

Bedrijfstakonderzoek
BTO 2023.065 | November 2023

Klimaat effecten op drinkwaterwinningen

Rapport

Klimaat effecten op drinkwaterwinningen BTO 2023.065 | November 2023

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045-341

Projectmanager

Martin van der Schans

Opdrachtgever

BTO - Bedrijfsonderzoek

Auteurs

Dr. Sija F. Stofberg, dr.ir. Jolijn van Engelenburg, ir. Eric Broers

Kwaliteitsborger

Dr.ir. Ruud Bartholomeus

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Begeleidingsgroep

Jelle van Sijl, Ate Oosterhof (Vitens), Koen Zuurbier (PWN), Gertjan Zwolsman (Dunea), Philip Nienhuis (Waternet), Joop Mentink (WMD), Marie-Louise Geurts (WML), Jeroen Daniels (Evides), Guido Kersten (Oasen), Marleen van der Velden (Brabant Water)

Keywords

klimaatverandering, klimaat effecten, grondwaterwinning, oppervlaktewaterwinning

Jaar van publicatie
2023

Meer informatie

dr Sija Stofberg
T 030-6069569
E sija.stofberg@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

November 2023 ©

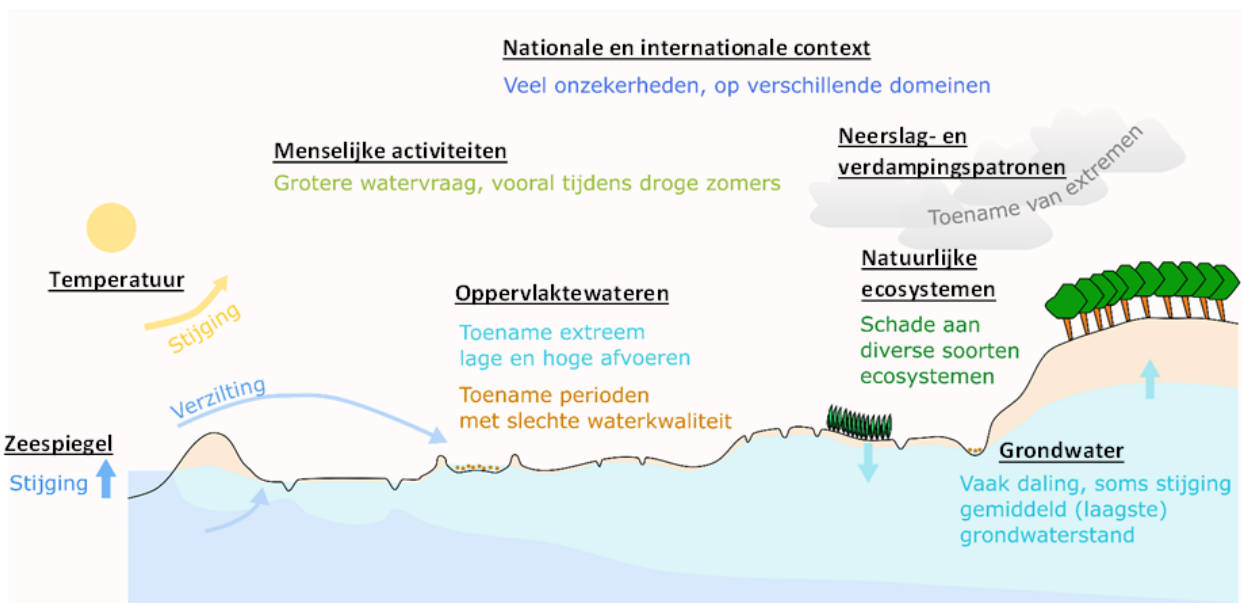
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Managementsamenvatting

Beschouw naast individuele winningen ook de (regionale) zoetwatervoorziening bij de aanpak van klimaat effecten op de drinkwatervoorziening

Sija Stofberg, Jolijn van Engelenburg en Eric Broers

Klimaatverandering kan de verschillende typen drinkwaterwinningen op verschillende manieren beïnvloeden. Verkend is welke effecten klimaatverandering kan hebben op de gangbare typen drinkwaterwinningen en welke maatregelen daartegen kunnen helpen. Bij alle typen winningen hebben klimaat effecten in potentie een grote impact. Afgezien van de eventuele inzet van robuuste zuiveringstechnieken kent de handelingsruimte van drinkwaterbedrijven beperkingen: voor veel maatregelen is men sterk afhankelijk van de omgeving, en/of is er sprake van grote onzekerheden qua effect of (politieke) context. Klimaatveranderingen is één van de aspecten die een belangrijke rol spelen bij de (bronnen)strategie van de drinkwaterbedrijven. In dit rapport leggen we de focus op dit aspect, als onderbouwing voor het vormgeven van of uitdragen van de door de bedrijven gekozen bronnenstrategie.



Diverse soorten klimaat effecten kunnen van invloed zijn op drinkwaterwinningen

Belang: inzicht in wat klimaatverandering doet met individuele winningen en hele watervoorziening

Klimaatverandering kan drinkwaterwinningen op verschillende manieren beïnvloeden. De risico's en gevoeligheden verschillen per type winning. Inzicht in de kwetsbaarheden van de verschillende typen winningen is nodig om in kaart te brengen welke risico's klimaatverandering kan opleveren voor bestaande en nieuw te ontwikkelen winningen en kan worden gebruikt in een strategische context om de gevoeligheid van de gehele watervoorziening onder de loep te nemen.

Aanpak: literatuuronderzoek en expertkennis combineren

Via een literatuurstudie is een overzicht gemaakt van watergerelateerde klimaat effecten in Nederland. Om deze klimaat effecten te verbinden aan drinkwaterwinningen, zijn documenten van de drinkwaterbedrijven, aangevuld met interviews, gebruikt om de criteria in beeld te brengen die toegepast kunnen worden bij strategische afwegingen rondom bronnenkeuze, vanuit de perspectieven van het watersysteem, de omgeving, drinkwater, duurzaamheid en haalbaarheid.

Vervolgens is verder uitgewerkt hoe klimaat effecten kunnen doorwerken op drinkwaterwinningen, wat de handelingsruimte van drinkwaterbedrijven is en welke ervaringen en verwachtingen de verschillende drinkwaterbedrijven hier bij hebben.

Resultaten: diverse ingrijpende effecten kunnen optreden, onzekerheid vraagt strategische aanpak

Klimaat effecten kunnen op verschillende manieren doorwerken op drinkwaterwinningen. De meeste criteria kunnen negatief beïnvloed worden door klimaat effecten, met name de criteria op het gebied van het watersysteem, de omgeving en de drinkwaterproductie zelf.

Voor zowel grond- als oppervlaktewater geldt dat er gevolgen kunnen zijn op de waterkwantiteit en op de fysische, chemische en (micro)biologische waterkwaliteit, hoewel de onderliggende processen hierbij kunnen verschillen. Voor oevergrondwater en duinwaterwinningen kunnen de risico's van zowel oppervlaktewater als grondwater een rol spelen. Daarnaast kunnen alle typen winningen gevolgen ondervinden van overstromingsrisico's, piekvragen, en vooral van een toename in onzekerheid door klimaat effecten en context.

Voor verschillende effecten geldt dat de impact in potentie groot is, al dan niet in samenhang met andere vraagstukken. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen vraagstukken waarvan de kans groot is dat ze (regelmatig) zullen optreden, zoals verslechterde oppervlaktewaterkwaliteit en effecten van grondwaterwinningen op de omgeving en effecten waarbij het op voorhand niet goed te voorspellen is óf, en zo ja, waar en wanneer, een effect zal optreden, zoals overstromingen en (micro)biologische effecten.

De inzet van robuuste zuiveringstechnieken is een maatregel die drinkwaterbedrijven hierin kan helpen.

Maar voor veel van de overige potentiële maatregelen is de handelingsruimte voor drinkwaterbedrijven beperkt omdat zij daarbij sterk afhankelijk zijn van hun omgeving en/of omdat er sprake is van grote onzekerheden qua effect of (politieke) context. Door de vraagstukken vanuit een winningsoverstijgend perspectief te bekijken en in te spelen op een veerkrachtig, divers systeem van bronnen, kunnen drinkwaterbedrijven inspelen op meerdere klimaat effecten, onzekerheden en op overige, niet-klimaatgerelateerde vraagstukken.

Toepassing: risico's afdekken en oog houden voor de veerkracht van de watervoorziening

Het advies aan drinkwaterbedrijven is om bestaande en nieuw te ontwikkelen winningen te toetsen op de verschillende typen klimaat effecten die kunnen voorkomen: zijn alle risico's voor deze specifieke winning voldoende in beeld?

