>De herhalingsstijden van overschrijdingsduren van zoutconcentraties bij Krimpen aan den IJssel zijn de vinden bij Figuur C.3.</p>
<p>Wildcards & kantelpunten</p> <p>Wildcard ("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact")</p> <p>Kantelpunt ("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</p>	<p>Beschrijf eventuele wildcards (klimaatgerelateerd of niet-klimaatgerelateerd, zoals de piekbui in Limburg in 2021 of een financiële crisis) die het risico een nieuwe dimensie geven en/of de orde van grootte van de impact veranderen.</p> <p>Indien relevant en beschikbaar: beschrijf eventuele kantelpunten die in de huidige situatie kunnen ontstaan, waardoor het risico zich in een nieuwe richting begeeft en/of onomkeerbare schade kan aanrichten.</p>

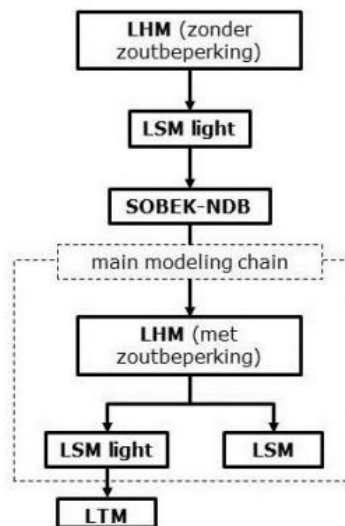
Context

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de huidige rollen taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</p>
<p>Samenhang met andere transities en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transities en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</p>
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens en kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid). Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</p>

<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p><i>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</i></p>
<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	<p><i>Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?</i></p>
<p>Rechtvaardigheid</p>	<p><i>Beschrijf (zeer) kwetsbare groepen, regio's en/of systemen met grote blootstelling, gevoeligheid en/of impact door klimaatrisico's en/of adaptatiemaatregelen, waardoor ongelijkheid ontstaat/wordt vergroot.</i></p> <p>Met name verdeling van water tussen sectoren speelt een rol. Drinkwater gaat voor op economische functies, maar hoe wordt industrie afgewogen tegen watergebruik voor landbouwdoeleinden? Er is voor zover bekend geen onderzoek gedaan naar rechtvaardigheid.</p> <p><i>Maak hierbij onderscheid in:</i> <i>Groepen, regio's en/of systemen (leeftijdsgroepen, beroepsgroepen, sociaaleconomische status (inclusief achterstandswijken), minderheden, gender, stad/platteland, habitattypen etc.)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Wie draagt de impact/schade en/of is verantwoordelijk voor herstel of adaptatiemaatregelen (evt. verder onderscheid op schaalniveau: particulieren, verzekeraars, of bestuursniveaus zoals gemeenten/waterschappen/provincies/rijk)</i> - <i>Is er draagvlak voor de verdeling van lusten/lasten?</i> - <i>Zijn er adaptatiemaatregelen die de ongelijkheid vergroten?</i> - <i>Zijn er groepen die onvoldoende betrokken zijn bij besluitvorming over deze verdeling en adaptatiemaatregelen?</i>

Transparantie, aggregatie en afbakening

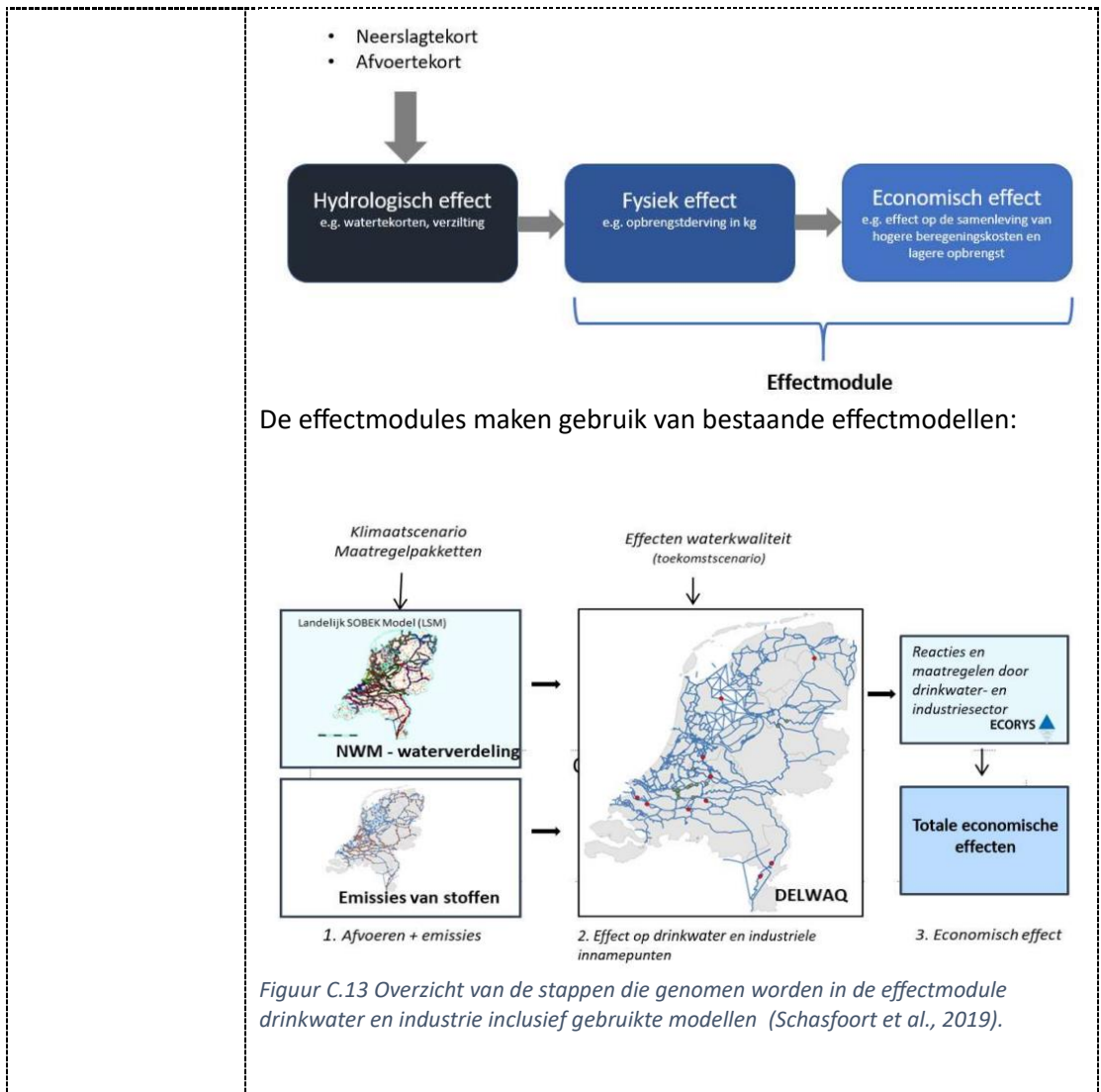
De hydrologische gegevens/grafieken zijn gebaseerd op de input en output van modelberekeningen die zijn uitgevoerd voor de geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma zoetwater fase II (Mens et al., 2020). Deze is gebaseerd op de berekeningen met het Nationaal Water Model (“Basisprognoses 2018”). Het Nationaal Water Model bestaat uit een modellentrein van meerdere gekoppelde modellen die itererend rekenen:



Figuur C.12 Overzicht samenhang deelmodellen voor het onderdeel Zoetwater in het Nationaal Water Model (Mens et al., 2020)

De deelmodellen die voor de knelpunten analyse zijn gebruikt zijn: het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) voor grondwater en hydrologie, **Sobek-Model van het Noordelijk Deltabekken (SOBEK-NDB) voor externe verzilting in West-Nederland**, Landelijk Sobek-Model (LSM-Light) voor hydrodynamica van het hoofwatersysteem.

Voor de vertaling van effecten van droogte en zoetwatermaatregelen naar economische effecten op de maatschappij zijn de Effectmodules in het Deltaprogramma zoetwater gebruikt.



<p>Kennishiaten</p>	<p>De kosten voor de industrie door verzilting omvatten ofwel de extra schade als gevolg van corrosie ofwel de bijkomende uitgaven voor het implementeren van maatregelen ter voorkoming van corrosie. Voor zover bij de auteurs bekend zijn hier geen kwantitatieve gegevens van beschikbaar. Hierdoor is het moeilijk is om de exacte omvang van het probleem te beoordelen.</p> <p>Dit geldt ook voor de schade voor de drinkwaterindustrie en verschillende adaptatiemaatregelen. Veel aanpassingen vanuit de drinkwaterindustrie vallen onder regulier onderhoud.</p> <p>Op dit moment zijn er geen beschikbare gegevens voor de kwantificering van de impact van externe verzilting op het innamepunt Bernisse aan het Spui.</p>
<p>Onzekerheid en betrouwbaarheid</p>	<p><i>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</i></p>
<p>Expertbeoordeling</p>	<p><i>Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.</i></p>

Referentielijst

- Klijn, F. (2022). Deltalife: *Fysiografische kaart Nederland met water en bodemknelpunten*.
- Ecorys. (2019). *Economische schade door droogte in 2018*.
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2020). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II Deltares Rapport 11203734-003-ZWS-0002*.
- Schasfoort, F., de Jong, J., & Meijers, E. (2019). *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater: Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte*.
- Stratelligence. (2021). *Economische analyse Zoetwater*. Eindrapportage, januari 2021, Stratelligence, Leiden.
- Van Heeringen, K.-J., Tiessen, M., Haaksma, H., & Kerkhoven, D. (2018). *Bernisse-Brielse Meer inlaatsturing Plan van Aanpak*.
- Vewin. (2022). *Drinkwaterstatistieken 2022 Van bron tot kraan*. www.vewin.nl.
- WSHD (2017). *Uitwerking mogelijke maatregelen bij verzilting inlaat Brielse Meer/Bernisse*. Waterschap Hollandsche Delta, 21 september 2017.

D Factsheet waterkwantiteit: grondwater



Versie 31.8.2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

Factsheet klimaatrisico waterkwantiteit

Verdere daling van grondwaterstanden waardoor reeds verdroogde natuurgebieden verder verdrogen en landbouw in droge zomers sneller schade zal ondervinden door bodemvochttekort. In klei- en veengebieden kunnen dalende grondwaterstanden leiden tot klink, (verschil)zetting en oxidatie en daardoor schade veroorzaken aan funderingen en infrastructuur. Dit alles heeft mogelijk tot gevolg: afname van de biodiversiteit, opbrengstderving in de landbouw, herstelkosten voor funderingen, CO₂ uitstoot. Daarnaast kunnen grondwaterafhankelijke sectoren vaker problemen ondervinden door beperkingen in grondwateronttrekkingen die worden opgelegd: landbouw, industrie en drinkwater.

Inleiding

Het factsheet grondwater is ingevuld aan de hand van het volgende schema:



Grondwateronttrekkingen vanuit landbouw, industrie en drinkwater worden behandeld als watervraag onder de maatschappelijke ontwikkelingen in het subkopje blootstelling watersysteem.

De informatie die gebruikt is voor deze factsheet komt voornamelijk uit de Integrale Grondwater Studie (Hendriks et al., 2023) en de geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma zoetwater fase II (Mens et al., 2020).

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- **Het wordt droger**
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

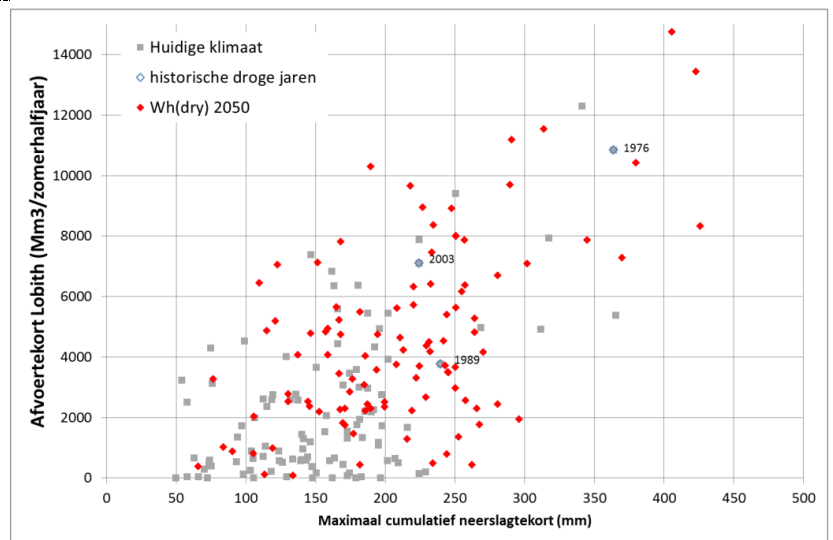
Gegevens van o.a. het KNMI kunnen als basis worden gebruikt

Door klimaatverandering komen langdurige periodes van droogte steeds vaker voor. In een droog jaar kunnen situaties van watertekort ontstaan, door de combinatie van **neerslagtekort** en een **afvoertekort**. Afvoertekort is een maat voor langdurig lage rivierafvoeren en wordt standaard berekend als het volumetekort van de Rijnafvoer bij Lobith onder een grenswaarde van 1800 m³/s. Ook de Maasafvoer kan langdurig laag zijn met consequenties voor waterinname naar Oost-Brabant en Noord-Limburg. Door neerslag en afvoertekorten kunnen er in droge periodes in combinatie met onttrekkingen **grondwatertekorten** ontstaan. Op het moment dat een lage grondwaterstand tot ongewenste gevolgen leidt, is sprake van grondwateronderlast. Als gevolg van een lage grondwaterstand zijn kunnen voor het stedelijk gebied en het landelijk gebied verschillende problemen ontstaan.

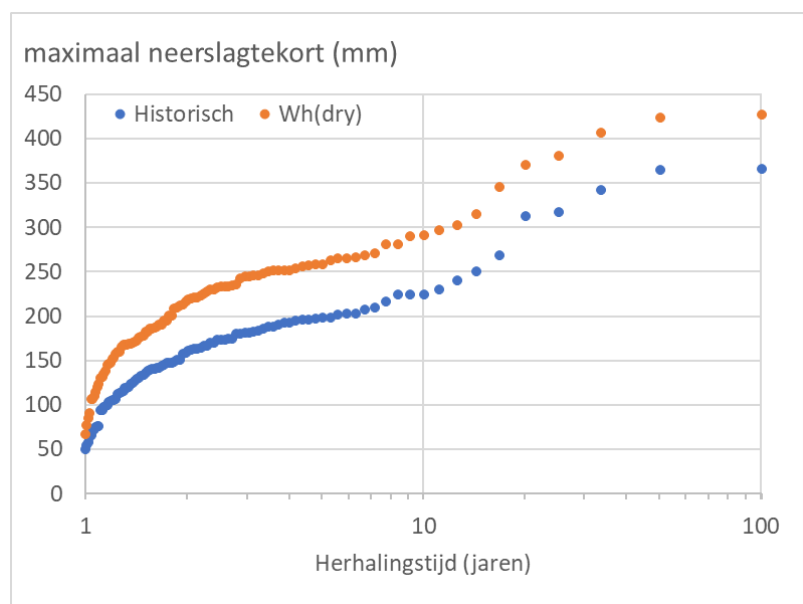
In Figuur D.1 is te zien hoe vaak neerslagtekort en afvoertekort (bij Lobith; drempelwaarde 1800 m³/s; zomerhalfjaar) samenvallen in het 'huidige klimaat' (volgens de historische 100-jarige reeks van neerslag, verdamping en Rijnafvoer), en in het KNMI'14 scenario Wh/WHdry voor zichtjaar 2050.

In Figuur D.2 is te zien dat de kans op grote neerslagtekorten toeneemt in het scenario Wh. De waarde bij T=10 jaar neemt toe van ongeveer 225 mm naar 290 mm. Gemiddeld neemt het neerslagtekort toe van circa 155 naar 215 mm in het zomerhalfjaar.

Figuur D.3 laat een frequentieverdeling zien van het afvoertekort bij Lobith. Hieruit blijkt dat het afvoertekort dat nu gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomt, in scenario Whdry voor 2050 gemiddeld eens in de 4 a 5 jaar gaat optreden.

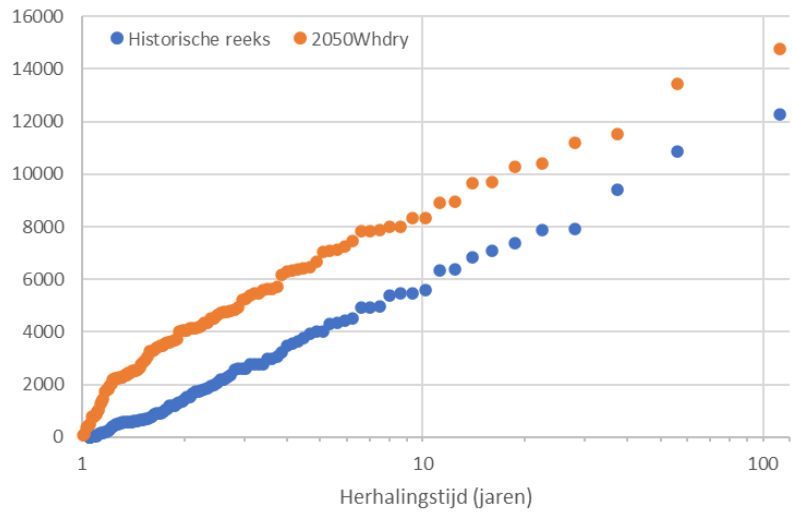


Figuur D.1 van neerslagtekort (mm) en afvoertekort Lobith (Mm³/zomerhalfjaar) van de 100-jarige reeks in huidige klimaat (Ref2017) en KNMI'14 scenario Wh/Wh,dry. Elk puntje representeert een jaar. Neerslagtekort en afvoertekort in klimaatscenario GL komt grofweg overeen met dat in het huidige klimaat en wordt daarom niet apart getoond (Mens et al., 2020)



Figuur D.2 Frequentieverdeling van het maximaal cumulatief neerslagtekort (mm) voor de historische reeks (1911-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)

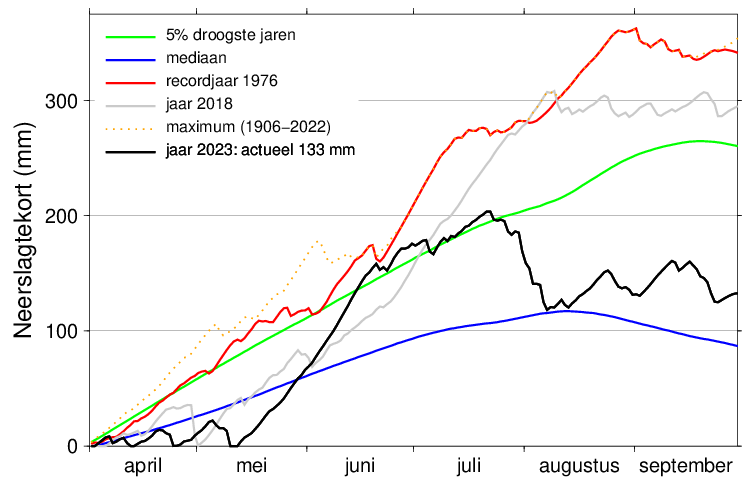
Afvoertekort Lobith zomerhalfjaar (Mm³)



Figuur D.3 Frequentieverdeling van het afvoertekort van de Rijn bij Lobith (Mm³; zomerhalfjaar; drempelwaarde: 1800 - m³/s) voor de historische reeks (1901-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)

Neerslagtekort in Nederland in 2023

Landelijk gemiddelde over 13 stations



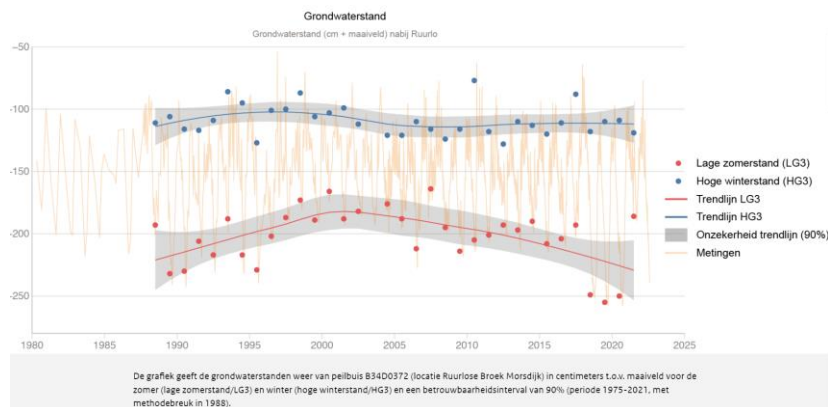
(c) KNMI, bijgewerkt 2023-10-17, 15:59 UT

Figuur D.4 Neerslagtekort in Nederland in 2023 en overzicht droge jaren (KNMI, 2023)³

³ [KNMI - Neerslagtekort / Droogte](#)

Secundaire effecten

Door toenemende vraag naar grondwater en door droogte (klimaatverandering) daalt de **grondwaterstand** in de zomer. Ter illustratie laat Figuur D.5 het grondwaterstandsverloop zien voor een meetlocatie nabij Ruurlo (Ruurlöse Broek Morsdijk). In recente (droge) jaren zakt de grondwaterstand in de zomer (LG3) steeds verder onder het langjarig gemiddelde. Op basis van 2-wekelijkse metingen is de LG3 per jaar bepaald. Dat is het gemiddelde van de laagste drie waarden van gemeten grondwaterstanden⁴.



Figuur D.5 Dashboard Signaalportaal – Grondwaterstanden: Grondwaterstand (cm + maaiveld) nabij Ruurlo (Dashboard Signaalportaal, 2023)⁵

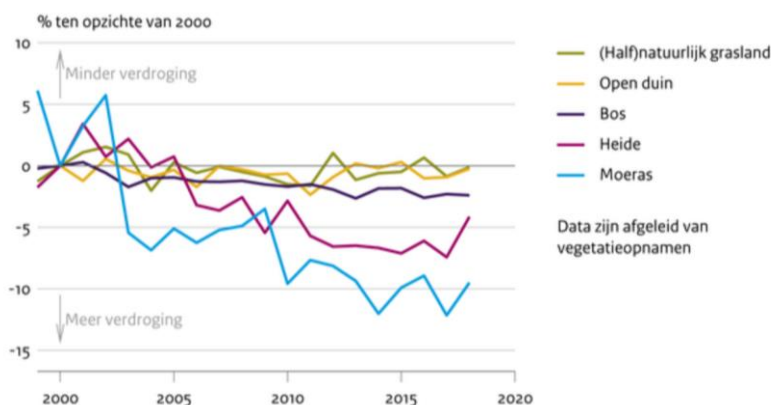
Monitoring van verdroging aan de hand van directe grondwaterstandsmetingen is lastig, omdat goede metingen ontbreken. Aan de hand van milieucondities kan in natuurgebieden de mate van verdroging worden geschat aan de hand van (veranderingen in) de aanwezigheid van plantensoorten (zie [Geschiktheid grondwaterstand verdrogingsgevoelige landnatuur, 2018 | Compendium voor de Leefomgeving \(clo.nl\)](#)). “Planten stellen namelijk specifieke milieueisen aan hun voorkomen. De aangetroffen vegetatiesamenstelling in een gebied is daarmee indicatief voor de heersende milieucondities op standplaatsniveau.”

Complicierend daarbij is dat de vegetatie ook reageert op andere milieufactoren, zodat niet alle verandering kan worden toegeschreven aan de grondwaterstand.

⁴ Gegevens zijn afkomstig van het Dinoloket (TNO): Gemeten bij: x-coördinaat 244420 , y-coördinaat 469650 , maaiveldhoogte NAP +1939 cm, filterdiepte 350 cm

⁵ Bron: [Dashboard Signaalportaal - Grondwaterstanden | Publicatie | Deltaprogramma](#), verkregen op 6-11-2023. De grafiek geeft de grondwaterstanden weer van peilbuis B34D0372 (locatie Ruurlöse Broek Morsdijk) in centimeters t.o.v. maaiveld voor de zomer (lage zomerstand/LG3) en winter (hoge winterstand/HG3) en een betrouwbaarheidsinterval van 90% (periode 1975-2021, met methodebreuk in 1988).

“Terreinen met te lage grondwaterstanden worden als matig of slecht beoordeeld; de condities zijn niet geschikt voor het halen van de gewenste natuurkwaliteit. Deze matige en slechte condities komen verspreid voor in het hele land en in alle ecosysteemtypen. Vooral moerassen, natte graslanden en natte heiden hebben een te lage grondwaterstand en zijn verdroogd. Hoewel het aandeel natte bossen en natte duinen klein is qua oppervlak is het grootste deel daarvan wel ten minste in enige mate verdroogd.” Zie Figuur D.6.

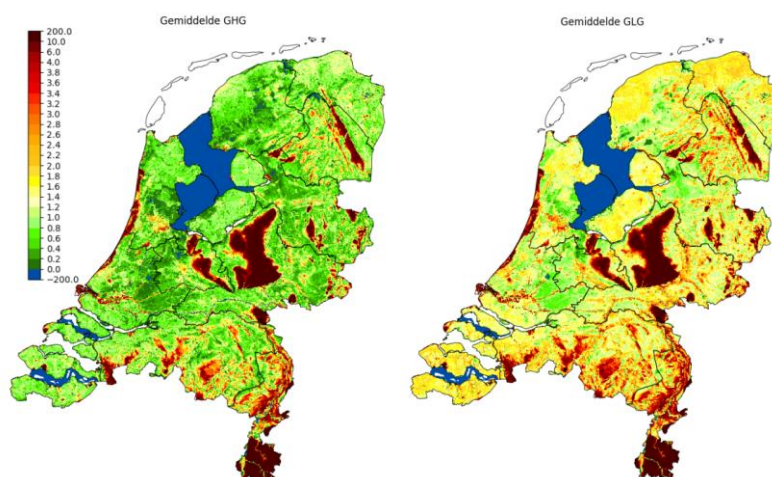


Bron: LMF (provincies, CBS)

WUR/jun20
www.clo.nl/nl159403

Figuur D.6 Percentage verandering voorjaarsgrondwaterstand ten opzichte van het jaar 2000 geïllustreerd per ecosysteem (Dashboard Signaalportaal, 2023)

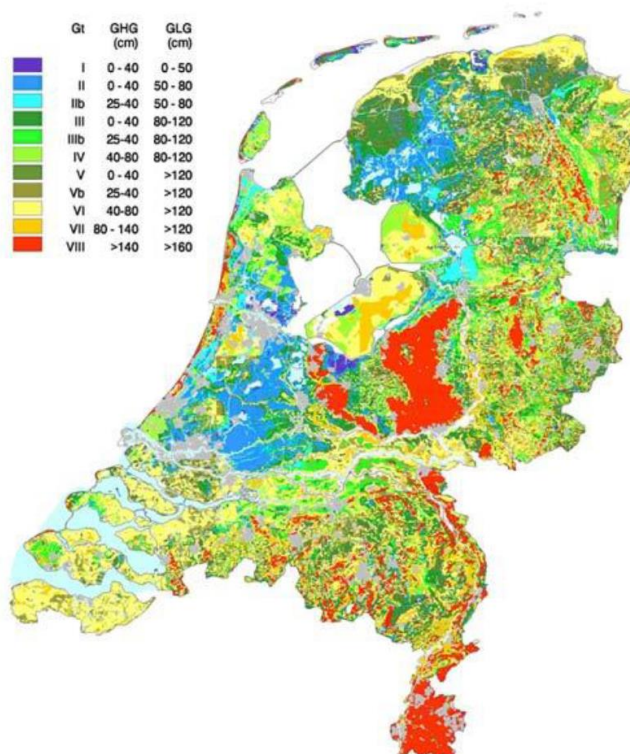
Als gevolg van veranderingen in het klimaat of onttrekkingen aan het grondwatersysteem kan de grondwaterstand dalen. Berekende gemiddelde hoogste en laagste **grondwaterstand** voor 'huidig klimaat' (i.e., berekend over de rekenperiode 1929-2011 met historische meteorologische data en rivierafvoeren, opgelegd aan het huidige systeem (landgebruik en waterbeheer van circa 2017), Figuur D.7.



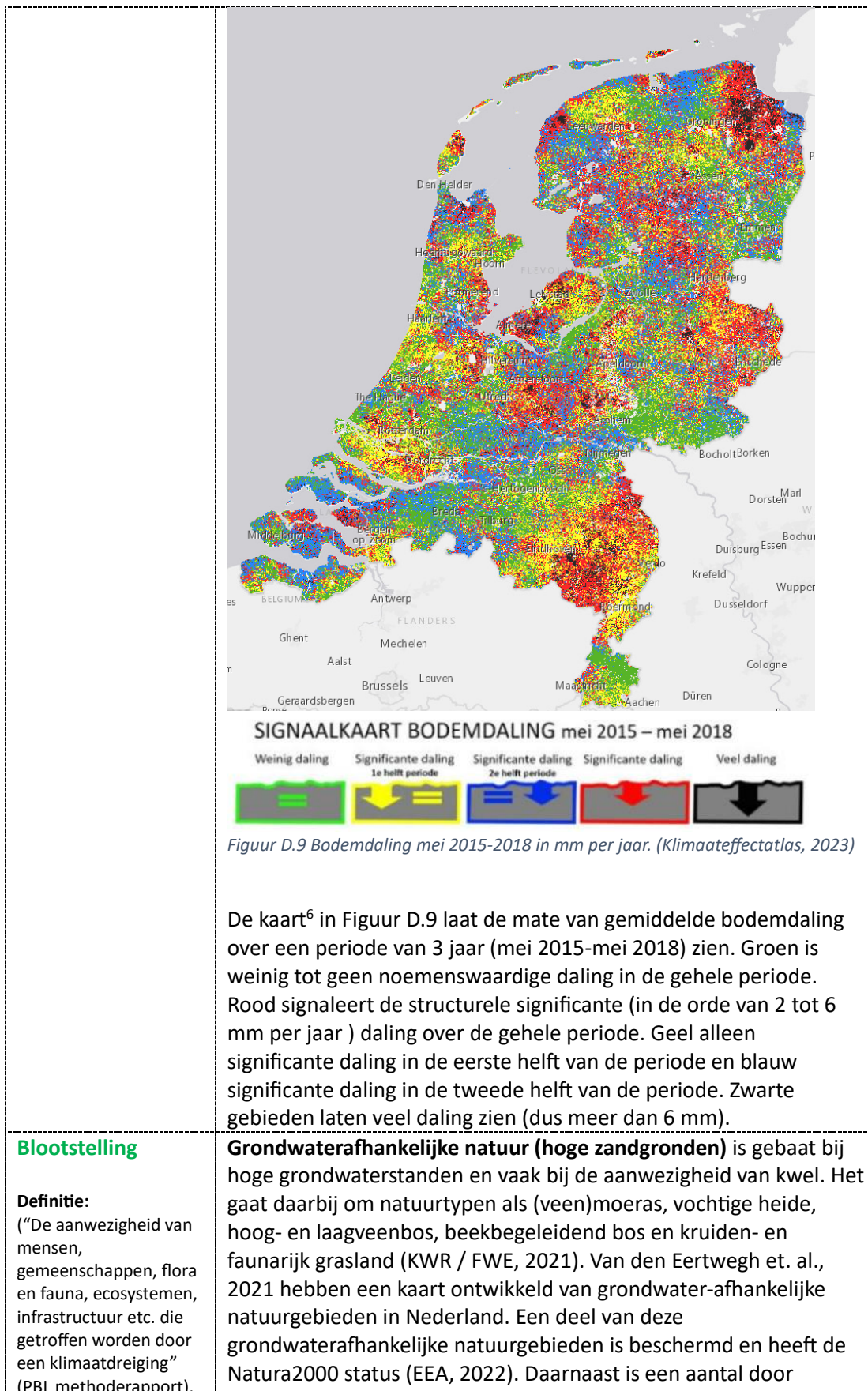
Figuur D.7 Berekende GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) voor de Referentie periode 1929-2011 (Hendriks et al., 2023)

Grondwaterstand is de stijghoogte van het freatische grondwater ten opzichte van het maaiveld. De helft van de Nederlandse gronden heeft in de winter een grondwaterstand ondieper dan 40 cm en circa drie kwart ondieper dan 80 cm. In de zomer blijft in 30% van de gronden de grondwaterstand binnen 120 cm diepte.

