

Systemvoorwaarden 2100

Onderdeel van Raamwerk waterveiligheidslandschappen



Systeemrandvoorwaarden 2100
Onderdeel van Raamwerk waterveiligheidslandschappen

Systeemrandvoorwaarden 2100

Onderdeel van Raamwerk waterveiligheidslandschappen

| | |
|-----------------------|---|
| Opdrachtgever | DELTARES |
| Contactpersoon | Annemargreet de Leeuw |
| Trefwoorden | Waterveiligheid, landschap, gebiedsontwikkeling, synergie |

| Documentgegevens | |
|----------------------|-----------------------|
| Versie | 1.0 |
| Datum | 15-11-2022 |
| Projectnummer | 11208010-019 |
| Document ID | 11208010-019-HYE-0001 |
| Pagina's | 55 |
| Classificatie | |
| Status | definitief |

| Auteur(s) | | |
|-----------|---|--|
| | Ronald Roosjen, Mark Niesten en Annemargreet de Leeuw | |
| | | |

Samenvatting

In Nederland proberen we steeds meer anticiperend en slim overstroomingsrisico's te beheersen. Toch is de verwachting dat er op termijn knelpunten zullen ontstaan door effecten van klimaatverandering en veranderingen in het natuurlijke systeem (zoals bodemdaling of andere bodemligging in de rivieren). De nadruk op preventie in het waterveiligheidsbeleid leidt tot steeds grotere dimensies van onze waterkeringen. Deze claim zal steeds vaker conflicteren met andere belangen waardoor het draagvlak voor waterveiligheidsmaatregelen kan afnemen.

Waterveiligheid is een waarde die nu en nog meer in de toekomst ruimte nodig heeft in het landschap. Die ruimte is echter schaars, en heeft meestal al een andere functie. Bovendien hebben aanstaande transitie voor woningbouw, energie en landbouw ook ruimte nodig. De focus van waterveiligheid is momenteel mono-functioneel gericht op het realiseren van bescherming tegen hoogwater. Optimalisatie van het realiseren van voldoende bescherming is daarop gericht en vindt plaats vanuit het hier en nu, namelijk vanuit een geconstateerde opgave omdat een huidige kering niet aan de norm voldoet. Er wordt weinig gekeken naar het duurzaam veilig (doen) ontwikkelen van het landschap, of zelfs hoe de inrichting kan bijdragen aan waterveiligheid. Veel van de maatregelen die nu worden genomen vergroten de kwetsbaarheid van het gebied achter de dijken op de langere termijn. Meekoppelkansen en synergie-effecten, zowel huidige als toekomstige, worden onvoldoende gerealiseerd. Hierdoor blijft de potentie om toekomstbestendige oplossingen die maatschappelijke meerwaarde hebben onbenut.

Met het concept Waterveiligheidslandschappen wordt een gebiedsgerichte manier van denken geïntroduceerd om enerzijds een waterveilige omgeving te creëren en anderzijds optimaal aan te sluiten bij maatschappelijke, ruimtelijke en klimaatontwikkelingen.

Op dit moment loopt een voorbereidende fase waarin drie vraagstukken voorliggen: 1) welke houdingen vinden we met betrekking tot waterveiligheid nu en in de toekomst? 2) welke waterveiligheidsbouwstenen zijn er op dit moment bekend? en 3) met welke systeemrandvoorwaarden (vanuit water- en bodemsysteem) moeten we rekening houden? Dit beknopte rapport gaat in op de laatste vraag, en verkent daarvoor enerzijds hoe verschillende omgevingstypen reageren op klimaatverandering en anderzijds welke water- en bodemopgaven zich in verschillende omgevingstypen manifesteren. Het beknopte rapport geeft overzicht en daarmee kunnen vervolgacties gericht worden op het waar nodig scherper krijgen van randvoorwaarden vanuit het natuurlijke systeem voor een specifiek gebied. Het rapport helpt overzicht te krijgen in het totale krachtenveld dat zich manifesteert bij integrale gebiedsontwikkeling. In een vervolgfase van de ontwikkeling van Waterveiligheidslandschappen kunnen binnen de verschillende toekomstige contextfactoren (zoals systeemrandvoorwaarden en maatschappelijke ontwikkelrichtingen) integrale gebiedsoplossingen worden ontworpen waarin bouwstenen ten behoeve van waterveiligheid tevens bijdragen aan andere opgaven. En andersom; waarin bouwstenen ten behoeve van andere gebiedsopgaven (natuur, recreatie, landbouw, woningbouw, etc.) bijdragen aan waterveiligheid.

Deze vervolgfase vindt plaats in het kader van andere projecten voor geselecteerde gebiedspilots in het TKI project www.veiligheidslandschappen.nl en het KenI-project Waterveiligheids-landschappen. Daarmee wordt waterveiligheid als onderdeel van integrale gebiedsontwikkeling gepositioneerd.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Samenvatting | 4 |
| 1 | Introductie | 7 |
| 1.1 | Achtergrond | 7 |
| 1.2 | Wat is het probleem? | 8 |
| 1.3 | Een conceptuele oplossing: Waterveiligheidslandschappen | 9 |
| 1.4 | Stapsgewijze ontwikkeling Waterveiligheidslandschappen | 10 |
| 1.5 | Kennisvragen Waterveiligheidslandschappen | 10 |
| 1.6 | Doel van deze rapportage | 11 |
| 1.7 | Aanpak en werkwijze | 12 |
| 1.8 | Leeswijzer | 12 |
| 2 | Indeling gebieden / omgevingstypen | 13 |
| 2.1 | Criteria indeling | 13 |
| 2.2 | Veenweidegebieden | 14 |
| 2.3 | Hoge zandgronden | 15 |
| 2.4 | Verziltende kust en diepe polders | 16 |
| 2.5 | Hoofdwatersysteem | 17 |
| 2.6 | Verstedelijkte gebieden | 18 |
| 3 | Indeling systeemrandvoorwaarden en schets van de verwachte ontwikkelingen | 19 |
| 3.1 | Relevante randvoorwaarden | 19 |
| 3.2 | Schets verwachte relevante ontwikkelingen Waterveiligheid | 20 |
| 3.2.1 | Zeespiegelstijging | 20 |
| 3.2.2 | Bodemdaling | 20 |
| 3.2.3 | Hogere piekafvoeren rivieren | 20 |
| 3.2.4 | Toename kans verzakking veendijken | 20 |
| 3.2.5 | Waar speelt waterveiligheidsproblematiek zich af? | 20 |
| 3.3 | Schets verwachte relevante ontwikkelingen wateroverlast (incl. bodemdaling) | 22 |
| 3.3.1 | Extremere neerslag | 22 |
| 3.3.2 | Bodemdaling | 22 |
| 3.4 | Schets verwachte relevante ontwikkelingen droogte en hitte | 23 |
| 3.4.1 | Langere periodes van droogte | 24 |
| 3.4.2 | Lagere rivierafvoeren | 25 |
| 3.4.3 | Hittestress | 26 |
| 3.5 | Schets verwachte relevante ontwikkelingen zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting | 27 |
| 3.5.1 | Langdurige droogte (neerslag en rivieren) | 27 |
| 3.5.2 | Zeespiegelstijging | 27 |
| 3.6 | Schets verwachte relevante ontwikkelingen waterkwaliteit | 29 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.6.1 | Opwarming oppervlaktewater | 29 |
| 3.6.2 | Verziltting | 29 |
| 3.6.3 | Emissies en nutriënten | 29 |
| 3.6.4 | Afnemende rivierafvoeren | 29 |
| 4 | Opgaven en randvoorwaarden 2100 per omgevingstype | 30 |
| 4.1 | Introductie | 30 |
| 4.2 | Opgaven en randvoorwaarden 2100: veenweidegebieden | 31 |
| 4.3 | Opgaven en randvoorwaarden 2100: hoge zandgronden | 32 |
| 4.4 | Opgaven en randvoorwaarden 2100: verziltende kust en diepe polders | 33 |
| 4.5 | Opgaven en randvoorwaarden 2100: hoofdwatersysteem | 34 |
| 4.6 | Systeemrandvoorwaarden 2100: verstedelijkte gebieden | 35 |
| 4.7 | Indicatie opgave systeemrandvoorwaarden per omgevingstype | 36 |
| 5 | Reflectie en vervolg | 37 |
| 6 | Gebruikte bronnen | 39 |
| A | Bijlage A: Expert workshop 29 augustus | 40 |
| B | Bijlage B: Verwachte knelpunten en veranderingen per omgevingstype | 42 |

1 Introductie

1.1 Achtergrond

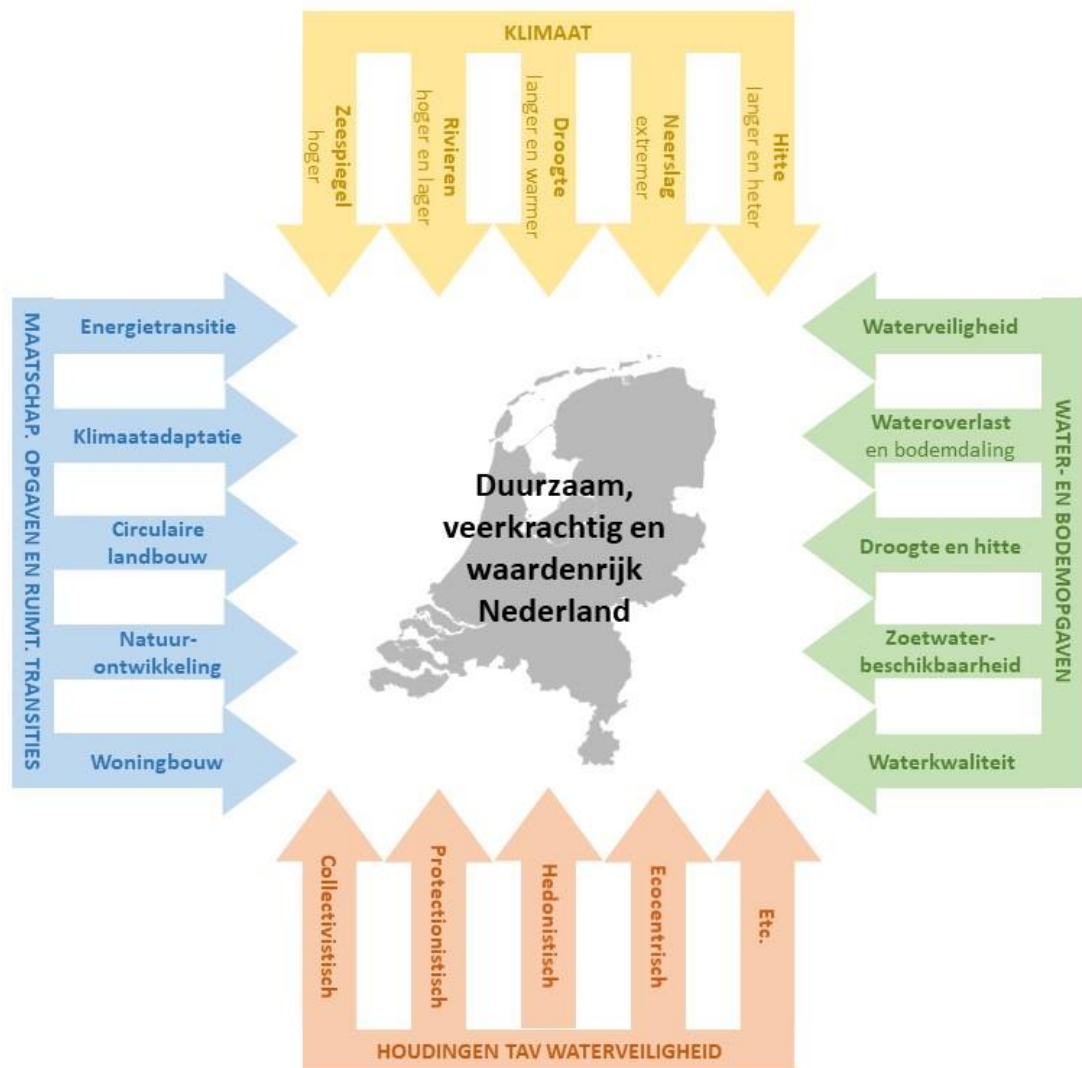
Hoe minimaliseer je het risico dat je in de toekomst spijt krijgt van beslissingen over de inrichting van een gebied en investeringen in waterveiligheid? Hoe zorg je ervoor dat kansrijke koppelingen met andere sectoren in beeld zijn? Hoe vergroot je de kans dat beslissingen over de inrichting van een gebied ook waterveiligheid voor de toekomst garanderen en dat er maatschappelijke meerwaarde wordt gegenereerd? Dat is waar Waterveiligheidslandschappen over gaat.

In Nederland proberen we overstromingsrisico's steeds slimmer te beheersen. Tot 1953 reageerden we voornamelijk op rampen door waterkeringen te herstellen en te verhogen tot iets boven de waargenomen waterstand. Na de watersnoodramp van 1953 werden terugkeertijden van hydraulische belastingen vastgesteld waarbij een kering niet mocht bezwijken. Deze overstromingsrisicobenadering, gebaseerd op *overschrijdingskansen*, is in 2017 vervangen door een risicobenadering gebaseerd op *overstromingskansen*. In de Waterwet zijn hiervoor maatschappelijk acceptabele overstromingskansen vastgelegd waaraan al onze primaire waterkeringen in 2050 moeten voldoen. Deze overstromingskansen zijn afgeleid van een toelaatbaar overstromingsrisico, uitgedrukt in groepsrisico, lokaal individueel risico en economisch risico. Deze benadering biedt volop mogelijkheden in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) om met lokaal maatwerk het vereiste beschermingsniveau voor inwoners en economie te realiseren. Toch is het de verwachting dat er op termijn knelpunten zullen ontstaan. De Nederlandse delta zal de effecten van klimaatverandering gaan voelen, in de stijgende zeespiegel, in de veranderende afvoeren en waterstanden van de rivieren en in de gevolgen van extreem weer. Daarnaast hebben we te maken met bodemdaling en veranderende bodemligging van onze rivieren waardoor de kwetsbaarheid van onze Delta, ook zonder verdere economische- of bevolkingsgroei, toeneemt. De sterke nadruk op preventie in het huidige veiligheidsbeleid leidt tot steeds grotere dimensies van onze waterkeringen. Deze claim op ruimte zal steeds vaker conflicteren met andere belangen waardoor het draagvlak voor het waterveiligheidsmaatregelen kan afnemen.

In de nieuwe Omgevingswet worden de overstromingskansen één van de omgevingswaarden voor de kwaliteit van de leefomgeving. Waterveiligheid wordt daarmee expliciet onderdeel van het landschap. Naast de waterveiligheidsopgave staat Nederland voor grote ruimtelijke transitie en opgaven, zoals de energietransitie, of op bijvoorbeeld het gebied van woningbouw, circulaire landbouw en natuurontwikkeling. Komende decennia worden veel middelen en energie gestoken in deze ruimtelijke ontwikkelingen, die als we het slim aanpakken ook een bijdrage kunnen leveren aan waterveiligheid.

De samenleving zoals we die nu kennen zal veranderen. Om die reden moeten we nu nadenken over de hoe de maatschappij en ons land er in de toekomst uitziet. Welke waarden zijn nu belangrijk, hoe ontwikkelen de trends in die waarden en welke vinden we op termijn belangrijk, en hoe kunnen we daar nu op voorsorteren en op anticiperen?