Aangezien de interne handelingsruimte vaak beperkt of onzeker is wat betreft het robuuster maken van winningen (conventionele aanpak), wordt aangeraden om in te zetten op omgevingsmanagement en zich daarnaast te richten op veerkracht. Het is verstandig om hiervoor op strategisch niveau de gehele regionale en nationale zoetwatervoorziening te beschouwen. Hierbij passen relatief nieuwe strategieën, zoals:

- Brondiversificatie, met het oog op risicospreiding
- (Grootschalige) berging, om perioden met leveringsproblemen te overbruggen.
- Versterking van samenwerking en onderlinge leveringen tussen drinkwaterbedrijven

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Klimaat effecten op drinkwaterwinningen* (BTO-2023.065).

Inhoud

Managementsamenvatting	3
Inhoud	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel en vraagstelling	7
1.3 Leeswijzer	8
2 Methoden	9
2.1 Aanpak	9
2.2 Beknopt kennisoverzicht op basis van literatuur	9
2.3 Strategische criteria voor bronkeuzes	9
2.4 Klimaat effecten op winningen	10
3 Beknopt kennisoverzicht van klimaatverandering met het oog op water	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Directe effecten van klimaatverandering	14
3.3 Directe gevolgen van klimaatverandering op de leefomgeving	19
3.4 Gevolgen van klimaatverandering op menselijke activiteiten	29
3.5 Samenvatting met het oog op (drink)water	31
4 Criteria drinkwaterwinningen	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Verzameling long-list criteria	33
4.3 Conclusies workshop	33
4.4 Overzicht criteria bronkeuze	34
5 Klimaat effecten op winningen	37
5.1 Inleiding	37
5.2 Sortering van klimaat effecten naar het perspectief van drinkwaterwinningen	37
5.3 Kennisoverzichten	39
6 Discussie	53
6.1 Verwachte impact van klimaat effecten voor verschillende typen winningen	53
6.2 Handelingsperspectief voor drinkwaterbedrijven	55
6.3 Aanknopingspunten voor verder onderzoek	57
7 Conclusies en aanbevelingen	59
7.1 Conclusies	59
7.2 Aanbevelingen	60
8 Referenties	62

I	Extra afbeelding bij Hoofdstuk 3	72
II	Long-list criteria bronkeuze	73
	Watersysteemperspectief	73
	Omgevingsperspectief	74
	Drinkwaterperspectief	75
	Duurzaamheidsperspectief	76
	Haalbaarheidsperspectief	77
III	Geraadpleegde documenten criteria bronkeuze	78
IV	Workshop 29 november 2022	79
V	Aanvullende opmerkingen uit de interviews	87

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Nederlandse en Vlaamse drinkwaterbedrijven zijn op zoek naar mogelijkheden om hun bestaande winningen te behouden en uit te breiden met nieuwe (alternatieve) waterbronnen. De toenemende watervraag, de effecten van de droge jaren 2018-2020 die zich vertalen in meer waterschaarste en de continue druk op de ondergrond en omgeving en daarmee de waterkwaliteit van bronnen, zorgen ervoor dat het steeds lastiger wordt te voorzien in drinkwater uit grondwatersystemen. Ook voor oppervlaktewaterwinningen geldt dat er uitdagingen zijn, zoals frequentere innamestops wanneer de oppervlaktewaterkwaliteit niet toereikend is, bijvoorbeeld door lage afvoer. Verwacht wordt dat klimaatverandering effect zal hebben op deze uitdagingen en vermoedelijk ook voor nieuwe uitdagingen zal zorgen. Een deel van deze uitdagingen ligt voor de hand, of is relatief goed bekend bij drinkwaterbedrijven die al langer met het betreffende type bron werken. Andere uitdagingen zijn mogelijk minder bekend, bijvoorbeeld wanneer deze pas in recent onderzoek naar voren zijn gekomen of te maken hebben met meer indirecte gevolgen van klimaatverandering.

Voor alle drinkwaterbedrijven is het van belang om rekening te houden met de mogelijke uitdagingen waar klimaatverandering voor verschillende typen bronnen toe kan leiden en de handelingsruimte die zij op dit gebied hebben in beeld te hebben. Voor drinkwaterbedrijven die een nieuw type bron overwegen is deze kennis in het bijzonder van belang, zodat dit meegenomen kan worden in de (strategische) afwegingen rondom bronkeuze en de eventuele inzet van maatregelen.

Om bovenstaande uitdagingen in beeld te brengen, is door Vitens initiatief genomen voor het Bedrijfsonderzoek Klimaat effecten op Winningen. In de begeleidingsgroep van dit project zijn ook de drinkwaterbedrijven Dunea, WMD, PWN, Waternet, WML en Evides betrokken. Daarnaast zijn Brabant Water, Oasen en RIWA betrokken geweest bij bijeenkomsten en/of interviews.

1.2 Doel en vraagstelling

Dit onderzoek heeft als doel om de verschillende manieren waarop klimaatverandering effect kan hebben op verschillende gangbare typen drinkwaterwinningen in beeld te brengen. Het is hierbij niet de bedoeling om een oordeel te vormen over de bruikbaarheid of kansrijkheid van een bepaald type winning (dit hangt sterk samen met de locatie), maar om een algemeen beeld te geven van belangrijke kwetsbaarheden en mogelijke handelingsruimte hierbij.

De volgende vragen worden hiertoe beantwoord:

- Welke criteria zijn van toepassing op drinkwaterwinningen bij strategische planvorming en haalbaarheidsstudies naar nieuwe bronnen/winningen?
Deze vraag richt zich op criteria die gebruikt kunnen worden als generieke basis voor regio- of locatiespecifieke afwegingen voor verschillende typen (toekomstige) drinkwaterwinningen.
- Tot welke effecten, die mogelijk van belang zijn voor drinkwaterwinningen, leidt klimaatverandering in Nederland?
- Hoe werken klimaat effecten door op de verschillende gangbare typen drinkwaterwinningen, wat zijn hierbij de ervaringen en wat is de handelingsruimte van de waterbedrijven?

1.3 Leeswijzer

In deze rapportage wordt eerst de aanpak van het onderzoek toegelicht (H2). Op basis van de criteria die van toepassing zijn op drinkwaterwinningen (H3) en de verwachte klimaat effecten (H4) worden de mogelijke klimaat effecten op winningen in kaart gebracht, en worden de vraagstukken, mogelijke maatregelen en ervaringen verder uitgewerkt (H5). Ten slotte worden de bevindingen bediscussieerd (H6) waarna de conclusie en aanbevelingen (H7) volgen.

2 Methoden

2.1 Aanpak

Om een beeld te geven van de mogelijke klimaat effecten op verschillende typen gangbare drinkwaterwinningen zijn verschillende stappen genomen, die in de volgende paragrafen in meer detail zijn beschreven. Allereerst is een beknopt overzicht gemaakt van de klimaat effecten zoals deze voor Nederland verwacht worden. Om deze effecten te kunnen verbinden aan drinkwaterwinningen is in kaart gebracht welke strategische criteria gehanteerd worden bij bronkeuzes: wat wordt van een winning verwacht? Vervolgens worden beide onderdelen aan elkaar gekoppeld, door te inventariseren op welke manier klimaat effecten kunnen doorwerken op winningen.

2.2 Beknopt kennisoverzicht op basis van literatuur

Om de reikwijdte van mogelijke klimaat effecten op drinkwaterwinningen in beeld te brengen, is literatuuronderzoek verricht. Hierbij zijn standaardbronnen zoals het meest recente IPCC rapport en het KNMI Klimaatsignaal als startpunt gehanteerd. Vervolgens zijn de bronnen verder uitgebreid naar onderwerpen die mogelijk raken aan het watersysteem en/of de drinkwatervoorziening. Het is hierbij de bedoeling geweest om de mogelijke effecten voor Nederland op de bekende tijdshorizon op een globaal niveau te beschrijven, resulterend in een overzicht van mogelijke klimaat effecten die gevolgen kunnen hebben voor drinkwaterwinningen.

2.3 Strategische criteria voor bronkeuzes

Om te komen tot een lijst met criteria voor de bronkeuze zijn de volgende stappen doorlopen.

Bij alle drinkwaterbedrijven is gevraagd om relevante documenten rond bronkeuze en klimaatontwikkeling aan te leveren. Uit de aangeleverde documenten zijn alle criteria verzameld die voor bronkeuze gebruikt zijn. Aanvullend is een ronde interviews gehouden met alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse waterbedrijf De Watergroep, met uitzondering van Oasen (agendalid). Bij deze interviews stonden twee vragen centraal:

- Welke criteria voor bronkeuze zijn of worden meegenomen in de afweging voor de toekomst die vanuit klimaat gedacht belangrijk zijn?
- Welke mitigerende maatregelen worden voorzien om om te gaan met de effecten van klimaatverandering op waterkwantiteit, waterkwaliteit, verzilting, infrastructuur, watervraag, temperatuur, overstromingen en wateroverlast, en natuurbranden? Deze vraag is gesteld vooruitlopend op de invulling van onderdeel 2.3.

Strategen en hydrologen (die zich mede bezighouden met bronnenstrategie) van de volgende drinkwaterbedrijven zijn geïnterviewd:

- Brabant Water;
- De Watergroep;
- Dunea;
- Evides;
- PWN;
- Vitens;
- Waterbedrijf Groningen;

- Waternet;
- WMD;
- WML.