De GHG en de GLG zijn de langjarig gemiddeld winter- en zomergrondwaterstanden. Bij grondwatertrappen I tot en met IV is sprake van relatief ondiepe grondwaterstanden te zien in Figuur D.8 hieronder. Deze grondwatertrappen komen vooral voor in laag gelegen gebieden in het westen en noorden van Nederland en in gebieden met grondwaterstroming uit hoger gelegen gebieden (kwel) of in en rond beekdalen. Grondwatertrappen V tot en met VIII wijzen op gebieden met diepere grondwaterstanden; dit zijn veelal de hoger gelegen gebieden waar wegzijging van grondwater optreedt (zoals de Veluwe en Zuid-Limburg) of gebieden met lage polderpeilen (zoals in Flevoland).



Figuur D.8 Grondwatertrappenkaart van Nederland met de Bijbehorende range van gemiddeld hoogste (GHG) en de laagste (GLG) grondwaterstand (in centimeters onder maaiveld). (Basisregistratie ondergrond (BRO), 2022)



⁶ [Signaalkaarten bodemdaling - Klimaat-effectatlas](#)

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012))

(“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

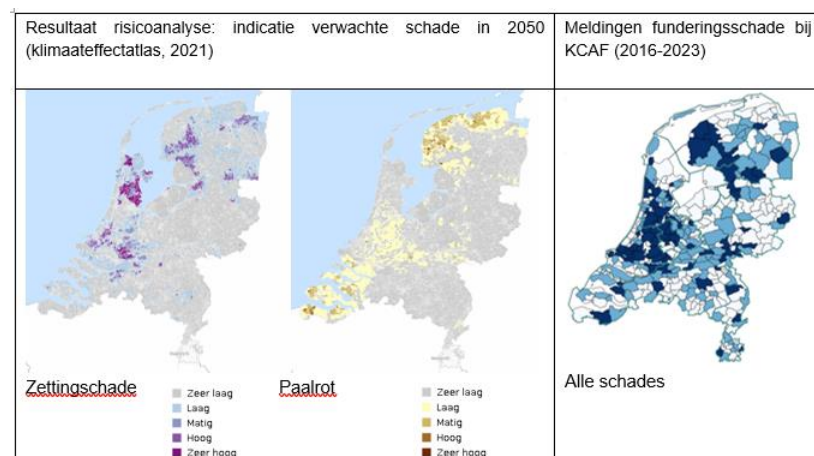
grondwater gevoede beeklopen het oosten en zuiden van Nederland aangewezen als Kaderrichtlijn Water (KRW) waterlichamen (STOWA, 2018; Hendriks et al., 2014). Figuur D.10 toont de ligging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden (met en zonder Natura 2000 status) en KRW beeklopen in Hoog Nederland.



Figuur D.10. Ligging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden (met en zonder Natura2000 status) en KRW beeklopen (Hendriks et al., 2023)

De daling van de grondwaterstand kan leiden tot een **afbraak van organische stof** in de bodem, waarvan planten profiteren die snel groeien en veel voorkomen, zoals braam en pijpenstrootje. Grondwater dat in natte gebieden naar boven stroomt (kwel) is vaak voedselarm en het bevat stoffen die bodemverzuring voorkomen. Als zulke kwelstromen wegvallen door droogte kan dat leiden tot **bodemverzuring**, waardoor de kans groot is dat veel bijzondere plantensoorten zullen verdwijnen.

Veel panden van voor 1975 zijn gebouwd op een houten paalfundering of op een ondiepe fundering, ook wel een fundering 'op staal' genoemd. Beide soorten fundering kunnen kwetsbaar zijn als er veen of klei in de ondergrond voorkomt (zgn. slappe bodems). Klimaatverandering leidt waarschijnlijk tot lagere grondwaterstanden in de zomer (GLG). Dit vergroot de kans op schade door vershilzetting en paalrot, vooral door paalrot bij houten funderingen en scheefzakken door vershilzetting bij ondiepe funderingen op slappe bodems. De impact van schade aan funderingen kan heel ingrijpend zijn. Soms gaat het alleen om kleine scheuren in muren, of klemmende deuren en ramen, met beperkte herstelkosten. Maar het kan ook nodig zijn om de fundering te herstellen, wat veel geld kost. De impact van de daling van grondwaterstanden op funderingsschade wordt in dit factsheet niet gekwantificeerd door een beperking in gegevens over het huidige klimaatrisico.



Figuur D.11 Ruimtelijke spreiding funderingsproblematiek over het land. De linker figuur toont het resultaat van de risicoanalyse in 2021 voor paalrot en vershilzetting van panden op staal. De rechterfiguur toont de meldingenkaart van het KCAF (uit maart 2023). (Hendriks et al., 2023)



Gemeentes met funderingsschade door droogte

Melding na zomer 2018 en 2020

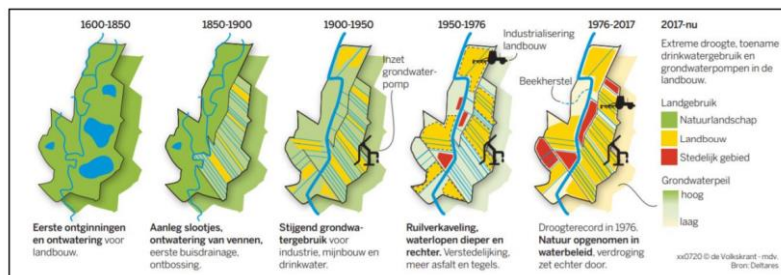
- Enkele schademeldingen
- Meerdere schademeldingen

Figuur D.12 Overzicht van gemeentes waar voor het eerst funderingsschade is gemeld in 2018 en/of 2020 (bron: Kenniscentrum Funderingsschade via www.fundarmaps.com). (Hendriks et al., 2023)

Maatschappelijke ontwikkelingen:

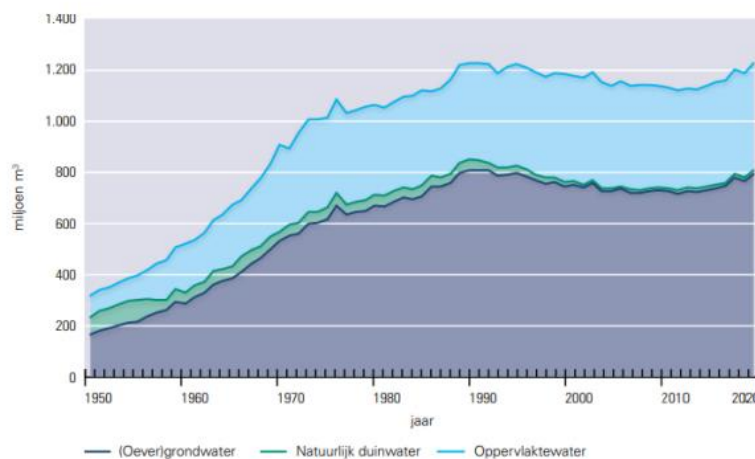
De vraag naar en winning van grondwater voor drinkwaterbereiding is de afgelopen 70 jaar sterk gestegen; deze stijging zal de komende decennia, naar verwachting, doorzetten. Ook in de landbouwsector is het grondwatergebruik gestegen, vooral sinds de droge zomer van 2018 wordt veel meer grondwater onttrokken voor irrigatie van de landbouw. In de industrie is de laatste jaren een afname zichtbaar van het grondwatergebruik, na een sterke toename gedurende de vorige eeuw. Ook natuur heeft een watervraag. Daarbij gaat het vooral om voldoende hoge grondwaterstanden en basisafvoer vanuit het grondwater in beken.

De verandering van **landgebruik** en waterbeheer (ontwatering) en toename van **grondwateronttrekkingen** voor verschillende sectoren dragen bij aan de afname van grondwaterstanden en de kwaliteit hiervan:

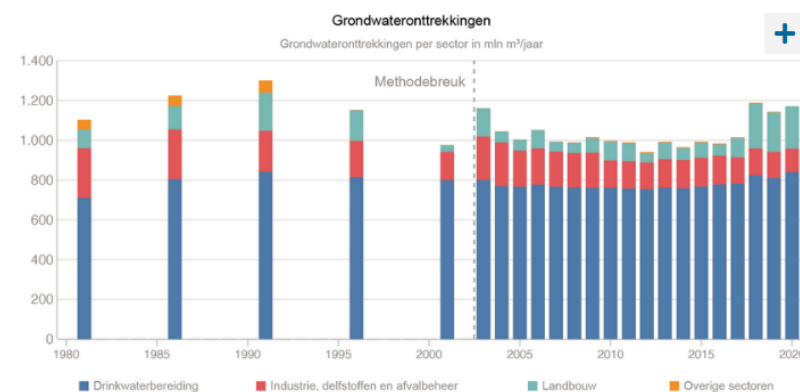


Figuur D.13 Visualisatie van verdroging in de zandgebieden op basis van historisch onderzoek: zichtbaar is dat voortschrijdende verandering van het landgebruik, ontwatering sinds de 17e eeuw heeft geleid tot een structurele daling van de grondwaterstanden (achtergrondkleur). (Hendriks et al., 2023)

Toename **drinkwater**vraag sinds 1950:

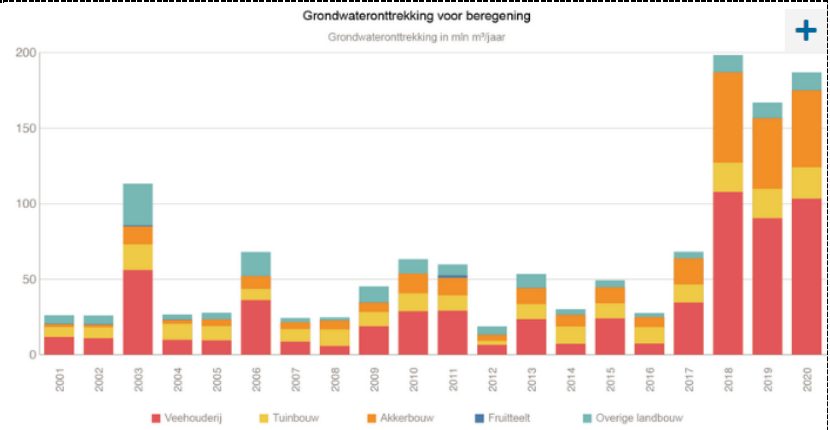


Figuur D.14 Ontwikkeling van drinkwaterwinning sinds 1950, waarbij onderscheid is gemaakt tussen winning (oever) grondwater, natuurlijk duinwater en oppervlaktewater. (VEWIN 2022)



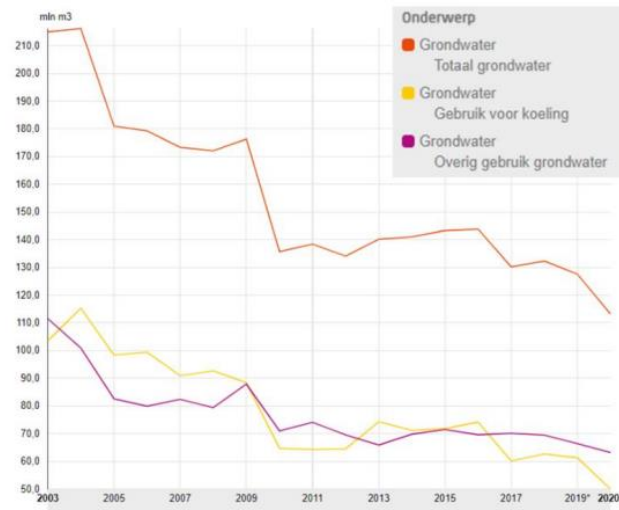
Figuur D.15 Grondwatergebruik per sector in miljoen m³ per jaar (Dashboard Signaalportaal, 2023)⁷:

^{7,5}Bron: [Dashboard Signaalportaal - Grondwaterstanden | Publicatie | Deltaprogramma](#), verkregen op 6-11-2023

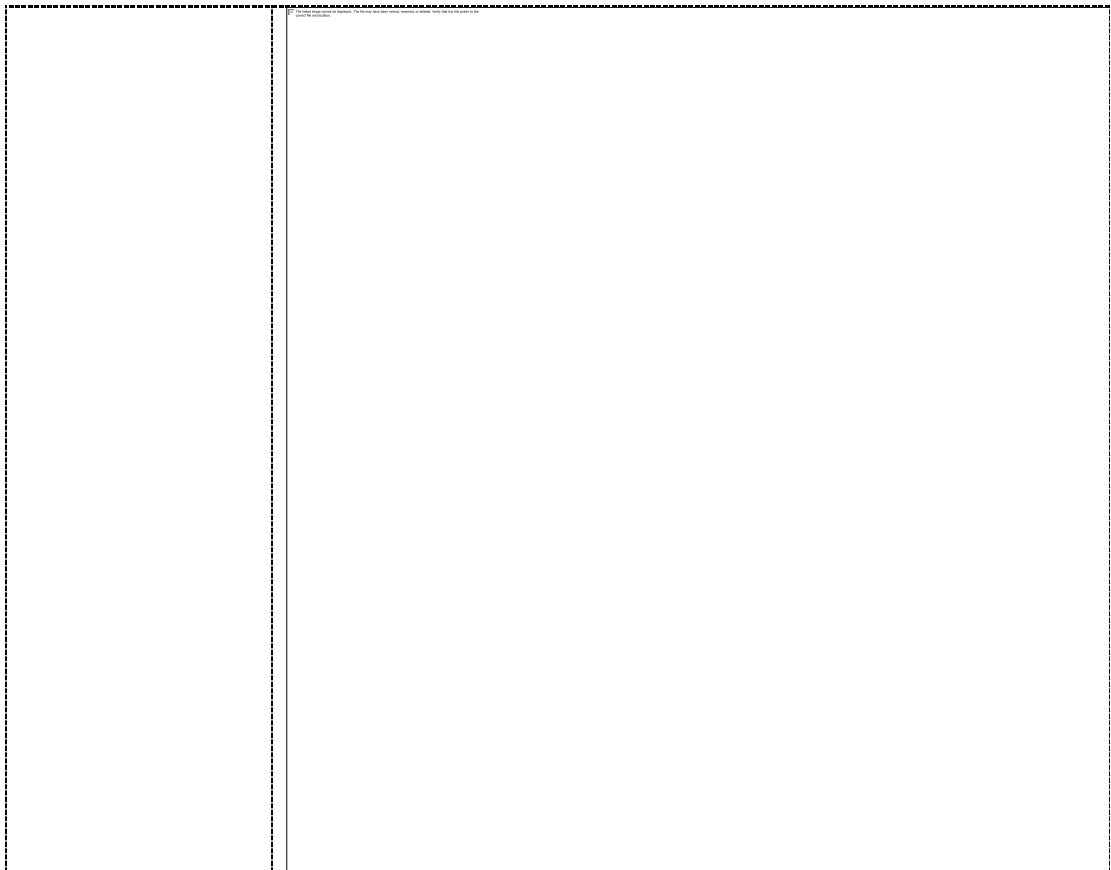


Figuur D.16 Grondwatergebruik beregening (Dashboard Signaalportaal, 2023)⁵

In de industriële sector is er de laatste jaren al fors ingezet op waterbesparing en op het hergebruik van water, waardoor het totaal aan grondwateronttrekkingen in die sector de afgelopen jaren is gedaald (Figuur 15).



Figuur D.17 Grondwatergebruik industriële sector van 2003 tot en met 2020. Onderscheid wordt gemaakt tussen grondwatergebruik voor koeling en overig grondwatergebruik. (Centraal bureau van de statistiek Statline, 2022)



Figuur D.18 Watergebruik voor beregening, rood is beregening uit grondwater, blauw is beregening uit oppervlaktewater (LHM veranderingsrapportage)

Gevoeligheid

Definitie:

(“De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed”)

(“Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet

Natuur die afhankelijk is van grondwater heeft baat bij verhoogde grondwaterstanden en wordt vaak gunstig beïnvloed door kwel. Een aanhoudende lage grondwaterstand vormt een bedreiging voor **natuurgebieden** en kan resulteren in ecologische schade. De grondwaterafhankelijke natuur zijn onder andere (veen)moerassen, vochtige heidegebieden, hoogveen- en laagveenbossen, bossen langs beken en weelderige graslanden die rijk zijn aan kruiden en fauna. Een deel van deze gebieden zijn beschermde Natura2000 gebieden. Er is weinig bekend over de gevoeligheid van grondwaterafhankelijke natuur voor droogte ‘shocks’ en in hoeverre vegetatietypes zich weer kunnen herstellen na een periode van zeer lage grondwaterstanden. Meestal wordt in scenariostudies gekeken naar het gemiddelde grondwaterregime (GVG, GHG, GLG en kwelflux). Hiervoor zijn kennisregels beschikbaar (zie Waterwijzer Natuur) over de relatie tussen grondwaterregime en voorkomen van soorten.

Door een laag grondwaterpeil en bodemdaling kan **veen** in aanraking met zuurstof komen en **oxideert** het waarbij er CO₂ vrijkomt. De afname van veengebieden heeft invloed op de habitat van verschillende diersoorten en hierdoor de biodiversiteit.

<p>op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8</p>	<p>Een deel van de huizen heeft last van funderingsschade door lage grondwaterstanden. Dit is van toepassing voor huizen met een houtenpaalconstructie of ondiepe funderingen die liggen in gebieden met slappe bodems (veen en klei).</p> <p>Landbouw: een deel van de landbouwsector is afhankelijk van grondwater voor beregening. In periodes van weinig neerslag/droogte kunnen er beperkingen worden opgelegd in de vorm van beregeningsverboden.</p> <p>Verzakking infrastructuur stedelijk gebied is in deze factsheet buiten beschouwing gelaten, maar heeft wel aandacht in het vervolg.</p>
<p>Adaptatiecapaciteit</p> <p>("Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen")</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8</p> <p>Voorbeeld: Huizen hebben muren, ramen en deuren die versterkt kunnen worden zodat ze sterk genoeg en waterdicht zijn en ze geen beschadigingen oplopen.</p>	<p>Er zijn verschillende maatregelen om de grondwaterstanden in de zandgebieden te verhogen, kwelstroming te versterken en gebiedseigen afvoer in de zomer te vergroten. De drie belangrijkste vernattingsmaatregelen zijn (vanuit beleid Hier wordt op dit moment op kleine schaal mee geëxperimenteerd):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwijderen of verhogen van ontwateringsmiddelen (waterlopen, sloten, greppel, drains) om grondwater minder snel af te voeren en wegzijging naar diepere lagen te versterken en zo meer gebiedseigen water vast te houden. Ook regenwaterafvoer afkoppelen van het riool in stedelijk gebied en het omvormen van naaldbos naar heide zorgen voor het vasthouden van meer gebiedseigen water. • Het beperken van grondwateronttrekkingen (ondiep én diep). Het beperken van het aantal of het debiet van de grondwateronttrekkingen voor drinkwater, landbouw en industrie. Het is ook mogelijk om onttrekkingen te compenseren door extra infiltratie tijdens de winter, winningen te verplaatsen naar minder kwetsbare gebieden of flexibel te maken, zodat er in droge perioden niet of netto minder wordt onttrokken in kwetsbare gebieden. • Infiltreren van oppervlaktewater in gebieden met ruimte in de ondergrond (diepe grondwaterstanden). <p>De kosten en baten van deze maatregelen worden zeer beperkt onderzocht. In Figuur 17 hieronder is een voorbeeld te zien van de potentiële effectiviteit van verschillende vernattingsmaatregelen tijdens het droge jaar 2018:</p>



Figuur D.19 Effectiviteit van verschillende typen vernattingsmaatregelen op de zomergrondwaterstand in grondwaterafhankelijke natuurgebieden en gebiedseigen afvoer in KRW-beken tijdens een droge zomer (2018). De effectiviteit van vernattingsmaatregelen is gebaseerd op een gevoeligheidsanalyse gebaseerd op het LHM, waarbij de maatregelen extreem en uniform door het gehele zandgebied zijn doorgevoerd, ongeacht de vraag of dat technisch of maatschappelijk haalbaar is. 'Water vasthouden' betreft een combinatie van maatregelen: permanente peilverhoging doorgevoerd van 30 cm (in primair, secundair en tertiair ontwater systeem), alle naaldbos omgezet naar heide en het afkoppelen van het bebouwd gebied (extra infiltratie van 100mm/jaar). NB. Peilverhoging is niet meegenomen bij het bepalen van de toename van gebiedseigen afvoer in KRW beken. 'Minder onttrekken' betreft het stopzetten van onttrekkingen voor drinkwater en beregning. 'Meer infiltreren' betreft een extra infiltratie van 100mm/jaar gedurende de winter voor gebieden met een gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) dieper dan 2,5 m. (Hendriks et al., 2023)

In droge jaren worden er op verschillende locaties stappen genomen om natuurgebieden te voorzien van meer water. Bijvoorbeeld, er zijn waterbuffers gecreëerd in de Peelvenen. Bepaalde gebieden ontvangen ook extern water om de kwetsbare

	<p>natuur vochtig te houden, zoals in de Veenkoloniën (Groningen) en De Grote Molenbeek (Limburg). Echter, vanwege de over het algemeen hogere ligging van veel natuurgebieden, zijn dergelijke initiatieven helaas niet altijd haalbaar.</p> <p>Overige maatregelen Industrie (vanuit beleid/sector). Sinds 1976 is de grondwateronttrekking met ruim 70 procent verminderd. Met name in de beginjaren is dit een indirect gevolg van de invoering van de Wet verontreiniging oppervlaktewater in 1970. Tevens is vanaf 1980 een stringenter grondwaterbeleid gevoerd om verdroging tegen te gaan. Vanaf 1995 werd er bovendien een (rijks) grondwaterbelasting (Wet belastingen op milieugrondslag) geheven door het Rijk, hoewel deze in 2012 ook al weer is opgeheven. Daarnaast zijn er provinciale grondwaterheffingen opgelegd, die doorgaans beperkt zijn tot de grotere onttrekkingen. Het grondwaterbeleid van 1980 en de grondwaterbelasting vanaf 1995 hebben tot een geleidelijke afname van de onttrekkingen. Van 2009 op 2010 is de daling sterker dan voorheen. Ten dele lijkt dit te zijn veroorzaakt door de economische crisis die in 2009 is begonnen. Sinds 2010 is de grondwateronttrekking tamelijk stabiel op een lager niveau.</p> <p>Het drinkwatergebruik van huishoudens en industrieën kan worden verminderd door bewustwordingscampagnes, hergebruik, beprijzing, grijswatersystemen, etc.</p>
<p>Impact</p>	
<p>Cascade-effecten</p> <p>("Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen")</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p><i>Beschrijf hier eventuele cascade-effecten die in zowel dezelfde sector als in een andere sector kunnen optreden als gevolg van de impact.</i></p> <p>Door de daling van grondwaterstanden kan er veenoxidatie ontstaan (zie gevoeligheid). Dit kan zorgen een toename in CO² uitstoot die bijdragen aan klimaatverandering. Hiernaast is veenoxidatie is onomkeerbaar en kan grote gevolgen hebben zoals bodemdaling, met als gevolg aantasting van de fundering van huizen en gebouwen en het verzakken van wegen en andere infrastructuur.</p> <p><i>Neem deze cascade-effecten ook mee in de eindrisico(s) en de waarschijnlijkheid, tenzij dit deel al door een ander kennisinstituut wordt uitgewerkt in een klimaatrisico.</i></p>

Eindimpact: mens en cultuur

Opties:

- *Laag*: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade
- *Middel*: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade
- *Hoog*: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade

* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde

N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie [leidraad risicobeoordeling](#) (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)

Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor mens en cultuur. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 36.000 mensen die zonder elektriciteit komen te zitten). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.

Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. 10 tot 20 doden). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.

(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)

Benoem hierbij:

- voor de impact op mens, specificeer of bepaalde demografische (ouderen) of sociaal-economische groepen worden geraakt
- kaarten en data ter illustratie
- op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)

Eindimpact: natuur en milieu

Opties:

- *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

Lage grondwaterstanden tijdens droge periodes veroorzaken niet alleen een gebrek aan vocht, maar leiden ook tot verslechtering van zowel bodem- als waterkwaliteit. In droge jaren, zoals 2018-2019, trad er aanzienlijke schade op aan natuurlijke omgevingen langs beken, bronnen en andere ecosystemen die typisch zijn voor vochtige locaties, zoals hoogveengebieden, vennen, moerassen en veenmosrietlanden. Bekken droogden op en er moesten vissen geëvacueerd worden om grootschalige sterfte te voorkomen. De waarschijnlijkheid is groot dat toekomstige droogteperiodes vergelijkbare schade aan de natuur zullen veroorzaken.

Eindrisico: economie

Opties:

- Laag: < € 100 miljoen
- Middel: € 100 miljoen
- 1 miljard
- Hoog: > € 1 miljard

[Zie ook Factsheet Watertekort]

Landbouw: De totale droogteschade voor de landbouw in het huidige klimaat wordt ingeschat op circa 300 miljoen euro per jaar (Stratelligence, 2021).

Funderingsschade (Ecorys, 2019): Meerdere perioden van droogte kunnen zich opstapelen en leiden tot aantasting. Dit fenomeen staat bekend als cumulatieve droogstand

Het probleem met de waardering van huidige funderingsschades is dat het niet bekend is hoe groot de cumulatieve droogstand precies is, en hoeveel kwetsbare objecten droog hebben gestaan. Dit komt omdat droogstand in stedelijk gebied lokaal sterk varieert. Tabel 1 presenteert de schadekosten per schadegeval, om zo een indruk te geven van de potentiële orde grootte van schade. In 2050 kan dit een schadepost van 60 miljard euro opleveren⁸.

Tabel D.1: Relevante schademechanisme fundering van stedelijk gebied (Ecorys, 2019):

Schademechanisme	Ordegrootte van mogelijk effect
Schade aan panden	Uit nieuwsberichten en meldingen wordt opgemaakt dat bij enkele honderden panden scheuren zijn ontstaan in muren. Vaak liggen de herstelkosten van deze schade rond de EUR 5.000, alhoewel het kan oplopen tot EUR 30.000. Uitgaande van 400 panden geeft dit een schade van EUR 2 miljoen.
Schade aan funderingen	Vooraf in het westen van het land zijn panden op houten palen gefundeerd. Hier was de daling van de grondwaterstand relatief beperkt, hoewel er sprake was van grote lokale verschillen. Hierdoor is het niet mogelijk om een goede inschatting van de kosten te maken. In geval van schade aan funderingen bedragen de gemiddelde kosten van funderingsherstel ca. EUR 64.000 per pand (prijsspeil 2018) ⁴⁴ .
Schade aan infrastructuur	Voor schade aan infrastructuur gelden dezelfde beperkingen als bij schade aan funderingen. Herstelkosten voor riolering zijn indicatief EUR 560 per meter (Ø 300, prijspeil 2019) ⁴⁵ .
Schade aan stedelijk groen	Over de kosten van droogteschade van stedelijk groen is weinig bekend. Hierdoor is het niet mogelijk om een goede inschatting van de kosten te maken.

Waarschijnlijkheid

Frequentie:

- 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

Zie hierboven.

⁸ [2023 Q3 WOX Kwartaalbericht | Calcasa](#)

<p>Wildcards & kantelpunten</p> <p>Wildcard <i>("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact")</i></p> <p>Kantelpunt <i>("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</i></p>	<p>Beschrijf eventuele wildcards (klimaatgerelateerd of niet-klimaatgerelateerd, zoals de piekbui in Limburg in 2021 of een financiële crisis) die het risico een nieuwe dimensie geven en/of de orde van grootte van de impact veranderen.</p> <p>Indien relevant en beschikbaar: beschrijf eventuele kantelpunten die in de huidige situatie kunnen ontstaan, waardoor het risico zich in een nieuwe richting begeeft en/of onomkeerbare schade kan aanrichten.</p>
---	---

Context

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de huidige rollen en taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</p>
<p>Samenhang met andere transitie en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transitie en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</p>
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens en kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid). Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</p>
<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</p>

<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	<p><i>Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?</i></p>
<p>Rechtvaardigheid</p>	<p>De kosten voor herstel van funderingen liggen bij de burger en zijn niet verzekerd. In 2017 is door de Rijksoverheid het Fonds Duurzaam Funderingsherstel⁹ opgericht voor de financiering van noodzakelijk funderingsherstel. Uit deze pot van 100 miljoen euro kunnen gedupeerde woningeigenaren geld lenen.</p> <p>Huiseigenaren (in regio's met grote blootstelling voor funderingsschade) die geen financiële middelen hebben voor funderingsherstel en niet in gemeentes wonen met een funderingslening zijn zeer kwetsbaar.</p> <p>Er kunnen wettelijke verplichtingen worden opgelegd voor funderingsherstel. Wanneer daar geen gehoor aan wordt gegeven, kan de aanschrijving vervolgens (of gelijktijdig) worden gehandhaafd middels last onder bestuursdwang of last onder dwangsom.</p> <p>Er zijn gemeentelijke regelingen die subsidies aanbieden voor (gezamenlijk) funderingsonderzoek zoals in de gemeente Rotterdam. De gemeente geeft subsidie tot 75% van de kosten met per eigenaar een maximum van € 1500.</p>

⁹ [Deelnemende gemeenten | funderingsherstelfonds.nl Website](https://www.funderingsherstelfonds.nl/Website)

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening	<p>Beschrijf hier hoe de analyse is uitgevoerd. Met welke kwantitatieve en/of kwalitatieve data/modellen is gewerkt, wat was de afbakening? Hoe zijn de verschillende onderdelen uitgezocht, hoe is de stap gemaakt van impact naar eindimpact(s) en hoe is de waarschijnlijkheid ingeschat? Dit is een belangrijk aspect voor de transparantie van het project en de aggregatie van informatie op verschillende niveaus.</p>
Kennishiaten	<p>[zie ook Kennisagenda grondwater (in de maak door IenW)]</p> <p>Natuur: Er is weinig bekend over de gevoeligheid van grondwaterafhankelijke natuur voor droogte'shocks' en in hoeverre vegetatietypes zich weer kunnen herstellen na een periode van zeer lage grondwaterstanden.</p> <p>Landbouw: Er is meer kennis nodig over verschillen in droogtegevoeligheid tussen regio's, gewassen en bedrijfstypes.</p> <p>Funderingsschade: Het probleem met de waardering van huidige funderingsschades is dat het niet bekend is hoe groot de cumulatieve droogstand precies is, en hoeveel kwetsbare objecten droog hebben gestaan. Dit komt omdat droogstand in stedelijk gebied lokaal sterk varieert. Hierdoor is de huidige economische schade aan funderingen door droogte lastig te kwantificeren.</p>
Onzekerheid en betrouwbaarheid	<p>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</p>

Expertbeoordeling

Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.