Samengevat is er nu al, en zal nog meer, druk op het landschap ontstaan zoals weergegeven in onderstaand Figuur 1.1.



Figuur 1.1. Druk op het landschap

1.2 Wat is het probleem?

Waterveiligheid is een waarde die nu en nog meer in de toekomst ruimte nodig heeft in het landschap. Die ruimte is echter schaars, en heeft meestal al een andere functie. Bovendien hebben aanstaande transitie voor woningbouw, energie en landbouw ook ruimte nodig.

De focus van waterveiligheid is momenteel mono-functioneel gericht op het realiseren van bescherming tegen hoogwater. Optimalisatie van het realiseren van voldoende bescherming is daarop gericht en vindt plaats vanuit het hier en nu, namelijk vanuit een geconstateerde opgave omdat een huidige kering niet aan de norm voldoet. Er wordt weinig gekeken naar het duurzaam veilig (doen) ontwikkelen van het landschap, of zelfs hoe de inrichting kan bijdragen aan waterveiligheid. Veel van de maatregelen die nu worden genomen vergroten de kwetsbaarheid van het gebied achter de dijken op de langere termijn. Meekoppelkansen en synergie-effecten, zowel huidige als toekomstige, worden onvoldoende gerealiseerd. Hierdoor blijft de potentie om toekomstbestendige oplossingen die maatschappelijke meerwaarde hebben onbenut.

1.4 Stapsgewijze ontwikkeling Waterveiligheidslandschappen

In de ontwikkeling van het concept Waterveiligheidslandschappen worden vooralsnog drie stappen voorzien:

- **Fase A; Ontwikkeling van een raamwerk voor Waterveiligheidslandschappen.**
Deze fase richt zich op het beantwoorden van de vraag welke typen Waterveiligheidslandschappen in de toekomst mogelijk betekenisvol kunnen zijn. Om deze vraag te kunnen beantwoorden passen we de [Reframing methode](#) toe. Binnen deze methode heeft Fase A betrekking op het ontleden van de bestaande context, het vormen van een beeld van de toekomstige context rondom waterveiligheid in 2100, het verkennen van de mogelijke diversiteit aan houdingen ten aanzien van waterveiligheid en het bepalen van de maatschappelijke waarden die leidend zouden kunnen zijn voor het ontwerpen van Waterveiligheidslandschappen in de toekomst.
- **Fase B: Algemene raamwerk vullen met bouwstenen/oplossingsrichtingen voor verschillende types Waterveiligheidslandschappen.**
- **Fase C: Toepassing** in trajectaanpak, (voor)verkenningen en Integrale Scopebepaling Waterveiligheidsopgaven (RWS-Ontwerpt, 2020); blijvend verrijken van aanpak en bouwstenen op basis van ervaringen en kennis.

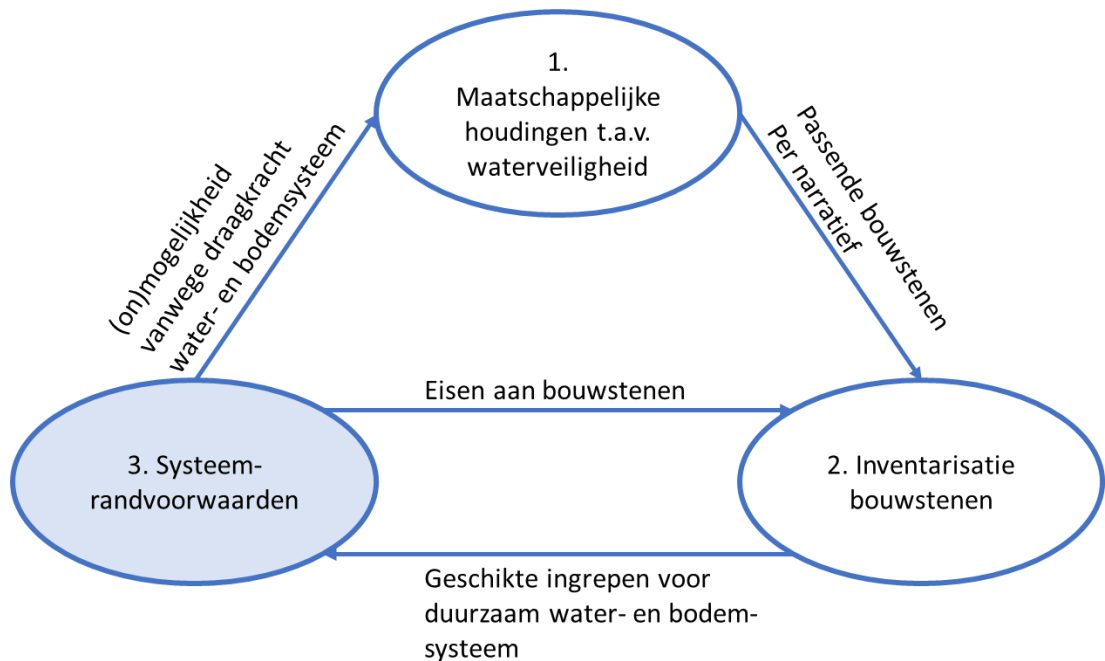
Het onderzoek dat uitgevoerd wordt in het kader van Kennis voor Keringen van Rijkwaterstaat richt zich alleen op Fase A; het ontwikkelen van een raamwerk voor Waterveiligheidslandschappen. Hiervoor is een frame opgesteld voor de diversiteit van mogelijke houdingen in de maatschappij ten aanzien van waterveiligheid in de toekomst.

Daarnaast spelen de lange termijn ontwikkelingen in de fysieke leefomgeving zoals bodemdaling en effecten van klimaatverandering. Deze ontwikkelingen zullen kansen of juist beperkingen leveren voor ontwikkeling van landschappen. In andere woorden: toekomstige systeemrandvoorwaarden zijn ook van belang in de definitie van toekomstperspectieven en transitiepaden. De systeemrandvoorwaarden zijn onderwerp van dit deelrapport.

Tot slot wordt in het Sito van Deltares in 2022 een inventarisatie gemaakt van bestaande, fysieke bouwstenen als startpunt voor het kunnen vormen van Waterveiligheidslandschappen in toepassingsprojecten.

1.5 Kennisvragen Waterveiligheidslandschappen

Binnen Fase A: de ontwikkeling van het concept Waterveiligheidslandschappen zijn kennisvragen geformuleerd die van belang zijn bij de verdere uitwerking van het concept. De eerste uitwerkingen van die kennisvragen hebben betrekking op drie aspecten (en hun onderlinge relaties) zoals weergegeven in onderstaande Figuur 1.3.



Figuur 1.3. Eerste verkenningen Waterveiligheidslandschappen

De vraagstelling van de verkenningen heeft de volgende focus:

1. Welke **houdingen in de Nederlandse maatschappij** vinden we met betrekking tot waterveiligheid? Dit onderzoek vindt plaats in het kader van het programma Kennis voor Keringen. Het blijkt dat acht narratieven de ruimte opspannen van mogelijke houdingen tot waterveiligheid.
2. Welke **waterveiligheidsbouwstenen** zijn er nu bekend, die onderdeel kunnen zijn van een transformatie-pad? Dit zijn (vaak ruimtelijke) maatregelen ten behoeve van waterveiligheid die ook meerwaarde leveren aan andere gebiedswaarden. Een eerste verkenning hiervan vindt plaats in het kader van Sito van Deltares; verdere doorontwikkeling zal plaatsvinden in het TKI-project www.veiligheidslandschappen en in het HWBP K&I-project Waterveiligheidslandschappen.
3. Met welke **systeemrandvoorwaarden** (van het water- en bodemsysteem) moeten we rekening houden? Vooruitlopend op lopend onderzoek in het kader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging willen we een indruk hebben waar we welke knelpunten kunnen verwachten. Deze eerste verkenning vindt plaats in het kader van Sito van Deltares als vingeroefening en wordt in dit rapport beschreven.

1.6 Doel van deze rapportage

Voor de verdere ontwikkeling van het concept Waterveiligheidslandschappen is het van belang om de waarschijnlijke toekomstige randvoorwaarden vanuit het water- (en bodem)systeem inzichtelijk te hebben. Deze randvoorwaarden geven immers toekomstige kaders en kunnen richting bieden aan de ontwikkeling van Waterveiligheidslandschappen. Deze rapportage richt zich dan ook op het inzichtelijk maken van deze (water- en bodem)systeemrandvoorwaarden.

1.7 Aanpak en werkwijze

Om te komen tot een overzicht van de gezochte systeemrandvoorwaarden binnen de kaders van dit onderzoek is gebruik van gemaakt van bestaande informatie en recente rapporten die zijn ontwikkeld binnen het 'water en bodem sturend'-dossier. Hierbinnen is in 2021 en 2022 relevante kennis ontwikkeld door o.a. Deltares, SWECO, Defacto en Antea. Op basis van o.a. deze informatie zijn systeemrandvoorwaarden in tabelvorm weergegeven, die vervolgens zijn getoetst en aangevuld door Deltares experts, en projectpartners RWS en Reframing Studio.

1.8 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk 2 worden vijf omgevingstypen onderscheiden, waarvan in het derde hoofdstuk relevante ontwikkelingen met betrekking tot klimaatverandering en bodemdaling worden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de systeemrandvoorwaarden per omgevingstype inzichtelijk gemaakt. Hoofdstuk 5 geeft een korte reflectie op de uitkomsten van deze rapportage en blikkt vooruit naar het gebruik van deze uitkomsten.

In de bijlagen is achtergrondinformatie opgenomen. Deze informatie is deels voortgekomen uit de expert workshop waarin systeemrandvoorwaarden zijn getoetst en verscherpt. Bijlage A bevat aanvullende noties uit de workshop, en Bijlage B bevat een overzicht van verwachte knelpunten voor andere landgebruiksfuncties per omgevingstype.

2 Indeling gebieden / omgevingstypen

2.1 Criteria indeling

Omdat de systeemrandvoorwaarden met name worden bepaald door het water- (en bodem)systeem, is een indeling gekozen van gebieden waarbinnen overeenkomstige kenmerken van het water- en bodemsysteem zijn. Soms zijn dit landschapstypen, en soms gebieden die in verschillende type landschappen kunnen liggen maar wel een eigen karakteristiek aan water- en bodemopgaven kennen. We introduceren daarom de term omgevingstypen.

De gehanteerde indeling van gebieden op basis van overeenkomstige water- en bodemkenmerken is:

- Veenweidegebieden;
- Hoge zandgronden;
- Verziltende kust en diepe polders;
- Hoofdwatersysteem;
- Verstedelijkte gebieden.

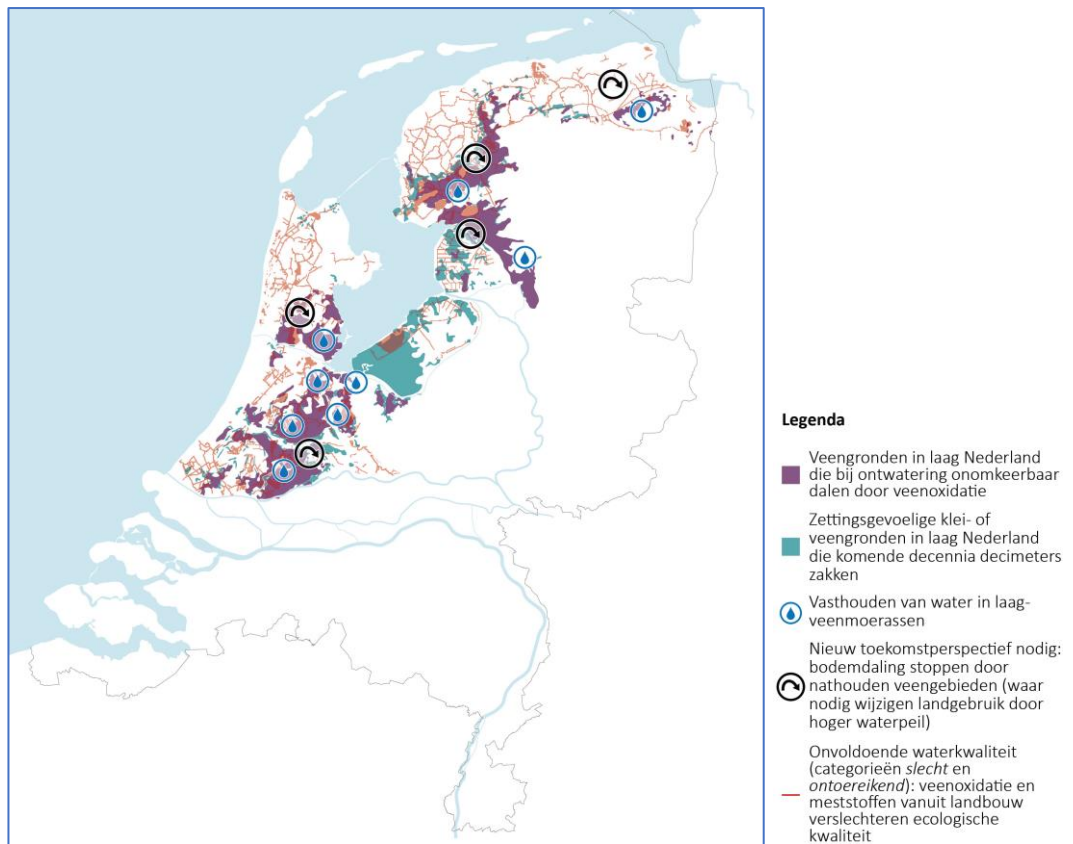
Deze indeling sluit aan bij verschillende rapportages die zijn opgesteld in de tweede helft 2021 en in 2022 door o.a. Deltares in het kader van invulling geven aan 'Water en bodem sturend', in opdracht van het Rijk (DGWB en Staf DC).

In volgende paragrafen wordt voor elk van deze gebieden kort enkele belangrijke kenmerken benoemd.