De criteria die verzameld zijn uit de literatuur en de interviews zijn vervolgens gerangschikt in vijf perspectieven:

- Watersysteem: direct gerelateerd aan het watersysteem, zoals waterkwantiteit en waterkwaliteit;
- Omgeving: klanten en overige stakeholders zoals provincies, gemeenten, waterschappen, landbouw- en natuurorganisaties, ruimtelijke aspecten en vergunbaarheid;
- Drinkwater: direct gerelateerd aan de drinkwaterproductie, zoals productiecapaciteit en leveringszekerheid, zuivering en leidingnet;
- Haalbaarheid: investerings- en exploitatiekosten en realisatietermijn;
- Duurzaamheid: energie en grondstoffen, CO₂-uitstoot, reststromen en waterbesparing.

In de workshop op 29 november 2022 zijn twee vervolgstappen gezet om de long-list te prioriteren en te koppelen aan relevante klimaat effecten door middel van:

- Een individuele ronde langs de long-list van criteria om ontbrekende criteria aan te vullen en te prioriteren;
- Een groepsronde om de prioritering te toetsen en per perspectief te bepalen welke klimaat effecten van belang zijn voor dit perspectief.

Op basis van de workshop is een aantal conclusies getrokken voor de vijf perspectieven. Op basis van de resultaten van de workshop zijn de criteria uit de long-list waar mogelijk gegroepeerd. Hiermee is de long-list teruggebracht tot een lijst van 20 criteria verdeeld over de vijf perspectieven. Omdat er geen harde grenzen zijn voor de criteria is ervoor gekozen om voor ieder criterium een aantal vragen te omschrijven.

2.4 Klimaat effecten op winningen

Op basis van de literatuurstudie is een overzicht gemaakt van de klimaat effecten die van belang kunnen zijn voor de bronnen van drinkwater, waarbij de klimaat effecten zijn samengevat zodat deze beter passen bij het perspectief vanuit drinkwaterwinningen.

Vervolgens zijn de afzonderlijke klimaat effecten verder uitgewerkt in tabellen. De kennisoverzichten in dit hoofdstuk hebben als doel om de lezer een overzicht te geven van de mogelijke doorwerking van klimaat effecten op verschillende typen winningen en wat we hier in Nederland zoal van weten. In de tabellen zijn de volgende onderwerpen opgenomen:

- Relevant voor soort winningen
- Korte omschrijving oorzaken en gevolgen
- Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen
- Handelingsruimte drinkwaterbedrijf
- Onzekerheden en kennisleemten
- Belangrijke bronnen
- Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik
- Verwachte impact

De tabellen zijn gevuld met behulp van verzamelde expertkennis, op basis van interviews met experts van drinkwaterbedrijven en KWR. Waar van toepassing is kennis uit de bronnen voor de literatuurstudie toegevoegd.

- KWR: zes onderzoekers op het gebied van resilience management & governance, ecohydrologie, chemische waterkwaliteit, microbiologische waterkwaliteit en aquatische ecologie.
- Drinkwaterbedrijven: strategen, hydrologen en procestechnologen bij Oasen, Evides, Brabant Water, Waternet, WML, Vltens, WMD, Dunea

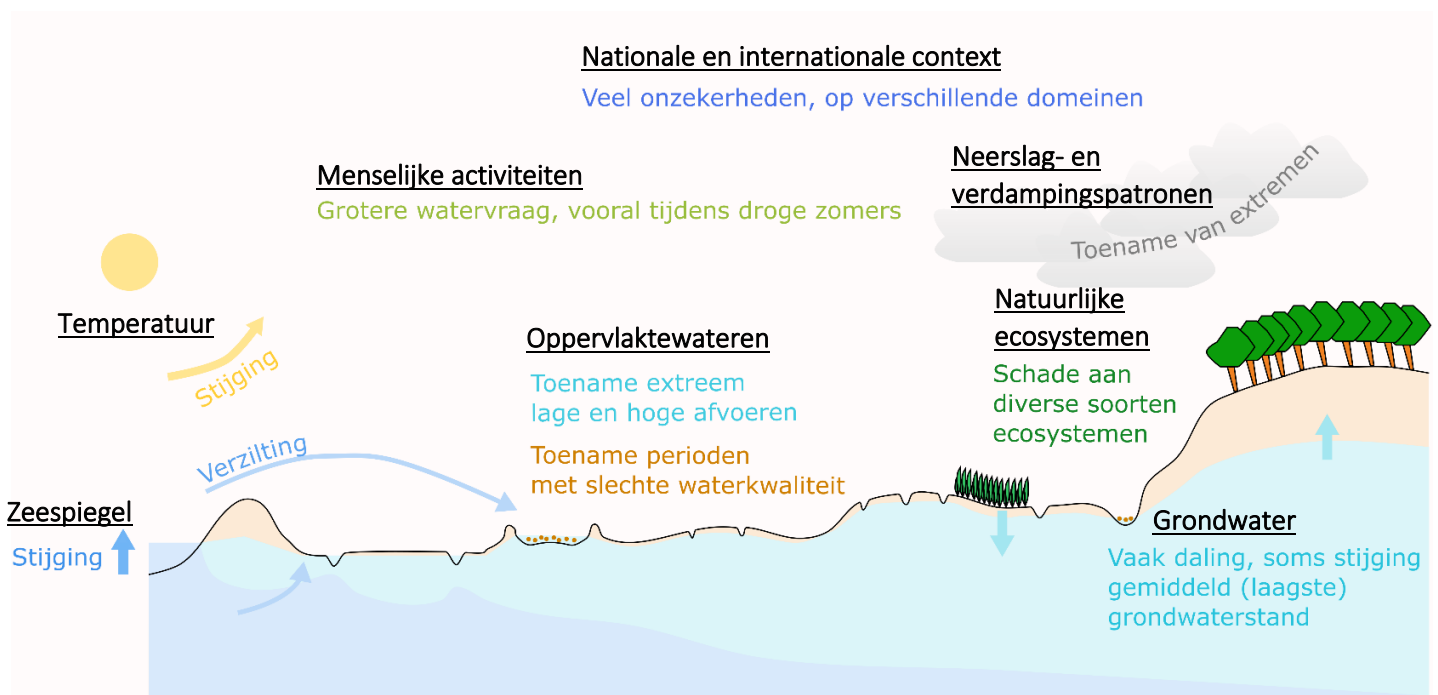
Daarnaast is aan de begeleidingsgroep gevraagd om de kennisoverzichten zo nodig aan te vullen.

3 Beknopt kennisoverzicht van klimaatverandering met het oog op water

3.1 Inleiding

Klimaatverandering zal naar verwachting op verschillende manieren de drinkwatersector in Nederland beïnvloeden. Dit hoofdstuk is erop gericht om de reikwijdte van de mogelijke relevante klimaat effecten, voor zover deze nu bekend zijn voor de komende decennia, globaal in beeld te brengen op basis van literatuur. Voor meer gedetailleerde kennis, wordt verwezen naar de literatuurlijst (Hoofdstuk 8). De focus ligt in dit hoofdstuk op de mogelijke gevolgen voor watersystemen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende niveaus waarop effecten kunnen spelen: de directe effecten op de omgeving, de indirecte gevolgen voor verschillende sectoren (waardoor ook gevolgen voor de omgeving kunnen ontstaan) en de grote onzekerheden die verband houden met mitigatie en adaptatie op nationaal en internationaal niveau.

In Hoofdstuk 1 zal dieper ingegaan worden op hoe deze effecten kunnen doorwerken op drinkwaterwinningen en het handelingsperspectief van drinkwaterbedrijven.



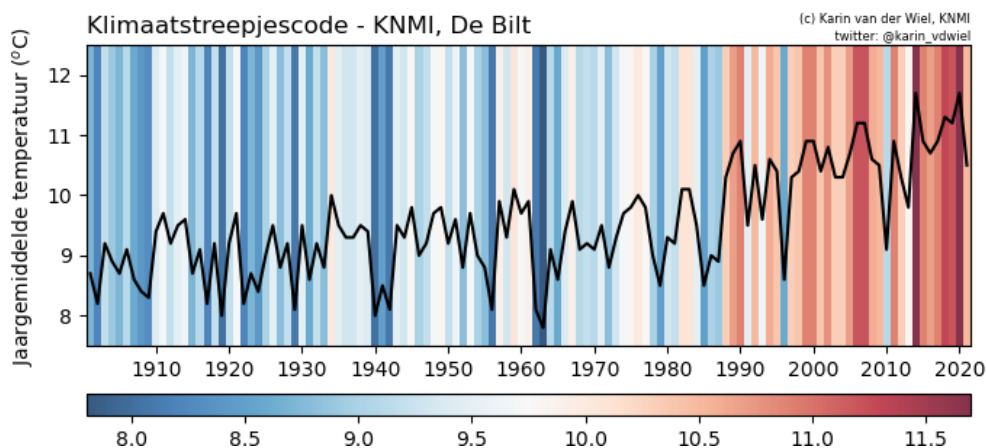
Figuur 3-1. Schematisch overzicht van klimaat effecten op de leefomgeving, menselijke activiteiten en de context, met het oog op water. De onderstreepte woorden verwijzen naar de paragrafen in dit hoofdstuk en zijn klikbaar in de digitale versie met behulp van de Ctrl-toets.