Referentielijst

- Dashboard Signaalportaal (2023). Grondwaterstanden. Opgehaald van: [Dashboard Signaalportaal - Grondwaterstanden | Publicatie | Deltaprogramma](#), op 6-11-2023
- Ecorys. (2019). *Economische schade door droogte in 2018*.
- Hendriks, D., H. Passier, A. Marsman, O. Levelt, N. Lamers, J. Valstar, M. Hoogvliet, P. de Louw, J. Rozemeijer, F. van de Ven, Wageningen Environmental Research: J. M. van Linge, X. Hu, M. van Buuren (2023) *Integrale Grondwaterstudie Nederland module 1: landelijke analyse*, Deltares Rapport 11208092-001-BGS-0001
- Klimaateffectatlas (2023), Bodemdaling mei 2015 - mei 2018. Opgehaald van: <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/signaalkaarten-bodemdaling>, op 6-11-2023
- KNMI (2023), Neerslagtekort in Nederland in 2023 en overzicht droge jaren. Opgehaald van: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte, op 7-11-2023
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2020). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*, Deltares Rapport 11203734-003-ZWS-0002.
- Stratelligence. (2021). *Economische analyse Zoetwater. Eindrapportage, januari 2021*, Stratelligence, Leiden.

E Factsheet waterkwantiteit: watertekort



Versie 31.8.2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

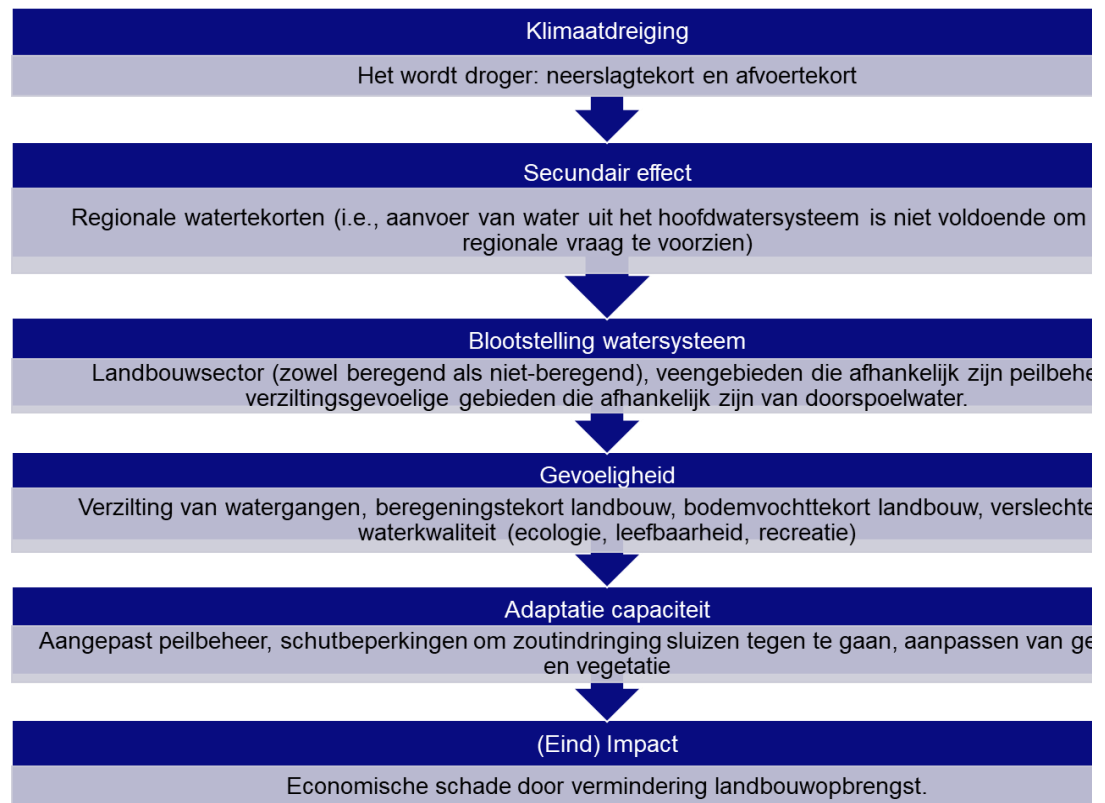
Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

Factsheet klimaatrisico Watertekort

Regionaal oppervlaktewatertekort door droogte met gevolgen voor landbouw, scheepvaart, bodemdaling, natuur, industrie en recreatie. In deze factsheet worden alleen de gevolgen van watertekort voor landbouw doorvertaald.

Inleiding

Door klimaatverandering zijn er steeds frequentere, intensievere en langere periodes van neerslagtekort en lage afvoer in de rivieren. Droogte kan zorgen voor regionaal watertekort met gevolgen voor landbouw, natuur, industrie, recreatie en stedelijke gebieden. De gevolgen met betrekking tot natuur zijn geïllustreerd in factsheet 2: grondwater. Deze factsheet wordt ingevuld aan de hand van het volgende schema en de beschikbare informatie binnen Deltares:



De informatie uit dit factsheet is voornamelijk gebaseerd op de geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma zoetwater fase II (Mens et al., 2020).

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- **Het wordt droger**
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

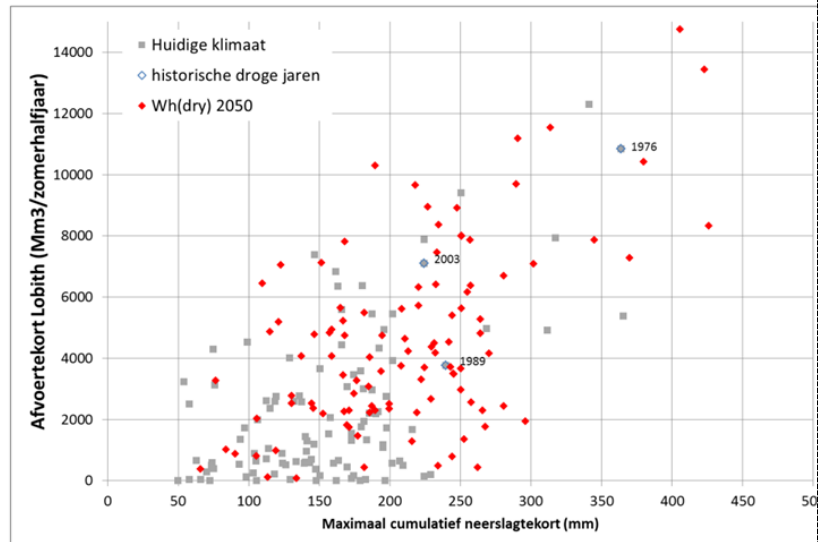
Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

Gegevens van o.a. het KNMI kunnen als basis worden gebruikt

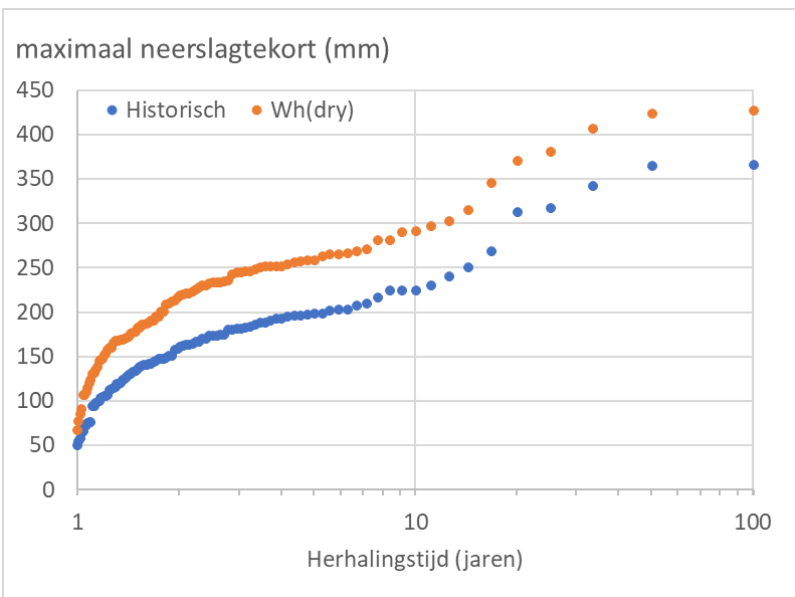
Door klimaatverandering komen droge zomerhalfjaren steeds vaker voor. In een droog jaar kunnen situaties van watertekort ontstaan, door de combinatie van **neerslagtekort** en een **afvoertekort**. Afvoertekort is een maat voor langdurig lage rivierafvoeren en wordt standaard berekend als het volumetekort van de Rijnafvoer bij Lobith onder een grenswaarde van 1800 m³/s. Ook de Maasafvoer kan langdurig laag zijn met consequenties voor waterinname naar Oost-Brabant en Noord-Limburg. In deze factsheet richten we ons voornamelijk op **laag-Nederland**. Voor **Hoog Nederland** (zandgronden) worden hier wel oppervlaktewatertekorten getoond voor het peilbeheerste deel waar aanvoer mogelijk is vanuit de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen of vanuit de Twentekanalen. Ook laten we bodemvochttekorten zien voor heel NL. (De effecten op grondwater worden behandeld in een aparte factsheet grondwater (2))

- Door neerslagtekorten en afvoertekorten in combinatie met hoge temperaturen kunnen er in verschillende regio's van Nederland zoetwatertekorten ontstaan. Dit leidt tot een grotere watervraag aan het hoofdwatersysteem.
- In het scatterplot in Figuur E.1 is te zien hoe vaak neerslagtekort en afvoertekort (bij Lobith; drempelwaarde 1800 m³/s; zomerhalfjaar) samenvallen in het 'huidige klimaat' (volgens de historische 100-jarige reeks van neerslag, verdamping en Rijnafvoer), en in het KNMI'14 scenario WH/WHdry voor zichtjaar 2050. In dit scenario met sterke klimaatverandering valt een groot neerslagtekort in NL steeds vaker samen met langdurig lage rivierafvoeren. Dit is een indicatie van de toenemende kans op watertekorten.
- In Figuur E.2 is te zien dat de neerslagtekorten in het zomerhalfjaar toenemen in het KNMI'14-scenario Wh. Het neerslagtekort bij een herhalingstijd (T) van 10 jaar neemt toe van ongeveer 225 mm in het huidige klimaat naar 290 mm in klimaat Wh. Gemiddeld neemt het neerslagtekort toe van circa 155 naar 215 mm in het zomerhalfjaar.
- Figuur E.3 laat een frequentieverdeling zien van het afvoertekort bij Lobith. Hieruit blijkt dat het afvoertekort dat nu gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomt, in scenario Whdry voor 2050 gemiddeld eens in de 4 a 5 jaar gaat optreden.
- Figuur E.4 laat zien welk deel van de tijd de Maas bij Borgharen (Julianakanaal) te maken krijgt met lage afvoeren en hoe dit verandert in de KNMI'14 scenario's. Bij lage afvoeren is de kans

op innamestops voor drinkwater en industrie groter, en een deel van Oost-Brabant is afhankelijk van wateraanvoer vanuit de Maas (natuur en landbouw).

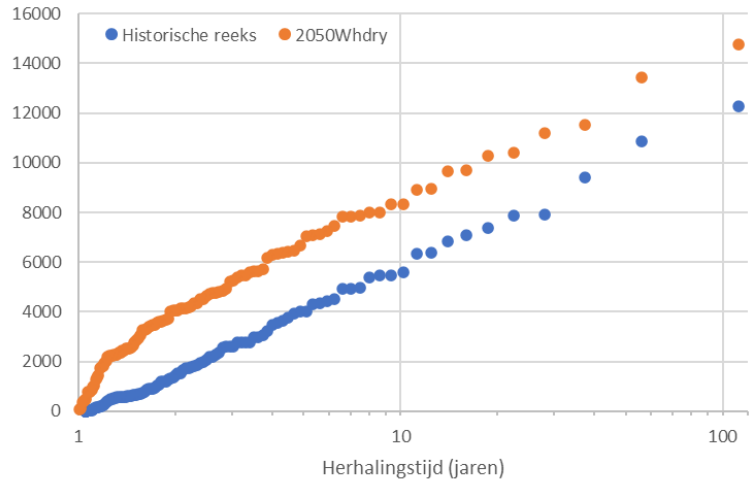


Figuur E.1 Scatterplot van neerslagtekort (mm) en afvoertekort Lobith (Mm³) van de 100-jarige reeks in huidige klimaat (Ref2017) en KNMI'14 scenario Wh/Wh,dry. Elk puntje representeert een jaar. Neerslagtekort en afvoertekort in klimaatscenario G_L komt grofweg overeen met dat in het huidige klimaat en wordt daarom niet apart getoond (Mens et al., 2020)

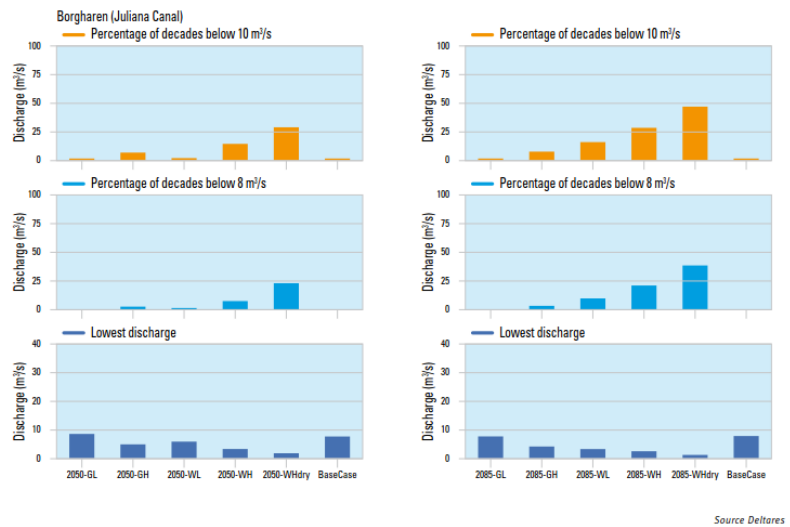


Figuur E.2 Frequentieverdeling van het maximaal cumulatief neerslagtekort (mm) voor de historische reeks (1911-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)

Afvoertekort Lobith zomerhalfjaar (Mm³)



Figuur E.3 Frequentieverdeling van het afvoertekort van de Rijn bij Lobith (Mm³; zomerhalfjaar; drempelwaarde: 18—m³/s) voor de historische reeks (1901-2011) en KNMI'14 scenario Wh(dry) voor 2050 (bron: invoerdata van NWM)



Source Deltares

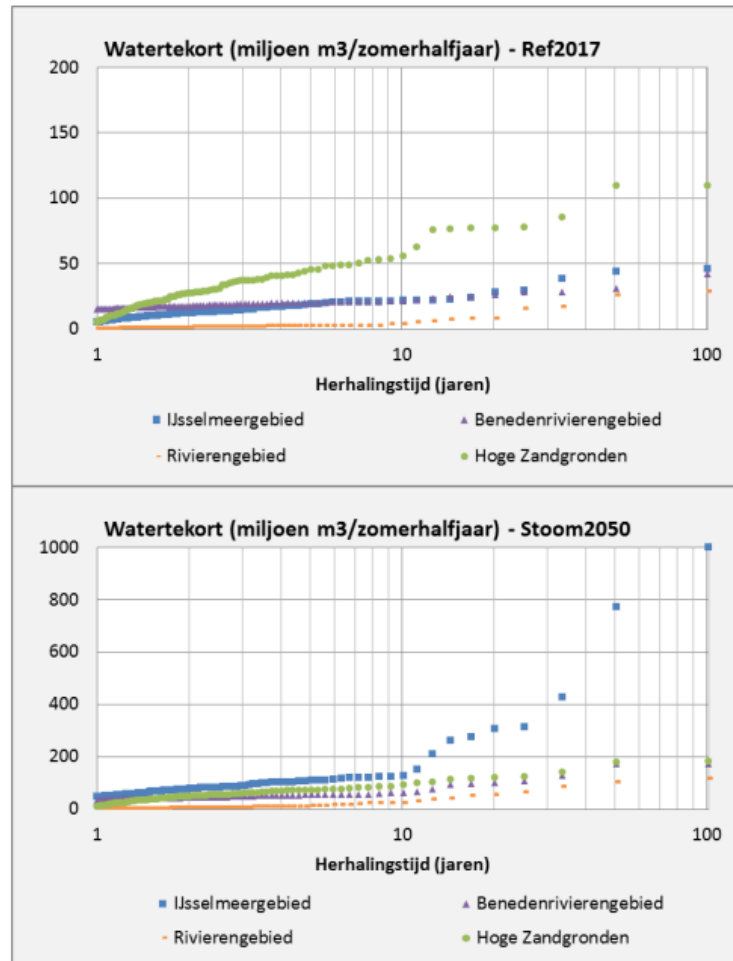
Figuur E.4 Verandering van lage afvoeren van de Maas bij Borgharen (Julianakanaal) volgens de KNMI'14 scenario's, aan de hand van 3 indicatoren: percentage van de tijd $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$, percentage van de tijd $Q < 8 \text{ m}^3/\text{s}$ en laagste afvoer in de hele tijdreeks (Van der Krogt et al., 2022).

Secundaire effecten

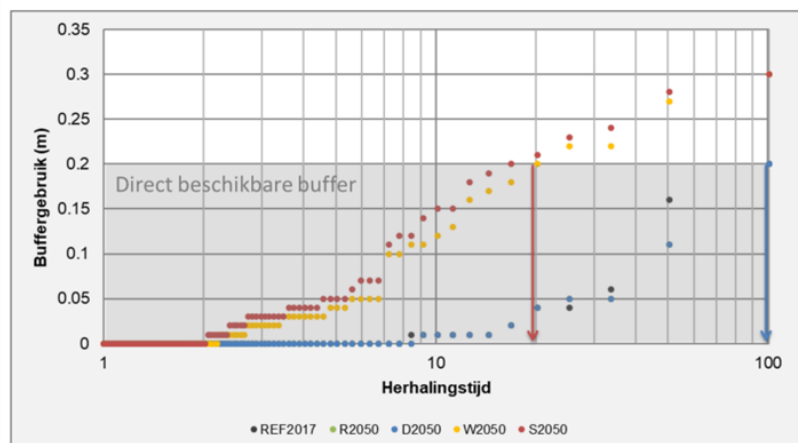
Door neerslagtekorten en afvoertekorten gecombineerd met een (stijgende) watervraag ontstaan er regionale **watertekorten** in zomerhalfjaren. Alle watertekorten hebben betrekking op oppervlaktewater en worden standaard uitgedrukt in een volumetekort (miljoen m³), cumulatief over het zomerhalfjaar. De watervraag is de hoeveelheid water die vanuit het hoofdwatersysteem (rivieren, kanalen, meren) zou moeten worden aangevoerd om het hele zomerhalfjaar aan de waterbehoefte van alle functies te voldoen (doorspoeling, peilbeheer, beregening), gegeven de weersomstandigheden en het resulterende bodemvocht (tekort) in de beregende gebieden. Tekorten ontstaan wanneer dit water niet geleverd kan worden als gevolg van beperkte beschikbaarheid en/of beperkingen in de aanvoercapaciteit (pompcapaciteit, doorstroomcapaciteit). Tekorten ontstaan ook in de gebieden waar geen beregening mogelijk is, maar dit wordt niet meegenomen in de berekening van regionaal watertekort voor beregening. Daarom zijn aanvullende hydrologische indicatoren nodig.

- **Indicator 1: regionaal oppervlaktewatertekort (m³):** Frequentie en mate van het watertekort per regio (in % van de vraag) voor de drie gebruikerscategorieën peilbeheer, doorspoeling en beregening. Berekend over het zomerhalfjaar. Figuur E.5.
- **Indicator 2: buffergebruik IJsselmeer/Markermeer** in zomerhalfjaren: Dit is mate waarin de bufferschijf van de grote meren wordt ingezet om droogtes te overbruggen. Uitgedrukt als het verschil tussen het hoogste peil en het laagste peil in het zomerhalfjaar. Als de IJsselmeerbuffer nog niet volledig is benut, ontstaan er al regionale tekorten, vanwege de prioritering (volgens de verdringingsreeks) die bij snel dalend peil in gang wordt gezet. Figuur E.6.
- **Indicator 3: verdampingstekort (mm)**, berekend als het verschil tussen potentiële en actuele verdamping, cumulatief over het zomerhalfjaar. Dit is een maat voor droogtestress bij gewassen en vegetatie. Het wordt meestal als kaart weergegeven voor een specifiek (droog) jaar. Figuur E.7.
- **Indicator 4: areaal met verzilting van de wortelzone.** Met name gericht op Zeeland. Figuur E.9.
- Deze indicatoren doen geen recht aan de variatie in de tijd: de grootste tekorten treden meestal aan het einde van de zomer (juli/aug) op. Voor een oordeel over of de piekvraag in verhouding staat tot de aanvoercapaciteit (uitgedrukt in m³/s), zal tijdsafhankelijke informatie nodig

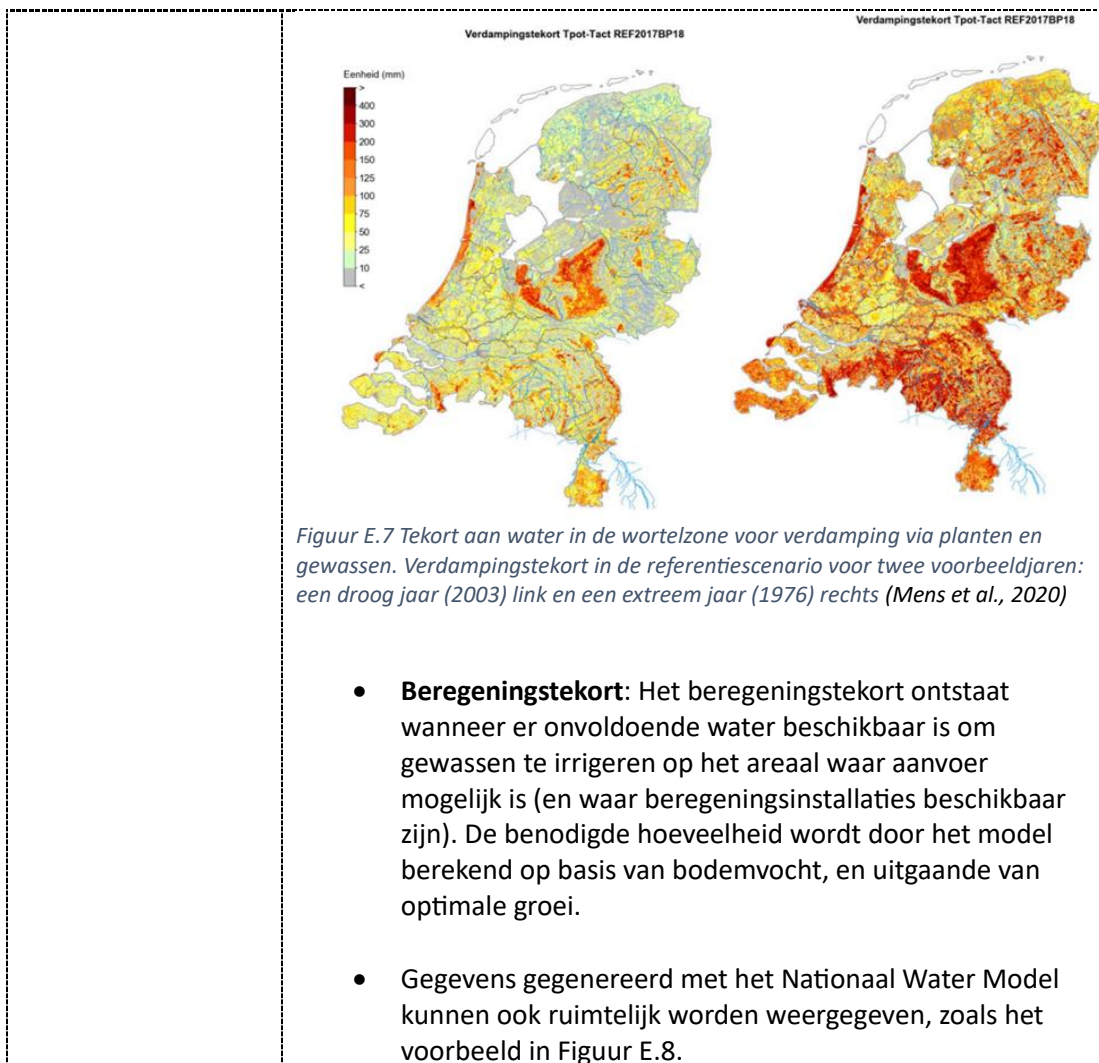
zijn. Deze is wel beschikbaar uit de modellen, maar wordt hier niet weergegeven.

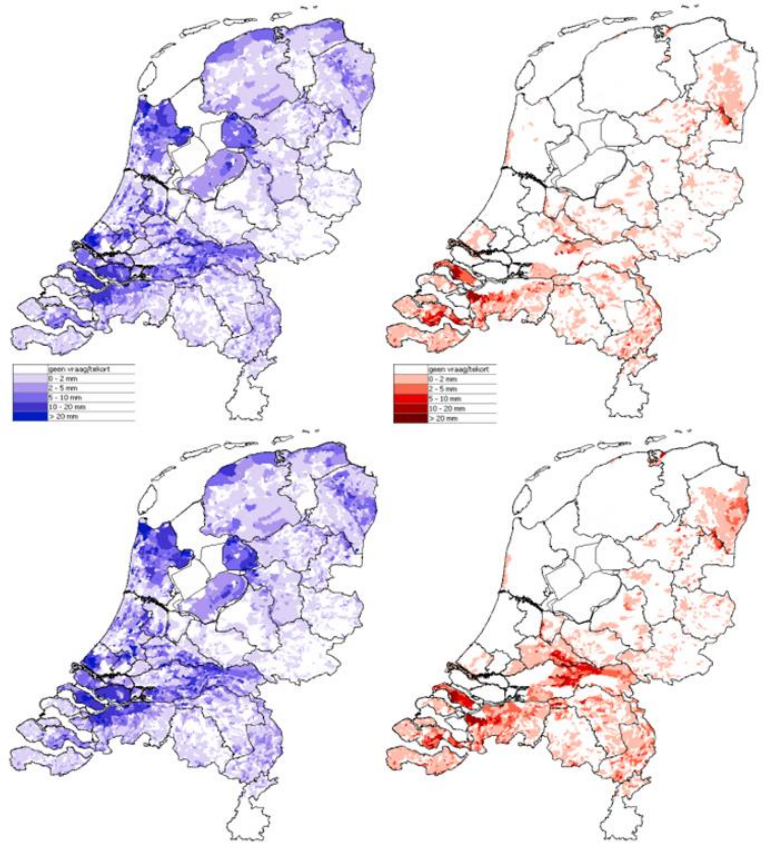


Figuur E.5 Frequentieverdeling van oppervlaktewatertekorten naar regio voor referentie (boven) en Deltascenario stoom (onder) (Mens et al., 2020)



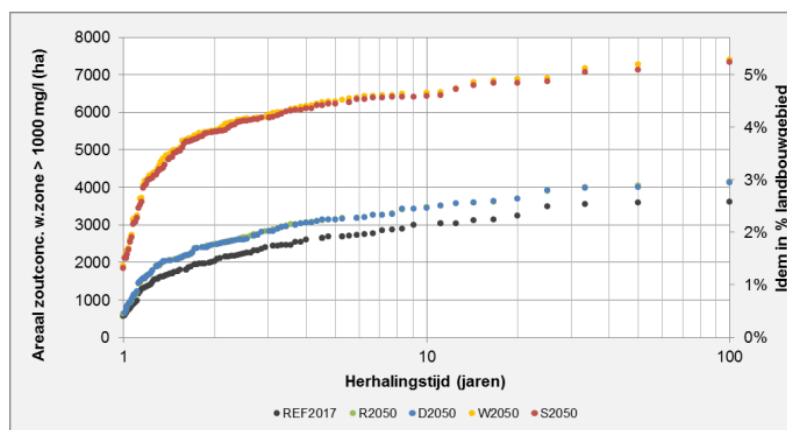
Figuur E.6 Herhalingstijd buffergebruik voor het zomerhalfjaar IJsselmeer voor de referentie 2017 (donkerblauw) en de scenario's Rust (groen), Druk (blauw), Warm (geel) en Stoom (rood) 2050. Het scenario Rust heeft hetzelfde buffergebruik als Referentie 2017 en is daarom niet zichtbaar in deze figuur (Mens et al., 2020)





Figuur E.8 Berekende maximale beregeningsvraag in een droog jaar in de huidige situatie en in 2050 bij scenario W+/RC, link boven en onder, en het maximale beregeningstekort in die situaties. Getallen in mm/decade (Klijn et al., 2012)

- Zout in de wortelzone in kustgebieden (met name Zeeland) waar zout grondwater dichterbij maaiveld zit. Normaal is er een zoetwaterbel aanwezig, maar in droge zomers neemt die bel af en komt het zoute grondwater deels in het bodemvocht. Effect op landbouwopbrengst onbekend.