2.2 Veenweidegebieden

Enkele kenmerken gebied:

- Met name in Zuid-Holland, Noord-Holland en Friesland
- Bodemdaling als gevolg ontwatering (en oxidatie)
- Landgebruik grotendeels weidebouw



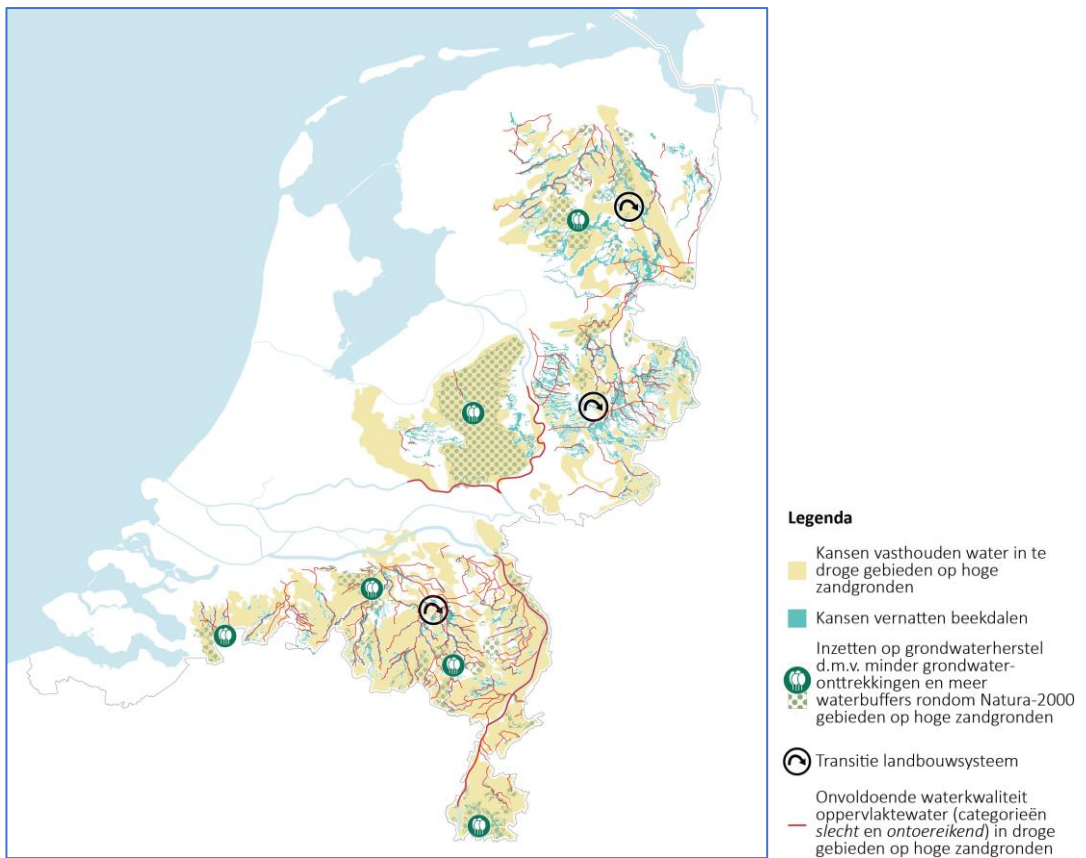
Figuur 2.1. Veenweidegebieden

Bron: Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer (Sweco, Deltares, Defacto, Antea, iov I&W, november 2021)

2.3 Hoge zandgronden

Enkele kenmerken gebied:

- Met name in oostelijk en zuidelijk Nederland
- (Te) goed ontwaterd voor landbouw en verstedelijking.
- Landgebruik vooral landbouw, (droge) natuur, verstedelijking



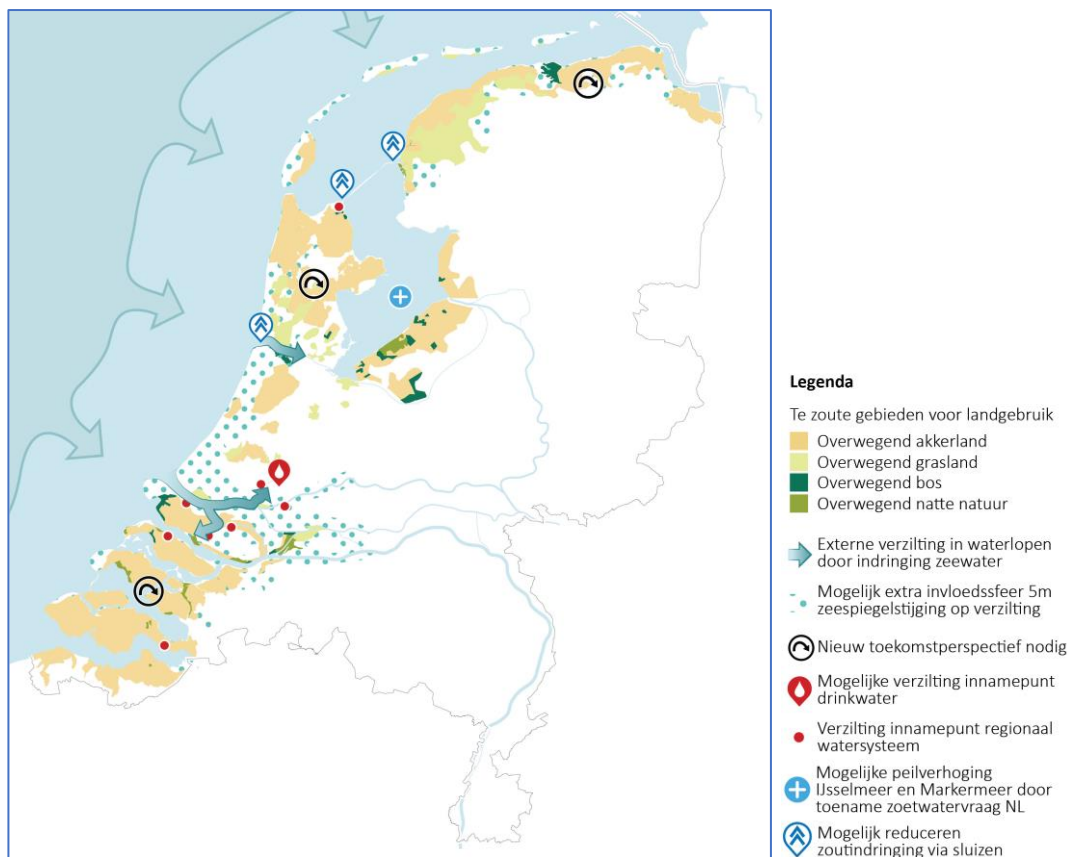
Figuur 2.1. Hoge zandgronden

Bron: Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer (Sweco, Deltares, Defacto, Antea, iov I&W, november 2021)

2.4 Verziltende kust en diepe polders

Enkele kenmerken gebied:

- Westelijk en noordelijk Nederland. Inclusief Noordzee.
- Vaak klei als ondergrond, en daarmee uitermate geschikt voor grondgebonden landbouw
- Verzilting via bodem en rivieren. Gevolgen landbouw en drinkwater.



Figuur 2.3. Verziltende kust en diepe polders

Bron: Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer (Sweco, Deltares, Defacto, Antea, iov I&W, november 2021)

2.5 Hoofdwatersysteem

Enkele kenmerken:

- Doorsnijden zandgronden en westelijk Laag-Nederland
- Gericht op vlot afvoeren water, en van belang voor oa zoetwatervoorziening
- Gevoeligheid overstromingen vanuit rivieren, meren en zee



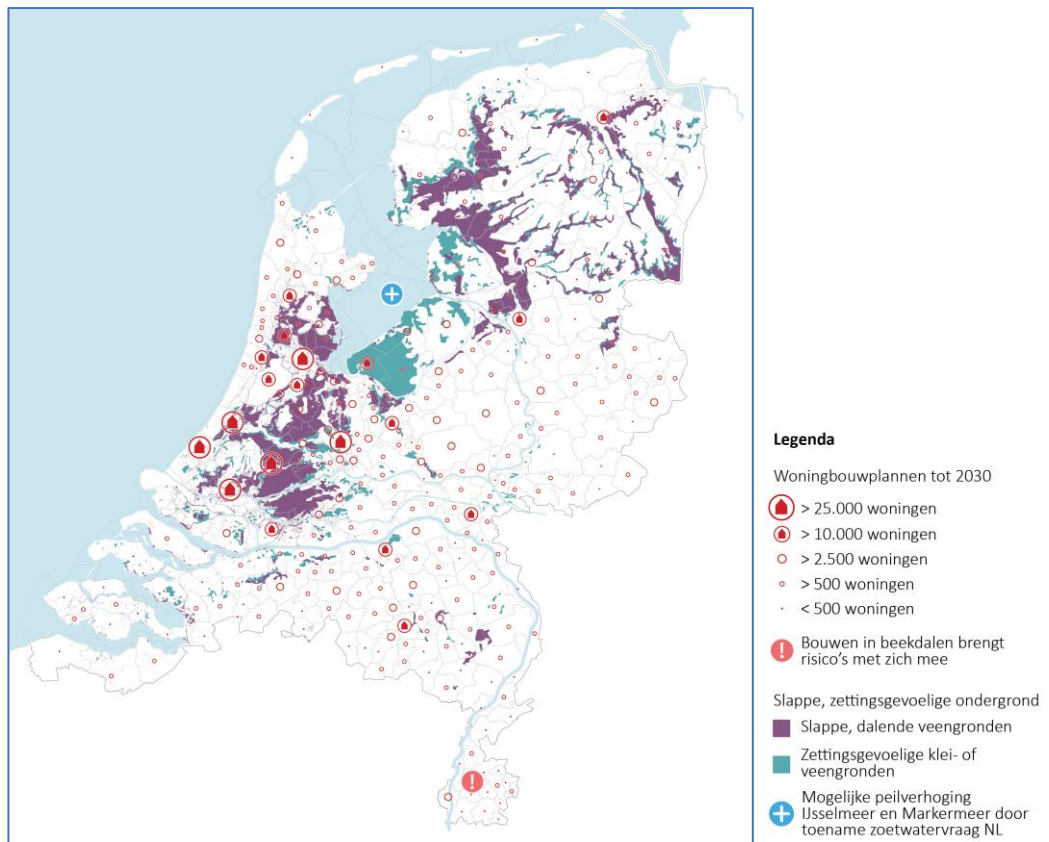
Figuur 2.4. Hoofdwatersysteem

Bron: Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer (Sweco, Deltares, Defacto, Antea, iov I&W, november 2021)

2.6 Verstedelijkte gebieden

Enkele kenmerken:

- Concentraties in met name West-Nederland
- Snel afvoeren neerslag staat centraal (via riolering en oppervlakte)
- Door verharding extra gevoelig voor wateroverlast, droogte en hitte.



Figuur 2.5. Verstedelijkte gebieden



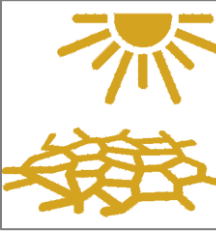
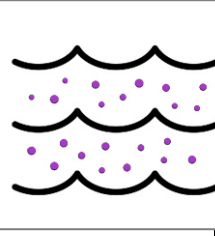

Bron: Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer (Sweco, Deltares, Defacto, Antea, iov I&W, november 2021)

3 Indeling systeemrandvoorwaarden en schets van de verwachte ontwikkelingen

3.1 Relevante randvoorwaarden

Zoals eerder toegelicht is het voor Waterveiligheidslandschappen van belang dat systeemrandvoorwaarden inzichtelijk worden gemaakt die op de lange termijn (2100) beperkend, of sturend, zijn voor de toekomstige ruimtelijke invulling van een gebied. Het systeem dat hiervoor meest relevant is, is het natuurlijke water- en bodemsysteem. Dit systeem verandert continu. Deels onder invloed van natuurlijke processen (bijvoorbeeld sedimentatie, uitspoeling, of bodemdaling), en deels door menselijk handelen (zoals klimaatverandering, of landgebruik).

Om relevante randvoorwaarden te identificeren die de toekomstige kaders bepalen van Waterveiligheidslandschappen, is het zinvol om te bepalen welke randvoorwaarden vanuit het water- en bodemsysteem relevant zijn. Hiermee wordt inzichtelijk wanneer het water- en bodemsysteem niet meer voldoet: wanneer is het niet meer veilig? Wanneer ontstaat er wateroverlast? Wanneer wordt het te droog en te heet? Wanneer is er niet meer voldoende zoetwater, of is de kwaliteit niet meer voldoende? De categorieën randvoorwaarden die hierbij onderzocht zijn:

| A Waterveiligheid | B Wateroverlast (incl. bodemdaling) | C Droogte en hitte | D Zoetwater- beschikbaarheid en verzilting | E Waterkwaliteit |
|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |

Figuur 3.1. De vijf onderzochte categorieën randvoorwaarden

Bij deze indeling staat waterveiligheid niet centraal, maar is één van de categorieën waarbinnen optredende randvoorwaarden zijn verkend. De reden hiervoor is dat bij een integrale gebiedsoplossing (wat een waterveiligheidslandschap is) waterveiligheid slechts een van de vele gebiedswaarden is, en meestal niet dominant is bij ruimtelijke inrichting en ontwikkeling. In fase B en C zal de vraagstelling worden opgepakt welke waterveiligheidsvraagstukken in ieder geval spelen, om vervolgens te onderzoeken hoe oplossingen voor de andere opgaven vanuit het water- en bodemsysteem en voor de maatschappelijke opgaven ten bate kunnen komen voor waterveiligheid.

Voor elk van deze randvoorwaarden wordt in de volgende paragrafen inzichtelijk gemaakt welke veranderingen in het systeem zijn te voorzien, waardoor het systeem op termijn (2100) niet meer (voldoende) voldoet om in het *autonome* gebruik te voorzien. Hiermee wordt bedoeld dat het systeem niet meer aan de eisen van waterveiligheid voldoet, niet meer de gewenste ecosysteemdiensten (schoon water, vruchtbare grond, etc.) kan leveren, of er bijvoorbeeld onaanvaardbaar risico op schade ontstaat. Het volgende hoofdstuk beschrijft vervolgens per omgevingstype hoe dit doorwerkt.

3.2 Schets verwachte relevante ontwikkelingen Waterveiligheid



3.2.1 Zeespiegelstijging

De zeespiegel zal naar verwachting de komende decennia verder stijgen. De huidige Deltascenario's gaan uit van een zeespiegelstijging tussen 0,35 en 1 meter in 2100. Enkele recente onderzoeken laten zien dat de zeespiegel vooral na 2050 mogelijk sneller en sterker kan stijgen met een bandbreedte in 2100 tot 2 meter bij 2°C klimaatverandering en 3 meter bij 4°C klimaatverandering.

In het meest recente klimaatrapport van het KNMI is het hoogste scenario van zeespiegelstijging in 2100 naar 1,2 meter tot zelfs 2 meter zijn (KNMI, 2021). Twee meter zeespiegelstijging zit op dit moment niet in de officiële scenario's. Echter zijn er een aantal moeilijk te kwantificeren effecten (bijvoorbeeld het instorten van ijskliffen) die grote effecten kunnen hebben op de zeespiegelstijging op de langere termijn.

Het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) geeft in een advies aan dat het verwacht dat waterveiligheid bij 1 meter zeespiegelstijging op de huidige manier (het versterken en verhogen van waterkeringen) te handhaven is, mits hiervoor de benodigde ruimte beschikbaar is rondom de huidige keringen (ENW, 2019). Ook de bescherming tegen 2 meter zeespiegelstijging is technisch gezien haalbaar, maar dit geeft wel grote maatschappelijke impact op de benodigde ruimte en overige functies zoals natuur, zoetwatervoorziening, scheepvaart etc. (ENW, 2019).

[Bron: Discussiestuk Water en bodem als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer, pagina 46]

Mogelijke gevolgen zeespiegelstijging ten aanzien van waterveiligheid:

- Stormvloedkeringen en sluizen verliezen sneller dan verwacht geleidelijk hun functionaliteit, en voldoen uiteindelijk niet meer.
- Rivieren en open wateren (zoals IJsselmeer) kunnen niet meer onder vrij verval afstromen / spuien op zee.
- Afvoermogelijkheden van rivieren op zee verminderen.
- Dijken langs kust en rivieren moeten verhoogd.
- Meer sediment nodig voor tegengaan kusterosie / onderhouden kustfundament

3.2.2 Bodemdaling

Bodemdaling in m.n. West-Nederland leidt tot toenemende hoogteverschillen en daarmee tot grotere potentiële overstromingsdieptes en -risico's.