Wereldwijde klimaatverandering

Klimaatverandering betreft de snelle verandering van de temperatuur en weerpatronen op aarde als gevolg van menselijke activiteiten waarbij broeikasgassen (waaronder CO₂, methaan, lachgas en ozon) vrijkomen, zoals de verbranding van fossiele brandstoffen, maar ook ontbossing en veenoxidatie¹. Broeikasgassen zorgen ervoor dat de warmte van de zon wordt vastgehouden in de atmosfeer van de aarde. Doordat in de afgelopen eeuwen het aandeel broeikasgassen in de atmosfeer is gestegen, is ook de gemiddelde temperatuur op aarde gestegen, en zal deze nog verder stijgen. Illustratief voor de stijging is de klimaatstreepjescode (Figuur 3-2).

Door verschillende feedbackmechanismen (waaronder luchtstromen, zeestromen, waterdamp (wat ook een broeikasgas is) en interacties met het landoppervlak) veranderen de weerpatronen op aarde, maar niet overal op dezelfde manier. Ook stijgt de gemiddelde zeespiegel, voornamelijk doordat het water in de oceanen uitzet en er extra water aan toegevoegd wordt door het smelten van landijs en gletsjers. Voor verdere toelichting verwijzen wij naar www.klimaathelpdesk.nl.

Hoewel er grote zekerheid bestaat over het broeikas effect en de gemiddelde temperatuurstijging als gevolg van menselijke activiteiten (IPCC, 2022b), is het door de vele feedbackmechanismen en onzekerheid rondom menselijk gedrag moeilijk om te voorspellen wat er precies zal gebeuren in de verschillende delen van de wereld. Wel bestaat er consensus dat klimaatverandering wereldwijd leidt tot de toename van extreem weer en negatieve gevolgen voor mensen en (eco)systemen. Wereldwijd wordt er actie ondernomen om de effecten van klimaatverandering te beperken (mitigatie, waaronder de transitie van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energiebronnen), maar het lijkt niet waarschijnlijk dat de klimaatverandering tot 1.5°C beperkt kan blijven (UNEP, 2022). Wanneer deze grens wordt overschreden wordt verwacht dat er extra feedbackmechanismen, zoals het smelten van de antarctische ijskap, in werking treden waardoor de gevolgen onevenredig groter worden. Daarnaast worden er acties ondernomen om minder last te hebben van de negatieve gevolgen van klimaatverandering (adaptatie), maar ook hierover concludeert het IPCC dat vele sectoren achterlopen (IPCC, 2022b). Het IPCC adviseert met klem dat overheden, samenlevingen en bedrijven zich richten op duurzame ontwikkeling.



Figuur 3-2. Klimaatstreepjescode voor KNMI meetstation De Bilt (bron: Karin van der Wiel, KNMI). De kleuren representeren de gemiddelde gemeten jaartemperatuur.

¹ Voor een duidelijke uitleg over de verschillende processen rondom klimaatverandering wordt verwezen naar

<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

3.2 Directe effecten van klimaatverandering

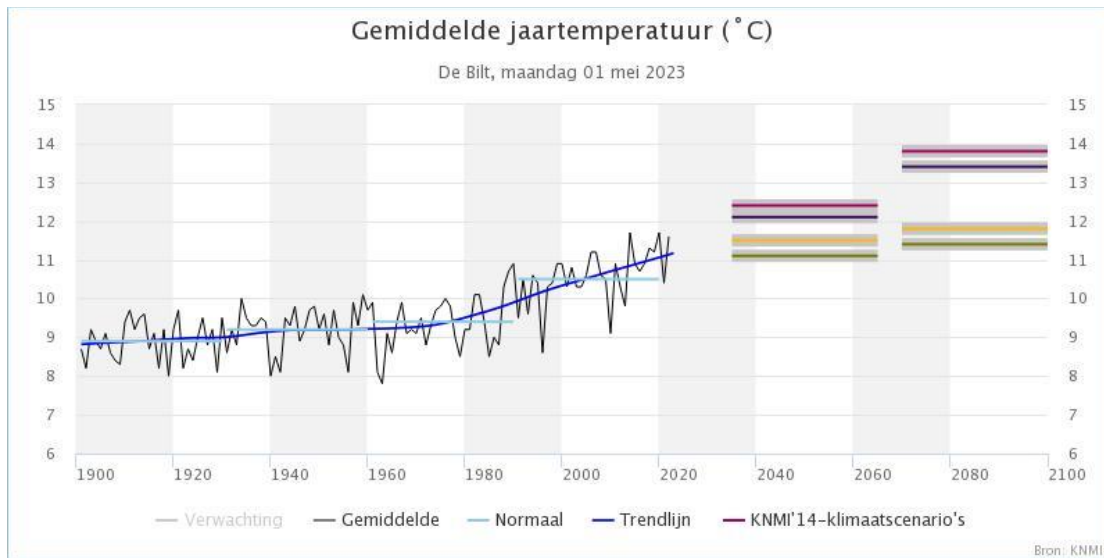
De belangrijkste recente informatie rondom directe effecten van klimaatverandering voor Nederland zijn beschreven in het Klimaatsignaal '21, dat uitgebracht is door het KNMI en gebaseerd is op het IPCC rapport uit 2021. Het Klimaatsignaal is slechts een kort overzicht. In 2023 verwacht het KNMI nieuwe scenario's uit te brengen voor Nederland; deze zijn op het moment van schrijven nog niet beschikbaar. In deze paragraaf zijn kort de effecten op temperatuur, neerslagpatronen, zeespiegel en rivierafvoer samengevat, waarbij het Klimaatsignaal het vertrekpunt vormde.

Bij de interpretatie van de directe effecten is het verstandig te beseffen dat de snelheid en ernst van klimaatverandering sterk afhangen van de verandering van (met name) de verandering van de uitstoot van broeikasgassen. Daarnaast is er sprake van een scala aan onzekerheden hoe de verandering van de energiebalans van de aarde uitwerkt voor bijvoorbeeld lucht- en oceaanstromen en terugkoppelingen in het systeem. Om deze redenen worden de effecten aangegeven in de vorm van trends met een bepaalde bandbreedte of in de vorm van specifieke scenario's.

3.2.1 Temperatuur

Vanaf begin vorige eeuw is de jaargemiddelde temperatuur gestaag gestegen (KNMI, 2021):

- In deze periode is de jaargemiddelde temperatuur met 2,3°C toegenomen (Figuur 3-3). De toename van de temperatuur vanaf de jaren 1960 is in Nederland ruim twee keer zo hoog als de toename van de wereldgemiddelde temperatuur in dezelfde periode. Vooral de laatste vijf jaar laten bovengemiddelde temperaturen zien in combinatie met zeer weinig neerslag, waardoor in Nederland extreme droogte is opgetreden (zie ook 3.2.2).
- Ook zijn de extremen sterk veranderd. Het gemiddeld aantal vorstdagen per jaar (met een minimumtemperatuur onder nul) nam af met bijna twee weken (van 65 naar 53 dagen) en het gemiddeld aantal ijsdagen per jaar (met een maximumtemperatuur onder nul) nam af met 5 dagen (van 11 naar 6 dagen).
- Zomerse dagen per jaar – volgens de definitie de dagen waarop een temperatuur van 25°C of hoger bereikt wordt – nam toe van 19 naar 28; het gemiddelde aantal tropische dagen per jaar – waarop het 30°C of warmer wordt – is ruim verdubbeld: van 2,4 naar 5,0. De hoogste maximum-temperatuur per jaar nam toe met 2,4°C, ruim twee keer zoveel als de toename van de jaargemiddelde temperatuur.
- Binnen Nederland zijn ook grote verschillen te zien. Zo is Groningen nu net zo warm als Maastricht 30 jaar geleden en is Maastricht net iets meer opgewarmd dan Groningen (1,5°C tegen 1,2°C in de periode 1991-2020) (KNMI, 2022).
- Voor Europa, en dus ook Nederland, wordt verwacht dat de eerder waargenomen opwarming doorzet, tot enkele graden in de komende eeuw (Figuur 3-3).