Figuur E.9 Herhalingstijd van het areaal (link in hectares, rechts in %) waarin in de wortelzone een zoutconcentratie van 1000 mg/l wordt overschreden (Mens et al., 2020)

Blootstelling

Definitie:

(“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012))

“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be

Sectoren zoals landbouw, industrie, drinkwater, recreatie en natuur zijn afhankelijk van regionale wateraanvoer. Deze sectoren kunnen gevolgen ondervinden van regionale zoetwatertekorten en verminderde waterkwaliteit als gevolg van droogte. Daarnaast zijn veengebieden afhankelijk van peilbeheer om bodemdaling en veenoxidatie tegen te gaan. Uitzakkende peilen kunnen verder leiden tot instabiliteit van veenkades en, via bodemdaling, schade aan gebouwen en infrastructuur.

- **De beregende landbouw** is afhankelijk van irrigatiewater voor gewassen. Regionale zoetwatertekorten kunnen leiden tot verminderde beschikbaarheid (en kwaliteit) van water voor irrigatiedoeleinden, wat kan resulteren in verminderde gewasopbrengst en economische schade. De meest recente schatting op kaart van watervraag voor beregening, uitgesplitst naar grondwater en oppervlaktewater, is die voor LHM4.3 (Janssen et al., 2023). Figuur E.10.

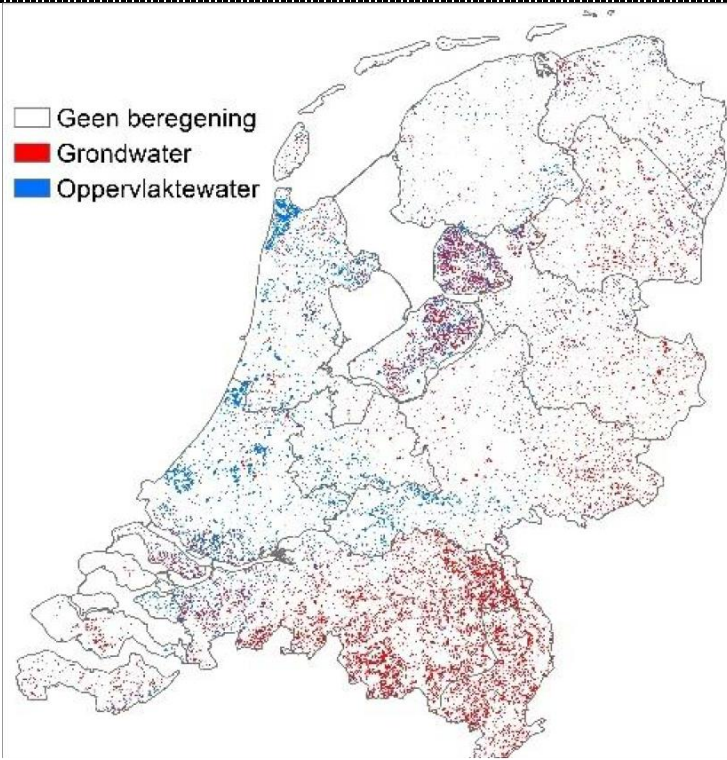
De niet-beregende landbouw is afhankelijk van beschikbaarheid en goede kwaliteit van het bodemvocht. Er zijn weinig mogelijkheden om dit te beïnvloeden, voor een klein deel via infiltratietechnieken en peilbeheer.

exposed" (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8



Figuur E.10 Watergebruik voor beregening, rood is beregening uit grondwater, blauw is beregening uit oppervlaktewater (Janssen et al., 2023)

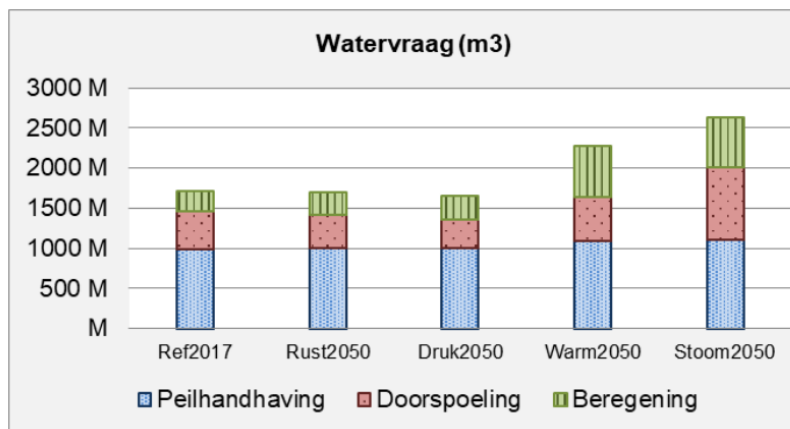
- **Recreatie:** Door klimaatverandering en hitte stijgen de temperaturen van het water. Hierdoor gaat het zuurstofgehalte omlaag en dit stimuleert onder andere algengroei. Door deze verminderde waterkwaliteit kan er een **beperking** zitten aan het aantal **zwemlocaties**. Hiernaast kan dit zorgen voor schade aan dieren zoals vissen of watervogels. De kwaliteit van zwemlocaties worden tijdens het zwemseizoen gecontroleerd door onder andere Rijkswaterstaat, waterschappen en gemeentes.¹⁰De provincies informeren het publiek over de waterkwaliteit op alle zwemlocaties.
- Door **watertekorten** kunnen er uitdagingen ontstaan om natuurgebieden van water te voorzien. Dit kan resulteren in ecologische schade. Hiernaast kan er door verminderde waterkwaliteit als gevolg van droogte schade ontstaan aan natuur en ecologie. Vooral **veengebieden** zijn uiterst gevoelig voor droogte. Een lage waterstand heeft tevens als gevolg dat de temperatuur van het water en de bodem stijgt, wat de ontbinding van het veen versnelt. De gevolgen voor veengebieden zijn geïllustreerd in factsheet 2: grondwater¹¹.

¹⁰ <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/zwemmen-in-open-water>

¹¹ Veengebieden hebben oppervlaktewaterpeilen waarop gestuurd wordt. In het model wordt de watervraag voor het vasthouden van die peilen berekend. Dus je ziet het terug in tekorten peilbeheer (indirect uitzakken grondwater en dus veenoxidatie). Daarnaast kunnen we grondwater en bodemvocht kaarten laten zien. Dat vraagt wel maatwerk-nabewerking

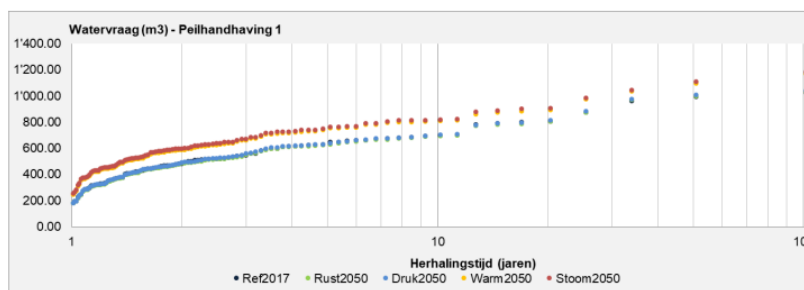
Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen of fysieke omstandigheden die van significante invloed zijn op de blootstelling.

- Door welvaartsgroei en bevolkingsgroei is zoetwatergebruik over de afgelopen decennia toegenomen voor verschillende sectoren wat druk zet op de watervoorraad (Mens et al., 2020; Rijksoverheid, 2022; Schasfoort et al., 2019).



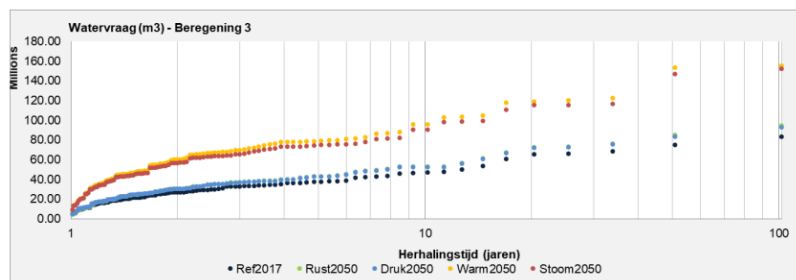
Figuur E.11 Watervraag IJsselmeergebied in miljoen m³ in het zomerhalfjaar voor peilbeheer, doerspoeiing en beregening uit het oppervlaktewater. Deze watervragen zijn weergegeven voor een T=50 jaar (1976) voor de Referentie 2017 en de scenario's Rust, Druk, Warm en Stoom voor het zichtjaar 2050 (Mens et al., 2020)

- Watervraag voor peilbeheer:



Figuur E.12 Herhalingstijd watervraag voor peilbeheer in het zomerhalfjaar. De herhalingstijden zijn weergegeven voor de regio IJsselmeergebied voor de Referentie 2017 en de scenario's, Rust, Druk, Warm en Stoom voor het jaar 2050. Het scenario Rust is niet zichtbaar in de grafiek omdat deze zich geheel achter het scenario druk bevindt (Mens et al., 2020)

- **Watervraag beregening (Landbouw):**



Figuur E.13 Herhalings-tijd (jaren) voor de watervraag beregening uit het oppervlaktewater voor het Rivierengebied voor de Referentie 2017 en de Deltascenario's Rust, Druk, Warm en Stoom voor het zichtjaar 2050 (Mens et al., 2020).

Gevoeligheid

Definitie:

("De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed")

("Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events" (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

- **Landbouw:** Door watertekorten kunnen er doorspoeling tekorten ontstaan terwijl dit juist nodig is om interne verzilting tegen te gaan in droge jaren. Dit resulteert in een afname van waterkwaliteit van het regionale watersysteem met als gevolg mogelijke landbouwschade. Hiernaast kunnen regionale watertekorten resulteren in beregeningstekorten waardoor er droogteschade kan ontstaan voor gewassen.
- **Zoute kwel = interne verzilting** → via doorspoelvraag regio's, uitgangspunt in model is dat we daarmee zoutconcentraties in sloten op niveau kunnen houden, maar in sommige droge jaren heb je wel doorspoeltekort. Dat betekent dat zoutconcentraties oplopen, maar we rekenen de concentraties in de sloten niet uit. Schade aan gewassen door beregenen met zout water niet bekend.
- **Recreatie:** door verminderde waterkwaliteit (zoals blauwalg) als gevolg van droogte kunnen er **bepalingen** ontstaan voor verschillende zwemlocaties. Waardoor er op verschillende locaties in zomers niet meer gezwommen kan worden.
- Door watertekorten kunnen de chlorideconcentraties zodanig oplopen dat dit gevolgen heeft voor de drinkwaterinnamepunten (onder andere: PWN, locatie Andijk in het IJsselmeer, en innamepunten de Dunea langs de Lek). Deze gevolgen zijn geïllustreerd in factsheet 1: externe verzilting.

Maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen die van significante invloed zijn op de gevoeligheid:

- Er worden steeds hogere eisen gesteld aan de betrouwbaarheid van oppervlaktewaterkwaliteit en kwaliteit

	<ul style="list-style-type: none"> • Reservecapaciteit bij drinkwaterbedrijven is ook een ruimtevraag en dat botst met andere ruimtevragers. • Marktwerking (gewasprijzen) is mede bepalend voor de economische effecten van opbrengstderving.
<p>Adaptatiecapaciteit</p> <p>("Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen")</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8</p> <p>Voorbeeld: Huizen hebben muren, ramen en deuren die versterkt kunnen worden zodat ze sterk genoeg en waterdicht zijn en ze geen beschadigingen oplopen.</p>	<p>De belangrijkste, geïmplementeerde, adaptatiemaatregelen die in de sector al getroffen worden en die van invloed zijn op het risico.</p> <p>Lange termijn (volgens Deltaplan Zoetwater 2021):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Waterbesparing bij gebruikers • Maatregelen om meer water vast te houden (met name in de hoge zandgronden) • Aanvoercapaciteit vergroten van hoofdwatersysteem - > regionaal systeem • Flexibel peilbeheer • Efficiënter doorspoelen van regionaal systeem • Watertekorten accepteren en adapteren (landbouwbedrijfsvoering, natuurdoeltypen, hergebruik afvalwater, naaldbos → loofbos) <p>Operationele maatregelen tijdens droge perioden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verdringsreeks toepassen (crisismanagement) • Onttrekkingsverboden grondwater en oppervlaktewater • Tijdelijk overstappen naar andere bronnen (bv. grondwater ↔ oppervlaktewater) <p>Overig (vanuit sector)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gewaskeuzes zijn mede bepalend voor de hoeveelheid opbrengstderving in de landbouw. Met droogteresistente en zouttolerante gewassen neemt de gevoeligheid af. <p>Er is op dit moment geen integraal overzicht van recent getroffen en geplande maatregelen beschikbaar bij de auteurs.</p>

Impact

- Vermindering van de landbouwopbrengst als gevolg van droogte ontstaat als er onvoldoende neerslag valt, beregeningsmogelijkheden beperkt zijn of als het beschikbare water een te hoge concentratie chloride heeft. Dit leidt tot een tekort in bodemvocht en verdamping. Dat wil zeggen dat het gewas minder verdampt dan wat nodig is om de maximale gewasgroei te bereiken. Het economisch effect op de landbouwsector wordt niet alleen bepaald door de fysieke opbrengst (kg/ha), maar ook door de reactie van de markt op de vermindering van de opbrengst. Voor veel gewassen zal de prijs stijgen als het aanbod daalt. Dat leidt ertoe dat boeren gedeeltelijk of volledig gecompenseerd worden voor de lagere fysieke opbrengst.
- Een bijkomend effect is dat consumenten meer voor landbouwproducten moeten gaan betalen. Het effect op de producenten en consumenten samen bepaalt het economisch effect.



- Risico op interne verzilting met schade aan landbouwgewassen en zoetwaternatuur. Een zoetwaterlens is een natuurlijk fenomeen waarbij zoet grondwater een lens vormt bovenop zout grondwater, vanwege dichtheidsverschillen. Dit gebeurt overwegend in kustgebieden. Door droogte is er een risico dat de zoetwaterlens tijdelijk verdwijnt. Dit kan mogelijk zorgen voor een tijdelijke verzilting van de bodem Met schade voor landbouwgewassen als gevolg. Zie figuur 14 voor een indicatie waar in NL dit risico bestaat.



Figuur E.14 Risico op verdwijnen zoetwaterlens in een droog jaar (index tussen 0 en 1) (Deltares, 2023)

Cascade-effecten

(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)

Zie methoderapport paragraaf 4.3.6

Beschrijf hier eventuele cascade-effecten die in zowel dezelfde sector als in een andere sector kunnen optreden als gevolg van de impact.

Neem deze cascade-effecten ook mee in de eindrisico(s) en de waarschijnlijkheid, tenzij dit deel al door een ander kennisinstituut wordt uitgewerkt in een klimaatrisico.

Eindimpact: mens en cultuur

Opties:

- *Laag*: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade

- *Middel*: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade

- *Hoog*: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade

* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde

N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie [leidraad risicobeoordeling](#) (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)

Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor mens en cultuur. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 36.000 mensen die zonder elektriciteit komen te zitten). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.

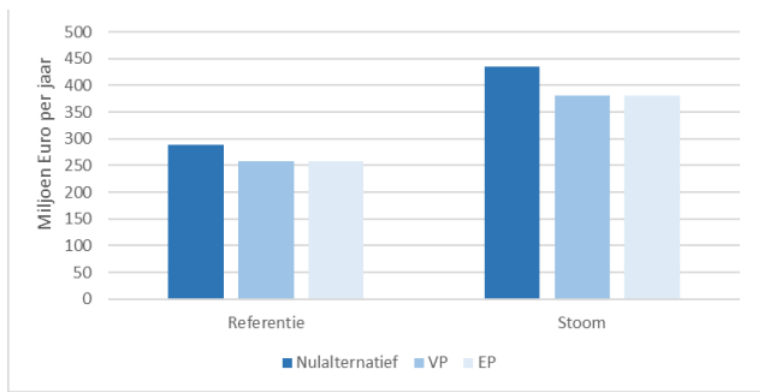
Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. 10 tot 20 doden). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.

(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)

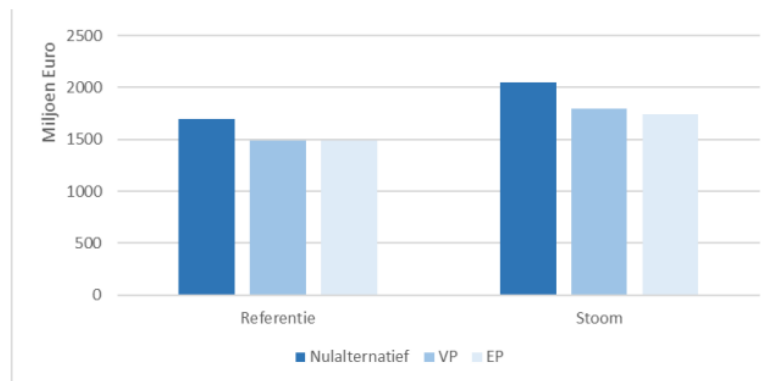
Benoem hierbij:

- voor de impact op mens, specificeer of bepaalde demografische (ouderen) of sociaal-economische groepen worden geraakt
- kaarten en data ter illustratie
- op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)

<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag:</i> lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel:</i> regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog:</i> nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor natuur en milieu. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 12.000 hectare onomkeerbare schade). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. meer duiding in een exact aantal plantensoorten dat verdwijnt). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)
<p>Eindrisico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag:</i> < € 100 miljoen - <i>Middel:</i> € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog:</i> > € 1 miljard 	<p>Met de effectmodule landbouw van het Deltaprogramma zoetwater kan het effect van droogte op de landbouw worden vertaald in een economisch effect op de maatschappij. De effectmodule is in staat om onderscheid te maken in de economische effecten per regio en per gewas, maar ook in effecten op agrariërs en consumenten. De effectmodule bestaat uit hydrologische modellering van bodemvocht, verdamping en chlorideconcentratie met het NWM, inschatting van de gewaserving en beregeningskosten met Agricom en bepaling van het economische effect op de maatschappij met de Prijstool Landbouw (Schasfoort et al., 2019). Figuur E.15 en Figuur E.16.</p> <ul style="list-style-type: none"> • De economische schade van de droogte van 2018 op de landbouwsector worden door Ecorys geschat op een bedrag tussen de 375 miljoen EUR en 1.9 miljard EUR (Ecorys, 2019).



Figuur E.15 Het droogterisico voor landbouw in het nulalternatief, voorkeurspakket (VP) en economisch pakket (EP), in de referentie (Ref2017) en het Deltascenario Stoom2050. Beide pakketten verkleinen het droogterisico voor de landbouw



Figuur E.16 Het negatief economisch effect van een extreem droog jaar (1976) op landbouw in het nul alternatief en na implementatie van het voorkeurspakket (VP) en economisch pakket (EP). Een extreem droog jaar heeft een frequentietijd van ongeveer $t=50$

Waarschijnlijkheid

Frequentie:

- 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

Zie hiervoor.

<p>Wildcards & kantelpunten</p> <p>Wildcard <i>("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact")</i></p> <p>Kantelpunt <i>("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</i></p>	<p><i>Beschrijf eventuele wildcards (klimaatgerelateerd of niet-klimaatgerelateerd, zoals de piekbui in Limburg in 2021 of een financiële crisis) die het risico een nieuwe dimensie geven en/of de orde van grootte van de impact veranderen.</i></p> <p><i>Indien relevant en beschikbaar: beschrijf eventuele kantelpunten die in de huidige situatie kunnen ontstaan, waardoor het risico zich in een nieuwe richting begeeft en/of onomkeerbare schade kan aanrichten.</i></p>
---	---

Context

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p><i>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? 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 het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</i></p>
<p>Samenhang met andere transities en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p><i>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transities en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</i></p>
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p><i>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens en kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid). Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</i></p>
<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p><i>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</i></p>

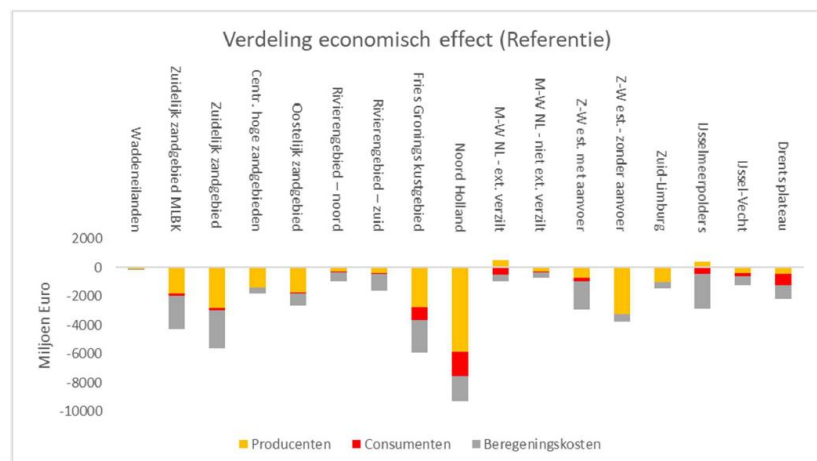
Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid

Zie methoderapport paragraaf 4.4.1

Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?

Rechtvaardigheid

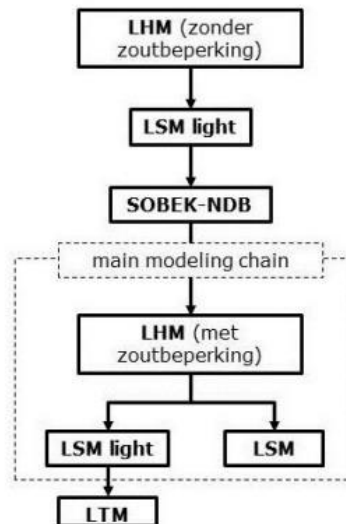
- De opbrengstderving landbouw is vaak een welvaartsverschuiving, waardoor de prijsstijging wordt doorgerekend aan de consument die uiteindelijk meer moet gaan betalen voor producten zoals bijv. aardappelen. Figuur E.17.
- Nederland opereert in een internationale voedselmarkt met internationale voedselprijzen. Wanneer Nederland een klein aandeel van een gewas op de wereldmarkt levert, bijvoorbeeld 0.2% van het graan, zal een afname van de Nederlandse productie geen prijsstijging op de wereldmarkt tot gevolg hebben.
- Het aandeel is te klein om tot een prijsstijging te leiden. Bij een groot aandeel op de wereldmarkt, kan vermindering van het Nederlandse aanbod wel leiden tot prijsstijgingen. Niet alle gewassen zijn onderdeel van een internationale markt, sommige producten worden lokaal verhandeld, zoals gras en mais voor veevoer. De prijsvorming van deze gewassen is daardoor ook lokaal.



Figuur E.17 Verdeling economisch effect over regio's. Dit voorbeeld laat het economisch effect van droogte in de referentiesituatie zien. Een verdeling is gemaakt tussen negatief economisch effect op de producenten, consumenten en het effect door verhoging van beregeningskosten (apart gepresenteerd, maar ook opgeteld worden bij kosten producenten) (Schasfoort et al., 2019)

Transparantie, aggregatie en afbakening

- De hydrologische gegevens/grafieken zijn gebaseerd op de output van de geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma zoetwater fase II. Deze is gebaseerd op de berekeningen met het Nationaal Water Model ("Basisprognoses 2018"). Het Nationaal Water Model bestaat uit een modellentrein van meerdere gekoppelde modellen die itererend rekenen, zie Figuur E.18.



Figuur E.18 Overzicht deelmodellen in Nationaal Water Model, versie die gebruikt is de vorige fase van het DPZW.

- De deelmodellen die voor de knelpunten analyse zijn gebruikt zijn: het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) voor grondwater en hydrologie, **Sobek-Model van het Noordelijk Deltabekken (SOBEK-NDB) voor externe verzilting in West-Nederland**, Landelijk Sobek-Model (LSM-Light) voor hydrodynamica van het hoofdwatersysteem.

Kennishiaten	<ul style="list-style-type: none"> • Met de beschikbare modellen en tools is watertekort (incl verdampingstekort) nu alleen door te vertalen in opbrengstderving (kg en euro's) voor de landbouw. Voor andere type gevolgen bestaan nog geen goede modules. In de komende jaren komt aanvullend beschikbaar: bodemdalingsmodule (met vertaalslag naar CO2 reductie en funderingsrisico) en een module voor intern verziltingsrisico. • Schade aan gewassen door beregenen met zout water is niet bekend. • De economische schade door verminderde waterkwaliteit (zoals blauwalg) als gevolg van droogte voor recreatie is niet bekend. • Zout in de wortelzone in kustgebieden (met name Zeeland) waar zout grondwater dicht bij maaiveld zit. Normaal is er een zoetwaterbel, maar in droge zomers neemt die bel af en komt het zoute grondwater deels in het bodemvocht. Effect op landbouwopbrengst en natuur onbekend.
Onzekerheid en betrouwbaarheid	<p><i>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</i></p> <p>→ Aandachtspunten voor onzekerheid en betrouwbaarheid zijn opgenomen in de handreiking expertbeoordeling (paragraaf 3 en 4)</p>
Expertbeoordeling	<p><i>Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.</i></p> <p>→ Zie handreiking expertbeoordeling</p>

Referentielijst

- Deltares (2023) *Effectmodule verzilting: risico index verzilting voor landbouw*. Deltares memo 11209259-007, concept, 14 december 2023
- Ecorys (2019). *Economische schade door droogte in 2018*.
- Janssen, G., van Walsum, P., Vermeulen, P., Meeusen, R., Pouwels, J., Prinsen, G., America - van den Heuvel, I., Mes, E., Delsman, J., Kok, H., & Timo Kroon. (2023). *Veranderingsrapportage LHM 4.3 11209235-000-BGS-0001*.
- Klijn, F., Velzen, E. van, Maat, J. ter, Hunink, J., & Baarse, G. (2012). *Zoetwatervoorziening in Nederland: aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw*. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/430674>
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2020). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II Deltares Rapport 11203734-003-ZWS-0002*.
- Rijksoverheid. (2022). *Nationaal Water Programma 2022-2027*.
- Schasfoort, F., de Jong, J., & Meijers, E. (2019). *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater: Van hydrologisch effect naar economisch effect van droogte*.
- Van der Krogt, W., B. Becker, H. Boisgontier (2022) *A Meuse river basin water management modelling study using RIBASIM*. Deltares en RIWA-Maas. ISBN: 9789083075969

F Factsheet waterkwantiteit: grote rivieren



Versie 31.8.2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

Op basis van feedback van de betrokken kennisinstituten en een extern panel van experts is het factsheet geüpdatet (eerder versie uit mei 2023). Dit blijft een levend document. Gedurende de uitwerking van de risico's horen wij graag jullie feedback, ook om het factsheet op relevante punten te kunnen aanpassen voor de uitwerking van toekomstige risico's. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven.

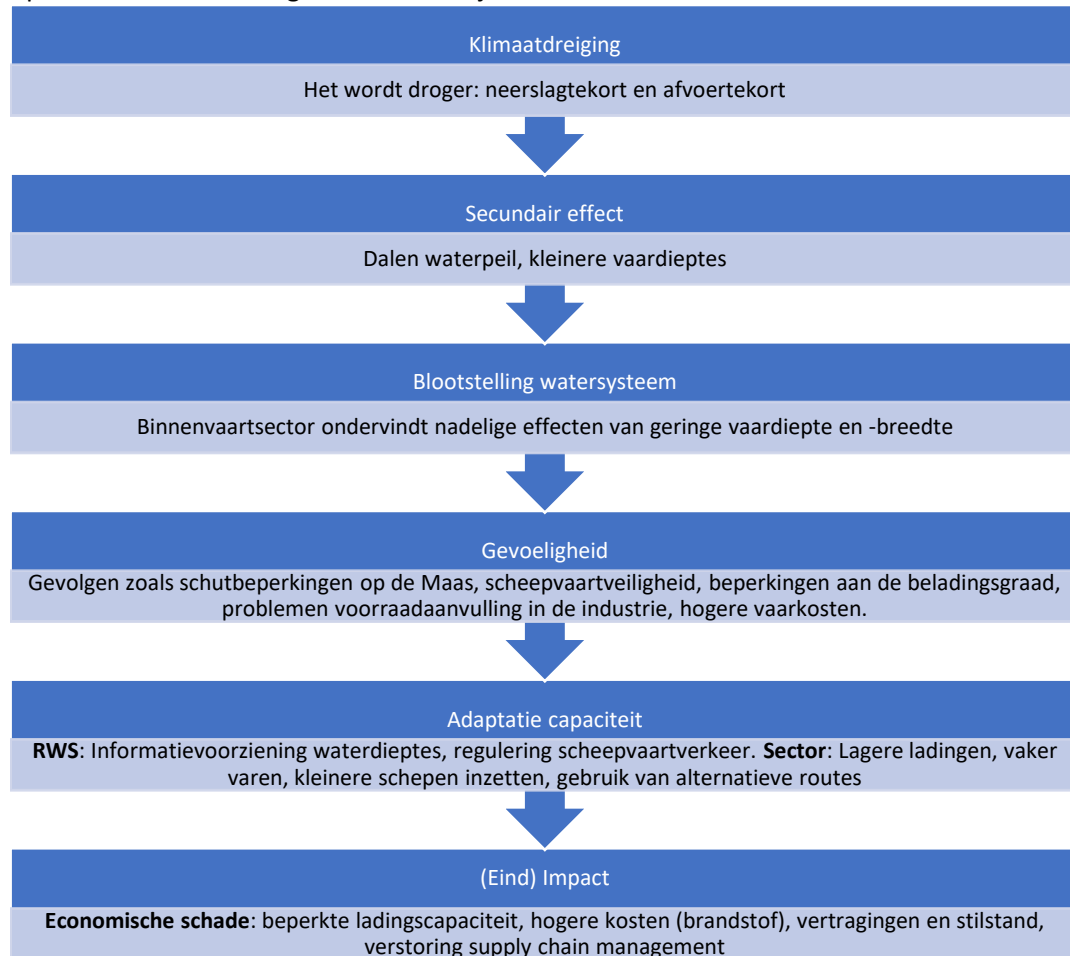
Factsheet klimaatrisico: Lage rivierafvoeren en scheepvaart

Langdurige periodes van lage rivierafvoeren met gevolgen voor de scheepvaartsector, zoals vaardieptebeperkingen en inhaalverboden, wat kan resulteren in financiële schade voor verladers en producenten met doorwerking in de maatschappij.

Zie ook Factsheet Infrastructuur en Mobiliteit.