3.2.3 Hogere piekafvoeren rivieren

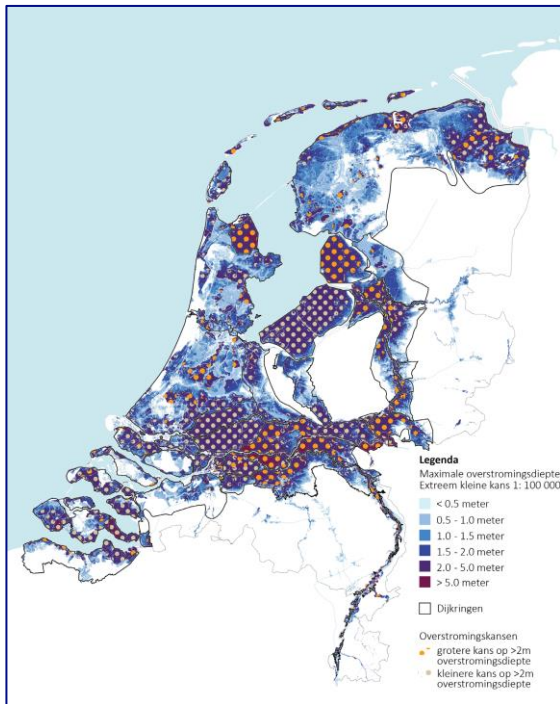
Klimaatverandering leidt tot extremere neerslag (voorbeeld juli 2021, waterbom op Limburg, Ardennen, Eiffel) met gevolgen voor waterveiligheid (overstromingen) langs watergangen en rivieren.

3.2.4 Toename kans verzakking veendijken

Tijdens langere periodes van droogte neemt de kans toe op uitdroging en verzakking van veendijken.

3.2.5 Waar speelt waterveiligheidsproblematiek zich af?

Waterveiligheid speelt vooral daar waar veel mensen zijn of waarde is - in bijvoorbeeld vastgoed. Dit zijn vaak stedelijke gebieden.



Figuur 3.1. Overstromingsdiepten en kansen

Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)



Figuur 3.2. Benodigde extra breedte van dijken bij elke dijkverhoging van 1m.

Gebaseerd op een expert-inschatting. De gele driehoeken markeren locaties (eerste indicatie) waar dit als eerste tot 'conflict' met huidige ruimtegebruik leidt. Bron: Deltares, 2022

3.3 Schets verwachte relevante ontwikkelingen wateroverlast (incl. bodemdaling)

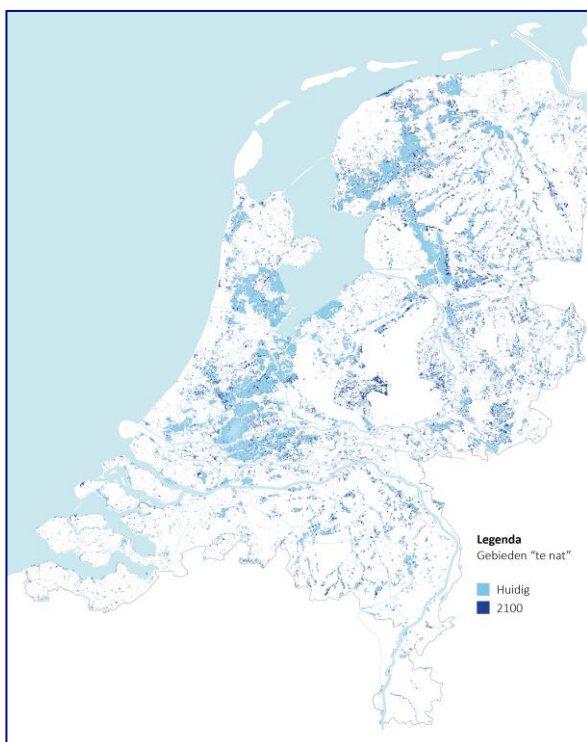


3.3.1 Extremere neerslag

Meer en intensere regenval door klimaatverandering (zoals Waterbom in juli 2021 op Limburg, Ardennen, Eiffel) zorgt ervoor dat er meer water moet worden afgevoerd in een kortere tijd, wat betekent dat de capaciteit van het afvoersysteem hierop berekend moet zijn. Het kan zijn dat er bij extreme regenval water niet kan worden afgevoerd.

Bijvoorbeeld als het Noordzeekanaal te vol (maximale waterpeil) dreigt te raken een maalstop moet worden afgekondigd: dit kan er in resulteren dat poldergebieden (waar dit het minste impact heeft) niet meer worden bemalen. Daarnaast zullen er lokaal vaker plassen ontstaan doordat water bij korte intensieve regenval niet snel genoeg kan afstromen. Dit kan leiden tot schade aan bebouwing of gewassen en zorgen dat wegen (en tunnels) onbegaanbaar zijn. (Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)

Ook in stedelijk gebied leidt extremere neerslag tot wateroverlast. Het watersysteem is hier nog vaak ingericht op vlot afvoeren van oude neerslag-intensiteiten, en voldoet niet meer aan toekomstige extremere neerslagpatronen.

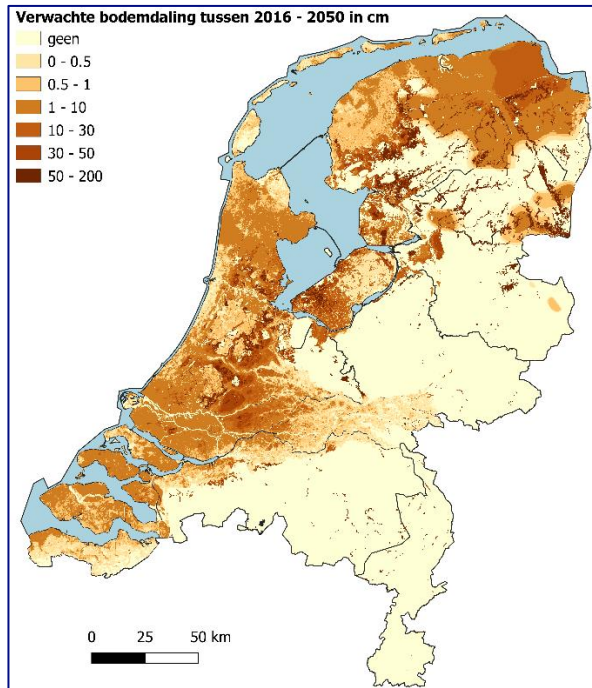


Figuur 3.3. Gebieden in 2100 te nat

Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)

3.3.2 Bodemdaling

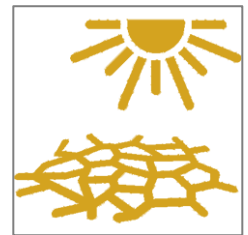
Om bodemdaling (door veenoxidatie) te beperken is peilopzet noodzakelijk. Hierdoor neemt waterbufferend vermogen van bodem af, en kans op wateroverlast toe.



Figuur 3-4 Verwachte bodemdaling tot 2050.

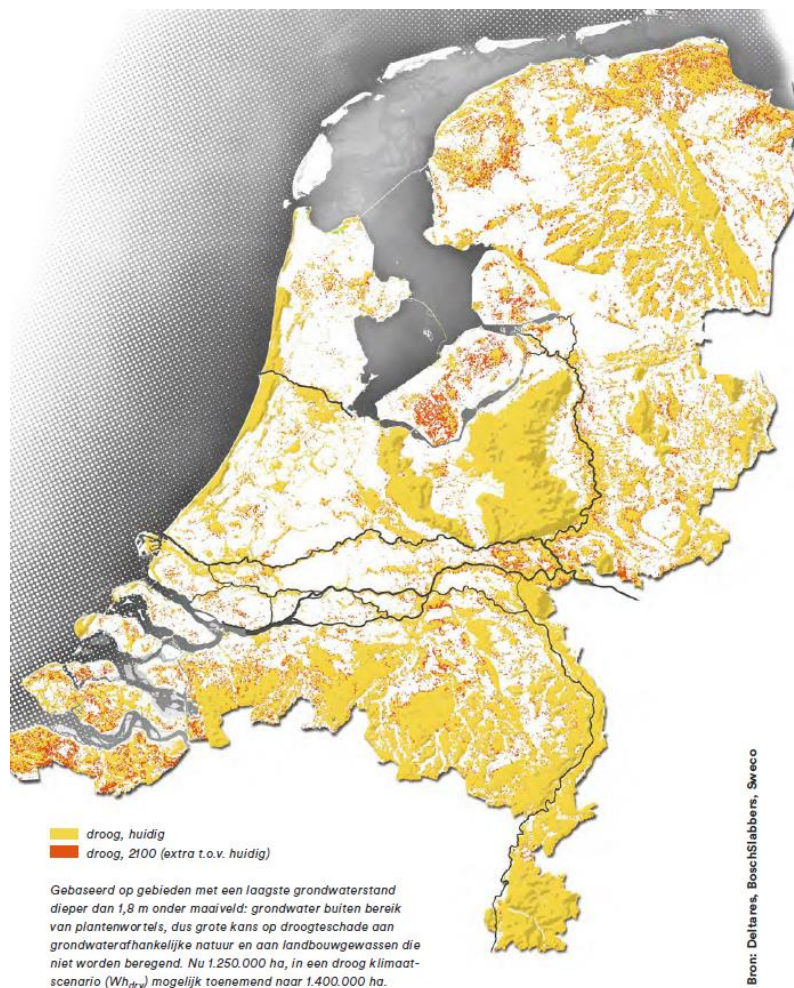
Bron: onbekend

3.4 Schets verwachte relevante ontwikkelingen droogte en hitte



Door klimaatverandering zal het aantal droge zomers toenemen: de periodes van droogte worden langer en het aantal warme dagen neemt toe. De droogte heeft invloed op de grondwaterstanden, die lokaal kunnen uitzakken. Deze uitdroging kan de bodemdaling in bodemdalingsgebieden versnellen, hiermee kan schade ontstaan aan bebouwing en infrastructuur en wordt meer CO₂ uitgestoten. Daarnaast zal in gebieden met een watervraag (landbouw, natuur) meer gebiedsvreemd water moeten worden ingebracht om de natuur en landbouw van voldoende zoetwater te kunnen voorzien. Bij het verdrogen van (doorgaans regionale of secundaire) veendijken neemt het risico op een dijkdoorbraak toe. Ook neemt het risico op bosbranden in droge perioden toe.

(Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)



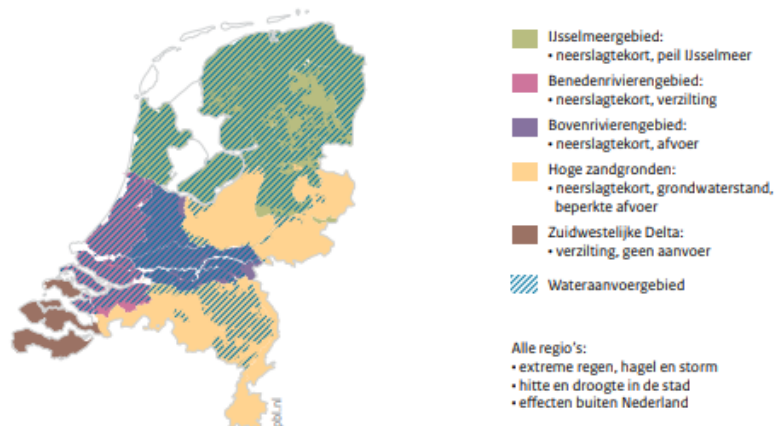
Figuur 3.5. Droogterisico/droogte stress 2100.

Bron: Op Waterbasis (Deltares, Bosch Slabbers, Sweco, juli 2021)

3.4.1 Langere periodes van droogte

De verwachte langere periodes van droogte leidt bijvoorbeeld watertekorten en slechtere waterkwaliteit. Zoals in het figuur hieronder te zien is, verschillen de gevolgen daarvan met regio. Het type uitdagingen verschilt bijvoorbeeld of in een gebied oppervlaktewater aangevoerd kan worden, of niet. Een ander belangrijk aspect is of de ondergrond water vast kan houden, hetgeen bij bijvoorbeeld zandgronden lastig is.

Risico op bosbranden zal in Nederland toenemen.



Figuur 3.6. Opgaven in relatie tot droogte en klimaatverandering

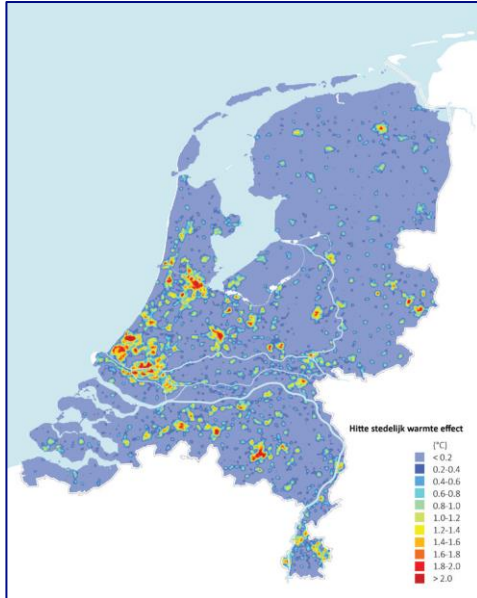
Bron: Mens et al. 2020

3.4.2 Lagere rivierafvoeren

Door droogte in omliggende landen zullen rivierafvoeren lager worden. Dit heeft gevolgen voor het zakken van grondwaterstanden achter de dijk waardoor schade kan optreden. Ook leidt tot zoetwatertekorten, en heeft het nadelige gevolgen voor bevaarbaarheid en bijvoorbeeld natte natuur. Verontreinigingen kunnen minder worden verdund door beperkt aanwezig water.

3.4.3 Hittestress

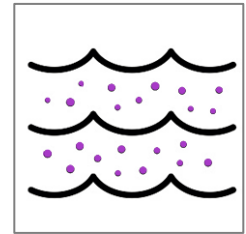
Hitte betekent dat de temperatuur (en met name de gevoelstemperatuur) hoog is. Door klimaatverandering neemt het aantal warme en hete dagen in de toekomst verder toe. Vooral in de stad, waar de bebouwing en verharding de warmte goed vasthoudt, kan dit tot hoge gevoelstemperaturen leiden. Dit kan gezondheidsklachten tot gevolg hebben, vooral kwetsbare groepen voor hitte (ouderen en jonge kinderen) kunnen hier ernstige gevolgen van ondervinden. Hogere temperaturen hebben ook invloed op de aanwezige soorten (ecologie), gewassen (landbouw), hoeveelheid verdamping en de waterkwaliteit. Daarmee kan hitte voor natuur, recreatie en landbouwgebieden grote gevolgen hebben.



Figuur 3.7. Hitte stedelijk warmte effect

Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)

3.5 Schets verwachte relevante ontwikkelingen zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting



Nederland kent een uitgebreid stelsel van rivieren, watergangen, pompen, gemalen en stuwen waarmee zoetwater kan worden verdeeld over het land. Het water vanuit de grote rivieren wordt benut voor drinkwaterwinning, natuur, landbouw en industrie. Voor de Maas zijn stuwen nodig om de waterhuishouding bij lage afvoeren op orde te houden. De vrij constante aanvoer van de Rijn geeft tegendruk aan het zoute water vanuit zee. Op de hoge zandgronden en delen van de Zuidwestelijke Delta is de mogelijkheid voor aanvoer van zoet water uit het hoofwatersysteem beperkt en is men aangewezen op neerslag en grondwater. Het IJsselmeergebied vormt een grote zoetwaterbuffer voor West- en Noord-Nederland.

(Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)



Figuur 3.8. Watervoorzieningsgebieden

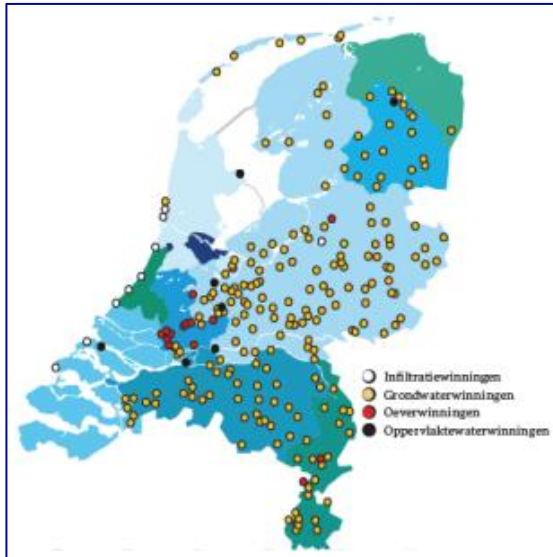
Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)

3.5.1 Langdurige droogte (neerslag en rivieren)

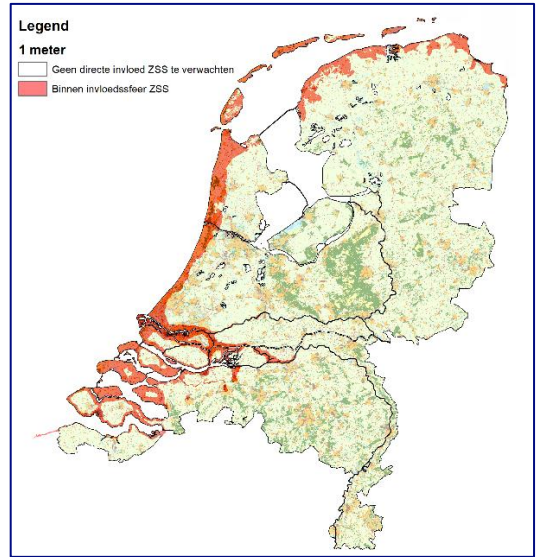
Met name door de verwachte langdurige droogteperiodes zal de zoetwaterbeschikbaarheid in het gedrang kunnen komen. Periodes met minder neerslag in binnenland en minder aanvoer van rivierwater uit buitenland zullen leiden tot meer droogteproblematiek.

3.5.2 Zeespiegelstijging

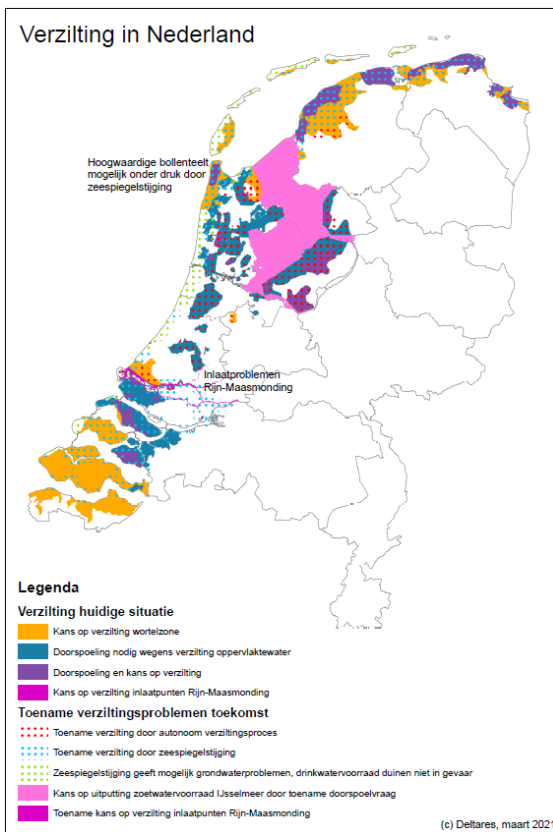
De zeespiegelstijging speelt een belangrijke rol in de toekomstige zoetwatervoorziening doordat met name meer verzilting zal plaatsvinden. Innamepunten voor zoetwater (drinkwater en doorspoeling) zullen steeds vaker niet bruikbaar zijn i.v.m. de optrekkende zouttong in rivieren, en door verzilting van grondwater in kustzones. Zeker in combinatie met droge periodes waarin weinig water in rivieren stroomt; dan kan zouttong extra diep landinwaarts komen. Verzilting in kustgebieden via de bodem wordt bij zeespiegelstijging groter. Dit heeft gevolgen voor oa grondgebonden landbouw, tuinbouw en natuur. Ook toenemende verzilting van zoetwatervorraden (zoals IJsselmeer) heeft een negatieve impact op de Nederlandse zoetwater- en drinkwatervoorziening.



Figuur 3.9. Drinkwaterwinlocaties
Bron: Drinkwaterstatistieken 2017, Vewin



Figuur 3.10. Invloedsfeer 1m zeespiegelstijging op grondwater
Bron: Deltares



Figuur 3.11. Verziltzende gebieden huidige situatie en gebieden waarin verziltzing in toekomst kan toenemen
Bron: Deltares, maart 2021

3.6 Schets verwachte relevante ontwikkelingen waterkwaliteit



3.6.1 Opwarming oppervlaktewater

Het door klimaatverandering warmer worden van (oppervlakte)water kan negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. Bijvoorbeeld door toename van algenbloei of verlies van zuurstof

3.6.2 Verzilting

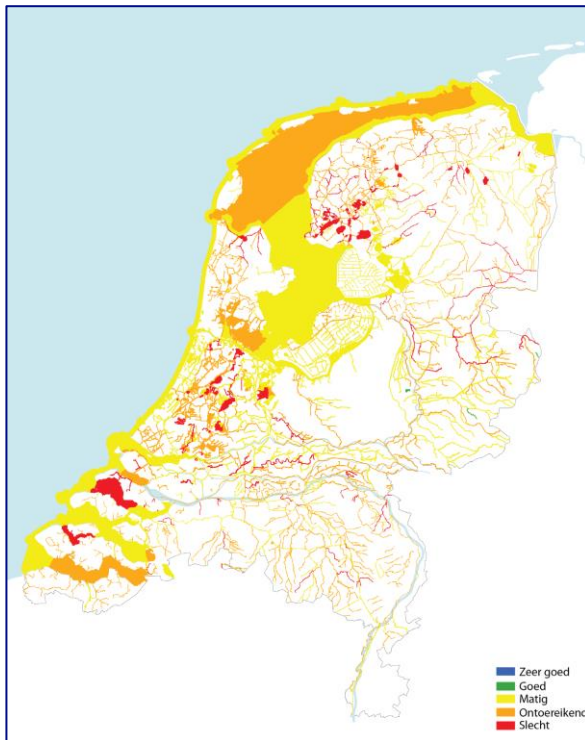
Met name door zeespiegelstijging neemt risico op verzilting toe. Hierdoor kan het water ongeschikt worden voor hoogwaardige teelten of bollenteelt/

3.6.3 Emissies en nutriënten

Intensief gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen leidt tot verminderde waterkwaliteit.

3.6.4 Afnemende rivierafvoeren

Door toenemende periodes waarin weinig rivierwater aanwezig is, kunnen eventuele verontreinigingen minder verdund worden.



Figuur 3.12. Kwaliteit Nederlands oppervlaktewater

Bron: Stapelkaart bodem en water (Defacto, ism Deltares, Sweco, Antea, iov I&W, 17-02-22)

4 Opgaven en randvoorwaarden 2100 per omgevingstype




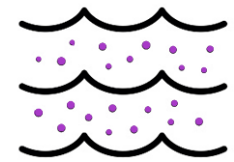

4.1 Introductie




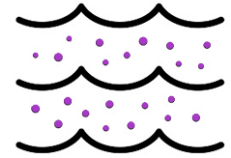

In onderstaande vijf tabellen worden voor elk van de in hoofdstuk 2 benoemde omgevingstypen per categorie randvoorwaarde aangegeven wat de verwachte of mogelijke ontwikkelingen zijn van het (natuurlijke) systeem. Hieruit komen zowel randvoorwaarden als toekomstige opgaven naar voren.




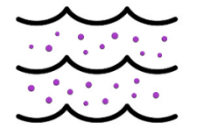

Tevens wordt in elke tabel aangegeven voor welke categorie randvoorwaarden de opgaven het grootst zijn. Hiervoor is onderstaande legenda gebruikt.




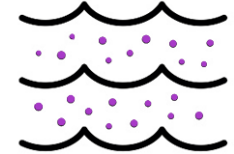
| | |
|--|---|
| | Matige grote opgave / systeemrandvoorwaarden |
| | Grote opgave / systeemrandvoorwaarden |
| | Zeer grote opgave / systeemrandvoorwaarden |

| veenweidegebieden | |
|--|---|
| <p>Waterveiligheid</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Bodemdaling in veenweidegebieden (en stijging van zeespiegel en extreme rivierafvoeren daarbuiten) leidt tot toenemende hoogteverschillen en daarmee grotere potentiële overstromingsdieptes en -risico's. Bodemdaling vergroot in deze gebieden het hoogteverschil, met name langs honderden kilometers aan (veen)kades. |
| <p>Wateroverlast (incl. bodemdaling)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Laag gelegen veenweidegebieden hebben door een hoog grondwaterpeil beperkt vermogen om neerslag te bufferen. Door de verwachte meer intensieve neerslagpatronen zal het steeds lastiger worden om wateroverlast in veenweidegebieden te voorkomen en beperken. • Om bodemdaling (GHG) te beperken is peilopzet in veenweidegebieden noodzakelijk. Dit staat op gespannen voet met andere functies zoals landbouw en bebouwing. |
| <p>Droogte en hitte</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Verdroging en hitte leiden tot meer verdamping waardoor meer zoetwater nodig is om veenweidegebieden van voldoende zoetwater te voorzien. Hiermee kan worden voorkomen dat het waterpeil daalt en veenoxidatie plaatsvindt. Veenoxidatie leidt tot bodemdaling en CO₂-uitstoot. • Hitte(-stress) is van relatief beperkt belang in veenweidegebieden door het ruim aanwezige water en groen. Wel speelt hogere luchtvochtigheid een rol |
| <p>Zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • In veenweidegebieden is grote behoefte aan zoetwater om het waterpeil hoog te houden (ivm bodemdaling, en doorspoeling tegen verzilting). De zoetwaterbeschikbaarheid staat steeds verder onder druk door veranderend klimaat en vergroting van de watervraag door meerdere andere functies tijdens droge perioden. • Er zal op sommige plaatsen een toename zijn van verzilting van bodem- en oppervlaktewater, hetgeen problemen oplevert voor voortzetten van functies zoals (grondgebonden) landbouw, en natuur. |
| <p>Waterkwaliteit</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • De waterkwaliteit in veengebieden is slecht door emissies uit de landbouw, door nalevering van nutriënten uit de bouwvoor, door vrijkomende nutriënten bij veenafbraak en door verzilting. • Lage waterkwaliteit heeft nadelige gevolgen voor natuur, ecologie en leefomgeving in bebouwde gebieden. • Voor veengroei zijn goede waterkwaliteit en lage pH nodig. |

| hoge zandgronden | |
|--|---|
| <p>Waterveiligheid</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Waterveiligheid is vooral van belang in delen waar rivieren of beken door de hoge zandgronden snijden, en op de plaatsen waar het water uit vrij afwaterende hoger gelegen gebieden samenkomt. Op die plekken staat waterveiligheid op lange termijn onder druk door met name de verwachte intensievere neerslag. • In het grootste (de overige) deel van hoge zandgronden zijn er beperkt randvoorwaarden (/veranderingen van het systeem) te verwachten door functie waterveiligheid. • Wel kan de behoefte t.b.v. zoetwatervoorziening aan vasthouden, bergen en vertraagd afvoeren leiden tot ingrepen tot in de haarvaten, met positief effect voor het dempen van extreme afvoer. |
| <p>Wateroverlast (incl. bodemdaling)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Door zandige bodems en diepe grondwaterstanden zijn er weinig systeemrandvoorwaarden voor de functie wateroverlast voorzien. • Door de inrichting van de ruimte, watersysteem en slechte bodemstructuur is wel wateroverlast te verwachten in met name beekdalen. • Bodemdaling zorgt in hoge zandgronden (door gebrek aan veen en klei) voor zeer weinig problemen. • Potentiele grondwateroverlast aan randen van Hoge zandgronden en beekdalen. |
| <p>Droogte en hitte</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Door het uitgebreide ontwateringssysteem en de zandige bodems die weinig water vasthouden, verdrogen deze gebieden. De verwachte langere periodes van droogte en hitte versterken dit. • Door het intensieve (waterverbruikende) grondgebruik vindt vergaande ontwatering plaats hetgeen verdroging versterkt. |
| <p>Zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Zoetwaterbeschikbaarheid staat nu en op termijn onder druk door inrichting systeem op ontwatering, en door verwachte langdurigere periodes van droogte. • De landinwaarts trekkende zouttong op rivieren (als gevolg van zeespiegelstijging en verminder rivierafvoer) kan op lange termijn zoetwaterinlaatpunten of drinkwatervoorzieningen bereiken. • Diepere grondlagen die gebruikt worden voor drinkwaterwinning worden meer verontreinigd. • Uitputting grondwatervorraden. |
| <p>Waterkwaliteit</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Het intensieve gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen leidt tot verslechterende waterkwaliteit (oppervlaktewater en grondwater). • Droogte (en verwarming) leidt tot toename van blauwalg, botulisme en toename concentratie schadelijke stoffen. |

| verziltende kust en diepe polders | |
|--|---|
| Waterveiligheid  | <ul style="list-style-type: none"> • Zeespiegelstijging en bodemdaling leiden tot groter verschil tussen waterniveaus en kan leiden tot vergroting overstromingsrisico. • Hogere piekafvoeren in rivieren (door extremere neerslagpatronen) kunnen leiden tot verminderde waterveiligheid. • Zandbeschikbaarheid voor kustversterking op termijn onzeker. |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling)  | <ul style="list-style-type: none"> • Hoge waterstanden in diepe polders verminderen het waterbufferend vermogen van de bodem. Hierdoor is kans op wateroverlast groter. • Bodemdaling in veenweidegebied leidt tot grotere kweldruk in diepe polders. |
| Droogte en hitte  | <ul style="list-style-type: none"> • Toenemende droogte en hitte kan in deze gebieden (door hoge verdamping) leiden tot watertekort en daarmee vergroting verzilting van de bodem. • Hitte (en verdroging) leidt in kustgebieden en diepe polders tot relatief minder grote uitdagingen vanwege ruime aanwezigheid water en natuurlijk landgebruik. In stedelijk gebied is toenemende hitte-stress van belang. |
| Zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting  | <ul style="list-style-type: none"> • Door klimaatverandering (droogte en zeespiegelstijging) en bodemdaling neemt verzilting toe en zoetwaterbeschikbaarheid af. • Doorspoelen van regionale watersysteem om verzilting tegen te gaan kost nu al een groot aandeel van het beschikbare zoetwater, en dit neemt verder toe. • Zoetwaterinlaatpunten kunnen verzilten door verminderde rivierafvoer i.c.m. landinwaarts trekkend zouttong door zeespiegelstijging. Dat heeft gevolgen voor drinkwaterwinning en zoetwater voor landbouw en natuur. • Drinkwaterwinning in kustgebied (duinen) kan onder druk komen te staan door toenemende verzilting door zeespiegelstijging. • Door zeespiegelstijging neemt kans op opbarsten bodem toe, en daarmee verzilting ondergrond, grond- en oppervlaktewater. |
| Waterkwaliteit  | <ul style="list-style-type: none"> • Het oppervlaktewater in kuststrook en diepe polders kan ongeschikt worden voor hoogwaardige landbouw, bollenteelt en natuur door verzilting. |