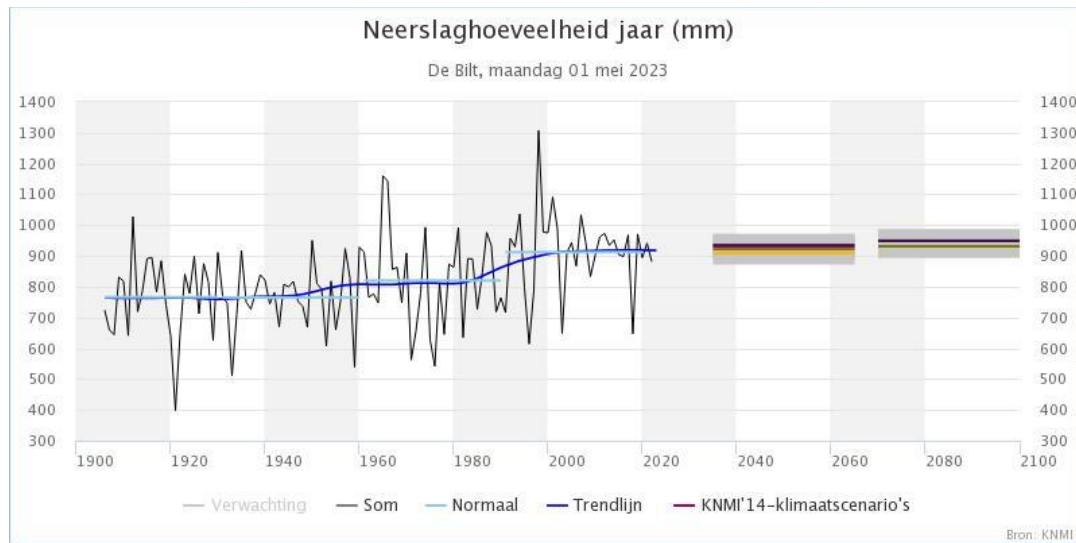
Figuur 3-3. Gemiddelde jaartemperatuur 1901 – 2022 en de verwachte toekomstige gemiddelde temperaturen volgens de vier klimaatscenario's (bron: KNMI (2023)).

3.2.2 Neerslag- en verdampingspatronen

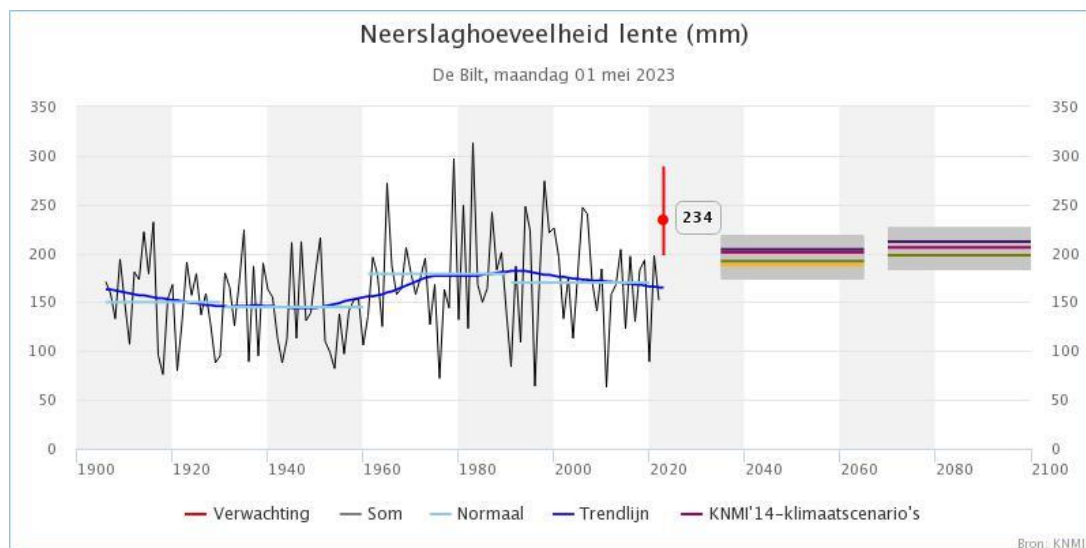
Veranderingen in neerslagpatronen kennen meer onzekerheid dan bijvoorbeeld veranderingen in temperatuur, omdat dit mede afhankelijk is van veranderingen in luchtstroming en vochtigheid. Gemiddeld over Nederland is de jaarlijkse neerslag sinds 1961 met 8% toegenomen (Figuur 3-4). Deze toename is het grootst in de winter en in mindere mate in de zomer en de herfst. Hierbij werden de natte dagen natter, terwijl het *aantal* natte dagen niet of nauwelijks veranderde. De lente is het enige seizoen waarin de gemiddelde hoeveelheid neerslag is afgenomen. Het aantal droge dagen in de lente is sterk toegenomen. De verdamping is in alle seizoenen toegenomen, vooral in de lente. De kans op droge lentes en zomers is groter geworden. Deze veranderingen hebben geleid tot een toename van het maximale potentiële neerslagtekort² (verschil tussen neerslag en referentieverdamping) (Figuur 3-6). In het binnenland wordt toename van droogte voor de landbouw tenminste deels aan klimaatverandering toegeschreven (Philip et al., 2020). Ons klimaat lijkt daarmee wat op te schuiven richting het klimaat van Zuid-Europa. Voor de komende decennia worden de volgende veranderingen verwacht:

- Grotere kans op meteorologische droogte in het voorjaar en in de zomer.
- Vaker voorkomen van extreme neerslag, dit is het waarschijnlijkst voor kortdurende grote buien in de zomerperiode. Mogelijkerwijs gaat dit gepaard met meer onweer, hagel en windstoten, maar dit is relatief onzeker. Bij de zwaarste buien worden meer valwinden verwacht met een grotere kans op schade.
- Mogelijk iets minder vaak voorkomen van kleinere buien.

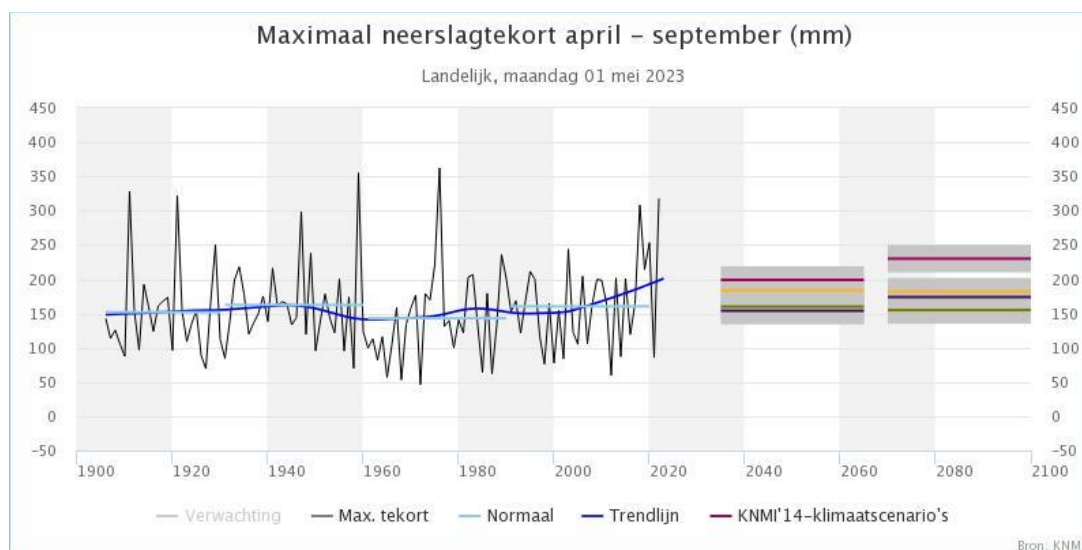
² Het potentiële neerslagtekort wordt door het KNMI gedefinieerd als het verschil tussen de hoeveelheid neerslag die valt en de referentieverdamping die berekend wordt volgens de methode van Makkink.



Figuur 3-4. Jaarlijkse cumulatieve neerslaghoeveelheid 1906-2022 en de verwachte neerslag in de vier klimaatscenario's (bron: KNMI (2023))



Figuur 3-5. Neerslaghoeveelheid lente (1 maart – 1 juni) 1906-2022 en de verwachte neerslag in de vier klimaatscenario's. Bron: KNMI (2023).

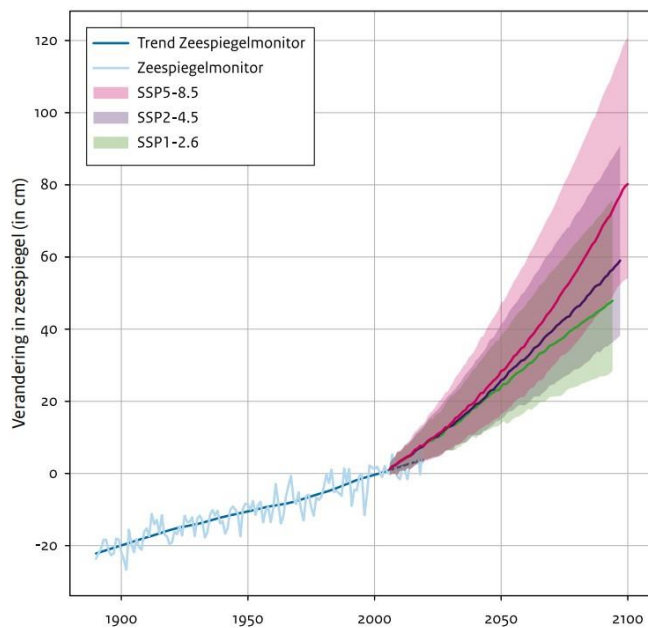


Figuur 3-6. Maximaal neerslagtekort 1906-2022 (cumulatieve som van de referentieverdamping minus de neerslag van 1 april t/m 30 september). Bron: KNMI (2023).