Inleiding

Door klimaatverandering hebben we steeds vaker te maken met lange periodes van droogte (weinig neerslag in combinatie met hoge verdamping) (meteorologische droogte). Dit kan doorwerken in langdurige periodes van lage rivierafvoeren (hydrologische droogte). Lage rivierafvoeren kunnen leiden tot beperkingen voor de scheepvaart: door beperkte vaardieptes kan per schip minder vracht worden vervoerd, waardoor het aantal vaarbewegingen toeneemt of een deel van de vracht niet vervoerd kan worden. Daarnaast kunnen vanwege smallere vaarbreedtes inhaalverboden worden ingesteld en kunnen door grotere drukte vaker botsingen optreden. Bij sluizen kunnen wachttijden toenemen, omdat er zuiniger moet worden geschut. Voor het invullen van het factsheet is het volgende schema aangehouden met een focus op wateraanvoer in de grote rivieren Rijn en Maas:



De informatie in deze factsheet is grotendeels gebaseerd op de volgende studies:

- Toestand van het Systeem en Kwetsbaarheid van gebruiksfunctie (De Jong & Van Der Mark, 2021),
- KBN-HVWN: Scheepvaartbeperkingen door watertekorten (de Jong, 2022),
- Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma zoetwater fase II (Mens et al., 2020)
- Stresstest "indirecte bedreigingen" (Van der Mark et al., 2021)

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- **Het wordt droger**
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

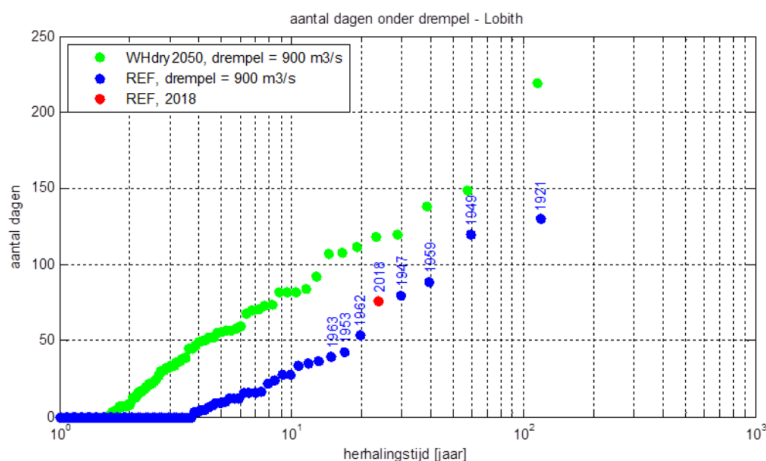
Gegevens van o.a. het KNMI kunnen als basis worden gebruikt

Door klimaatverandering komen droge jaren steeds vaker voor, ook in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas. Dit kan resulteren in langdurig lage afvoeren, waardoor vaardieptes op economisch belangrijke scheepvaartcorridors afnemen en wachttijden bij sluizen toenemen.

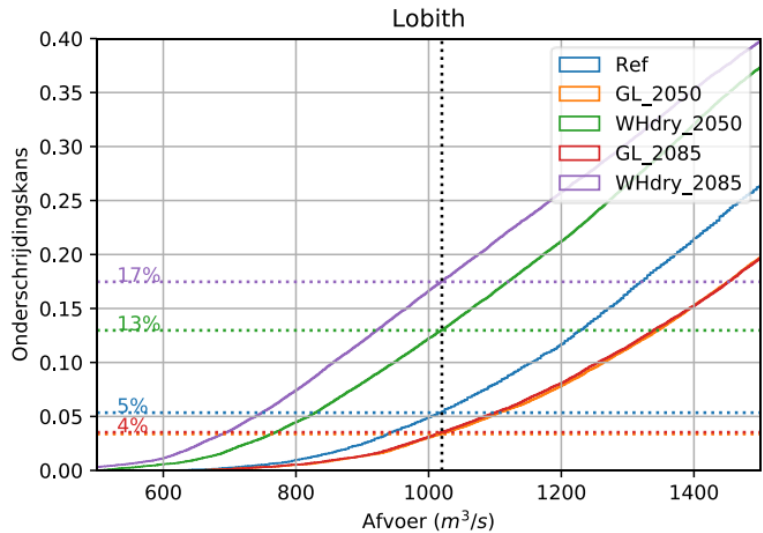
Een maat voor deze klimaatdreiging is het aantal dagen per jaar dat de afvoer van de Rijn en/of de Maas onder een drempelwaarde komt. Deze drempelwaarde hangt af van de gevolgen die op kunnen treden. Voor scheepvaart op de Rijn wordt vaak gekeken naar 1020 m³/s: de afvoer die in het huidige klimaat circa 5% van de tijd wordt onderschreden en waarvoor afspraken met Duitsland gelden over de minimale vaardiepte die bij die afvoer gehandhaafd moet worden (OLA; Overeengekomen Lage Afvoer). Om ook rekening te houden met de kleinere scheepstypes die minder vaardiepte nodig hebben wordt ook vaak een drempelwaarde van 700 m³/s beschouwd.

Ter illustratie geeft Figuur F.1 *Figuur* de frequentieverdeling van het jaarlijks aantal dagen onderschrijding van 900 m³/s voor de Rijn bij Lobith. De herhalingstijd van 70-80 dagen lage afvoeren (zoals in 2018) of meer is 25 jaar. Dit kan volgens het KNMI'14 Whdry scenario toenemen naar eens in de 10 jaar in zichtjaar 2050.

Een andere manier om de statistiek weer te geven is de kans op onderschrijding van verschillende afvoerniveaus, zoals in Figuur F.2.



Figuur F.1 Herhalingstijd van het jaarlijks aantal dagen lage afvoer op de Rijn bij Lobith voor huidig en klimaatscenario's (drempelwaarde 900 m³/s). Ter vergelijking is het jaar 2018 toegevoegd (Mens et al., 2020)



Figuur F.2 Gemiddelde onderschrijdingskans van afvoeren in klimaatscenario's (de Jong & Van Der Mark, 2021)

Zowel in 2018 als in 2022 is de scheepvaartsector flink getroffen, doordat de rivierafvoeren langdurig laag waren. De hardst getroffen ketens waren de chemische ketens en bulktransport (brandstoffen, kolen, bouwmaterialen, etc.). Om ondanks de lage afvoeren toch zoveel mogelijk vracht te vervoeren, werden in 2022 meer reizen (ongeveer een verdubbeling op de corridor Rotterdam-Duitsland) met minder lading gemaakt. Desondanks kon slechts gedeeltelijk aan de transportvraag worden voldaan. Meer reizen betekent ook hogere vaarkosten, meer uitstoot, meer wachttijden en verminderde nautische veiligheid.

Voor zover bekend is er geen statistisch significante trend in de afvoer van de Rijn zichtbaar (jaargemiddelde en winter-/zomer afvoer over de periode 1901 – 2014 (zie Kramer, 2017)). Al kan het zijn dat door de recente droge jaren 2018 en 2022 de trend wel significant is. Voor zover bekend is dit nog niet onderzocht.

Secundaire effecten

Droogte in de stroomgebieden resulteert in zowel lagere vaardiepte als minder beschikbare vaarbreedte. Ook is het mogelijk dat er niet meer kan worden ingevaren bij een groot verschil in waterhoogte bij kanalen.

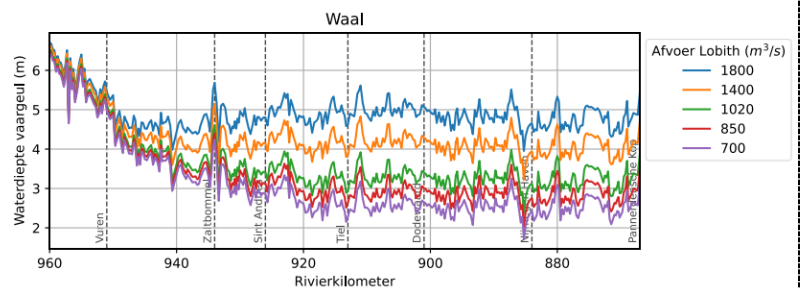
Notitie: vaardiepte en rivierwaterstand zijn verschillende dingen. De rivierwaterstanden worden trendmatig lager als gevolg van bodemerisatie.

De gevolgen van lage afvoeren hangen ook af van de mate van bodemerisatie en wat hiertegen gedaan wordt. Op de Rijntakken zorgt de rivierbodemerisatie voor een verandering in afvoerverdeling bij lage afvoeren (lager dan 3.000 m³/s te Lobith). De afvoer naar de Waal neemt toe, en gaat met name ten koste van de IJssel (verschuiving in de orde van 25 m³/s). Op de IJssel worden hierdoor

de waterstanden bij zeer lage afvoeren ongeveer 0,35 m lager. Op de Boven-Waal zorgt de rivierbodemerrosie nog voor een waterstandsval (de extra afvoer naar de Waal is te gering om het effect van de rivierbodemerrosie te compenseren). Doordat op de Beneden-Waal de erosie beperkt is, zorgt de grotere afvoerfractie daar voor hogere waterstanden. De bodemerrosie op de Boven-Waal en Pannerdensch Kanaal leidt ook tot lagere waterstanden op de Boven-Rijn. Ook hier kunnen de waterstanden tot ongeveer 0,35 m lager worden. (Asselman et al., 2022)

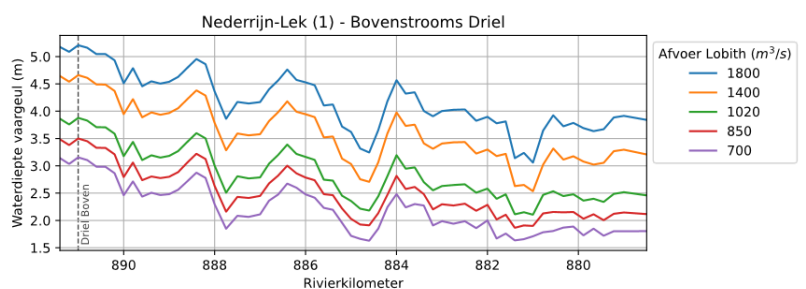
Dieptebeperkingen¹² : op dit moment geldt op de Bovenrijn-Waal, Pannerdensch Kanaal en Nederrijn tot Driel een diepte-eis van **2,80 m**. Er is sprake van een diepteknelpunt als er een grotere ondiepte ontstaat bij een afvoer van 1020 m³/s bij Lobith (5% onderschrijdingskans).

- **De Waal:** op verschillende plekken in het traject zitten diepteknelpunten in binnen- en buitenbochten (Figuur F.3)

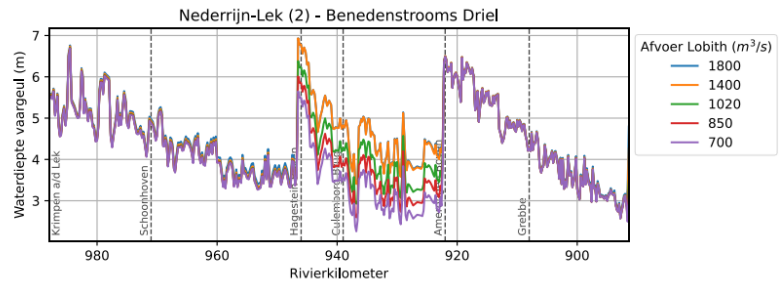


Figuur F.3 Vaardiepte op de Waal, vanaf .. (links) stroomopwaarts tot Pannerden (rechts), met de huidige bodemhoogte voor verschillende afvoeren bij Lobith (de Jong & Van Der Mark, 2021)

- **De Nederrijn op het traject IJsselkop – Driel** op verschillende plekken in het traject zitten diepteknelpunten bij een afvoer van 1020 m³/s.

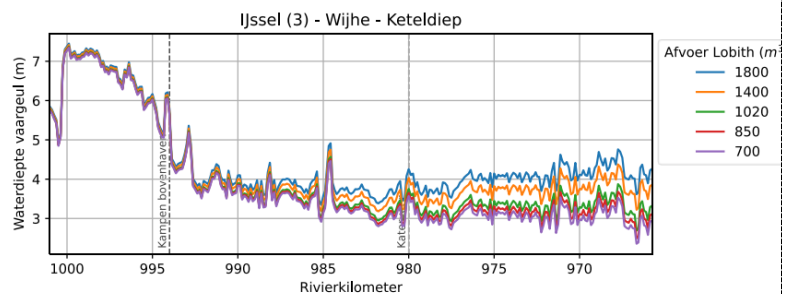
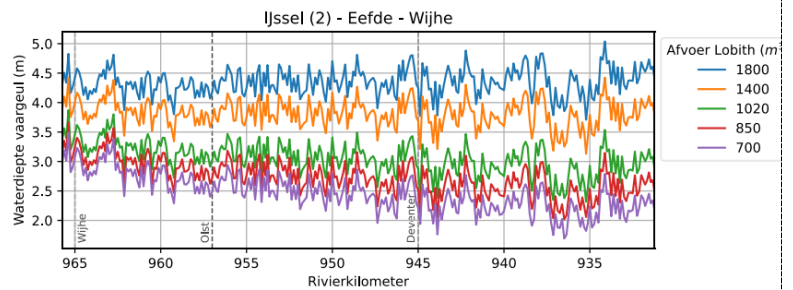
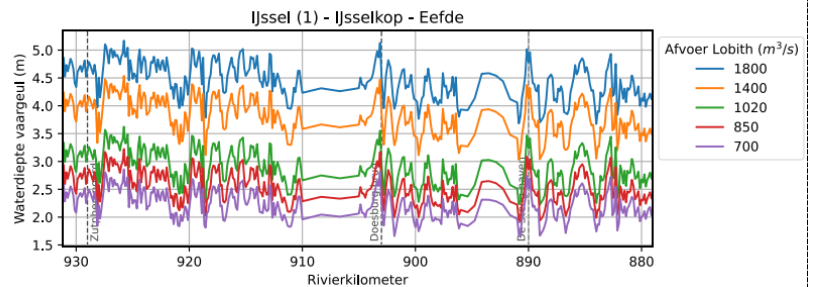


¹² De locaties met diepteknelpunten bij lagere afvoerwaarden dan 1020m³/s zijn buiten beschouwing gelaten



Figuur F.4 Vaardiepte op de Nederrijn-Lek met bovenstrooms (boven) en benedenstrooms (onder) van Driel met de huidige bodemhoogte voor verschillende afvoeren bij Lobith (de Jong & Van der Mark, 2021)

- **De IJssel:** Op de IJssel geldt een vaardiepte-eis van 2,50m. Op verschillende plekken geldt er tijdens droogte een ontmoetingsverbod en is er sprake van vaardiepteknelpunten (zie Figuur F.5)

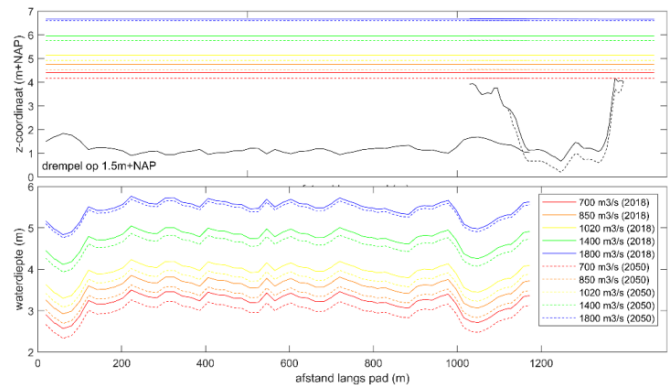


Figuur F.5 Vaardiepte op de IJssel (Eefde-Wijhe; boven) en (Wijhe – Keteldiep; benden) met de huidige bodemhoogte voor verschillende afvoeren bij Lobith en een gewenste vaargeulbreedte van respectievelijk 50-65cm (de Jong & Van Der Mark, 2021)

Vaarwegbreedte: in het huidige klimaat bij een afvoer van 1020 m³/s bij Lobith zien we dat er op sommige locaties onvoldoende breedte is bij bepaalde diepte-eisen, namelijk rondom Nijmegen, langsdammen traject Tiel, traject IJsselkop-Driel, IJssel tot Wijhe.

Aansluitingen kanalen: Op de aansluitingen tussen rivieren en kanalen zijn er knelpunten als de rivierbodem en de waterstand dalen, terwijl de kanaalbodem en sluisdrempel niet dalen. Hierdoor is het mogelijk dat er niet meer kan worden ingevaren bij een groot verschil in waterhoogte. Dit probleem treedt op bij aansluitingen langs de Waal en IJssel. Rijkswaterstaat is zich bewust van deze problematiek en er lopen onderzoeksprojecten (bv. vervangingsopgave natte kunstwerken).

- **Waal:** De sluis bij Weurt kan bij laag water nauwelijks gebruikt worden, wat grote vertragingen voor de scheepvaart kan opleveren:



Figuur F.6 Huidige (getrokken lijnen) en toekomstige (gestippelde lijnen) bodemligging (zwart), waterstand en waterdiepte in de Waal ter hoogte van het Maas-Waalkanaal en in het Maas-Waalkanaal tot aan de sluis (de Jong & Van Der Mark, 2021)

Blootstelling

Definitie:

(“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to)

Veel Nederlandse productieprocessen zijn afhankelijk van goederen vervoer via de binnenvaartsector. Hiernaast draagt de binnenvaartsector bij aan de toegevoegde waarde van de economie en de werkgelegenheid in zowel Nederland als het buitenland.

Lagere rivierafvoeren kunnen een negatief effect hebben op het vervoerde gewicht van de binnenvaartsector, de toegevoegde waarde en werkgelegenheid van de binnenvaart in Nederland; zie Figuur F.7 en Figuur F.8.

potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012))

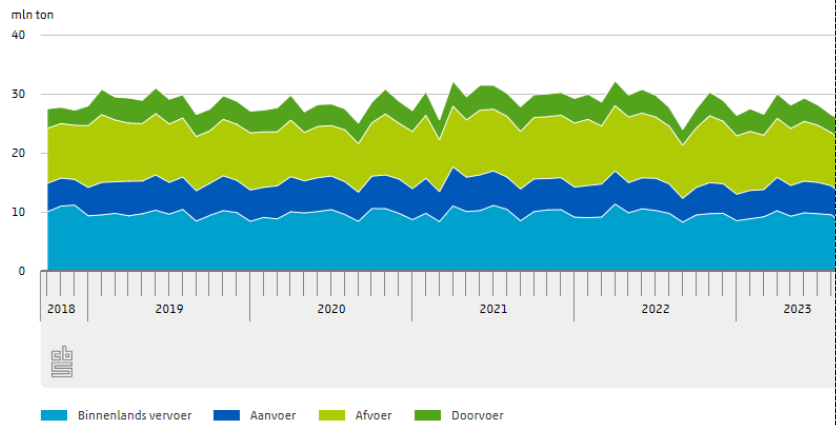
“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

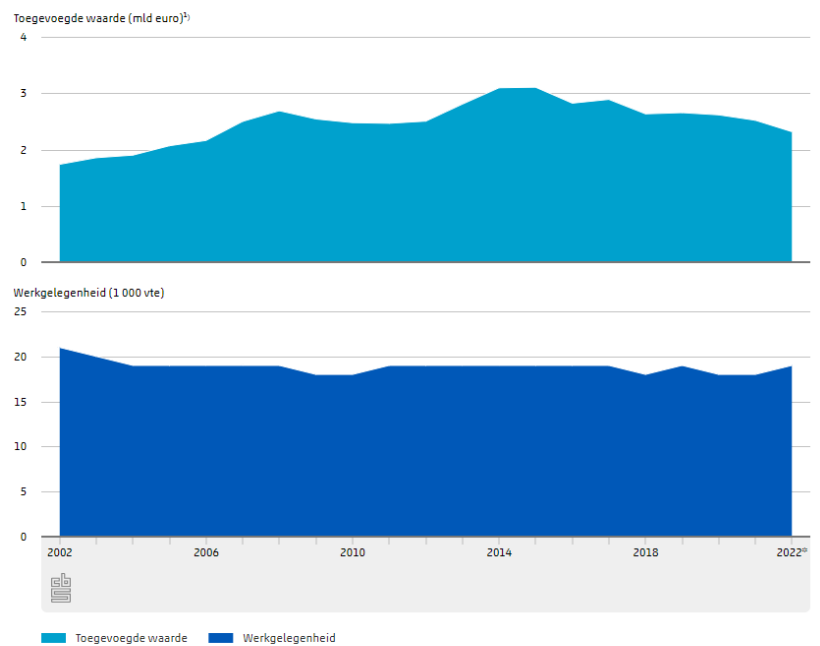
Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Vervoerd gewicht binnenvaart, per maand



Figuur F.7 Vervoerd gewicht binnenvaart, per maand (CBS Dashboard verkeer en vervoer, 2023)

Toegevoegde waarde en werkgelegenheid vervoer over water



^{*)} Voorlopige cijfers
^{*)} Uitgedrukt in prijzen van 2015, d.m.v. inflatiecorrectie.

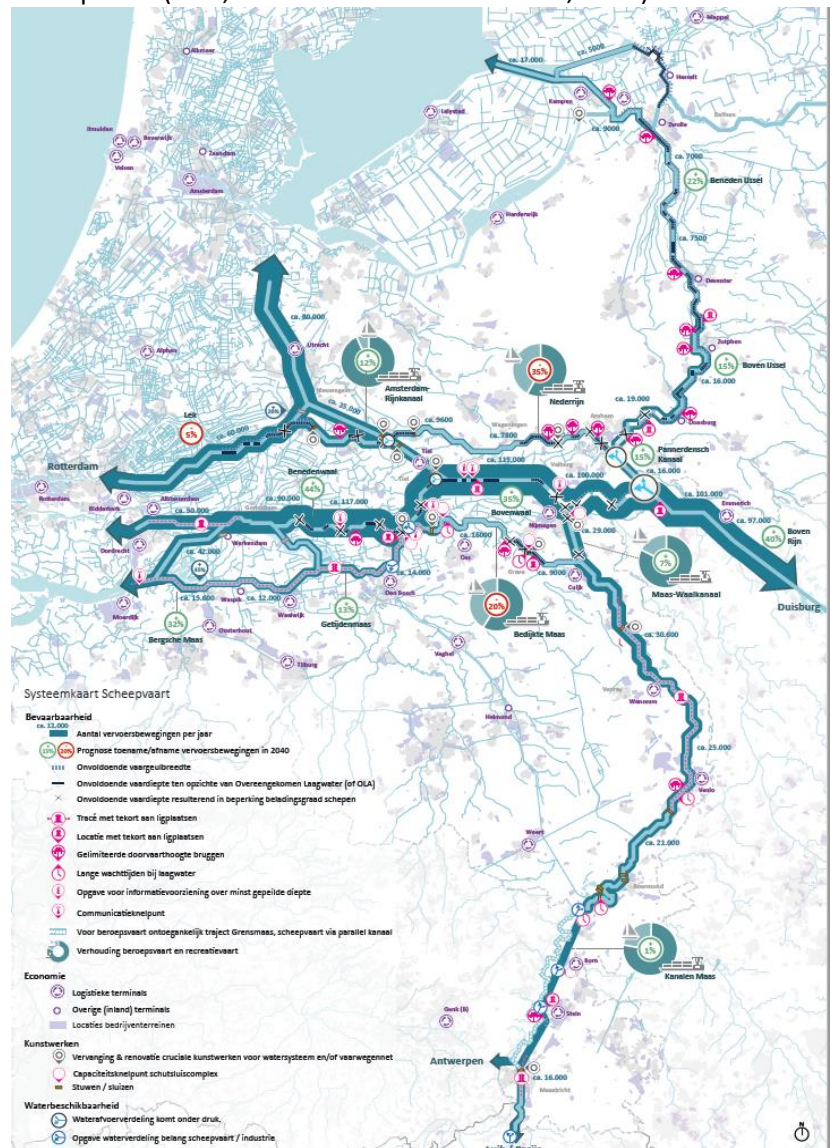
Figuur F.8 Toegevoegde waarde en werkgelegenheid vervoer over water (CBS Dashboard verkeer en vervoer, 2023)

De effectmodule scheepvaart in het Deltaprogramma Zoetwater berekent het economische effect van een afname van de efficiëntie van de Nederlandse binnenvaartsector door droogte. Tijdens droge periode kan de vaardiepte op de rivieren afnemen waardoor schepen niet meer of niet meer met volledige belading kunnen varen. De binnenvaart anticipeert hierop door een andere route te varen of de belading te reduceren. Het resultaat is vaker varen, omvaren en langer wachten met hogere vaarkosten tot gevolg. Deze vaarkosten worden berekend met BIVAS. Andere manieren om te anticiperen zijn het uitstellen van de vaart en vervoer met andere modaliteiten (modal shift) met een toename van de opslag- en

transportkosten tot gevolg. Wanneer door klimaatverandering droogte toeneemt kunnen er structurele maatregelen door de sector worden genomen, zoals vergroten van de opslagcapaciteit en aanpassing van de vloot. De korte termijn en lange termijn kosten die worden gemaakt door Nederlandse schippers, verladers en andere bedrijven tijdens een droge periode, samen met de eventuele prijsstijgingen voor Nederlandse consumenten, geeft het totale economische effect van droogte.

In de huidige effectmodule staat alleen het economische effect voor de toekomst (Stoom). Data voor referentie (huidig) scenario beschikbaar bij Deltares, maar niet gedocumenteerd. Voor uitgebreidere informatie zie Stratelligence (2021).

Figuur F.9 geeft een geografisch overzicht van knelpunten voor de scheepvaart (WSP, Defacto Stedenbouw&WUR, 2021).



Figuur F.9 Systeemkaart scheepvaart knelpunten (WSP, Defacto Stedenbouw&WUR, 2021)

Gevoeligheid

Definitie:

("De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed")

("Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events" (Cardona, 2012))

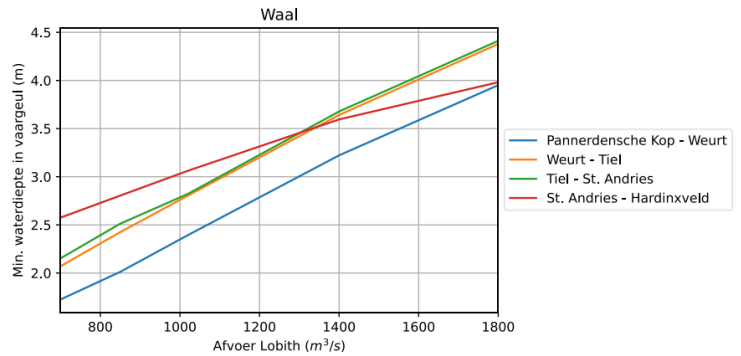
Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

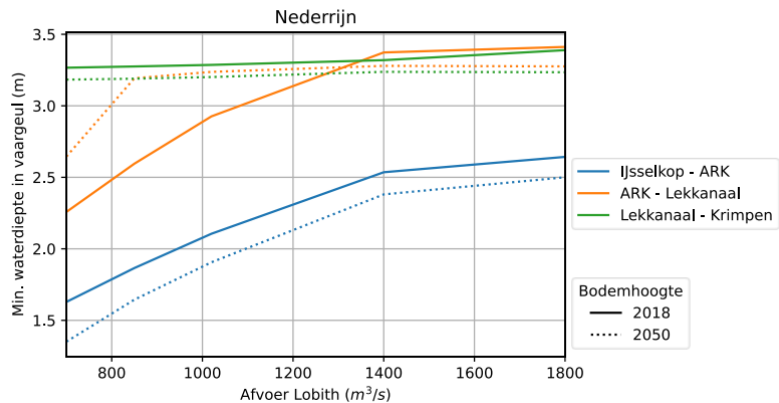
Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

De binnenvaartsector is gevoelig voor **lagere rivierafvoeren** als gevolg van klimaatverandering, wat verschillende uitdagingen met zich meebrengt. Lagere rivierafvoeren hebben gevolgen voor de **waterdiepte**, de **bevaarbaarheid** van rivieren en kanalen, en de algehele transportcapaciteit van de binnenvaart.

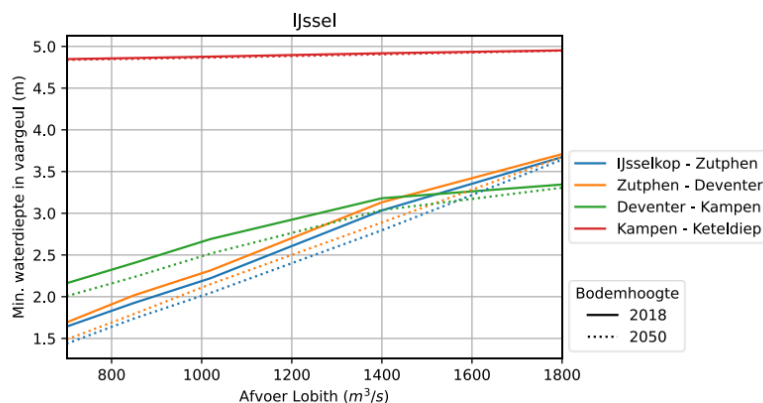
De binnenvaart en verladings hebben met lagere waterdieptes en ervaren hierdoor vaarbepeningen bij een afvoer van 1020 m³/s bij Lobith waarbij de huidige vaardiepte eis wordt overschreden. (Waal, Maas, IJssel), zie Figuur F.10 t/m F.12



Figuur F.10 Representatieve vaardiepte voor 4 deeltrajecten van de Waal (de Jong & Van Der Mark, 2021)



Figuur F.11 Representatieve vaardiepte op de Nederrijn-Lek (de Jong & Van Der Mark, 2021)



Figuur F.12 Representatieve vaardiepte op IJssel (de Jong & Van Der Mark, 2021)

Maatschappelijke ontwikkelingen:

Economische groei leidt tot een toename in de vraag naar goederen en hun transport. Hierdoor groeien zowel de binnenvaartsector als de hoeveelheid lading die wordt vervoerd. Een uitbreiding van de binnenvaartsector resulteert in meer schepen die te maken krijgen met beperkingen zoals verminderde rivierafvoeren en beperkte vaardieptes tijdens droge periodes. Meer informatie over prognoses van goederenvervoer van de binnenvaart zijn te vinden in de Integrale Mobiliteitsanalyse (Rijksoverheid, 2021).

Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Voorbeeld:

Huizen hebben muren, ramen en deuren die versterkt kunnen worden zodat ze sterk genoeg en waterdicht zijn en ze geen beschadigingen oplopen.

- **Vanuit beleid:**

Tijdens laagwater is RWS verantwoordelijk voor informatievoorziening omtrent vaardieptes, sluisbeheer, schutbeperkingen, en inhaalverboden.

Alternatieven voor de vervoer over water zijn vaak maar beperkt aanwezig ten tijde van laagwater. Het is niet mogelijk en niet gewenst om over te stappen op de weg, want de capaciteit is beperkt, de oplossing is niet duurzaam en er zijn chauffeurstekorten. Ook tijdelijk schakelen naar het spoor is niet eenvoudig.