| | hoofdwatersysteem |
|---|--|
| Waterveiligheid  | <ul style="list-style-type: none"> • Door stijging van zeespiegel en hogere piekafvoeren (als gevolg van extreme neerslag) van rivieren kan waterveiligheid onder druk komen te staan. Dijken en waterkeringen moeten verhoogd (en verbreed). • Hogere zeespiegel vergroot effect op verminderde afvoermogelijkheden rivieren, beperkingen in spuien onder vrij verval van bijvoorbeeld IJsselmeer naar Waddenzee. Dit kan tot verhoogd waterpeil in hoofdwatersysteem leiden met gevolgen voor waterveiligheid. • Door zeespiegelstijging is meer sediment nodig voor versterking kustfundament en op orde houden waterkerende werking kust. • Duurzame sedimentbalans voor rivieren staat onder druk. • Doorwerking extremere neerslag op rivieren: periodiek hogere rivierstanden. Meer ruimte voor rivieren nodig. • Hoofdwatersysteem heeft beperkt ruimte voor maatregelen om gevolgen van klimaatverandering op te vangen. • Mogelijk verdrinken van Waddenzee door zeespiegelstijging. • Te weinig rivierwater kan bijdragen aan scheurende kleilagen. |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling)  | <ul style="list-style-type: none"> • Bodemdaling in westelijk Nederland kan leiden tot groter hoogteverschil met rivieren / hoofdwatersysteem. Dit kan leiden tot meer kwel en wateroverlast. • In laaggelegen polders en beeksystemen is meer ruimte nodig voor tijdelijke buffering van extreme neerslag om wateroverlast te voorkomen. |
| Droogte en hitte  | <ul style="list-style-type: none"> • Toenemende droogte en hitte kunnen de robuustheid van veendijken aantasten, hebben daarmee impact op waterveiligheid van hoofdwatersysteem. • Toenemende verdamping zorgt voor verhoging concentraties schadelijke stoffen in water, en daarmee verminderde waterkwaliteit. • Lagere waterstanden hoofdwatersysteem door droogte en hitte. |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting  | <ul style="list-style-type: none"> • Waterbuffers in het hoofdwatersysteem (oa IJsselmeer) gaan steeds vaker ontoereikend zijn in tijden van droogte om te voorzien in zoetwater (doorspoeling landbouw, en drinkwaterwinning). • Door zeespiegelstijging en periodes met lagere rivierafvoeren zullen landinwaarts trekkende zouttongen steeds verder landinwaarts tot problemen leiden vanwege verzilting en beperkte zoetwaterbeschikbaarheid. |
| Waterkwaliteit  | <ul style="list-style-type: none"> • Door meer en langere periodes met minder rivierwater kunnen eventuele verontreinigingen minder goed verdund worden. • Warmer wordend water kan negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit van het hoofdwatersysteem (o.a. algenbloei, verlies van zuurstof). • Opwarming rivierwater heeft gevolgen voor gebruik als koelwater, drinkwater, ecologie, industriële toepassingen, etc. • Verversing van oppervlaktewater (mede-bepalend voor waterkwaliteit) staat in de toekomst meer onder druk door droogte. |

| | verstedelijkte gebieden |
|---|---|
| Waterveiligheid  | <ul style="list-style-type: none"> • Waterveiligheid in buitendijkse verstedelijkte gebieden staat op korte termijn onder druk door met name veranderende rivierafvoeren. • Waterveiligheid van binnendijkse bebouwde gebieden staat vooral op lange termijn onder toenemende druk door met name zeespiegelstijging, veranderende rivierafvoeren (en bodemdaling). • Veel verstedelijking bevindt zich op risicovolle locaties (die vaak juist aantrekkelijk zijn voor bebouwing door aanwezigheid van water). • Juist in verstedelijkte gebieden is vaak de ruimte schaars om te besteden aan waterveiligheidsmaatregelen. • Door zeespiegelstijging op lange termijn mogelijke overstap naar andere ruimtelijke strategie. |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling)  | <ul style="list-style-type: none"> • Met name door veranderende en meer intensieve neerslagpatronen hebben (steeds meer verdichtende) bebouwde gebieden grotere uitdagingen om wateroverlast te beperken. • Door woningbouwopgave (900.000 woningen) verdere verdichting van verstedelijkt gebied. • Bodemdaling heeft in verstedelijkte gebieden grote gevolgen voor (de kosten van) het beheer en onderhoud van de openbare ruimte. • Sociale ongelijkheid draagt bij ongelijke risicospreiding. |
| Droogte en hitte  | <ul style="list-style-type: none"> • Stedelijke watersysteem zijn nog vaak gericht op een vlotte ontwatering. Door toenemende droogte wordt het steeds belangrijker om water juist vast te houden en te kunnen gebruiken in droge periodes. • Hitte is met name problematisch voor kwetsbare groepen (mens en natuur). Door het vasthouden van warmte in vooral dicht bebouwde omgeving zijn dit de plekken met hoge hitte-stress. • In verstedelijkte gebieden is een groeiend risico op funderingsschade (tot 2050 een potentiële kostenpost van € 8 tot 54 miljard), door veranderend water- en bodemsysteem. |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting  | <ul style="list-style-type: none"> • Beschikbaarheid van drinkwater voor grootschalige stedelijke gebieden staat steeds meer onder druk. Levering van voldoende drinkwater in toekomstige steden is niet gegarandeerd door uitputting van bodemwater en beperkte beschikbaarheid zoet oppervlaktewater. • Negatieve impact van verzilting (corrosie van funderingen, kademuuren, etc) speelt met name in verstedelijkte gebieden in Laag-Nederland. |
| Waterkwaliteit | <ul style="list-style-type: none"> • Door de grote combinatie en hoge dichtheid van stedelijke functies staat de waterkwaliteit in verstedelijkte gebieden steeds verder onder druk. |

| | |
|---|--------------------------------|
|  | verstedelijkte gebieden |
| | |

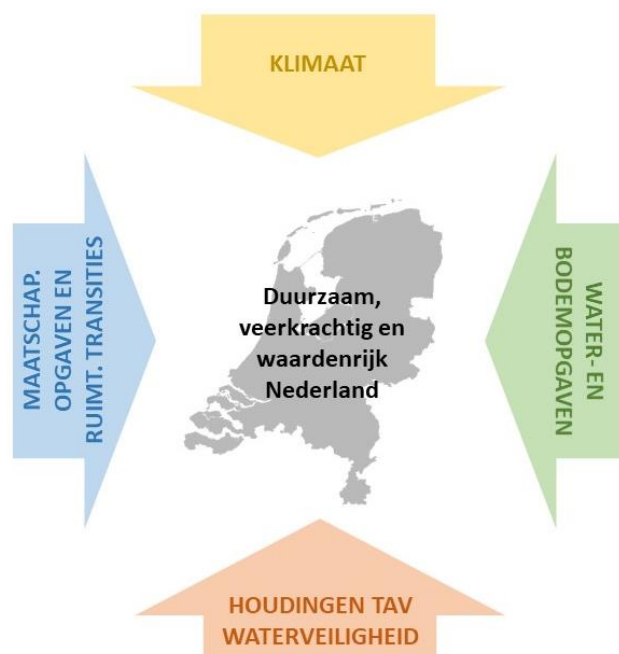
4.7 Indicatie opgave systeemrandvoorwaarden per omgevingstype

| | Veenweide-gebieden | Hoge zandgronden | Verziltende kust en diepe polders | Hoofdwatersysteem | Verstedelijkte gebieden |
|---|--------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Waterveiligheid | | | | | |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling) | | | | | |
| Droogte en hitte | | | | | |
| Zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting | | (muv verzilting) | | | |
| Waterkwaliteit | | | | | |

| | |
|--|---|
| | Matige grote opgave / systeemrandvoorwaarden |
| | Grote opgave / systeemrandvoorwaarden |
| | Zeer grote opgave / systeemrandvoorwaarden |

5 Reflectie en vervolg

In hoofdstuk 1 werd beschreven hoe onze omgeving onder druk staat door maatschappelijke opgaven en ruimtelijke transitie, door houdingen in de maatschappij, door verandering van het klimaat en door water- en bodemopgaven (zie ook figuur 5.1).



Figuur 5.1. Druk op het landschap in hoofdlijnen

Globaal inzicht in opgaves door klimaatverandering en natuurlijke veranderingen

Het onderhavige rapport geeft inzicht in twee van de vier drukfactoren: de effecten van de druk op de omgeving door verandering van het klimaat en door water- en bodemopgaven. Omdat in een integrale gebiedsoplossing (wat een waterveiligheidslandschap is), meer randvoorwaarden van belang zijn dan alleen waterveiligheid, is ervoor gekozen om waterveiligheid centraal te stellen maar ook randvoorwaarden vanuit water en bodem in kaart te brengen. Deze zijn immers vaak direct verbonden met waterveiligheidsopgaven. De totale set randvoorwaarden bepalen toekomstige kaders en geven sturing bij de verdere ontwikkeling in invulling van het concept Waterveiligheidslandschappen. In hoofdstuk 4 zijn deze randvoorwaarden per omgevingstype (landschapstype of systeem) overzichtelijk weergegeven.

Vanuit het overzicht dat zo is ontstaan in de opgaves die voortkomen uit klimaatverandering en natuurlijke veranderingen kunnen vervolgacties gericht worden op waar nodig scherper krijgen van de randvoorwaarden vanuit het natuurlijke systeem in een bepaald gebied.

Parallele ontwikkeling: houdingen t.a.v. waterveiligheid

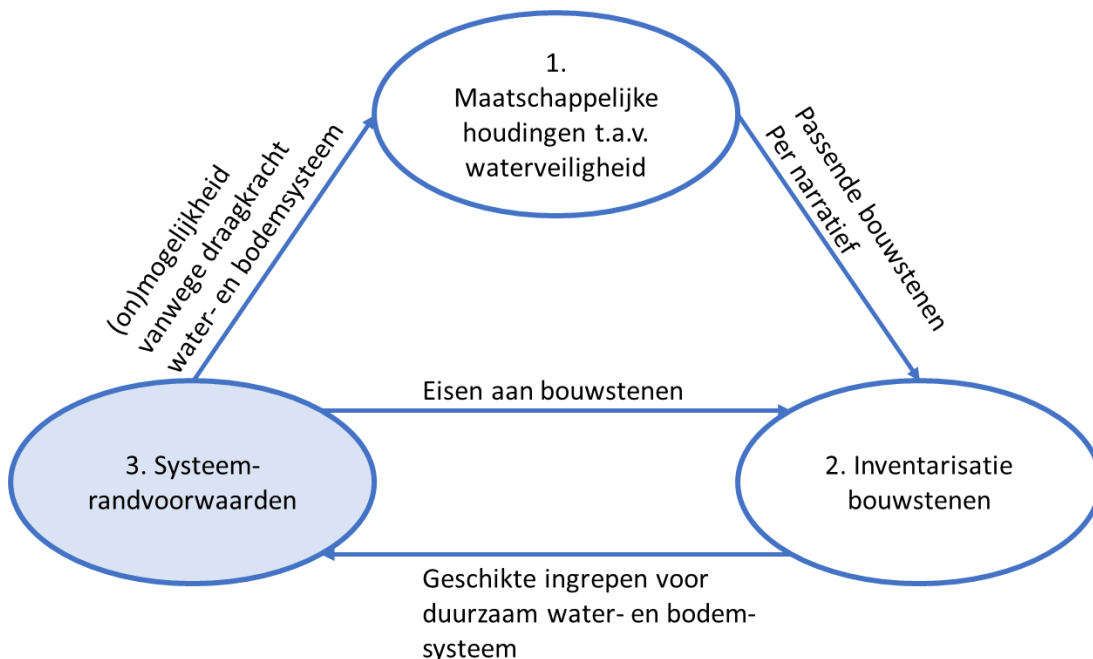
In een parallel project is gewerkt aan het vinden van mogelijke houdingen in de toekomstige Nederlandse maatschappij ten aanzien van waterveiligheid. De verhaallijnen die daar zijn ontwikkeld, helpen om regionaal het gesprek te voeren over belangrijke waarden die gekoesterd moeten worden in gebiedsontwikkelingen. Ook geven ze inzicht in negatieve neveneffecten die mee komen bij het volgen van een verhaallijn – mogelijk gemitigeerd moeten worden. De verhaallijnen helpen om later stelling te nemen in de wenselijkheid van gebiedsontwikkelingen.

Bouwstenen voor Waterveiligheidslandschappen in relatie met maatschappelijke opgaven en ruimtelijke transities

Naast deze uitwerking van randvoorwaarden en houdingen ten aanzien van waterveiligheid in de toekomst vindt een inventarisatie plaats van mogelijke bouwstenen voor Waterveiligheidslandschappen. Daarin worden ruimtelijke maatregelen ten behoeve van waterveiligheid verder geconcretiseerd. Hierbij wordt mede bepaald in welk type omgeving deze bouwstenen passen, en hoe ze bijdragen aan andere gebiedsopgaven zoals natuurontwikkeling, duurzame landbouw, energietransitie of een verstedelijkingsopgave. Bijlage A bevat aandachtspunten om in de gaten te houden bij de keuze voor implementatie van een bouwsteen, omdat bouwstenen niet altijd positief bijdragen aan andere gebiedsopgaven maar ook wel negatieve effecten kunnen hebben.

Vooruitblik

Met dit rapport is een deelvraag opgepakt, zoals omschreven in H1:



Het rapport helpt om overzicht te krijgen in het totale krachtenveld wat zich manifesteert bij integrale gebiedsontwikkeling. In een vervolfase van de ontwikkeling van Waterveiligheidslandschappen kunnen binnen de verschillende toekomstige contextfactoren (zoals systeemrandvoorwaarden en maatschappelijke ontwikkelrichtingen) integrale gebiedsoplossingen worden ontworpen waarin bouwstenen ten behoeve van waterveiligheid tevens bijdragen aan andere opgaven. En andersom; waarin bouwstenen ten behoeve van andere gebiedsopgaven (natuur, recreatie, landbouw, woningbouw, etc.) bijdragen aan waterveiligheid.

Deze vervolfase vindt plaats in het kader van andere projecten voor geselecteerde gebiedspilots in het TKI-project en het KenI-project. Daarmee wordt waterveiligheid als onderdeel van integrale gebiedsontwikkeling gepositioneerd.