3.2.3 Zeespiegel

De stijging van de zeespiegel hangt af van verschillende processen, waarbij de belangrijkste onzekerheid is hoeveel landijs van de Zuidpool in de oceaan terecht zal komen (KNMI, 2022). Het KNMI schat in het Klimaatsignaal '21 de zeespiegelstijging op maximaal 1.2 m in 2100 (Figuur 3-7). Recenter onderzoek verwacht dat de stijging iets beperkter is (0.7-0.9 m bij 2°C temperatuurstijging en 1.3-1.6 m bij 5°C temperatuurstijging) (van de Wal et al., 2022). Na het smelten van de Antarctische IJskap op de Zuidpool zal de zeespiegel snel sterker stijgen, tot maximaal zo'n 10 meter in 2300. De gevoeligheid van Nederland voor zeespiegelstijging wordt versterkt door de bodemdaling in de kustprovincies (naar verwachting tot maximaal 40-60 cm daling in de periode tot 2050).

Significante zeespiegelstijging zal gevolgen hebben voor de noodzaak tot kustversterking en zeer grote zeespiegelstijging zal grote gevolgen hebben voor de noodzaak tot aanpassingen in verband met de (veilige) bewoonbaarheid en de landbouw in laag Nederland (Haasnoot et al., 2020) (zie ook 3.4.4). Schra et al. (2022) hebben kaarten gepubliceerd met de mogelijke ruimtelijke consequenties van zeespiegelstijging van 2 en 5 m op Nederland, met aandacht voor de effecten op waterbeheer, verzilting, waterkeringen etc. (Bijlage I).

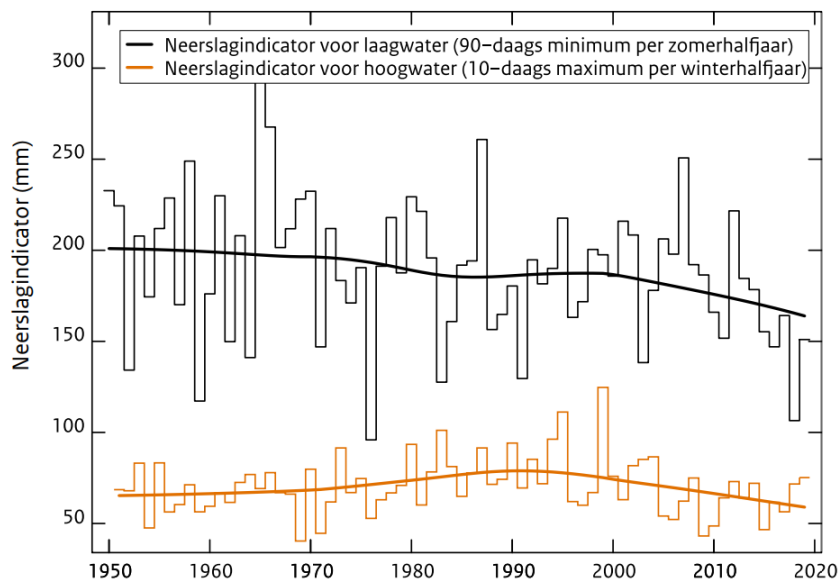


Figuur 3-7. Zeespiegel aan de Nederlandse kust zoals waargenomen en volgens de nieuwe, indicatieve zeespiegelprojecties (bron: KNMI, 2021)

3.2.4 Rivierafvoer

Door de veranderde neerslag- en verdampingpatronen in Nederland en de rest van Europa zullen de afvoeren van de Maas en Rijn ook veranderen. Hierbij zijn vooral de veranderingen in de hoge en de lage afvoeren van belang. Deze worden door verschillende factoren bepaald. In Figuur 3-8 zijn de trends van de zogenaamde hoog- en laagwaterindicatoren in het Rijn-Maas stroomgebied weergegeven. Deze indicatoren geven in eerste instantie inzicht in de kans op een situatie met hoog- of laagwater. De laagwater-indicator laat sinds 1950 een afname zien. In lijn hiermee is de kans op laagwater (in de zomer) in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas geleidelijk toegenomen. De trend in de hoogwater-indicator (rode lijnen) is minder eenduidig.

De toekomstprojecties van de neerslag-indicatoren voor hoog- en laagwater laten duidelijke verschillen zien (KNMI, 2021b). Terwijl de hoogwater-indicator een toename vertoont, laat de laagwaterindicator juist een verdere afname zien. Met andere woorden: de kans op zowel hoog als laagwater zal toenemen. De consequenties hiervan worden besproken in de navolgende paragrafen.



Figuur 3-8. Neerslagindicatoren voor laag- en hoogwater in het Rijn-Maas-stroomgebied per jaar vanaf 1950. De vloeiende lijnen representeren de langjarige trend. Bron: KNMI2021).

3.3 Directe gevolgen van klimaatverandering op de leefomgeving

3.3.1 Grondwater

De veranderende meteorologische processen (neerslagpatronen en verdamping) kunnen de **grondwateraanvulling** en daarmee de **grondwaterstanden** beïnvloeden. Hierbij zijn onder andere de volgende mechanismen betrokken:

- Door stijgende temperaturen en droge perioden (met lagere luchtvochtigheid) kan de potentiële verdamping toenemen. Of dit leidt tot meer *actuele* (werkelijke) verdamping hangt van verschillende factoren af, waaronder beschikbaar bodemvocht (mede afhankelijk van de diepte van de grondwaterspiegel) en (veranderingen in) type vegetatie en gewasontwikkeling.
- Verandering van neerslagpatronen werkt in op de seizoensverdeling van neerslag (meer neerslag in de winter, minder in de zomer) en het voorkomen van (zomerse) piekbuien. Bij intensieve buien zal een groter deel van de neerslag niet infiltreren maar oppervlakkig afstromen.

Of de *gemiddelde* grondwateraanvulling zal afnemen of toenemen als gevolg van bovenstaande veranderingen, hangt af van verschillende (lokale) factoren. Het duidelijk dat de verschillen tussen de seizoenen toenemen: naar verwachting zal er meer grondwateraanvulling in de winter en minder in de zomer zijn. Hoe deze verandering in grondwateraanvulling vervolgens doorwerkt op de lage en hoge grondwaterstanden hangt af van het landschap, de ondergrond en eventuele drainagemaatregelen. De effecten op het grondwatersysteem zijn in het kader van het Deltaprogramma onderzocht met behulp van het Nationaal Water Model (Deltamodel) (Klijn et al., 2012; Mens et al., 2020). Hierin zijn niet alleen klimaatscenario's maar ook sociaaleconomische scenario's meegenomen. Figuur 3-9 geeft het verwachte beeld van Nederland weer.

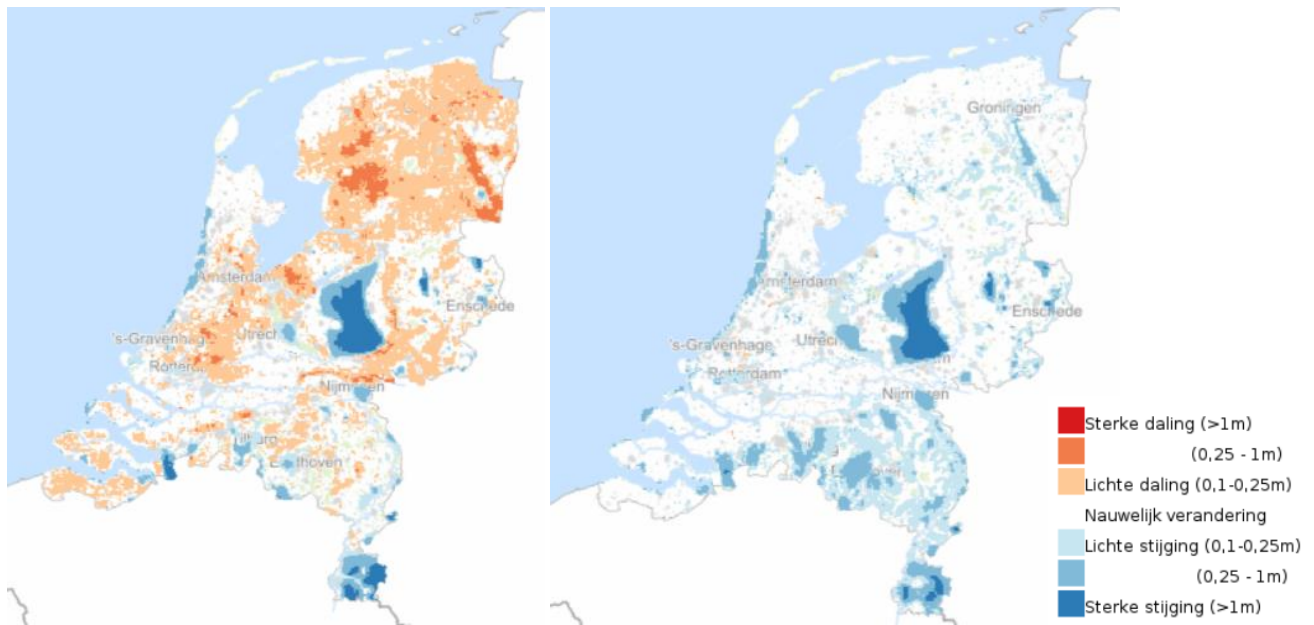
In relatief snel reagerende hydrologische systemen, zoals gedraineerde percelen en polders, wordt overtollig water snel afgevoerd en zijn verhoogde grondwaterstanden (zonder aanvullende maatregelen) vaak van korte duur. De extra grondwateraanvulling wordt daarom niet vastgehouden tot in het drogere seizoen. Afhankelijk van de aard van de drainagemiddelen en het oppervlaktewatersysteem kan een dalende grondwaterstand in de zomer worden