Daarom zullen ook structurele maatregelen op het gebied van schip, vloot, voorraadmanagement, logistiek en betere informatievoorziening nodig zijn om met periodes van laagwater om te gaan (zie bijv. ook Van der Mark et al. 2022¹³) (is er een schatting van het deel van de schade dat door deze maatregelen gecompenseerd kan worden)

¹³ Van der Mark, R., H. Dorst, W. de Boer & A. Slob (2022). Robust hinterland connections in times of drought and heat; Subproject 2 of NWO-project “Extreme droughts and the Dutch water sector: impacts and adaptation”. Deltares, TNO, MARIN rapport met kenmerk 11207299-000-ZWS-0003.

	<ul style="list-style-type: none"> • Vanuit sector: <p>Tot slot zijn maatregelen in de hele goederenketen denkbaar. Afnemende bedrijven kunnen hun voorraad vergroten als de ruimte daarvoor beschikbaar is (voorraadbeheer) en van tevoren afspraken maken met de transportsector over alternatieve vervoerswijzen in geval van vaarbepeningen (intermodale planning). In het uiterste geval kan zelfs wijziging in vestigingslocatie overwogen worden.</p>
<p>Impact</p>	<p>Door Erasmus UPT (Streng et al., 2020) is de financiële en economische impact van de 2018 droogte voor binnenvaart en verladers berekend. Naast het effect op de tarieven is ook gekeken naar het effect op productievolumes en vervoersbeslissingen van verladers op korte en lange termijn. De berekening geeft een totale financiële impact van 295 miljoen euro, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de binnenvaart en verladers. Door de binnenvaart wordt enerzijds meer omzet gemaakt door de hogere tarieven en laagwatertoeslagen en anderzijds zijn er meer kosten gemaakt aan arbeid en brandstof. Aangenomen is een nettowinst van 20% (76 miljoen euro). De financiële impact voor de verladers bestaat uit drie componenten: 1) de hogere transportkosten die verladers moeten betalen (zowel per binnenvaart als andere modaliteiten), 2) de kosten die productievermindering met zich meebrengt die (ontvangende) verladers hebben moeten doorvoeren omdat de grondstoffen niet meer aangeleverd konden worden en de productie in een aantal gevallen moest worden stilgelegd en 3) de kosten van de voorraadaanvulling omdat de strategische voorraden na de droogte van 2018 aangevuld moesten worden (gebaseerd op de aanname dat alle strategische voorraden leeg waren na 2018, vermoedelijk een overschatting). Dit is een aangepaste voorraadstrategie die extra kosten met zich meebrengt. De maatschappelijke kosten (zoals negatieve effecten van congestie of emissie, en het verlies van economische waarde tegen factorprijzen) zijn wel onderkend, maar niet gekwantificeerd in deze studie. De economische impact voor de maatschappij hangt onder andere af van de mate waarin ketenpartijen kosten naar elkaar en uiteindelijk richting de samenleving doorberekenen.</p>

Cascade-effecten

(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)

Zie methoderapport paragraaf 4.3.6

- Door lagere waterdiepte worden er kleinere schepen ingezet en nemen het aantal scheepvaartbewegingen toe. Hierdoor worden wachttijden bij sluizen langer.
- Door de toename van vaarbewegingen en vertragingen is er meer uitstoot van CO2 door gebruik van brandstof.
- Door smallere vaarbreedtes in combinatie met meer schepen kan dit resulteren in een negatieve impact op scheepvaartveiligheid.
- Door lagere ladingen en vertragingen kunnen er productievertragingen bestaan bij andere sectoren door tekort aan grondstoffen. Vooral bij bedrijven met een strakke supply chain management (lees: weinig reserves) kan dit een probleem zijn.
- In 2018 zijn er voorbeelden van bedrijven die hun productie hebben moeten stilleggen (Streng et al., 2020). Het bouwbedrijf Strukton, dat actief is in de wegenbouw, heeft projecten moeten uitstellen naar 2019 omdat er geen grondstoffen meer geleverd konden worden. Ook het bedrijf BTE met betoncentrales in Nijmegen, Heumen, Dodewaard en Rheden heeft grote impact ondervonden van de lage waterstanden in de vorm van productievermindering. In Rheden is de betonproductie geheel stil komen te liggen.

Eindimpact: mens en cultuur

Opties:

- *Laag*: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade

- *Middel*: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade

- *Hoog*: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade

* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van

Mens & Cultuur zijn niet meegenomen gezien de geringe impact op gezondheid en cultuur. Voor eindimpact zie: eindrisico economie

<p>lokale/regionale/nationale waarde</p> <p>N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, niet-ernstige fysieke en/of mentale gezondheidsklachten)</p>	
<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel</i>: regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog</i>: nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p>Natuur & milieu zijn niet meegenomen in deze factsheet. Zie hiervoor FS2 grondwater.</p>
<p>Eindrisico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: < € 100 miljoen - <i>Middel</i>: € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog</i>: > € 1 miljard 	<p>Internationaal is overeengekomen dat bij een afvoer van 1020 m³/sec op de Waal de diepgang tenminste 2,80 m moet zijn. In 2018 werd deze streefdiepte gedurende ongeveer 156 dagen niet gehaald, bijna acht keer vaker dan oorspronkelijk was vastgesteld. Tijdens 21 van deze dagen bedroeg de waterdiepte slechts 1,60 meter, waardoor een deel van de scheepsvloot helemaal niet meer kon varen.. (Ecorys, 2019)</p> <p>Een extreem droog jaar zoals in 2018 kan in een negatieve financiële impact van ongeveer 300 miljoen euro resulteren (Streng et al., 2020). De herhalingstijd hiervoor is ongeveer eens in de 30 jaar, maar droge jaren komen vaker voor bij verschillende klimaatscenario's. De kosten zijn opgebouwd uit hogere transportkosten van verladers, de kosten die productievermindering met zich meebrengt die verladers hebben moeten doorvoeren omdat de grondstoffen niet meer aangeleverd konden worden en de productie in een aantal gevallen moest worden stilgelegd, en de kosten van voorraadaanvulling omdat de strategische voorraden uitgeput waren. Tabel F.1</p>

		Nederland	Duitsland	Totaal
Financiële impact sector binnenvaart	Netto omzetstijging:	+ 378 miljoen euro	+ 95 miljoen euro	+ 473 miljoen euro
	Extra kosten:	- 302 miljoen euro	- 76 miljoen euro	- 378 miljoen euro
	Nettowinst:	+ 76 miljoen euro	+ 19 miljoen euro	+ 95 miljoen euro
Financiële impact verladere	Transportkosten:	- 245 miljoen euro	- 243 miljoen euro	- 488 miljoen euro
	Productievermindering	- 60 miljoen euro	- 2,1 miljard euro	- 2,2 miljard euro
	Voorraadaanvulling	- 66 miljoen euro	- 65 miljoen euro	- 131 miljoen euro
	Totale negatieve impact	- 371 miljoen euro	- 2,4 miljard euro	- 2,8 miljard euro
Totale financiële impact		- 295 miljoen euro	- 2,4 miljard euro	- 2,7 miljard euro

Tabel F.1 Financiële impact Nederland en Duitsland laagwater:

<p>Waarschijnlijkheid</p> <p>Frequentie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 	<p>Frequentieverdelingen van voorkomen lage rivierafvoeren zijn reeds beschreven in klimaatdreiging en secundaire effecten.</p>
<p>Wildcard & kantelpunten</p> <p>Wildcard ("Onverwachte externe schok met lage waarschijnlijkheid en grote impact")</p> <p>Kantelpunt ("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</p>	<p>Een mogelijk kantelpunt zou kunnen zijn dat grote havens en de scheepvaartsector andere vaarroutes of havenkeuzes gaan maken gezien de slechte bereikbaarheid via bepaalde rivieren met bepaalde schepen.</p>

Context

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de huidige rollen en taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</p>
<p>Samenhang met andere transitie en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transitie en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</p>

<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p><i>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens en kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid). Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</i></p>
<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p><i>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</i></p>
<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	<p><i>Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?</i></p>
<p>Rechtvaardigheid</p>	<p>Uit Streng et al. (2020): “Maatschappelijke effecten van laagwater komen op verschillende manieren tot uiting. De economische impact voor de maatschappij hangt af van de mate waarin ketenpartijen kosten naar elkaar en uiteindelijk richting de consument doorberekenen. Uiteindelijk zal het effect altijd eindigen in de maatschappij; in de vorm van prijsverhogingen of in de vorm van negatieve externaliteiten [zoals congestie en emissies].”</p> <p>Welvaartseffecten van droogte/laagwater via scheepvaart zijn voor met name Nederland en Duitsland uit te splitsen naar de binnenvaartsector, verladers, producenten, consumenten. In 2018 steeg de omzet voor de binnenvaartsector en hadden verladers juist extra kosten (ruim 703 miljoen euro in heel Europa, volgens Streng et al. (2020)).</p>

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening	Voor beschrijving van de oorsprong van de data verwijzen we naar de onderliggende literatuur. Het voert te ver om dit allemaal hier te herhalen.
Kennishiaten	<i>p.m.</i>
Onzekerheid en betrouwbaarheid	<i>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</i>
Expertbeoordeling	<i>Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.</i>

Referentielijst

- Asselman, N., M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave, E. van der Deijl (2022) *Effectbepaling nulalternatief IRM*. Rapport 11208036-004-ZWS-0002, Deltares.
- CBS (2023). *Goederenvervoer, 1998-2021*. Online: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/goederen/transportsector/goederen>
- De Jong, J. (2022). *KBN-HVWN: Scheepvaartbeperkingen door watertekorten*. Rapport 11206832-020-GEO-0002, Deltares.
- De Jong, J., & Van Der Mark, R. (2021). *Toestand van het Systeem en Kwetsbaarheid gebruiksfunctie KBN-HVWN-Stresstest droogte Rijntaken*. Rapport 11205274-004-BGS-0022, Deltares.
- Ecorys. (2019). *Economische schade door droogte in 2018*. Ecorys.
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2020). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Rapport 11203734-003-ZWS-0002, Deltares.
- Rijksoverheid (2021). *Integrale Mobiliteits-analyse 2021*.
- Stratelligence (2021). *Economische analyse zoetwater*. Statelligence, Leiden.
- Streng, M., Van Saase, N., & Kuipers, B. (2020). *Economische impact laagwater: Een analyse van de effecten van laagwater op de binnenvaartsector en de Nederlandse en Duitse economie*. Erasmus Centre for Urban, Port and Transport Economics.
- Van der Mark, R., de Jong, J., Weiler, O., & Ruijgh, E. (2021). *Stresstest "indirecte bedreigingen" Verkenning externe invloeden op het hoofdvaarwegennetwerk*. Rapport 11206832-004-GEO-0006, Deltares.
- WSP, Defacto Stedenbouw&WUR (2021) *Beeld op de rivieren: ontwikkelperspectief voor de Maas en Rijntakken*. Eindrapport. WSP, Defacto Stedenbouw en Wageningen University and Research. Online: www.bouwplaatsirm.nl

G Factsheet waterkwaliteit: watertemperatuur



Concept mei 2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

De huidige versie van de factsheet betreft een concept versie. Wij horen graag jullie mening over deze template en of de template werkbaar is. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven. Met jullie feedback zullen we de template vervolgens aanpassen naar een definitieve versie.

Factsheet klimaatrisico watertemperatuur

Toename watertemperatuur en effecten op zuurstof en primaire productie

Inleiding

Deze factsheet betreft de effecten van de toename van de watertemperatuur, als gevolg van klimaatverandering, op zuurstofconcentraties en primaire productie in de grote wateren. Hij is gebaseerd op inventarisatie van beschikbare lange termijn datasets van met name KNMI en voor het water van Rijkswaterstaat. Langjarige reeksen die informatie geven over effecten van klimaatverandering in het water zijn zeer schaars. Meetnetten van waterkwaliteit en aquatische ecologie zijn laagfrequent. Hierdoor komen verschuivingen in het (groeiseizoen voor ecologische parameters niet in beeld en voor waterkwaliteit alleen na sterke aggregatie van meerdere wateren. Ecologische gevolgen van extreme events zoals massale sterfte tijdens hittegolven of stratificatie worden niet geregistreerd. Daarom is de huidige analyse gericht op het schetsen van mechanismen met behulp van vaak anecdotische gegevens. Er wordt geen volledig overzicht gegeven van wat beschikbaar is per watersysteem of waterlichaam. Monitoringsgegevens uit de zoete en zoute rijkswateren laten zien dat de opwarming in het water vergelijkbaar is geweest met die in de lucht, met een relatief sterke toename in het voorjaar. Deze voorjaarstoename is in de wateren minstens zo sterk is geweest als in de lucht en is in principe bestendiger verlopen door demping van fluctuaties van lucht naar water.

De opwarming in de winter en het voorjaar betekent een flinke afname van de kans op ijsbedekking in de winter en een vervroeging van het voorjaar met tot nu toe ongeveer drie weken (en een totale verlenging van het groeiseizoen met ongeveer een maand). Zowel de opwarming zelf als de verlenging van het seizoen betekenen een verhoogde kans op algenbloei.

Met de opwarming is de kans op extreme temperaturen toegenomen, hittegolven komen vaker voor, zijn warmer en duren langer. Zuurstofconcentratie nemen af door lagere oplosbaarheid, hoger verbruik en sterfte-incidenten (schelpdieren, vis) treden vaker op, te meer omdat hittegolven vaak gepaard gaan met droogte, lage afvoer, lange verblijftijden en versterkte stratificatie.

Klimaatrisicoanalyse

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

Beschrijf door welke klimaatdreiging(en) het risico veroorzaakt wordt. Dit kan zowel om één als om meerdere klimaatdreigingen tegelijkertijd gaan.

Benoem hierbij:

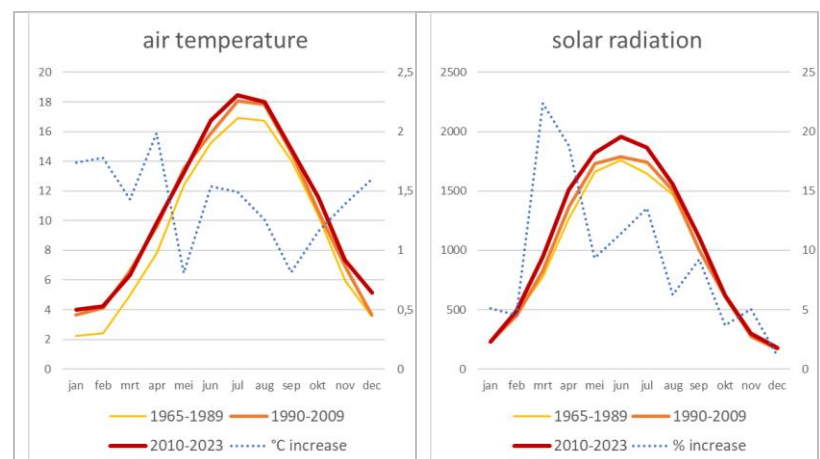
- *Waargenomen klimaatgebeurtenissen (1990- 2022 of langer indien relevant en beschikbaar) en/of verwachte dreigingen die door toeval nog niet zijn opgetreden*
- *frequentie/waarschijnlijkheid*
- *intensiteit (kan zowel een extreme gebeurtenis betreffen als een geleidelijke verandering)*
- *duur*
- *geografische verschillen*
- *extreme situaties, indien relevant*
- *trend (1990-2022, of langer indien relevant)*
- *kaarten en modellen ter illustratie*

Het water wordt warmer, et groeiseizoen wordt langer, algengroei neemt toe, zuurstofverbruik neemt toe en oplosbaarheid van zuurstof neemt af. door combinatie met ander klimaateffecten zoals hittestress in zeer ondiep water en stratificatie in dieper water treden sterfte incidenten van m.n. vis en schelpdieren vaker op.

De luchttemperatuur is in Nederland toegenomen door middel van drie mechanismen; 1) de wereldwijde opwarming, 2) veranderingen in luchtstroming (meer westenwind in de winter) en 3) toename van straling door verbetering van de luchtkwaliteit en afname van mist. De opwarming is door deze combinatie van factoren in Nederland tot nu toe twee keer zo sterk geweest als gemiddeld op wereldschaal.

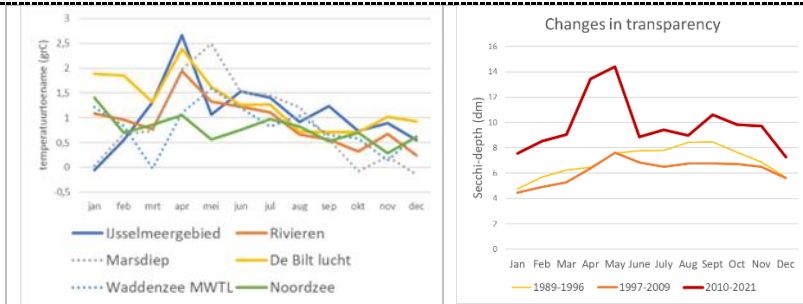
Waargenomen klimaatgebeurtenissen

Door de seizoensaspecten van de laatste twee mechanismen is de temperatuurtoename in het voorjaar tot nu toe het sterkst geweest, met name door relatief sterke toename van straling in maart april, met een toename van meer dan 2°C in zowel de lucht als het water. In de Noordzee warmen de kustwateren sterker op, waarbij het accent later in het seizoen valt dan in de binnenwateren.



Seizoenspatronen in toename van luchttemperatuur en straling in De Bilt (KNMI). De absolute toename in temperatuur en vooral de relatieve toename in straling is het sterkst geweest in (maart en) april.

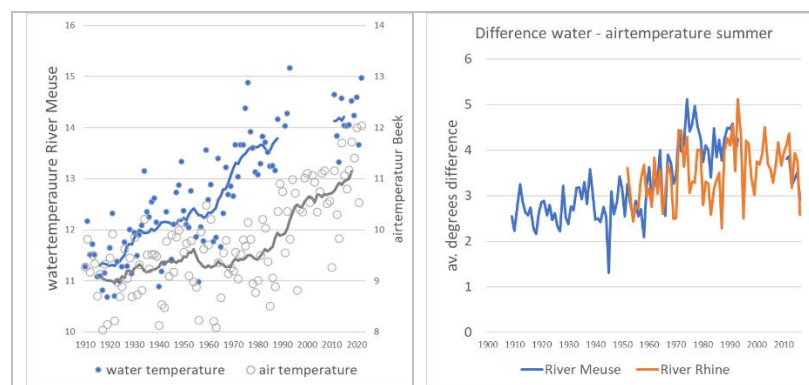
Omdat water vooral door middel van instraling opwarmt, zijn veranderingen in helderheid eveneens relevant voor de opwarming van de wateren. In een deel van de grote wateren (rivieren, IJsselmeergebied) is de helderheid toegenomen door afname van de overmatige voedselrijkdom (eutrofiëring) en in de zoete wateren ook door toename van waterplanten en filterende mosselen (invasie Quagga-mossel vanaf 2006). Ook deze verandering is vaak het sterkst geweest in het voorjaar.



Links: temperatuuroename in 2000-2022 t.o.v. 1961-1990, gemiddelden van diverse locaties binnen de aangegeven regio's. Rechts veranderingen in de seizoensverdeling van het gemiddelde doorzicht in een aantal grote rijkswateren (IJsselmeergebied, rivieren en zoete delta). Beide op basis van geaggregeerde RWS (MWTL) gegevens.

Geografische verschillen

De opwarming van Nederland is relatief sterk in het zuidoosten, waardoor steeds grotere temperatuur verschillen ontstaan tussen NW en ZO Nederland. In het water ontstaan geografische verschillen vooral door verschillen in de combinatie met andere factoren, zoals de veranderingen in helderheid (rivieren, IJsselmeergebied) en in het effect van warmtelozingen (rivieren).



Links: Vergelijking van watertemperatuur in de Maas bij Borgharen (RWS) en luchttemperatuur in Beek (KNMI). Rechts: Gemiddeld verschil tussen beide per jaar en soortgelijk verschil voor de Rijn bij Lobith. Het verschil neemt toe en weer af door toename en uiteindelijk regulering van koelwaterlozingen.

In de Waddenzee is ook sprake van seizoen verlenging, maar dit water warmt langzamer op dan de meren, en de grootste toename heeft niet in april, maar in mei plaatsgevonden. In de Noordzee is geen sprake van relatief sterke toename in het voorjaar. Hier heeft de sterkste toename in december en januari plaatsgevonden, in sterkte toenemend tot ongeveer 2°C toename in januari aan de kust.

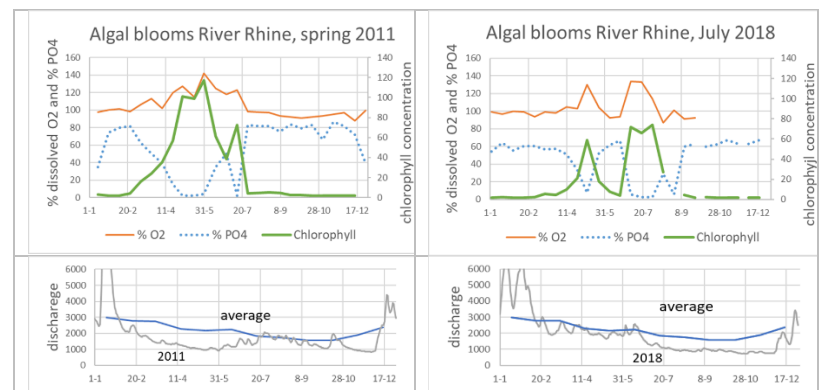
Extreme situaties

Extreme gebeurtenissen met effect op temperatuur, zuurstof en primaire productie (vooral de productie van planktonische algen als basis voor het voedselweb) hebben vooral betrekking op hitte en droogte.

In warmer water kan minder zuurstof oplossen. Tijdens hittegolven neemt de watertemperatuur nog meer toe, waardoor de oplosbaarheid van zuurstof verder afneemt, lokaal versterkt door toenemende kans op stratificatie. Stratificatie treedt in de zomer op als in diepere wateren de bovenste waterlaag sterker opwarmt dan de onderlaag. Bij stratificatie is er door dichtheidsverschillen geen uitwisseling meer tussen onderste koudere en de warmere toplaag. Afbraak van organisch stof kan de zuurstofconcentraties in het diepere water doen dalen. Sterfte incidenten van vis of schelpdieren kunnen vooral optreden als gestratificeerd water, in geval van zuurstoftekort in de onderlaag, weer gemengd wordt.

In zeer ondiep water (Wadplaten) kan sterfte ontstaan door directe hittestress van organismen in de intergetijdezone (kokkels).

In de rivieren kan droogte en hitte (verdamping) leiden tot zeer lage afvoer, waardoor voor rivieren ongebruikelijk sterke algenbloei kan optreden, met name in gestuwde rivierpanden. Dit is bijv. gebeurd in het voorjaar van 2011 en in de zomer van 2018 in de Rijn, maar ook in de Maas.



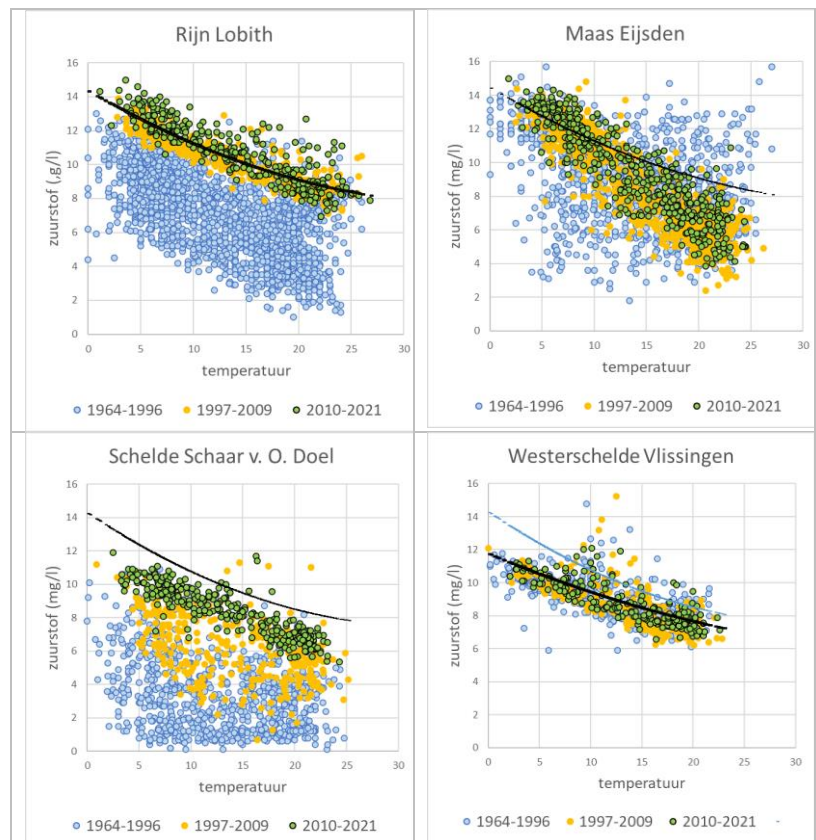
Algenbloei tijdens droogte/hitteperioden in de Rijn bij Lobith in 2011 en 2018. In deze perioden liepen de chlorofylconcentraties ongebruikelijk hoog op, werd opgelost fosfaat uitgeput en werd overdag oververzadiging van zuurstof gemeten. RWS MWTL data.

Trends watertemperatuur

Langere tijdreeksen van watertemperatuur in de grote wateren geven sinds ongeveer 1980 een toename aan die het sterkst is in april en mei en dan kan oplopen tot ongeveer 2°C, vergelijkbaar met de luchttemperatuur in De Bilt. In de loop van het zomerhalfjaar neemt het verschil af tot ongeveer 0,5-1°C. In de winter is de toename in het water geringer dan op het land, omdat toename onder het vriespunt niet meetelt. Deze toename manifesteert zich in afname van ijsbedekking. In de rivieren was de toename tot voor kort sterker door combinatie met toenemende opwarming door koelwaterlozingen.

Trends zuurstofconcentratie

Omdat de grootste toename van de watertemperatuur in april en mei valt, als het water nog relatief koud is, is de afname van de oplosbaarheid van zuurstof nog minder schadelijk (omdat de concentraties in relatief koud water in het voorjaar absoluut gezien toch nog hoog genoeg zijn). Een daadwerkelijke afname in concentratie is vaak niet zichtbaar dan wel moeilijk te interpreteren vanuit de meetreeksen, omdat die wordt gecompenseerd door toename door verbeteringen van de chemische waterkwaliteit (rivieren) of versterkt door afname van de voedselrijkdom (oververzadiging door algenbloei in meren). Afname van zuurstof in relatie tot stratificatie in de grote meren wordt niet geregistreerd (omdat de metingen meestal alleen in de bovenlaag plaatsvinden), de standaard metingen worden alleen uitgevoerd in de bovenste waterlaag. De relatie tussen temperatuur en zuurstof in die bovenlaag komt wel in beeld als de zuurstofverzadiging wordt uitgezet tegen de temperatuur in opeenvolgende perioden. De figuur hieronder geeft deze relatie aan voor de drie rivieren, in drie opeenvolgende perioden.



Relatie tussen watertemperatuur en zuurstofconcentraties in de rivieren in drie opeenvolgende perioden. De zwarte lijn is de concentratie bij 100% verzadiging. Deze ligt lager in zout water (Vlissingen). In de Schelde bij de Belgische grens (Schaar van Ouden Doel) is het water in werkelijkheid ook licht brak. Gegevens RWS-MWTL.

Tijdens hittegolven in de zomer kan de watertemperatuur tegenwoordig oplopen tot (meer dan) 25°C, waarbij de oplosbaarheid van zuurstof afneemt tot 8 mg/l. In combinatie met afbraak van organisch materiaal en/of stratificatie kan dit in toenemende mate problemen zoals... veroorzaken. In de rivieren lag de zuurstofconcentratie in het verleden veel lager dan de waarde bij 100% verzadiging, als gevolg van verhoogde zuurstofconsumptie door chemische en organische verontreiniging. In de Rijn is dat niet meer het geval, daar daalt de zuurstofconcentratie alleen nog door toename van de temperatuur. In de Maas is de situatie in de winter wel verbeterd, maar in de zomer niet. Hier is de afvoer in de zomer zo laag (en dalende door klimaatverandering) dat verontreiniging minder wordt verdund (en mogelijk zuurstofarme kwel een rol speelt). In de Schelde is de verbetering van recentere datum en is het niveau van temperatuurverzadiging nog niet bereikt. Daarbij speelt echter ook het relatief hoge zoutgehalte (ook bij het meetpunt aan de Belgische grens) een rol, omdat de oplosbaarheid in zout water lager is.

Trends algen en productie

Afbraak van organisch materiaal kan toenemen door de hogere temperaturen op zich, maar ook door toename van de algenproductie (die overdag juist oververzadiging met zuurstof veroorzaakt). In meren met afnemende voedselrijkdom wordt dit effect in de meetreeksen gecompenseerd of overschaduwd. In de rivieren is echter in combinatie met lage afvoer een toename van incidenten met algenbloei zichtbaar.

Doordat de sterkste opwarming in het voorjaar heeft plaatsgevonden heeft de verlenging van het groeiseizoen vooral geresulteerd in vervroeging van het voorjaar. Ook het seizoen waarin algenbloei kan optreden breekt dus inmiddels enkele weken eerder aan. Dit is echter lastig te zien in de beschikbare data omdat de meetfrequentie daarvoor te laag is. Interactie met anders gestuurde veranderingen zoals aanpak van overmatige voedselrijkdom (eutrofiering) maakt detectie van dit soort veranderingen in de wateren nog lastiger.