6 Gebruikte bronnen

Bodem en water als basis, beslisregels, onderbouwing, kartering. (Spoedadvies) Maart 2022, Opdrachtgever DGWB.

Discussiestuk / rapportage 'Bodem en water als uitgangspunt voor ruimtelijke ontwikkeling, inrichting en beheer' (November 2021, Sweco, Defacto, Antea, Deltares. In opdracht van DWGWB).

Stapelkaart bodem en water, een interdepartementale analyse van verbanden tussen opgaven in het fysieke domein (2021) .

Het effect van klimaatverandering op de woningbouwopgave, bodem en water als basis, klimaatbestendig op lange termijn. Bouwstenendocument. (December 2021, Sweco, Ecorys, Defacto, Deltares. In opdracht van Staf DC)

Op Waterbasis. Grenzen aan de maakbaarheid van ons water- en bodemsysteem. Deltares, Bosch en Slabbers, Sweco (juli 2021).

Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Deltares, 2021.

Dossier Water, opgesteld in het kader van het Toekomstatelier NL2100, H+N+S Landschapsarchitecten in opdracht van College van Rijksadviseurs (juni, 2022).

Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-0002. Haasnoot, M., L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans, K. Sloff, E. Mosselman, 2018.

Klimaatscenario's voor Nederland. KNMI, 2014.

Climate Change 2021: IPCC, 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

A Bijlage A: Expert workshop 29 augustus

Tijdens een workshop op 29 augustus 2022 bij Deltares in Delft zijn de conceptresultaten van de inventarisatie van systeemrandvoorwaarden toegelicht aan een groep van inhoudelijke experts en samenwerkingspartners Rijkswaterstaat en Reframing Studio. De experts hebben hierna middels groepswork de randvoorwaarden aangevuld en verscherpt. Dit was een effectieve werkwijze waarmee bestaande en beschikbare informatie op een efficiënte manier kon worden ontsloten.

Tijdens de workshop zijn onderstaande aan de experts voorgelegd:

1. Zijn er vanuit jouw expertise in dit gebied/landschap relevante ontwikkelingen die missen?
2. Wanneer (bijvoorbeeld in tijd of omvang) gaan in dit gebied knelpunten optreden, voor welke functies?
3. Welke waarden kunnen in dit gebied/landschap worden gecreëerd door ontstaan van deze knelpunten?

De resultaten van de workshop zijn verwerkt in de rapportage. Er zijn door de experts ook aandachtspunten benoemd die relevant kunnen zijn voor de ontwikkeling van Waterveiligheidslandschappen, maar die niet direct van toepassing zijn op het onderwerp van deze rapportage (systeemrandvoorwaarden). Om deze aandachtspunten niet verloren te laten gaan, worden ze hieronder kort benoemd.

- De experts waarschuwen dat ingrepen positieve en negatieve effect kunnen hebben, en waarschuwen voor onbewust afwentelen van effecten door ingrepen. Afwenteling kan zich manifesteren in tijd, ruimte en tussen functies.
- Veenweidegebieden zijn kwetsbaar voor klimaatverandering. Om bodemdaling en oxidatie van veen te beperken is peilopzet in veenweidegebieden noodzakelijk. Dit staat op gespannen voet met andere bodemgebruiksfuncties zoals landbouw en bebouwing.
- In Nederland hebben we moeite om de natuurdoelstellingen te behalen, zie ook de stikstofdiscussie. Het gaat om – zoals Op waterbasis kort samenvat – een vergroting van het areaal natuur van 14% naar tenminste 17% en een verbetering van standplaatscondities in de Natura2000 gebieden en herstel van de biodiversiteit in het gehele landelijke gebied. Het essay geeft aan dat de minste beperkingen voor natuurherstel zijn in de veeweidegebieden, de gebieden langs de rivieren en de beekdalen.
- Bij het herstel van de natte natuur hoort ook vernatting: opzetten van het peil en het vasthouden van gebiedseigen water. Dit heeft niet allen positieve effecten voor natuur, maar ook voor bestrijding van droogte en hitte en zoetwaterbeschikbaarheid en verzilting. Het opzetten van het peil heeft echter ook een keerzijde: het risico op wateroverlast neemt toe en de betreffende gebieden worden minder geschikt voor bebouwde omgeving (wonen en industrie), voor infrastructuur en voor landbouw. Bij vernatting zou dus direct overwogen kunnen worden hoe de negatieve effecten gemitigeerd kunnen worden. Dit biedt kansen voor andere verdienmodellen en andere teelt.
- In het huidige tijdgewricht is de behoefte aan één miljoen woningen een hoofdbreker. De vraag ligt voor welke gebieden geschikt zijn om aan te wijzen voor woningen. De workshop laat zien wat de stedelijke omgeving te wachten staat bij

klimaatverandering: last van weersextremen wat zich uit in overstromingsgevoeligheid, gevoeligheid voor extremer neerslag, hittestress, zoetwaterbeschikbaarheid voor drinkwater. Dat geldt voor alle gebieden. De slappe bodems in de veenweidegebieden zijn aanleiding voor nog een probleem: de (onregelmatige) zettingen die komen met de normale drooglegging voor stedelijk gebied zijn schadelijk voor de gebouwen en infrastructuur. Bovendien wordt hiermee onomkeerbare bodemdaling gecreëerd. Het is niet zozeer een dilemma wat zich hier aandient, maar meer een systeemsprong: willen we meer duurzaam in de veenweide gebieden verblijven, dan zal de waterstand hoog moeten zijn. Dat betekent òf niet, òf sterk aangepast bouwen. Vanuit de workshop wordt aangegeven dat adapterende maatregelen hiervoor gevonden kunnen worden in het creëren van ruimte voor water. Gewezen wordt op de mogelijkheid van het vinden van groen-blauwe oplossingen oftewel het combineren van het creëren van ruimte voor water en bufferzones met groene zones.

- Ander waterbeheer – andere bouw en andere landbouw. Met betrekking tot het landelijke gebied manifesteert zich een andere systeemsprong, namelijk die van het principe “peil volgt functie” naar “functie volgt peil”. Het waterbeheer in Nederland is er op gericht om zo veel mogelijk functies te voorzien van de juiste hoeveelheid water met de juiste kwaliteit. Wanneer de ruimtelijke ordening meer op basis van water, lucht en bodemsysteem wordt vormgegeven, betekent dat ook een kanteling in het denken over Nederlands waterbeheer. En dat betekent nogal wat: het betekent dat àls gekozen wordt voor het bouwen in gebieden met een slappe bodem waar de grondwaterstand hoog wordt gehouden (zie paragraaf 6.2), aangepast bouwen nodig is. Het betekent dat àls bouw in voor bergingsgebieden benodigd oppervlak wordt gerealiseerd, die bouw aangepast moet worden zodat wonen mogelijk is zonder last van de negatieve effecten ervan. Er zijn voorbeelden van dergelijke bouwwijzen in zowel binnen- als buitenland: denk aan drijvende woningen in USA en Azië (ref. Edmund Penning Rowsell en Elizabeth English) en de drijvende vakantiewoningen bij Roermond, woningen op palen of op terpen (Noordwaard). Het betekent ook het zoeken naar andere teelt, andere vormen van landbouw. Denk aan teelt van gewassen die bestand zijn tegen zout water, of gewassen die in nat gebied gedijen.
- Een sleutel voor het uitwerken van toekomstige waterveiligheidslandschappen kan liggen in het verder uitwerken van de kansen die ontstaan doordat functies zullen veranderen. Het landgebruik in 2100 zal er op vele plekken fors anders uitzien dan nu. Hoe kunnen we zorgen dat deze veranderingen gaan bijdragen aan het klimaatrobuster maken van de landschappen? Dit kan een trendbreuk betekenen in hoe we de afgelopen decennia/eeuwen onze samenleving steeds gevoeliger hebben gemaakt voor overstromingsevents. Steeds kleinere kans, maar wel steeds grotere gevolgen mocht het mis gaan.

B Bijlage B: Verwachte knelpunten en veranderingen per omgevingstype

Verschillende bestaande functies komen onder druk te staan als gevolg van de autonome water- en bodem ontwikkelingen. In dit hoofdstuk is uitgewerkt hoe verschillende landgebruiksfuncties beïnvloed worden door de autonome ontwikkelingen in de vijf landschapstypen.

Voor de definitie van de landgebruiksfuncties is gebruik gemaakt van de categorieën die de bodemgebruikskaart hanteert, waarbij die categorieën (geïnspireerd door de schade categorieën van HIS-SSM) geclusterd zijn tot:

- Infrastructuur
- Bebouwd wonen
- Bebouwd industrie
- Natuur
- Recreatie
- Landbouw
- Waterbeheer/drinkwater en
- Energie.

Knelpunten en veranderingen veenweidegebied

| | Veenweide | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|--|---|--|--|--|--------|-----------|--|--------------------------------------|--|
| Waterveiligheid | Bodemdaling in veenweidegebieden (en stijging van zeespiegel en extreme rivierafvoeren daarbuiten) leidt tot toenemende hoogteverschillen en daarmee grotere potentiële overstromingsdieptes en -risico's. Bodemdaling vergroot in deze gebieden het hoogteverschil, met name langs honderden kilometers aan (veen)kades. | De kans op uitval van infrastructuur neemt toe | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade. Bij toename van de kans kan vertrouwen in de leveringszekerheid door industrie een rol gaan spelen. | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | veenkades zijn gevoelig voor droogte | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling) | Laag gelegen veenweidegebieden hebben door een hoog grondwaterpeil beperkt vermogen om neerslag te bufferen. Door de verwachte meer intensieve neerslagpatronen zal het steeds lastiger worden om wateroverlast in veenweidegebieden te voorkomen en beperken. | De kans op tijdelijke verstoringen neemt toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe. Bij te grote toename kan vertrouwen in leveringszekerheid afnemen. | | | wateroverlast leidt tot schade, bodemdaling leidt tot vernatting en dus ook tot schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Om bodemdaling (GHG) te beperken is peilopzet in veenweidegebieden noodzakelijk. Dit staat op gespannen voet met andere functies zoals landbouw en bebouwing. | | Bij peilopzet in veenweidegebied ondervindt bebouwing optrekkend vocht | Bij peilopzet in veenweidegebied ondervindt bebouwing optrekkend vocht | | | Toenemende schade aan landbouwgewassen door hogere grondwaterstanden | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Bodemdaling vindt onregelmatig plaats | Onregelmatige zettingen leiden tot een hogere onderhoudslast | onregelmatige zettingen leiden tot schade aan gebouwen | onregelmatige zettingen leiden tot schade aan gebouwen | | | | | |

| | Veenweide | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|
| Droogte en hitte | Verdroging en hitte leiden tot meer verdamping waardoor meer zoetwater nodig is om veenweidegebieden van voldoende zoetwater te voorzien. Hiermee kan worden voorkomen dat het waterpeil daalt en veenoxidatie plaatsvindt. Dit leidt tot bodemdaling en CO2-uitstoot. | | Bij hitte neemt de drinkwaterbehoefte toe (zie ook drinkwater) | | meer veenoxidatie en daarmee verloren gaan van het kwetsbare veenweide systeem | | toename droogte leidt tot meer landbouwschade bij huidige landbouw. | Droogte en hitte leidt tot hoger watergebruik | |
| | Hitte(-stress) is van relatief beperkt belang in veenweidegebieden door het ruim aanwezige water en groen. | | verhard gebied ervaart enige mate van hittestress | verhard gebied ervaart enige mate van hittestress | | | | | |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting | In veenweidegebieden is grote behoefte aan zoetwater om het waterpeil hoog te houden (ivm bodemdaling, en doorspoeling tegen verzilting). Deze zoetwateraanvoer staat steeds verder onder druk door veranderend klimaat. | Zout grondwater kan ondergrondse leidingen aantasten; dit leidt tot een hogere onderhoudslast | | zoetwatervraag veenweidegebied op gespannen voet met waterbehoevende industrie | | | Toenemende schade aan landbouwgewassen door hogere grondwaterstanden | drinkwaterbeschikbaarheid onder druk door toename droogte en verzilting | zoetwatervraag veenweidegebied op gespannen voet met koelwaterbehoefte |
| | Er zal een toename zijn van verzilting van bodem- en oppervlaktewater, hetgeen problemen oplevert voor voortzetten van functies zoals (grondgebonden) landbouw, en natuur. | | | | Toenemende schade aan terrestrische natuur | | Toenemende schade aan landbouwgewassen door verzilting | | belemmering van gebruik water voor warmtevoorziening, bodemlussen en WKO's |
| Waterkwaliteit | De waterkwaliteit in veengebieden is slecht door emissies uit de landbouw, door vrijkomende nutriënten door veenafbraak, en door verzilting. | | | | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt zowel land- als waterrecreatie | | drinkwaterbeschikbaarheid onder druk door toename verzilting | knelpunten door zoute kwel |
| | Lage waterkwaliteit heeft nadelige gevolgen voor natuur en ecologie. | | | | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt zowel land- als waterrecreatie | | | |
| | Voor veengroei zijn goede waterkwaliteit en lage pH nodig. | | | | | | | | |

Knelpunten en veranderingen hoge Zandgronden

| | Hoge Zandgronden | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|-----------------------------------|---|--|--|--|--------|-----------|--|----------------------------|--|
| Waterveiligheid | Waterveiligheid is vooral van belang in delen waar rivieren of beken door de hoge zandgronden snijden. Op die plekken staat waterveiligheid op lange termijn onder druk door met name de verwachte intensievere neerslag. | de kans op tijdelijke verstoringen neemt toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | | | | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | In het grootste (de overige) deel van hoge zandgronden zijn er beperkt randvoorwaarden (/veranderingen van het systeem) te verwachten door functie waterveiligheid. | | | | | | | | |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling) | Door zandige bodems en diepe grondwaterstanden zijn er weinig systeemrandvoorwaarden voor de functie wateroverlast voorzien. | | | | | | | | |
| | Door de inrichting van de ruimte, watersysteem en slechte bodemstructuur is wel wateroverlast te verwachten in met name beekdalen. | de kans op tijdelijke verstoringen neemt toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | | | | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Bodemdaling zorgt in hoge zandgronden (door gebrek aan veen en klei) voor zeer weinig problemen. | | | | | | | | |
| | Potentiele grondwateroverlast aan randen van Hoge zandgronden en beekdalen. | | | | | | Toename schade door hoge grondwaterstanden | | |

| | Hoge Zandgronden | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|---|---|----------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--|
| Droogte en hitte | Door het uitgebreide ontwateringsstelsel en de zandige bodems die weinig water vasthouden, verdrogen deze gebieden. De verwachte langere periodes van droogte en hitte versterken dit. | | hittestress speelt zich vooral af in bebouwde omgeving | zoetwaterbeschikbaarheid onder druk | toename schade door verdroging | | toename schade door verdroging | toename tekorten drinkwaterwinning door dalende grondwaterstanden | belemmering van gebruik water voor warmtevoorziening, bodemlussen en WKO's |
| | Door het intensieve (waterverbruikende) grondgebruik vindt vergaande ontwatering plaats hetgeen verdroging versterkt. | | | | extra toename schade | | extra toename schade | extra toename schade | extra toename schade |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting | Zoetwaterbeschikbaarheid staat nu en op termijn onder druk door inrichting systeem op ontwatering, en door verwachte langdurigere periodes van droogte. | | | | | | vaker beregeningsverboden | toename tekorten drinkwaterwinning door dalende grondwaterstanden | |
| | De landinwaarts trekkende zouttong op rivieren (als gevolg van zeespiegelstijging en verminderd rivierafvoer) kan op lange termijn zoetwaterinlaatpunten of drinkwatervoorzieningen bereiken. | | | | | | | toename tekorten drinkwaterwinning door verzilting/zouttong | |
| | Diepere grondlagen die gebruikt worden voor drinkwaterwinning worden meer verontreinigd. | | | | | | | toename tekorten drinkwaterwinning door verontreiniging | |
| | Uitputting grondwaterreserves. | | | | | | | | |
| Waterkwaliteit | Het intensieve gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen leidt tot verslechterende waterkwaliteit (oppervlaktewater en grondwater). | | | | | | | | |
| | Droogte (en verwarming) leidt tot toename van blauwalg, botulisme en toename concentratie schadelijke stoffen. | | | | | waterkwaliteit onder druk door droogtes | | | |