aangevuld vanuit het oppervlaktewater (bijvoorbeeld bij poldersystemen), maar in vrij afwaterende gebieden zal dit vaak beperkt mogelijk zijn. De kans is dan groot op een daling van de laagste en gemiddelde grondwaterstanden

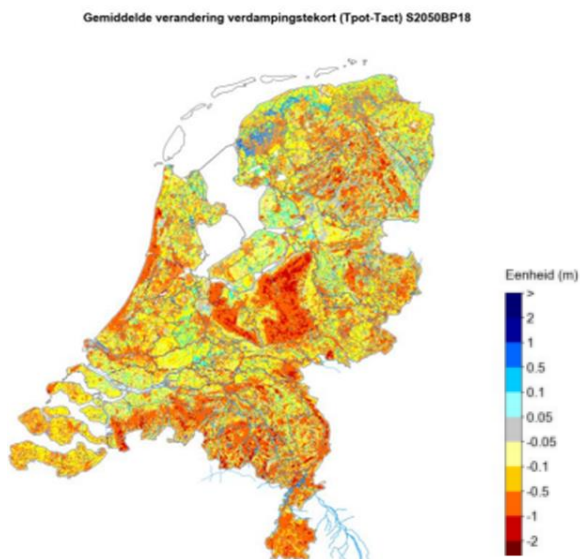
In langzamer reagerende systemen, kunnen grondwaterstandsstijgingen langer aanhouden en zijn fluctuaties in de grondwateraanvulling minder van invloed op de afvoer. In dit soort gebieden kunnen er daardoor juist hogere grondwaterstanden ontstaan als gevolg van klimaatverandering. Op de Veluwe (lage responstijd, diepe grondwaterstanden) zal bijvoorbeeld naar verwachting de netto grondwateraanvulling toenemen, en zullen grondwaterstanden in de hoger gelegen delen stijgen (Mens et al., 2020; van Engelenburg et al., 2018; Van Huijgevoort et al., 2020). Een belangrijke onzekerheid hierbij is echter de ontwikkeling van de vegetatie in deze gebieden.

De veranderingen in neerslag, verdamping en grondwaterstanden kunnen ook verder doorwerken in andere onderdelen van het watersysteem:

- **De stijghoogte van dieper grondwater** wordt sterk beïnvloed door de freatische grondwaterstanden en eventuele onttrekkingen. Afhankelijk van het gekozen scenario wordt verwacht dat de diepere stijghoogten in ieder geval in laag Nederland (behalve de kuststrook) en wellicht ook in (grote) delen van hoog Nederland (behalve de Veluwe) daalt (Mens et al., 2020). Dit kan gevolgen hebben voor o.a. kwelstromen (dieper grondwater dat naar het oppervlak stroomt), die bijvoorbeeld voor bepaalde typen natuur van belang kunnen zijn (zie 4.3.4).
- **Verdampingstekort.** Of planten voldoende water hebben om te groeien hangt af van het aanwezige bodemvocht, wat beïnvloed wordt door neerslag, verdamping en eventuele teruglevering van water vanuit het grondwater in geval van ondiepe grondwaterstanden. In de scenario's met beperkte klimaatverandering worden in de meeste gebieden kleine verschillen verwacht met de huidige situatie, maar in geval van sterkere klimaatverandering (Deltascenario's WARM en STOOM) wordt verwacht dat het verdampingstekort sterk kan stijgen, vooral op de hoger gelegen delen van Nederland (Figuur 3-10) (Mens et al., 2020).
- **Afvoer.** Afvoer van het neerslagoverschot vindt grotendeels plaats via het grondwater naar het oppervlaktewater. Veranderingen in grondwaterstand zullen leiden tot veranderingen in afvoer van oppervlaktewater, waarbij bijvoorbeeld sterke daling van de grondwaterstand kan leiden tot droogval van beken. In 4.3.3 wordt hier verder op ingegaan.



Figuur 3-9. Verwachte verandering in gemiddeld laagste (links) en gemiddeld hoogste (rechts) grondwaterstand voor 2050. Bron: Nationaal Water Model 2019, in Klimaat effect atlas (2023a)



Figuur 3-10. Verandering van het gemiddelde verdampingstekort in het STOOM scenario (Mens et al., 2020).

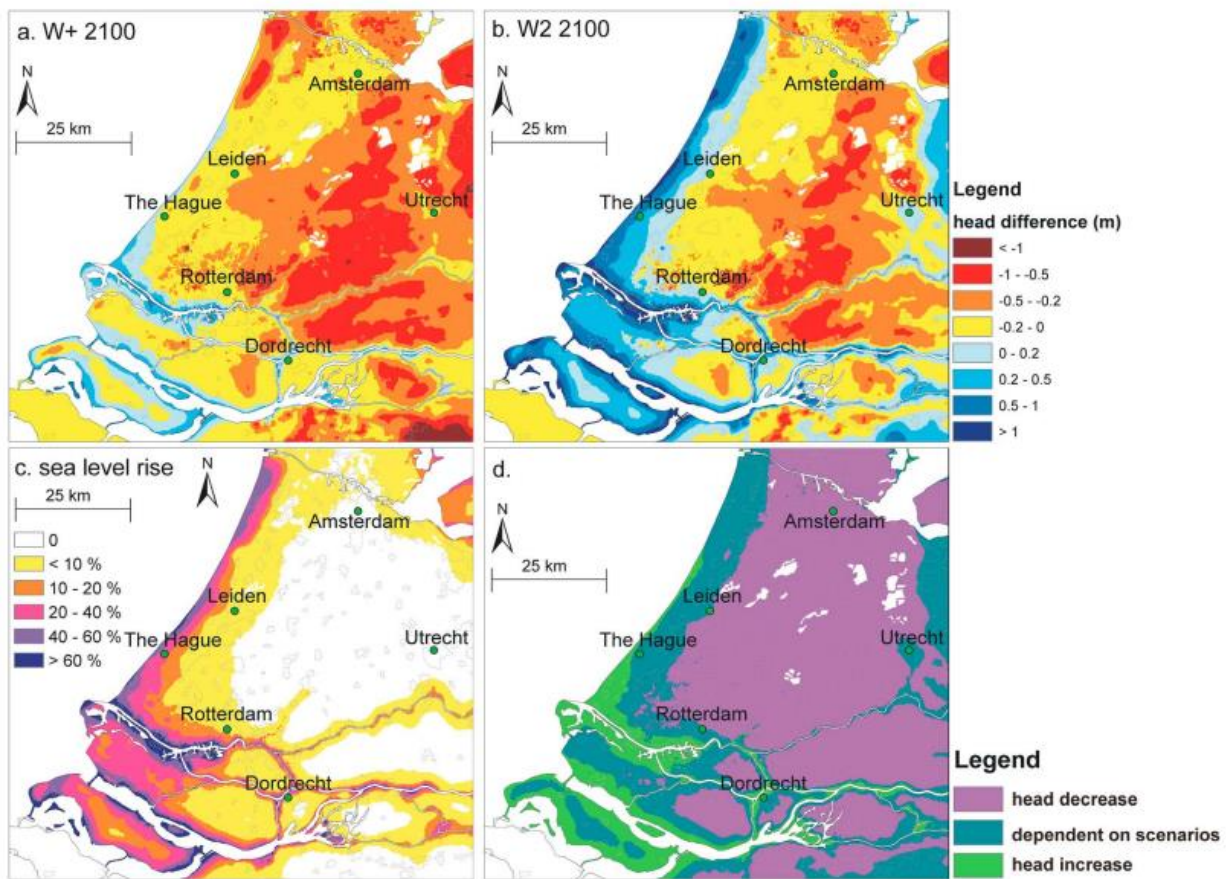
Door veranderingen in grondwateraanvulling, grondwaterstanden en landgebruik (zie ook 3.4) kunnen ook **kwaliteitsveranderingen** optreden in het grondwater. Over de meeste kwaliteitsveranderingen als gevolg van klimaatverandering (afgezien van verzilting) is relatief weinig bekend voor de specifieke situatie in Nederland, maar ook voor de rest van de wereld (Barbieri et al., 2021). De volgende mechanismen worden in de literatuur genoemd (Kløve et al., 2014), die mogelijk in Nederland van invloed kunnen zijn:

- **Verzilting.** Door zeespiegelstijging zal de stroming van grondwater in kustregio's veranderen en zal de verzilting van watervoerende pakketten die op veel plekken plaatsvindt sterker worden. Voor Nederland is hier naar

gekeken door Oude Essink et al. (2010). Deze studie geeft aan dat het effect van zeespiegelstijging kan doorwerken op het grondwater tot zo'n 10 km vanaf de kustlijn en de grote rivieren (Figuur 3-11) en dat ook verzilting vanuit het grondwater zal toenemen in het zuidwesten van Nederland. Bodemdaling speelt hierbij ook een belangrijke rol, omdat (brakke) kwel hierdoor verder kan toenemen (Pauw et al., 2012).