***Secundaire effecten**

Beschrijf eventuele secundaire effecten die door de klimaatdreiging(en) worden veroorzaakt (bijv. effecten op het bodem-, water- en luchtsysteem) of die de impact van de klimaatdreiging significant vergroten. Denk hierbij aan bijv. daling grondwaterstand, bodemdaling, erosie

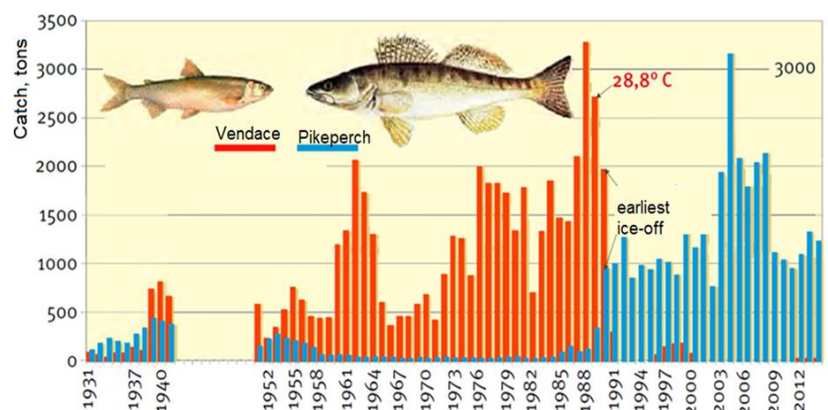
Benoem hierbij:

- frequentie/waarschijnlijkheid, indien mogelijk
- intensiteit (kan zowel een extreme gebeurtenis betreffen als een geleidelijke verandering)
- duur
- geografische verschillen
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

Algen groei neemt toe met de watertemperatuur, bij afbraak van dode algen neemt ook het zuurstofverbruik toe, zeker in combinatie met toenemende kans op stratificatie in dieper water en rechtstreekse effecten van hittestress in zeer ondiep water (Waddenzee).

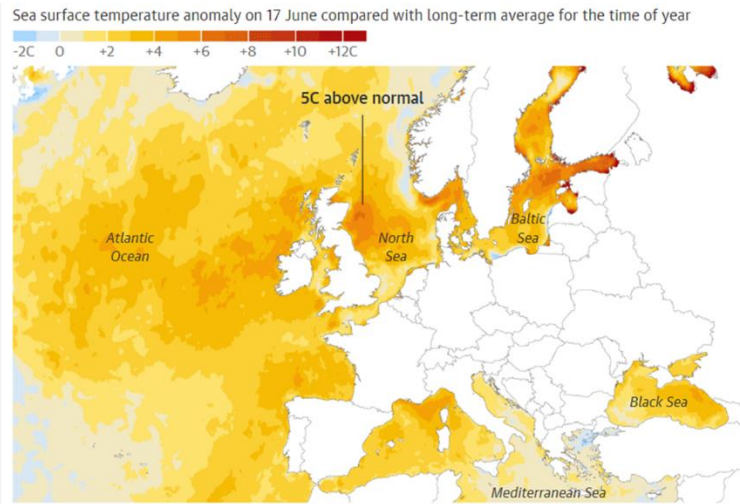
Toename van algenconcentraties kunnen in voedselrijke systemen leiden tot lichtbeperking van groei van waterplanten en het vrijkomen van toxische stoffen bij afbraak. In extreme gevallen kan het ecosysteem omslaan naar een troebele fase en leidt dit tot ernstig verlies van biodiversiteit en gezondheidsproblemen (zwemwater).

Massale sterfte van sleutelsoorten (habitatvormers of biobouwers, zoals oesters of mosselen, maar ook dominante proovissoorten) kan leiden tot permanente (langdurige) verschuivingen in de verhoudingen tussen soorten of habitats, vooral bij combinaties van drukfactoren (veranderingen voedselrijkdom, bodemdaling/zeespiegelstijging).



Permanente verschuiving in de visgemeenschap van het Peipsi-meer in Estland als gevolg van massale sterfte van koudwater-proovis (Kleine Marene) en overname door warmwater-predator (Snoekbaars) door extreem hoge voorjaarstemperaturen in 1990 (Kangur & Kanbur 2014; Kangur et al. 2018).

Migratie van vis naar aanleiding van opwarming naar noordelijker en vooral naar diepere wateren kan leiden tot massale sterfte van visetende vogels. Dit is eind 2023 het geval voor Zeekoeten en Alken na de extreme opwarming van de Noordzee in dit jaar. In de zoete wateren is het mechanisme anders door de discontinuïteit van de habitats, waardoor ook mobiele aquatische organismen zoals vissen minder makkelijk met migratie kunnen reageren op veranderingen. Hier verloopt de sturing dus meer via incidenten en competitie tussen soorten.



NOAA weergave van langdurige extreme watertemperaturen in de Noordzee en Oostzee in de zomer van 2023.

Ongebruikelijke massasterfte onder zeekoeten en alken (en het is geen vogelgriep): 'Het gaat iedere dag harder'

Goos Bles - 12 oktober 2023, 15:51 - Ameland

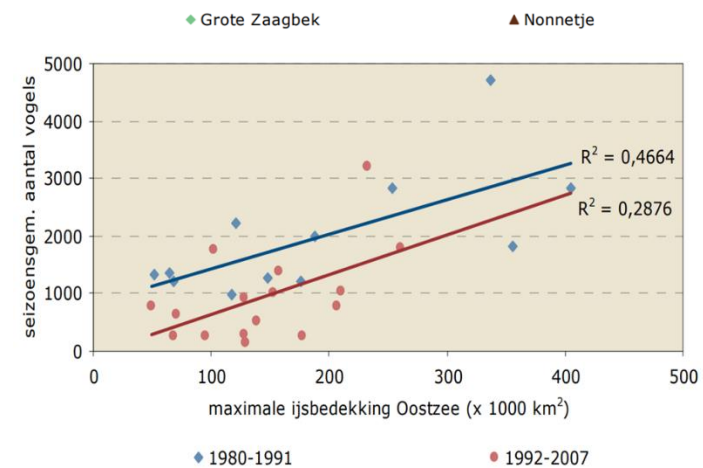
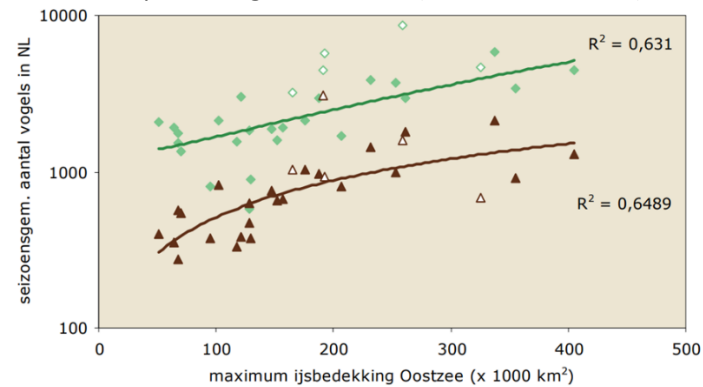
Deel dit artikel    



Persbericht over massale sterfte van Alken en Zeekoeten, gerelateerd aan de extreem hoge temperaturen in de Noordzee (Leeuwarder Courant, NIOZ).

Vogels worden soms zowel via voedselbeschikbaarheid als veranderingen in habitatbeschikbaarheid beïnvloed. De noordelijke, visetende eenden Nonnetje en Grote Zaagbek, die vroeger in grote aantallen in het IJsselmeergebied overwinterden, nemen in Nederland af, enerzijds omdat de Oostzee geschikter wordt als overwinteringsgebied door afnemende ijsvorming,

anderzijds door afname van spiering in Nederland, een koudwatervis die gevoelig is voor toename van de watertemperatuur via verschuiving vervroeging van het voorjaar zowel als opwarming in de zomer (sterfte incidenten).



Boven: Twee soorten visetende vogels, Grote Zaagbek (groene lijn) en Nonnetje (bruine lijn), die in Nederland afnemen doordat de Oostzee geleidelijk minder dichtvriest. Ze nemen echter extra sterk af doordat de belangrijkste prooi soort in Nederland, koudwatervis Spiering afneemt (mede door klimaatverandering).
Onder: De relatie tussen de aantallen Grote Zaagbekken en de ijsbedekking in de Oostzee verschuift naar een lager niveau na de sterkste afname van Spiering in het IJsselmeergebied rond 1990.

Blootstelling

Definitie:

“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur. Hence, if population and economic resources

Beschrijf de blootstelling van de sector aan het klimaatrisico.

Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen of fysieke omstandigheden die van significante invloed zijn op de blootstelling.

Benoem hierbij:

- relevante subsectoren die worden blootgesteld
- relevante ruimtelijke verschillen
- (zeer) kwetsbare groepen en/of systemen, indien relevant voor beleid
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist" (Cardona, 2012)

("Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed" (Cardona, 2012)

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

De blootstelling betreft in de eerste plaats de aquatische flora en fauna, met verschillen in blootstelling tussen bijv. waterplanten, ongewervelden zoals schelpdieren en vis, onder meer door verschillen in (aan- of afwezigheid van) mobiliteit en habitatkeuze. Ruimtelijke verschillen in blootstelling hebben te maken met eigenschappen van de verschillende watersystemen, zoals diepte (intergetijdegebieden versus diepere wateren met of zonder kans op stratificatie, zout of zoet). Blootstelling verschilt ook per gemeenschap in timing, omdat bijv. sommige gemeenschappen gevoeliger zijn voor vervroeging van het voorjaar, andere voor hoge temperaturen of kans op zuurstoftekort in de zomer.

De blootstelling neemt verder toe als sprake is van combinatie met andere drukfactoren, zoals extra temperatuuroename door koelwaterlozing (rivieren), extra zuurstoftekort door eutrofiering (afbraak organisch stof) of door chemische verontreiniging (chemisch zuurstofverbruik; rivieren) en in combinatie met ander klimaatfactoren zoals verandering van neerslag- en verdampingspatronen, via rivierafvoer en (in de zomer toenemende) verblijftijd.

Gemeenschappen of soorten met belangrijke activiteiten in het vroege voorjaar (vispaai, bloei van planten etc.) zijn relatief sterk blootgesteld aan vervroeging van het voorjaar door opwarming.

De wateren waarin het risico speelt hebben enerzijds een natuurfunctie (KRW, N2000), anderzijds functies voor visserij, drinkwaterwinning en recreatie (zwemwater).

Toename van algenbloei geeft naast ecologische effecten ook gezondheidsrisico's op zwemwaterlocaties. Effecten op visserij zijn niet uit te sluiten, behalve door directe verliezen van commercieel relevante soorten (kokkels, mosselen, vis) kunnen ook verschuivingen in soortsaamenstelling voor de langere termijn plaatsvinden.

Gevoeligheid

Definitie:

(“De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed”)

(“Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Adaptatiecapaciteit

(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Voorbeeld:

Huizen hebben muren, ramen en deuren die sterk genoeg en waterdicht zijn, waardoor ze geen beschadigingen oplopen.

Beschrijf de gevoeligheid van de (sub)sector voor het klimaatrisico

Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen die van significante invloed zijn op de gevoeligheid.

Benoem hierbij:

- relevante schaalniveaus / ruimtelijke verschillen
- (zeer) kwetsbare groepen en/of systemen, indien relevant voor beleid
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

De gevoeligheid van gemeenschappen onder flora en fauna verschilt sterk met de habitatkeuze en de eigenschappen van de betreffende wateren. Schelpdieren in zeer ondiep water (intergetijdegebied Waddenzee) hebben direct te maken met toenemende temperatuurstress (sterfte incidenten tijdens hittegolven), in diepere wateren waar de kans op stratificatie toeneemt kan door zuurstoftekort sterfte van bodemfauna onder de spronglaag optreden, van vis als het water mengt aan het eind van een stratificatie periode.

specifieke soorten of gemeenschappen reageren op vervroeging van het voorjaar door opwarming. Als prooi en predator verschillend reageren (bijv. op sleutels in verschillende delen van het seizoen of op daglengte versus temperatuur) kan “mismatching” ontstaan in timing, waardoor voedseltekorten optreden.

Beschrijf de belangrijkste geïmplementeerde adaptatiemaatregelen die in de sector al getroffen worden en die van invloed zijn op de impact van het risico.

Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen of fysieke omstandigheden die van significante invloed zijn op de adaptatiecapaciteit.

Maak hierbij onderscheid in:

- Adaptatiemaatregelen vanuit de sector zelf
- Adaptatiemaatregelen vanuit het beleid

Benoem hierbij:

- Preventieve adaptatie (die de impact vooraf verlagen)
- Reactieve adaptatie (die de impact tijdens of achteraf verlagen)
- Trend (hoe is de adaptatiecapaciteit veranderd in de tijdsperiode 1990-2022, of langer indien relevant?)

Adaptatie vindt in eerste instantie plaats door migratie, hetzij van individuen, hetzij van gemeenschappen. De effectiviteit daarvan hangt af van de mobiliteit van de soort of gemeenschap en de

	<p>connectiviteit van gebieden met geschikt habitat. Van zeevissen is bekend dat de verspreiding in relatie tot opwarming in noordelijke richting verschuift en/of naar grotere diepte. Trekvogels reageren eveneens met noordwaartse verschuivingen in arealen en verschuivingen in timing van aankomst en vertrek. Soorten die minder mobiel zijn en of meer te maken hebben met continuïteit van habitat reageren ook met verschuivingen, maar langzamer, waardoor zich een “klimaatschuld” opbouwt (waardoor deze migratie nog lange tijd voortschrijdt na evt stoppen van opwarming).</p> <p>Wateren die ook op andere manieren onder druk staan (onderliggend lijden) zijn extra kwetsbaar. Het reduceren van deze drukfactoren (eutrofiering, lage habitatdiversiteit, dynamiek en slechte connectiviteit, overexploitatie etc.) vergroot dus ook de adaptatiecapaciteit t.a.v. klimaatverandering. Dit is wat wordt onder meer beoogd in de Programmatische Aanpak Grote Wateren. Natuurontwikkelingsprojecten als Marker Wadden zijn mede bedoeld om de desbetreffende watersystemen klimaatrobuuster te maken door het versterken van diversiteit en betere benutting van dynamiek.</p>
<p>Impact</p>	<p><i>Beschrijf wat de impact van het risico is op de sector (bijv. landbouwgewasschade door droogte en daardoor resulterende opbrengstderving). Maak hierbij onderscheid tussen subsystemen (bijv. aardappelen, mais, gras), indien relevant.</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Impacts op relevante subsectoren</i> - <i>Daadwerkelijk opgetreden impacts, in de periode 1990 – 2022 (bijv. belemmering voor scheepvaart door lage rivierstanden in 2018)</i> - <i>Potentieel op te treden impacts</i> - <i>Welke partijen worden geraakt door / dragen de gevolgen van de impact</i> - <i>Trend (1990-2022, of langer indien relevant)</i> - <i>kaarten en modellen ter illustratie</i> <p>Aanhoudende algenbloei kan in voedselrijk water leiden tot serieus verlies van biodiversiteit (m.n. via lichtgebrek voor waterplanten). Risico's op massale sterfte van vis of schelpdieren in extreme omstandigheden (hittegolven, lage rivierafvoer).</p>

<p>Cascade-effecten</p> <p>(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p>Beschrijf hier eventuele cascade-effecten die in zowel dezelfde sector als in een andere sector kunnen optreden als gevolg van de impact.</p> <p>Neem deze cascade-effecten ook mee in de eindrisico(s) en de waarschijnlijkheid, tenzij dit deel al door een ander kennisinstituut wordt uitgewerkt in een klimaatrisico.</p> <p>Voorbeelden van cascade effecten zijn gevallen van ontwikkeling van mismatches tussen soorten. Als prooien en predatoren bijvoorbeeld in verschillende mate reageren op veranderende seizoenspatronen in temperatuur kan stapelvoedsel niet beschikbaar op het juiste moment voor de predator, zodat sterfte of verminderd voortplantingssucces kan optreden (bijv. geboorte vislarven t.o.v. zoöplanktonpiek). Zie ook secundaire effecten.</p>
<p>Eindimpact: mens en cultuur</p> <p>Opties:</p> <p>- <i>Laag</i>: < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Middel</i>: 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Hoog</i>: > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade</p> <p>* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van lokale/regionale/nationale waarde</p> <p>N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2</p>	<p>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor mens en cultuur. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 36.000 mensen die zonder elektriciteit komen te zitten). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</p> <p>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. 10 tot 20 doden). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</p> <p>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - voor de impact op mens, specificeer of bepaalde demografische (ouderen) of sociaal-economische groepen worden geraakt - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>Omdat opwarming van het water kan leiden tot bijv. meer algenbloei en het stimuleren van exoten treedt afname op van biodiversiteit en schade aan natuurwaarden en natuur-erfgoed. Daardoor is er sprake van veranderingen in de leefomgeving en de waardering daarvoor.</p>

<p>(Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, inclusief niet-ernstige en/of mentale gezondheidsklachten)</p>	
<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag:</i> lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel:</i> regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog:</i> nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor natuur en milieu. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 12.000 hectare onomkeerbare schade). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. meer duiding in een exact aantal plantensoorten dat verdwijnt). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>De eindimpact met betrekking tot natuur en milieu is hoog en grotendeels onomkeerbaar. Gemeenschappen van soorten zullen uit Nederland verdwijnen, nieuwe arriveren met vertraging, kansen voor de opmars van exoten nemen toe. Resultante is een afname van de biodiversiteit en verslechtering van het doelbereik van onder meer KRW en N2000.</p>
<p>Eindrisico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag:</i> < € 100 miljoen - <i>Middel:</i> € 100 miljoen – 1 miljard - <i>Hoog:</i> > € 1 miljard 	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor economie. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. €105 miljoen). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. €150 miljoen tot €200 miljoen). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p>

	<p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>Niet van toepassing</p>
<p>Waarschijnlijkheid</p> <p>Opties (frequentie):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Opties (interval voor 1990-2022):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 90 – 100 % - 66 - 90 % - 33 – 66 % - 10 – 33 % - 0 – 10 % <p>N.B. intervalklassen zijn aangepast t.o.v. methoderapport</p>	<p>Beschrijf hier de waarschijnlijkheid dat het risico zich in de huidige situatie voordoet. Selecteer hierbij één van de opties aan de linkerkant.</p> <p>N.B.: er moet nog worden besloten welk van de twee type waarschijnlijkheid (frequentie of interval) we in dit project hanteren.</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - relevante ruimtelijke verschillen - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>De waarschijnlijkheid is 1, het risico ontwikkelt zich continu via temperatuuroptoeiname. Sterfte- incidenten treden al op in samenhang met extreme gebeurtenissen zoals hittegolven en droogteperiodes, maar voor ecologische trends is dat alleen relevant als een incident permanente omslagen te weeg brengt.</p>
<p>Kantelpunten</p> <p>("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</p>	<p>Indien relevant en beschikbaar: beschrijf hier eventuele kantelpunten die in de huidige situatie kunnen ontstaan, waardoor het risico zich in een nieuwe richting begeeft en/of onomkeerbare schade kan aanrichten.</p> <p>Kantelpunten treden op als een onderliggende, min of meer continue verschuiving van stuurfactoren door stabilisatie mechanismen in ecosystemen pas effect hebben als een extreme gebeurtenis plaatsvindt, zoals massale sterfte in samenhang met extreme hitte, kou of droogte. Zie voorbeeld onder secundaire effecten.</p>

<p>Bestuurlijke situatie</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.3</p>	<p><i>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de huidige rollen en taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</i></p> <p>Er zijn geen wettelijke normen voor adaptatie. Wel zijn er doelen voor het vergroten van de ecologische weerstand van de grote wateren (PAGW) in bredere zin, die voor een groot deel via habitatdiversiteit met aspecten als connectiviteit en dynamiek lopen. In de maatlatten van de KRW en in de Natura 2000 instandhoudingsdoelen liggen aspecten van behoud van biodiversiteit, maar die zijn maar beperkt voorbereid op klimaatverandering.</p>
<p>Samenhang met andere transities en beleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.4</p>	<p><i>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transities en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</i></p> <p>Er is een tegenstelling tussen de maatregelen die nodig zijn om de ecologie van de (binnen)wateren klimaat robuust te maken en de maatregelen ten behoeve van veiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid. Terwijl een klimaat robuuste ecologie vraagt om connectiviteit en dynamiek, vragen veiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid om compartimentering en regulering van dynamiek zoals peilfluctuaties en spui.</p>
<p>Internationale aspecten</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.2.2</p>	<p><i>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens, kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid) en (sociale) ongelijkheid. Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</i></p> <p>Internationale aspecten spelen een grote rol voor de ecologische risico's van klimaatverandering. Het lot van populaties van m.n. vis en vogels in Nederland is sterk afhankelijk van ontwikkelingen buiten onze grenzen. Het effect van noordwaartse verschuivingen van verspreidingsgebieden kan alleen op internationaal niveau worden beoordeeld. KRW en Natura 2000 zijn daartoe als internationale instrumenten het startpunt.</p>

<p>Maladaptatie en/of 'lock-ins'</p> <p><i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i></p> <p><i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i></p>	<p><i>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</i></p> <p>Zie samenhang met andere transitie en beleid. Aanpassingen ten behoeve van veiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid, maar ook in het kader van energietransitie, bemoeilijken maatregelen ter verbetering van de ecologische weerstand (klimaat robuust) en het tegengaan van biodiversiteitsverlies.</p>
<p>Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.4.1</p>	<p><i>Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?</i></p>

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening	<i>Beschrijf hier hoe de analyse is uitgevoerd. Met welke kwantitatieve en/of kwalitatieve data/modellen is gewerkt, wat was de afbakening? Hoe zijn de verschillende onderdelen uitgezocht, hoe is de stap gemaakt van impact naar eindimpact(s) en hoe is de waarschijnlijkheid ingeschat? Dit is een belangrijk aspect voor de transparantie van het project en de aggregatie van informatie op verschillende niveaus.</i>
Kennishiaten	<i>Beschrijf hier de gaten in kennis waardoor de uitwerking van het risico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid) uiteindelijk anders zou kunnen zijn dan nu is aangenomen. Zijn er belangrijke kennishiaten waar onderzoek naar verricht zou kunnen worden om adaptatie voor dit klimaatrisico te verbeteren?</i> De kennis over de uitwerking van klimaatverandering en zeker over de ecologische effecten daarvan in onze wateren is beperkt. Dit is onder meer een gevolg van het nagenoeg ontbreken van langjarige, gedetailleerde meetreeksen van cruciale parameters zoals watertemperatuur. Ook is er veel minder informatie over verschuivingen in seizoenspatronen van ecologische parameters dan op land (bijv in start van het voorjaar op basis van aankomst of bloei van soorten). Dat komt omdat de meetprogramma's zich daar niet toe lenen. Het ontstaan van problemen door mismatches in soortrelaties, effecten van afname van ijsbedekking, verlenging van het groeiseizoen (inclusief waterplanten, algenbloei) zijn niet in beeld. Aanvullende meetprogramma's in combinatie met modellering kunnen hierin verbetering brengen, ook met betrekking tot adaptatie.
Onzekerheid en betrouwbaarheid	<i>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</i>

Expertbeoordeling

Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.

H Factsheet waterkwaliteit: verblijftijd



Concept mei 2023

Voorliggende factsheet betreft een template om ieder klimaatrisico op dezelfde manier uit te werken en in te vullen. Op deze manier hopen we kwaliteit, transparantie en uniformiteit in het project na te streven. Het is niet verplicht om elk onderdeel in de factsheet in te vullen. Indien bijv. simpelweg geen kennis beschikbaar is over een onderdeel, dan hoeft het niet ingevuld te worden. Kennishiaten vaststellen is in dit project ook waardevol en belangrijk. Wél willen we vragen zoveel mogelijk in te vullen als kan. Hoe meer we weten, hoe beter we samen input kunnen leveren aan de NAS in 2026.

De huidige versie van de factsheet betreft een concept versie. Wij horen graag jullie mening over deze template en of de template werkbaar is. Feedback kunnen jullie telefonisch, via de mail of via de maandelijkse projectoverleggen aan ons doorgeven. Met jullie feedback zullen we de template vervolgens aanpassen naar een definitieve versie.

Factsheet klimaatrisico verblijftijd

Langere verblijftijden in de zomer en hogere kans op stratificatie in meren

Inleiding

Deze factsheet behandelt de effecten van klimaatverandering op de waterbalans in de grote wateren en op de kans op stratificatie en bijbehorende problemen. Stratificatie treedt op in dieper water, bijvoorbeeld in diepe zand- en grindwingaten, al dan niet binnen een groter, ondieper waterlichaam (IJsselmeergebied) of in vaargeulen en andere diepe delen van meren (Grevelingen). Van het optreden van stratificatie zijn er geen langjarige reeksen, omdat de reguliere meetprogramma's in de regel zijn gebaseerd op bemonstering van de bovenlaag. Daarom is de informatie in deze factsheet vooral gebaseerd op projectinformatie en modellering.

Veranderingen in wateraanvoer en waterafvoer (spui, onttrekking, verdamping) betekenen ook wijzigingen in de verblijftijd van het water in afzonderlijke systemen. Verlenging van verblijftijden kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit en de ecologie, zeker in combinatie met hogere watertemperaturen. Dat blijkt bijvoorbeeld uit de problematiek met algenbloei, stratificatie en zuurstof beschikbaarheid in verschillende wateren in het Deltagebied.

De waterbalans van onze watersystemen wordt beïnvloed door toename van neerslag en toename van verdamping, en door afgeleide klimaatfactoren als veranderingen in rivierafvoer en in spuiomogelijkheden door zeespiegelstijging. Ook de stoffenbalans verandert, via het tijdsaspect en de temperatuur, maar ook door een toenemende rol van verdamping in de balans, waardoor concentraties kunnen toenemen. Ook de toenemende kans op zout indringing is aan de waterbalans gekoppeld.

In combinatie met opwarming van het water kunnen effecten optreden op waterkwaliteit en ecologie in de vorm van toename van algenbloei en zuurstofverbruik en toenemende kans op stratificatie.

Klimaatdreiging

Opties:

- Het wordt warmer
- Het wordt natter
- Het wordt droger
- Overig weer
- De zeespiegel stijgt
- Het CO₂-gehalte in de lucht neemt toe

Zie methoderapport paragraaf 4.1.4 en 4.1.6

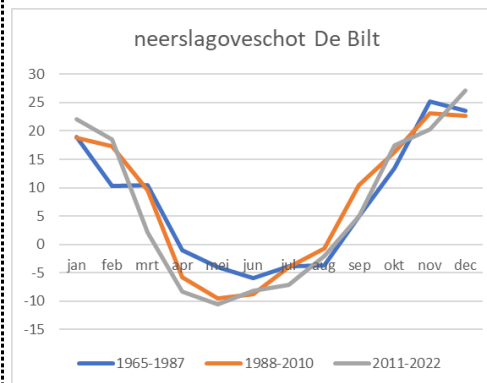
Beschrijf door welke klimaatdreiging(en) het risico veroorzaakt wordt. Dit kan zowel om één als om meerdere klimaatdreigingen tegelijkertijd gaan.

Benoem hierbij:

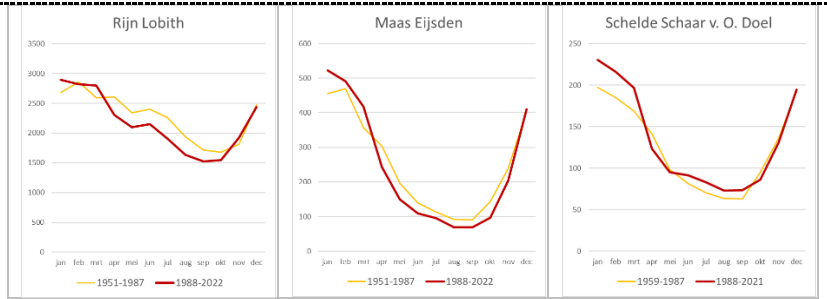
- Waargenomen klimaatgebeurtenissen (1990- 2022 of langer indien relevant en beschikbaar) en/of verwachte dreigingen die door toeval nog niet zijn opgetreden
- frequentie/waarschijnlijkheid
- intensiteit (kan zowel een extreme gebeurtenis betreffen als een geleidelijke verandering)
- duur
- geografische verschillen
- extreme situaties, indien relevant
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

Het wordt natter in de winter door toename van neerslag, droger in de zomer door afname van neerslag en toename van verdamping door hogere temperaturen, minder wolken en meer straling.

De waterbalans verandert door veranderingen in neerslagpatronen en verdamping. Neerslag is het gehele jaar toegenomen behalve in het voorjaar (april), maar gaat waarschijnlijk in de toekomst in de zomer afnemen (KNMI '23). Verdamping is het hele jaar toegenomen, straling ook, maar het sterkst in het vroege voorjaar. In deze periode heeft zich dus in toenemende mate een neerslagtekort opgebouwd.



Veranderingen in het seizoenspatroon van het neerslagoverschot/tekort in De Bilt. Het tekort is vooral in het voorjaar toegenomen, de aanvang van de periode met tekorten is vervroegd.



De debieten in de rivieren zijn in de winter iets toegenomen, in de Rijn en de Maas in de zomer afgenomen. In alle drie de rivieren heeft de aanvang van de zomersituatie zich vervroegd, het contrast tussen winter en voorjaar is groter geworden. Weergegeven zijn de grenslocaties van de drie rivieren, resp. Lobith, Eijsden en Schaar van Ouden Doel.

Rivierafvoer

Door deze combinatie neemt de aanvoer van de rivieren naar de meren in de winter toe en in de zomer af, zodat het contrast binnen het seizoen groter wordt. Verblijftijden in de meren binnen het stroomgebied worden dus in de winter korter, in de zomer mogelijk langer, afhankelijk van verdamping en beheersmaatregelen (vasthouden van zoet water).

Door de toegenomen straling en verdamping in het voorjaar wordt het seizoen met lage afvoer in de rivieren vervroegd en start het seizoen meer abrupt.

Los van de systematische verschuivingen treden incidenten op in relatie tot piekafvoer en overmatige regenval enerzijds, of langdurige perioden van droogte anderzijds. In droogteperioden wordt vanuit de meren (afgesloten zeearmen in de Zuidwestelijke Delta en het IJsselmeergebied) soms wekenlang weinig of geen water afgevoerd, in de meest extreme perioden zoals voorjaar 2011 of zomer 2018 maandenlang niet. Dit kan verband houden met de beschikbaarheid van zoet water of met het voorkomen van de indringing van brak water (zoetspoelen Haringvliet).