Knelpunten en veranderingen verziltende kust en diepe polders

| | verziltende kust en diepe polders | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--------|-----------|--|-------------------------|--|
| Waterveiligheid | Zeespiegelstijging en bodemdaling leiden tot groter verschil tussen waterniveaus en kan leiden tot vergroting overstromingsrisico. | De kans op uitval van infrastructuur neemt toe | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade. Bij toename van de kans kan vertrouwen in de leveringszekerheid door industrie een rol gaan spelen. | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Hogere piekafvoeren in rivieren (door extremere neerslagpatronen) kunnen leiden tot verminderde waterveiligheid. | De kans op uitval van infrastructuur neemt toe | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade. Bij toename van de kans kan vertrouwen in de leveringszekerheid door industrie een rol gaan spelen. | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Zandbeschikbaarheid voor kustversterking op termijn onzeker. | De kans op uitval van infrastructuur neemt toe | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade. Bij toename van de kans kan vertrouwen in de leveringszekerheid door industrie een rol gaan spelen. | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling) | Hoge waterstanden in diepe polders verminderen het waterbufferend vermogen van de bodem. Hierdoor is kans op wateroverlast groter. | De kans op tijdelijke verstoringen neemt toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe. Bij te grote toename kan vertrouwen in leveringszekerheid afnemen. | | | wateroverlast leidt tot schade, bodemdaling leidt tot vernatting en dus ook tot schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Bodemdaling in veenweidegebied leidt tot grotere kweldruk in diepe polders. | Zoute kwel vergroot corrosie van ondergrondse infrastructuur | toename brakke kwel leidt tot slechtere waterkwaliteit in stedelijk gebied | | | ... | toename brakke kwel leidt tot schade en uit gebruikname van landbouwgronden | | |

| | verziltende kust en diepe polders | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|---|---|----------------|------------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|---|--|--|
| Droogte en hitte | Toenemende droogte en hitte kan in deze gebieden (door hoge verdamping) leiden tot watertekort en daarmee vergroting verzilting van de bodem. | | | | | | | Zoetwaterbeschikbaarheid onder druk voor waterbehoevende industrie | |
| | Hitte (en verdroging) leidt in kustgebieden en diepe polders tot relatief minder grote uitdagingen vanwege ruime aanwezigheid water en natuurlijk landgebruik. In stedelijk gebied is toenemende hitte-stress van belang. | | Toename van hitte-stress | | | | | | |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting | Door klimaatverandering (droogte en zeespiegelstijging) en bodemdaling neemt verzilting toe en zoetwaterbeschikbaarheid af. | | toename watervraag komt onder druk | zoetwaterbeschikbaarheid onder druk voor waterbehoevende industrie | toename schade door verdroging | | toename schade door verdroging; teelten worden onrendabel | drinkwatervoorziening onder druk | toenemend gebruik oppervlaktewater en grondwater voor warmtevoorziening, bodemlussen en WKO. |
| | Doorspoeling van regionale watersysteem om verzilting tegen te gaan kost nu al een groot aandeel van het beschikbare zoetwater, en dit neemt verder toe. | | | | | | | waterbeheer onder druk | |
| | Zoetwaterinlaatpunten kunnen verzilten door verminderde rivierafvoer icm landinwaarts trekkend zouttong door zeespiegelstijging. Dat heeft gevolgen voor | | | | | toename schade door verzilting | | toename schade door verzilting | drinkwatervoorziening onder druk |

| | verziltende kust en diepe polders | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|-----------------------|--|----------------|-----------------|---------------------|--|-----------|--|----------------------------------|---------|
| | drinkwaterwinning en zoetwater voor landbouw en natuur. | | | | | | | | |
| | Drinkwaterwinning in kustgebied (duinen) kan onder druk komen te staan door toenemende verzilting door zeespiegelstijging. | | | | | | | drinkwatervoorziening onder druk | |
| | Door zeespiegelstijging neemt kans op opbarsten bodem toe, en daarmee verzilting ondergrond, grond- en oppervlaktewater. | | | | toename schade door verzilting | | toename schade door verzilting. Uit gebruik nemen van landbouwgrond. | | |
| Waterkwaliteit | Het oppervlaktewater in kuststrook en diepe polders kan ongeschikt worden voor hoogwaardige landbouw, bollenteelt en natuur door verzilting. | | | | oppervlaktewater kan ongeschikt worden | | oppervlaktewater kan ongeschikt worden voor hoogwaardige landbouw of bollenteelt | | |

Knelpunten en veranderingen hoofdwatersysteem

| | hoofdwatersysteem | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|-----------------|---|--|--|---|--|-----------|---|-------------------------|--|
| Waterveiligheid | Door stijging van zeespiegel en hogere piekafvoeren (als gevolg van extreme neerslag) van rivieren kan waterveiligheid onder druk komen te staan. Dijken en waterkeringen moeten verhoogd (en verbreed). | | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. Rond waterkeringen: ruimte nodig voor versterking | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. Vaker vaarverbod, met effect op aan- en afvoer van goederen. Rond waterkeringen: ruimte nodig voor versterking | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Hogere zeespiegel vergroot effect op verminderde afvoermogelijkheden rivieren, beperkingen in spuien onder vrij verval van bijvoorbeeld IJsselmeer naar Waddenzee en het vaker sluiten van de stormvloedkeringen. Dit kan tot verhoogd waterpeil in hoofdwatersysteem leiden met gevolgen voor waterveiligheid. | | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. Vaker vaarverbod, met effect op aan- en afvoer van goederen. Rond waterkeringen: ruimte nodig voor versterking | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | Door zeespiegelstijging is meer sediment nodig voor versterking kustfundament en op orde houden waterkerende werking kust. | | | | bij frequente suppleties: schade aan het aquatische ecosysteem | | | | |
| | Duurzame sedimentbalans voor rivieren staat onder druk. | scheepvaart onder druk - transportsector | | | | | | | |

| | hoofdwatersysteem | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|-----------------------------------|--|---|---|--|--------------------------|-----------|---|-------------------------|--|
| | Doorwerking extremere neerslag op rivieren: periodiek hogere rivierstanden. Meer ruimte voor rivieren nodig. | | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. | Buitendijks gebied: hogere waterstanden; vaker en meer schade. | | | | | |
| | Hoofdwatersysteem heeft beperkt ruimte voor maatregelen om gevolgen van klimaatverandering op te vangen. | | Ruimte nodig voor water | Ruimte nodig voor water | | | | | |
| | Mogelijk verdrinken van Waddenzee door zeespiegelstijging. | | | | Verdwijnen unieke natuur | | | | |
| | Te weinig rivierwater kan bijdragen aan scheurende kleilagen. | Intensivering van onderhoud aan waterkeringen | | | | | | | |
| Wateroverlast (incl. bodemdaling) | Bodemdaling in westelijk Nederland kan leiden tot groter hoogteverschil met rivieren / hoofdwatersysteem. Kan leiden tot meer kwel, wateroverlast. | De kans op tijdelijke verstoringen neemt toe | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe. | De kans op schade door overstroming (wateroverlast) en de duur van wateroverlast nemen toe. Bij te grote toename kan vertrouwen in leveringszekerheid afnemen. | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| | In laaggelegen polders en beeksystemen is meer ruimte nodig voor tijdelijke buffering van extreme neerslag om wateroverlast te voorkomen. | Ruimte nodig voor water | Ruimte nodig voor water | Ruimte nodig voor water | | | De kans op schade door overstroming neemt toe, evenals de grootte van de schade | | Schade aan de energievoorziening heeft een cascade effect naar andere kritieke voorzieningen |
| Droogte en hitte | Toenemende droogte en hitte kunnen de robuustheid van veendijken aantasten, hebben daarmee impact op waterveiligheid van regionale keringen | | | | | | | | |

| | hoofdwatersysteem | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|---|---|----------------|--------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| | Toenemende verdamping zorgt voor verhoging concentraties schadelijke stoffen in water, en daarmee verminderde waterkwaliteit. | | | | schade aan aquatische ecosysteem | | | verminderde drinkwater-inname mogelijk | |
| | Lagere waterstanden hoofdwatersysteem door droogte en hitte. | | | | | | | | |
| Zoetwater-beschikbaarheid en verzilting | Waterbuffers in het hoofdwatersysteem (o.a. IJsselmeer) gaan steeds vaker ontoereikend zijn in tijden van droogte om te voorzien in zoetwater (doorspoeling landbouw, en drinkwaterwinning). | | | | | | schade door minder doorspoeling en beregenings-verboden | verminderde drinkwater-inname mogelijk | |
| | Door zeespiegelstijging en periodes met lagere rivierafvoeren zullen landinwaarts trekkende zouttongen steeds verder landinwaarts tot problemen leiden vanwege verzilting en beperkte zoetwaterbeschikbaarheid. | | | verminderde koelwater-beschikbaarheid | toename schade door verdroging | | vaker beregenings-verboden; schade door droogte | verminderde drinkwater-inname mogelijk | verminderde koelwater-beschikbaarheid |
| Waterkwaliteit | Door meer en langere periodes met minder rivierwater kunnen eventuele verontreinigingen minder goed verdund worden. | | | | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt waterrecreatie | | drinkwater-beschikbaarheid onder druk door toename verzilting | knelpunten door zoute kwel |
| | Warmer wordend water kan negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit van het hoofdwatersysteem (oa algenbloei, verlies van zuurstof). | | | | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt waterrecreatie | | | |
| | Opwarming rivierwater heeft gevolgen voor gebruik als koelwater, drinkwater, ecologie, industriële toepassingen, etc. | | | verminderde koelwater-beschikbaarheid | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt waterrecreatie | | | verminderde koelwater-beschikbaarheid |

| hoofdwatersysteem | infrastructuur | bebouwd - wonen | bebouwd - industrie | natuur | recreatie | landbouw | waterbeheer/ drinkwater | energie |
|--|----------------|--------------------|------------------------|---|---|----------|----------------------------|---------|
| Verversing van oppervlaktewater (mede-bepalend voor waterkwaliteit) staat in de toekomst meer onder druk door droogte. | | | | slechte kwaliteit beïnvloedt natuur en ecologie | slechte kwaliteit beïnvloedt waterrecreatie | | | |

Knelpunten en veranderingen verstedelijkte gebieden

Voor verstedelijkte gebieden is geen aparte tabel opgenomen omdat ze grotendeels beschreven zijn met de bodemgebruiksfuncties “bebouwd wonen” en “bebouwd industrie”.

Knelpunten en veranderingen verstedelijkte gebieden

De voorgaande tabel geeft meer informatie over de functies die het meeste last gaan ondervinden van klimaatverandering en bodemdaling. We vatten deze kort samen.

- **Infrastructuur** heeft nu al te lijden onder onregelmatige zettingen in slappe bodems. Dat speelt vooral in de veenweide gebieden. Onder invloed van klimaatverandering is te verwachten dat infrastructuur in de toekomst vaker tijdelijk (bij wateroverlast) of geheel (bij waterveiligheidsissues) zal uitvallen. Dit speelt vooral in veenweide gebieden, kust en verziltende polders. In het hoofdwatersysteem is te verwachten dat het vaker moeten sluiten van de stormvloedkeringen belemmerend zal zijn voor transport over water.
- **Bebouwd woongebied** krijgt te maken met meer kans op schade, grotere schade en langduriger schade in alle gebieden. Specifiek in veengebieden (dalend) leiden tot zetting schade aan gebouwen, en door hogere grondwaterstanden zal ook vaker sprake zijn van optrekkend vocht uit natte kruipruimtes. Bebouwd gebied is bovendien gevoelig voor hitte; dit geldt in alle gebieden maar in iets mindere mate in het veenweidegebied.
- **Bebouwd industrie** krijgt te maken met meer kans op schade en grotere schade en langduriger schade in alle gebieden. Het vertrouwen in de leveringszekerheid kan daardoor afnemen. In de droogtegevoelige gebieden gaat beschikbaarheid van zoet water en koelwater opspelen. Het vaker sluiten van stormvloedkeringen en het vaker voorkomen van laagwater belemmert aan- en afvoer van goederen.
- **Natuur** is nu al onder druk, zoals ook duidelijk blijkt in de stikstofdiscussie. Natuurdoelen worden op dit moment niet gehaald en volgens sommigen zijn we dicht bij het ineenstorten van natuurlijke systemen. Natuur lijkt het meeste last te ondervinden van droogte en hitte (veenoxidatie en schade aan terrestrische natuur in alle gebieden). Door toename van verzilting en/of opwarmen van grond- en oppervlaktewater verslechtert de waterkwaliteit, met schade aan aquatische natuur en ecologie tot gevolg.
- **Recreatie** is nog niet goed in beeld. Tot nu toe constateren we vooral dat slechte waterkwaliteit de waterrecreatie slecht beïnvloedt.
- **Landbouw** ondervindt schade van extreem weer: zowel wateroverlast en overstroming brengen schade aan de landbouw, als droogte (onder “business as usual” aannahme van beregeningsverboden). Voor de landbouw is verder van belang dat de kans op opbarsten in diepte polders toeneemt – daardoor ontstaat zoute kwel wat leidt tot het uit gebruik nemen van landbouwgrond. Een wat sluipender proces is toename van zoute kwel door het stijgen van de zeespiegel en het dalen van de bodem, en daarmee samenhangende zoutschade.
- **Waterbeheer/drinkwater** Aandachtpunten die verzameld zijn, zijn vooral de gevoeligheid van veenkades voor droogte, hogere zoetwaterbehoefte tijdens periode van hitte en tekort aan zoetwater in het algemeen bij extreme droogte. Behalve landbouw, wat we eerder benoemden, staan ook andere watergebruikers onder druk: drinkwatervoorziening, industrie, koelwater, etc. Daarbij geldt dat het niet alleen volumes water betreft maar ook de kwaliteit van het water.
- **Energie** De energievoorziening is in onze moderne maatschappij een kritieke functie waar veel van af hangt. Falen van de energievoorziening heeft cascade-effecten naar andere kritieke voorzieningen en naar de maatschappij. Ook genoemd is dat er een toename van het gebruik van oppervlaktewater en grondwater te verwachten is voor warmtevoorziening, bodemlussen en warmte-koude opslag.

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