*Secundaire effecten

Beschrijf eventuele secundaire effecten die door de klimaatdreiging(en) worden veroorzaakt (bijv. effecten op het bodem-, water- en luchtsysteem) of die de impact van de klimaatdreiging significant vergroten. Denk hierbij aan bijv. daling grondwaterstand, bodemdaling, erosie

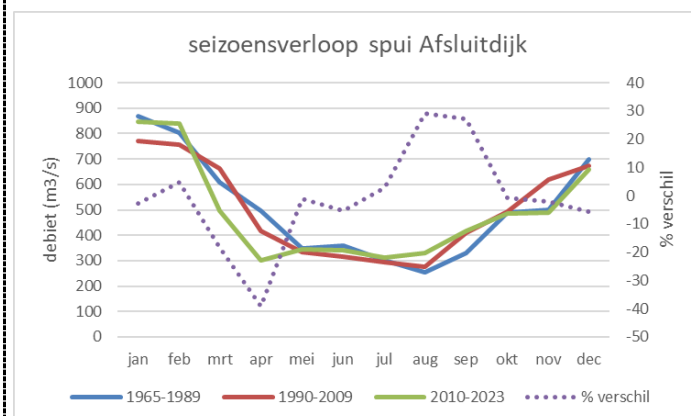
Benoem hierbij:

- frequentie/waarschijnlijkheid, indien mogelijk
- intensiteit (kan zowel een extreme gebeurtenis betreffen als een geleidelijke verandering)
- duur
- geografische verschillen
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

Langere verblijftijd in meren

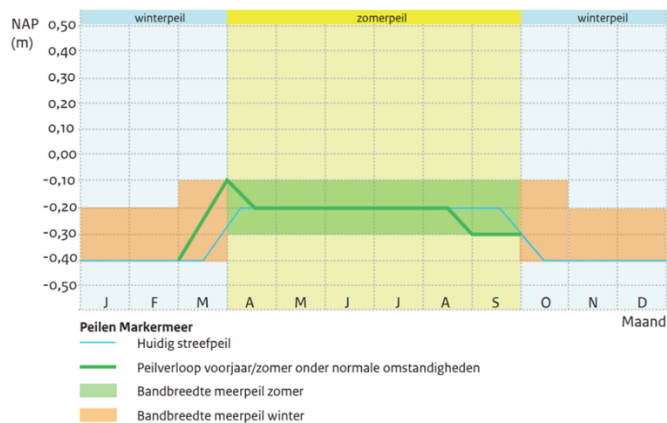
De natuurlijke wateraanvoer naar de meren via beken en rivieren neemt af in de zomer en toe in de winter. Lokale verdamping neemt toe, tot nu toe met het accent op het voorjaar, in de toekomst meer verspreid over de zomer. Waterbeheer wordt in het zomerhalfjaar gericht op het vasthouden van water, soms zelfs met een hoger peil dan voorheen (IJsselmeer, Markermeer). De verblijftijd van het water wordt in de winter korter, in de zomer langer, met een meer abrupte seizoenovergang in het voorjaar die gemiddeld eerder in het seizoen plaatsvindt.

Verblijftijden op zich worden niet gemonitord. Voor sommige wateren zijn over langere perioden waterbalansgegevens beschikbaar, waaruit veranderingen in verblijftijden kunnen worden berekend. Bij grotere wateren is het in de praktijk lastig alle informatie van verschillende beheerders te verzamelen. Omdat het waterkwantiteitsbeheer van de grote wateren in Nederland kunstmatig is, is het bovendien lastig veranderingen in verblijftijden te interpreteren. Veranderingen in aan-en afvoerposten geven soms goede indicaties.

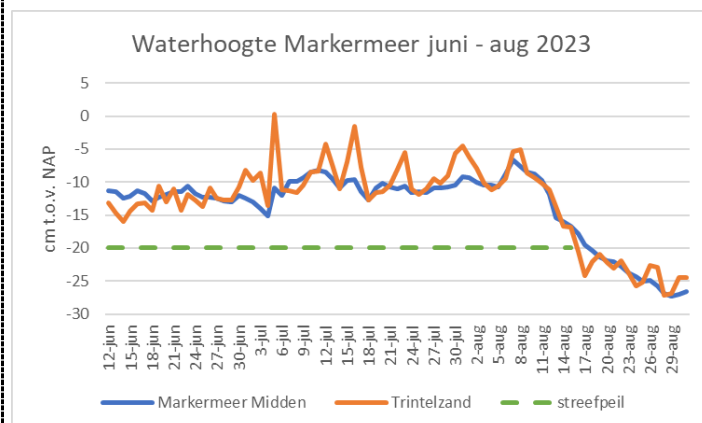


Spui van het IJsselmeer naar de Waddenzee is niet sterk veranderd, behalve in het voorjaar, met vooral in april een forse afname.

Door zeespiegelstijging wordt spui onder vrij verval vooral in de winter moeilijker. Aan de Afsluitdijk zijn daarom pompen geïnstalleerd. Daardoor wordt de verblijftijd in de meren in de winter in potentie korter en de waterstand gemiddeld lager (omdat in de huidige situatie zonder spui het winterpeil meestal niet wordt gehaald) en kan het winterpeil strakker worden gehandhaafd. Vanwege de toenemende vraag naar zoet water worden de peilen in de zomer hoger gehandhaafd binnen de mogelijkheden van de geldende peilbesluiten. Het water wordt daardoor dieper, de verblijftijden langer. Ook wordt afhankelijk van de watervraag binnen de in het peilbesluit toegestane marges soms halverwege het seizoen “buffercapaciteit opgebouwd” via verhoging van het streefpeil.



Peilschema uit het geldende peilbesluit voor het Markermeer. Binnen het geldende peilbesluit van het IJsselmeer en het Markermeer is het zomerstreefpeil -20cm NAP, met een marge van -10 tot -30cm, onder meer bedoeld om het peil in de loop van de zomer enigszins te kunnen laten uitzakken ten gunste van de ecologie.



Actueel peil in het Markermeer in de periode juni- augustus 2023. In de praktijk wordt de marge meer en meer gebruikt voor peilopzet voor opbouw van buffercapaciteit. Daarbij wordt de bovengrens van de marge gebruikt, van -10 cm NAP. Afhankelijk van de locatie kan daar nog opstuwing door wind bovenop komen.

Een langere verblijftijd geeft verschuivingen in de stoffenbalans: Er is geen afvoer van stoffen via verdamping dus er is meer retentie in interne processen, en in combinatie met toename watertemperatuur meer afbraak van organisch stof, nalevering van

fosfaat, etc. Verschuivingen treden vooral op in wateren met een relatief korte verblijftijd (korter dan een maand). Dit kan in combinatie met toename van de watertemperatuur ook resulteren in een grotere kans op algenbloei.

Stratificatie

In de zomer treden in de meren twee typen stratificatie op. In diepere delen kan langdurige stratificatie optreden gedurende enkele maanden, soms meerdere perioden met kort onderbrekingen. Vooral later in de zomer gaat dit vaak gepaard met lage zuurstofconcentraties in de onderlaag. Dit is bijv. bekend van de diepere delen van de Grevelingen en van zandwinputten in het IJsselmeergebied.

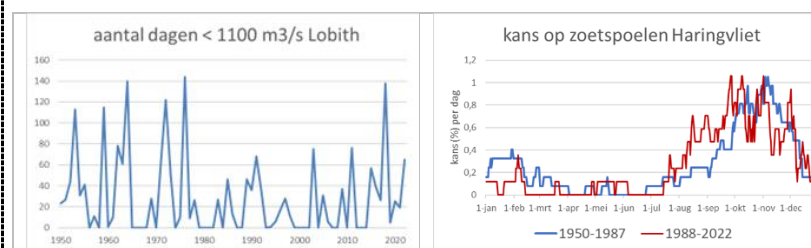
In ondiepere delen van de meren kan op warme dagen met weinig wind dagstratificatie ("microstratificatie") optreden, die meestal 's avonds weer wordt opgeheven. Tijdens hittegolven blijft de gelaagdheid echter meerdere dagen in stand en dan neemt ook hier de zuurstofconcentratie in de onderlaag af.

Behalve temperatuurstratificatie kan in een aantal wateren ook sprake zijn van saliniteitstratificatie, die eveneens onder invloed van klimaatverandering kan verschuiven.

Het eerste type stratificatie neemt door klimaatverandering toe in duur, het tweede type in frequentie (met hittegolven).

Extreme droogte

In langdurige droogteperioden neemt met de rivierafvoer niet alleen de verblijftijd en de kans op stratificatie toe, maar ook de kans op zoutindringing. Het huidige beheer van het Haringvliet omvat dat de "kier" in de sluizen gesloten wordt als het debiet in de Rijn bij Lobith lager wordt dan 1100 m³/s ("zoetspoelen"). Door afname van de gemiddelde afvoer gebeurt dat vaker, langduriger en vroeger in het seizoen.



Aantal dagen per jaar dat het debiet in de Rijn bij Lobith lager is dan 1100 m³/s, met afname rond 1980 door regulering van de rivier, maar recent weer toename. Rechts de verdeling over het seizoen, met recent vervroegd optreden van lage debieten.

Blootstelling

Definitie:

(“De aanwezigheid van mensen, gemeenschappen, flora en fauna, ecosystemen, infrastructuur etc. die getroffen worden door een klimaatdreiging” (PBL methoderapport).

“Exposure refers to the inventory of elements in an area in which hazard events may occur.

Hence, if population and economic resources were not located in (exposed to) potentially dangerous settings, no problem of disaster risk would exist” (Cardona, 2012))

(“Exposure is a necessary, but not sufficient, determinant of risk. It is possible to be exposed but not vulnerable (for example by living in a floodplain but having sufficient means to modify building structure and behavior to mitigate potential loss). However, to be vulnerable to an extreme event, it is necessary to also be exposed” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Huizen die gelegen zijn in een gebied waar een overstroming plaatsvindt.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Beschrijf de blootstelling van de sector aan het klimaatrisico.

Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen of fysieke omstandigheden die van significante invloed zijn op de blootstelling.

Benoem hierbij:

- relevante subsectoren die worden blootgesteld
- relevante ruimtelijke verschillen
- (zeer) kwetsbare groepen en/of systemen, indien relevant voor beleid
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

Blootstelling betreft enerzijds de gehele levensgemeenschap via de productieketens, omdat verlenging van de verblijftijd in sommige wateren extra algengroei kan betekenen, onder meer door versterking van de vervroeging van het voorjaar (zie factsheet temperatuur en zuurstof).

Anderzijds worden vis en macrofauna vaker en langer blootgesteld aan zuurstoftekorten bij stratificatie, waardoor vaker sterfte incidenten zullen plaatsvinden.

Via verhoogde kans op blauwalgenbloei en daarbij geproduceerde toxische stoffen kan ook effect optreden op drinkwatervoorziening en zwemwaterkwaliteit.

Door maatregelen tegen zout indringing (sluiten kier Haringvliet) verslechtert de connectiviteit en kan visintrek worden belemmerd, evenals de ontwikkeling van brakke overgangszones.

Verschuivingen in de timing van spui kunnen een mismatch veroorzaken met de paaidrang van de verschillende soorten, waardoor het voortplantingssucces kan afnemen.

Gevoeligheid

Definitie:

(“De mate waarin mensen, systemen, flora en fauna etc. worden beïnvloed”)

(“Vulnerability (= kwetsbaarheid, oftewel gevoeligheid en adaptatiecapaciteit) refers to the propensity of exposed elements such as human beings, their livelihoods, and assets to suffer adverse effects when impacted by hazard events” (Cardona, 2012))

Voorbeeld:

Een deel van de huizen bezwijkt onder de druk van de overstroming, doordat bouwconstructies niet op dit soort omstandigheden zijn voorbereid. Dit gebeurt vooral in de meest laag gelegen delen van het overstromingsgebied.

Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8

Beschrijf de gevoeligheid van de (sub)sector voor het klimaatrisico

Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen die van significante invloed zijn op de gevoeligheid.

Benoem hierbij:

- relevante schaalniveaus / ruimtelijke verschillen
- (zeer) kwetsbare groepen en/of systemen, indien relevant voor beleid
- trend (1990-2022, of langer indien relevant)
- kaarten en modellen ter illustratie

Toename van algenconcentraties kunnen in voedselrijke systemen leiden tot lichtbeperking van groei van waterplanten en het vrijkomen van toxische stoffen bij afbraak. In extreme gevallen leidt dit tot ernstig verlies van biodiversiteit en gezondheidsproblemen (zwemwater).

De gevoeligheid van vis- en macrofaunasoorten voor lage zuurstofconcentraties verschilt per soort, afhankelijk van onder meer mobiliteit (vis versus sessiele macrofaunasoorten zoals mosselen). Behalve sterfte van bodemfauna (Grevelingen) kunnen ook incidenten van massale vissterfte soms aan stratificatie worden gekoppeld.

Spiering is net als andere zalmachtigen relatief gevoelig voor lage zuurstofconcentraties. In het IJsselmeer en Markermeer, waar spiering een cruciale rol speelde als voedsel voor visetende watervogels, is het bestand sinds de jaren 1980 sterk gedaald. Hiervoor zijn meerdere mogelijke oorzaken aan te geven, waaronder afname van de voedselrijkdom (fosfaat), maar ook overbevissing in de periode van grootste afname (inmiddels is spieringvisserij echter al jaren verboden), habitatverlies (toename van waterplanten en van de helderheid) en waarschijnlijk ook klimaatverandering. Spiering is een noordelijke soort die hier de zuidgrens van zijn verspreidingsgebied bereikt en gevoelig is voor lage zuurstofconcentraties

Massale sterfte incidenten in het IJsselmeergebied vielen samen met perioden van hoge temperaturen en weinig wind, omstandigheden waaronder ook dagstratificatie op beperkte diepte meerdere dagen aan kan houden. Lage concentraties in de onderlaag dwingen de vis naar de bovenste waterlagen, waar de zuurstofconcentraties alsnog tijdelijk verlaagd worden als het water aan het eind van de periode weer wordt gemengd.

Massale sterfte van spiering dan wel andere sleutelsoorten wordt niet standaard geregistreerd. De in de onderstaande getoonde informatie komt uit veldnotities van een RWS onderzoeker (M.R. van Eerden). Deze reeks kan voor dit aspect niet worden

	<p>hebben negatieve effecten op ecologie. Peilfluctuaties en uitzakkend zomerpeil zijn cruciaal voor de kwaliteit van moerasvegetatie en het succes van natuurontwikkelingsprojecten.</p> <p>Verhoging van het peil in het broedseizoen (t.b.v. buffercapaciteit) is zeer nadelig voor broedvogels die op de grond nestelen of in ondiep water of op droogvallend slik met hun jongen moeten foerageren (vaak Natura 2000 doelsoorten).</p> <p>Het sluiten van sluizen in verband met zoetwaterbeschikbaarheid en het tegengaan van verbrakking beperkt de kansen voor trekvis en brakwater gemeenschappen.</p>
<p>Adaptatiecapaciteit</p> <p>(“Vermogen van systemen, instituties, mensen of organismen om zich aan te passen aan mogelijke schade, kansen te benutten of te reageren op gevolgen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 3.2.1 en 4.1.8</p> <p>Voorbeeld: Huizen hebben muren, ramen en deuren die sterk genoeg en waterdicht zijn, waardoor ze geen beschadigingen oplopen.</p>	<p><i>Beschrijf de belangrijkste geïmplementeerd*^e adaptatiemaatregelen die in de sector al getroffen worden en die van invloed zijn op de impact van het risico.</i></p> <p><i>Beschrijf hierbij ook maatschappelijke (sociaaleconomische en ruimtelijke) ontwikkelingen of fysieke omstandigheden die van significante invloed zijn op de adaptatiecapaciteit.</i></p> <p><i>Maak hierbij onderscheid in:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Adaptatiemaatregelen vanuit de sector zelf</i> - <i>Adaptatiemaatregelen vanuit het beleid</i> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Preventieve adaptatie (die de impact vooraf verlagen)</i> - <i>Reactieve adaptatie (die de impact tijdens of achteraf verlagen)</i> - <i>Trend (hoe is de adaptatiecapaciteit verandert in de tijdsperiode 1990-2022, of langer indien relevant?)</i> <p>Wateren die ook op andere manieren onder druk staan (onderliggend lijden) zijn extra kwetsbaar. Het reduceren van deze drukfactoren (eutrofiëring, lage habitatdiversiteit, dynamiek en slechte connectiviteit, overexploitatie etc.) vergroot dus ook de adaptatiecapaciteit t.a.v. klimaatverandering.</p>

Impact

Beschrijf wat de impact van het risico is op de sector (bijv. landbouwgewasschade door droogte en daardoor resulterende opbrengstderving). Maak hierbij onderscheid tussen subsystemen (bijv. aardappelen, mais, gras), indien relevant.

Benoem hierbij:

- Impacts op relevante subsectoren*
- Daadwerkelijk opgetreden impacts, in de periode 1990 – 2022 (bijv. belemmering voor scheepvaart door lage rivierstanden in 2018)*
- Potentieel op te treden impacts*
- Welke partijen worden geraakt door / dragen de gevolgen van de impact*
- Trend (1990-2022, of langer indien relevant)*
- kaarten en modellen ter illustratie*

De hier behandelde parameters, verblijftijd en stratificatie en de ecologische gevolgen daarvan, worden niet gericht gemonitord. Veranderingen in verblijftijd zijn vooral van belang als ze korter waren dan ongeveer een maand en van daar uit langer worden. Indicatoren zijn dan de ratio opgelost / totaal fosfaat (wordt lager bij verlenging) en chlorofylconcentratie (neemt toe tot opgelost fosfaat wordt uitgeput).

Verlenging van stratificatieperiodes kan leiden tot sterkere afname van zuurstof in de onderlaag, waarbij tevens nalevering van fosfaat toeneemt. Zuurstof en fosfaat zijn dus indicatoren, maar moeten dan onder de spronglaag dan wel op meerdere dieptes worden gemeten. Voor de ecologie betekent verlenging een verminderde beschikbaarheid van dieper water voor macrofauna en vis, die hier bij hoge watertemperaturen tijdens hittegolven kan schuilen zolang er voldoende zuurstof is. Als de zuurstofconcentraties dalen kan dus enerzijds de hittestress van vis toenemen, terwijl menging van de waterkolom aan het eind van een stratificatieperiode kan leiden tot tijdelijke onderverzadiging in de hele waterkolom. Sterfte incidenten van organismen op de bodem, zoals zoetwatermosselen, of van vissoorten die gevoelig zijn voor hoge watertemperaturen en lage zuurstofconcentraties, zoals spiering, zijn dan goede indicatoren. Op dit moment is er echter geen standaard registratie van dit soort incidenten. Ook neemt de waarde van massale sterfte als indicatie uiteindelijk af als de betreffende soort ook door andere oorzaken afneemt. Als dat een onderdeel is van toename van diversiteit is dat in zekere zin positief, omdat daarmee in het voedselweb nieuwe, alternatieve voedselketens ontstaan.

<p>Cascade-effecten</p> <p>(“Impacts die direct of indirect doorwerken binnen een sector of in een andere sector en die de eindimpact vergroten of een nieuw risico vormen”)</p> <p>Zie methoderapport paragraaf 4.3.6</p>	<p><i>Beschrijf hier eventuele cascade-effecten die in zowel dezelfde sector als in een andere sector kunnen optreden als gevolg van de impact.</i></p> <p><i>Neem deze cascade-effecten ook mee in de eindrisico(s) en de waarschijnlijkheid, tenzij dit deel al door een ander kennisinstituut wordt uitgewerkt in een klimaatrisico.</i></p> <p>Blijvende algenbloei kan leiden tot omslagen in aquatische ecologie en diversiteit door ineenstorting van ondergedoken vegetatie en de daarbij behorende fauna.</p> <p>Veranderingen in de opbouw van het seizoen kunnen leiden tot mismatching tussen prooien en predators, als die verschillend reageren op stuurparameters (daglengte versus temperatuur).</p> <p>Massale sterfte van vis of bodemfauna kan leiden tot omslagen in soortsaamenstelling van de desbetreffende gemeenschap en tijdelijke voedselschaarste (vogels).</p> <p>Toename van algenbloei (met vorming van toxische stoffen) kan ook leiden tot meer problematische drinkwaterwinning en slechter zwemwaterkwaliteit.</p>
<p>Eindimpact: mens en cultuur</p> <p>Opties:</p> <p>- <i>Laag:</i> < 10.000 getroffen mensen, 0 – 10 ernstig gewonden/doden, lokaal* en/of omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Middel:</i> 10.000 – 100.000 getroffen mensen, 10 – 100 ernstig gewonden/doden, regionaal* en/of moeilijk omkeerbare cultuurschade</p> <p>- <i>Hoog:</i> > 100.000 getroffen mensen, > 100 ernstig gewonden/doden, nationaal* en/of onomkeerbare cultuurschade</p> <p>* cultuurschade op lokale/regionale/nationale schaal en/of op erfgoed van</p>	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor mens en cultuur. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 36.000 mensen die zonder elektriciteit komen te zitten). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. 10 tot 20 doden). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - voor de impact op mens, specificeer of bepaalde demografische (ouderen) of sociaal-economische groepen worden geraakt - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>Gevolgen voor de mens zijn afhankelijk van de eigenschappen van de (zwem)locatie: terwijl in zwemwater de kans en omvang van blauwalgenbloei toeneemt met de watertemperatuur, heeft een</p>

<p>lokale/regionale/nationale waarde</p> <p>N.B De categorie doden is uitgebreid met ernstig gewonden. → Zie leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022) Impactcriterium 2.1 (Doden), 2.2 (Gewonden) en voor getroffen: 2.3 (Gebrek primaire levensbehoefte, inclusief niet-ernstige en/of mentale gezondheidsklachten)</p>	<p>toename van de verblijftijd vooral effect als die aanvankelijk korter is dan ongeveer een maand. In dat geval kan een verlenging de toename van algen versterken. Vervolgens zijn er enkele mogelijke versterkingsmechanismen. In geval van toename van stratificatie kan versterking van zuurstoftekort leiden tot nalevering van fosfaat vanuit de bodem van putten, waardoor de kans op algenbloei verder toeneemt. Als sterft van schelpdieren of vis optreedt, kan de zuurstofconsumptie toenemen door afbraak. Sterfte van schelpdieren zoals mosselen heeft effect op de helderheid van het water, doordat filtratie afbreekt, terwijl ook de graas van algen afneemt. Massale sterfte van vis kan effect hebben op visserij, maar inmiddels in spieringvisserij in de binnenwateren niet meer toegestaan.</p>
<p>Eindimpact: natuur en milieu</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laag</i>: lokaal en/of omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Middel</i>: regionaal en/of moeilijk omkeerbare schade op natuur en milieu - <i>Hoog</i>: nationaal en/of onomkeerbare schade op natuur en milieu 	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor natuur en milieu. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. 12.000 hectare onomkeerbare schade). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. meer duiding in een exact aantal plantensoorten dat verdwijnt). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting) <p>Toename van algenbloei heeft de effecten die vroeger voor eutrofiering golden: afname van doorzicht en lichtbeschikbaarheid voor waterplanten, waardoor kans bestaat op een shift naar een “troebele toestand” met als gevolg een drastisch verlies van biodiversiteit. Het verdwijnen van ondergedoken vegetatie gaat gepaard met verlies van de daaraan verbonden gemeenschappen van ongewervelden, habitat voor kleine vis en van herbivore en benthivore watervogels. Incidenten van massale vissterfte hebben effect op de voedselbeschikbaarheid van piscivore vis en van visetende watervogels.</p>

	<p>Doordat de watertemperatuur in het voorjaar het sterkst is toegenomen terwijl de afname van de aanvoer van water uit de rivieren vervroegd afneemt, is ook zowel de toename van de verblijftijd als die van de kans op stratificatie in dit seizoen het grootst. Omdat de watertemperaturen dan nog beperkt zijn, heeft dat relatief weinig schadelijk effect op de zuurstofconcentraties. Toenam van sterfte incidenten heeft eerder effect op de zomer, wanneer de frequentie van hittegolven toeneemt en daarmee de kans op zuurstoftekort. Door de combinatie van beide verschuift de start van het blauwalgenseizoen naar voren.</p> <p>Trends in het optreden van effecten zijn lastig vast te stellen of lastig te interpreteren, hetzij omdat specifieke monitoring ontbreekt (sterfte incidenten), hetzij sprake is van een combinatie van drukfactoren die veranderingen kunnen veroorzaken (trends in chlorofyl- en fosfaatconcentraties).</p>
<p>Eindriscico: economie</p> <p>Opties:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laag: < € 100 miljoen - Middel: € 100 miljoen – 1 miljard - Hoog: > € 1 miljard 	<p><i>Beschrijf hier of er en zo ja, wat het eindimpact is voor economie. Benoem dit zo specifiek mogelijk (bijv. €105 miljoen). Selecteer vervolgens één van de drie opties aan de linkerkant. Het gaat om een inschatting in omvang van de totale impact wanneer een dergelijk klimaatrisico zich voordoet, op basis van de opgedane kennis over zowel daadwerkelijk opgetreden impacts als potentieel op te treden impacts.</i></p> <p><i>Geef indien mogelijk ook een range op in eindimpact (bijv. €150 miljoen tot €200 miljoen). Dit helpt voor meer duiding en begrip van het risico.</i></p> <p><i>(Beschrijf de eindimpact op ten minste één dimensie (mens en cultuur, natuur en milieu of economie) en als het kan op twee of zelfs drie dimensies)</i></p> <p><i>Benoem hierbij:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)

<p>Waarschijnlijkheid</p> <p>Opties (frequentie): - 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</p> <p>Opties (interval voor 1990-2022): - 90 – 100 % - 66 - 90 % - 33 – 66 % - 10 – 33 % - 0 – 10 %</p> <p>N.B. intervalklassen zijn aangepast t.o.v. methoderapport</p>	<p>Beschrijf hier de waarschijnlijkheid dat het risico zich in de huidige situatie voordoet. Selecteer hierbij één van de opties aan de linkerkant.</p> <p>N.B.: er moet nog worden besloten welk van de twee type waarschijnlijkheid (frequentie of interval) we in dit project hanteren.</p> <p>Benoem hierbij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - relevante ruimtelijke verschillen - kaarten en data ter illustratie - op hoofdpunten (gebruikte informatie, aggregatie, onzekerheid, expertbeoordeling) hoe deze inschatting tot stand is gekomen (geef in de kwaliteitsborging een uitgebreide toelichting)
<p>Kantelpunten</p> <p>("Onomkeerbare overschrijding van kritieke drempel")</p>	<p>Indien relevant en beschikbaar: beschrijf hier eventuele kantelpunten die in de huidige situatie kunnen ontstaan, waardoor het risico zich in een nieuwe richting begeeft en/of onomkeerbare schade kan aanrichten.</p> <p>Toename van algenbloei kan leiden tot een kantelpunt als sprake is van zodanige toename dat vegetaties van waterplanten instorten door lichtgebrek(zie impact natuur). In dat geval neemt de biodiversiteit in het betreffende water drastisch af. Over dergelijke omslagen in watersystemen is veel literatuur.</p>

Context

Bestuurlijke situatie Zie methoderapport paragraaf 4.2.3	<p><i>Zijn er wettelijke normen en doelen voor adaptatie? Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering? Wat zijn de huidige rollen en taakverdelingen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden en wat zijn de sturingsmogelijkheden van de overheid in de huidige situatie? Voldoet deze bestuurlijke situatie om het risico aan te pakken met adaptatiemaatregelen, en zo niet, wat moet er veranderen? Welke partijen zijn betrokken of hebben belang bij adaptatie?</i></p> <p>Effecten op doelbereik onder Europese richtlijnen als KRW en Natura 2000.</p>
Samenhang met andere transities en beleid Zie methoderapport paragraaf 4.2.4	<p><i>Indien relevant: hoe wordt het klimaatrisico beïnvloed door andere (maatschappelijke) transities en daarop gericht beleid (bijv. beleid om oudere langer thuis te laten wonen, beperkingen in verzekeringen of de energietransitie)?</i></p> <p>Mogelijke interactie met energietransitie, bijv. zon op water (effecten op watertemperatuur en stratificatie), thermische energie uit oppervlakte water en koelwaterwinning. Daarnaast effect van waterkwaliteit op drinkwaterwinning en landbouw.</p>
Internationale aspecten Zie methoderapport paragraaf 4.2.2	<p><i>Zijn internationale aspecten relevant voor het klimaatrisico? Benoem zowel effecten van/op internationale handelsketens, kwetsbaarheden (zoals voedselvoorziening/zekerheid) en (sociale) ongelijkheid. Ook internationale beleid (bijv. dichtdraaien van de Russische gaskraan), indien relevant.</i></p> <p>Internationale afspraken over biodiversiteit en natuurdoelen (KRW, Natura 2000), afspraken over natuurherstel (vistrek) op het niveau van stroomgebieden etc.</p>
Maladaptatie en/of 'lock-ins' <i>(Maladaptatie: adaptatiemaatregel die een negatief gevolg heeft in een (andere) (beleids)sector en/of die onbedoeld het klimaatrisico vergroot)</i> <i>('lock-ins': maatregelen met een langdurige uitwerking in een (beleids)sector, die een klimaatrisico vergroten en lastig of duur zijn om ongedaan te maken)</i>	<p><i>Is er sprake van maladaptatie of dreigende lock-ins?</i></p> <p>Ingrepen tegen effecten van klimaatverandering op veiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid maken het ecosysteem gevoeliger voor klimaatverandering; verdere compartimentering en regulering van waterkwantiteit verkleinen de connectiviteit en dynamiek die nodig is voor een klimaatrobuust ecosysteem en behoud van biodiversiteit.</p>

Aanknopingspunten voor adaptatiebeleid

Zie methoderapport paragraaf 4.4.1

Waar liggen mogelijkheden om adaptatiebeleid op te ontwikkelen? Wat is er nodig (financieel, kennis, investeringen etc.) om dit beleid te ontwikkelen/verbeteren en uit te voeren? Waar zitten meekoppel-kansen of juist belemmeringen of grenzen aan adaptatie? Is het nodig om op korte termijn adaptatiemaatregelen te nemen (i.r.t. de omlooptijd/levensduur)?

Kwaliteitsborging

Transparantie, aggregatie en afbakening

Beschrijf hier hoe de analyse is uitgevoerd. Met welke kwantitatieve en/of kwalitatieve data/modellen is gewerkt, wat was de afbakening? Hoe zijn de verschillende onderdelen uitgezocht, hoe is de stap gemaakt van impact naar eindimpact(s) en hoe is de waarschijnlijkheid ingeschat? Dit is een belangrijk aspect voor de transparantie van het project en de aggregatie van informatie op verschillende niveaus.

Kennishiaten

Beschrijf hier de gaten in kennis waardoor de uitwerking van het risico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid) uiteindelijk anders zou kunnen zijn dan nu is aangenomen. Zijn er belangrijke kennishiaten waar onderzoek naar verricht zou kunnen worden om adaptatie voor dit klimaatrisico te verbeteren?

Onzekerheid en betrouwbaarheid	<i>Beschrijf hier de onzekerheden van de uitgevoerde analyse voor het klimaatrisico (klimaatdreiging, blootstelling, gevoeligheid, adaptatiecapaciteit, impact, eindimpacts en waarschijnlijkheid). In welke delen van de analyse zitten veel onzekerheden en in welke delen zit juist veel zekerheid? Hoe zeker zijn de uitkomsten van de klimaatrisicoanalyse? Benoem de betrouwbaarheid en de kwaliteit van het bewijs als de consensus daarover.</i>
Expertbeoordeling	<i>Beschrijf hier waar en hoe er gebruik is gemaakt van expertbeoordeling.</i>

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

Deltares

www.deltares.nl