- **Verandering van het transport van verontreinigingen** vanaf het oppervlak en de bodem naar het grondwater, door veranderingen in de hoeveelheid grondwateraanvulling over het jaar (zie het eerder in deze paragraaf). Het zou hier kunnen gaan om stoffen zoals nitraat en bestrijdingsmiddelen. Er zijn geen concrete gegevens gevonden hoe dit zou kunnen uitwerken voor de Nederlandse situatie.
- **Veranderingen in peil en landgebruik** (met het oog op mitigatie en adaptatie) **en soortensamenstelling** kunnen leiden tot veranderde aanvoer van stoffen vanuit het oppervlak. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan peilverhogingen om verdroging of verzilting tegen te gaan, het veranderen van de samenstelling van ecosystemen (zie 4.3.4) en grootschalige productie van biobrandstoffen) (Kløve et al., 2014).
- Daarnaast kan **temperatuur** zelf ook als kwaliteitsvariabele worden gezien. De gemiddelde grondwatertemperatuur zal naar verwachting meestijgen met de gemiddelde lucht- en bodemtemperatuur over het jaar. De gemiddelde bodemtemperatuur is de afgelopen 40 jaar gestegen met 1,5° (Bakema et al., 2022). Hierdoor kunnen bodemprocessen versnellen, ook is het mogelijk dat er gevolgen ontstaan voor het processen aan het oppervlak, zoals het lokale microklimaat.

Naast de in de literatuur genoemde processen zouden er ook andere processen van belang kunnen zijn, zoals chemische reacties als gevolg van veranderingen in temperatuur, vochtgehalte, aanwezige stoffen en (micro)biologische activiteit. Dergelijke processen zouden kunnen leiden tot veranderde concentraties van stoffen in het grondwater, maar een eenduidig beeld van de gevolgen lijkt te ontbreken.



Figuur 3-11. Verwachte veranderingen in stijghoogte van het grondwater in de W+ (a) en W2 (b) klimaatscenario's, waarbij is aangeduid hoeveel het gevolg is van zeespiegelstijging (c) en een samenvatting van de verwachte effecten in 2100 ten opzichte van het jaar 2000 (d). Bron: Oude Essink, Van Baaren & De Louw (2010).

3.3.2 Oppervlaktewateren

In paragraaf 3.2.4 is al geconstateerd dat in de stroomgebieden van de Maas en Rijn de kans op hoog en laagwater toeneemt. Om vooral de kans op laagwater te kwantificeren zijn voor zowel het Rijn- als Maasstroomgebied recent afvoerstudies uitgevoerd (Stahl et al., 2022; van der Krogt et al., 2022). De vraagstukken en de systeemopgaven voor de grote rivieren (zowel met het oog op klimaatverandering als eerdere antropogene ingrepen) zijn in kaart gebracht door Klijn et al. (2022). KWR heeft eerder een trendalert gepubliceerd over de Rijn als regenrivier (van Huijgevoort, 2021). De belangrijkste conclusies rondom **lage afvoeren** zijn:

Rijn

- De laagste afvoer van de Rijn kan tot 30% afnemen tegen het einde van de eeuw (Klijn et al., 2022). De afvoerstudie van CHR (Stahl et al., 2022) berekent bij Lobith tegen het einde van de eeuw een laagste dagelijkse afvoer (als 7-daags voortschrijdend gemiddelde) van circa 400 m³/s. Dit is lager dan de laagste afvoer van 550 m³/s die in 2022 als uitgangspunt is genomen in het Regionaal Droogte-Overleg West-Midden (pers. comm. Gertjan Zwolsman, Dunea).
- Lage afvoeren kunnen ook langer aanhouden; met andere woorden perioden van (dreigend) watertekort zullen langer aanhouden.
- Het aandeel van de sneeuw uit de Alpen en het middelgebergte in Duitsland zal in 2100 gehalveerd zijn tot circa 400 m³/s. De verwachting is dat de gletsjers in 2100 grotendeels verdwenen zullen zijn.

Maas

- De Maas kan tegen het einde van deze eeuw te maken krijgen met 40-50% lagere afvoer (Klijn et al., 2022). De laagste afvoer van de Maas bij Borgharen kan in het meest ongunstige klimaatscenario in 2050 reduceren tot bijna nul (Stahl et al., 2022).
- Ook voor de Maas geldt dat de lage afvoeren langer kunnen aanhouden als gevolg van langer aanhoudende droge perioden.
- In alle scenario's zal de laagste afvoer bij Borgharen onder de 10 m³/s dalen en daardoor naar verwachting problemen opleveren voor de waterverdeling in Zuid-Nederland en België.

In de KNMI-scenario's nemen de extreem **hoge afvoeren** in 2050 van de Maas met 3-10% toe. Voor de Rijnaafvoeren bedraagt de toename in de scenario's 3-6%. Ook zullen vaker hoogwaters optreden: een Rijnaafvoer van ruim 12.000 m³/s (vergelijkbaar met de hoogwaters in 1993 en 1995) komt nu gemiddeld eens per 100 jaar voor. In 2050 kan een dergelijke afvoer eens per 30 jaar en in 2100 zelfs eens per 10 jaar optreden. Vaker optredend hoogwater betekent een toename van het overstromingsrisico langs de grote rivieren. Langs de kust komt daar de zeespiegelstijging bovenop. Dit heeft gevolgen voor de overstromingsrisico's langs de kust en langs het benedenstroomse deel van de rivieren waar zowel de zee als de rivierafvoer de waterstand bepalen (Nationaal Waterprogramma 2022-2027, 2022). In de Klimaat effectatlas (2023a) zijn de consequenties van deze verhoogde overstromingsrisico's te bekijken.

De effecten van klimaatverandering, zoals temperatuur en veranderingen in afvoer, kunnen tevens doorwerken op de waterkwaliteit van de grote rivieren (van Vliet & Zwolsman, 2008; Zwolsman & van Bokhoven, 2007). Uit het droge jaar 2018 zijn de gevolgen van hoge temperaturen en lage afvoeren reeds duidelijk waargenomen (Wolff & van Vliet, 2021):

- **Toename van de temperatuur**, gemiddeld 2 graden in 2018 in zowel de Rijn als de Maas (Wolff & van Vliet, 2021).
- **Toename van concentraties van stoffen bij lage afvoeren**, waaronder de resten van geneesmiddelen, als gevolg van minder verdunning van puntbronnen en diffuse bronnen tijdens droge perioden (Wolff & van Vliet, 2021). Door het regenwaterkarakter van de Maas, zijn de effecten voor deze rivier groter dan voor de Rijn. Verwacht wordt dat de (piek) concentraties van micro verontreinigingen in 2050 stijgen met een factor 2 tot 4 ten opzichte van de gemeten concentraties in 2010/2011 (Sjerps et al., 2017). Daarnaast kunnen ook (zeer) hoge afvoeren leiden tot verhoogde concentraties, omdat stoffen uit het sediment (bijvoorbeeld fosfaat) gemobiliseerd kunnen worden.
- **Toename van zoutconcentraties bij lage afvoeren** door minder verdunning (Pronk, 2021), maar ook door een toename van zoutindringing vanuit de zee. (Friocourt et al., 2020; Wolff & van Vliet, 2021). Bij lage afvoeren zijn de mondingen van zogenaamde 'dode takken' (riviertakken met slechts beperkte bovenstroomse aanvoer), zoals de Lek en de Hollandse IJssel, maar ook de zijtakken nabij de open verbindingen naar zee (zoals het Spui, dat het Brielsemeer van water voorziet) gevoelig voor verzilting. Afhankelijk van de omstandigheden (stroming, sluizen en opstuwing door wind) kunnen de effecten enkele dagen tot enkele maanden aanhouden.

Naast de grote rivieren kunnen ook de andere oppervlaktewateren veranderingen ondervinden door klimaatverandering. Voor de overige oppervlaktewateren wordt het volgende verwacht:

- **Kleinere, vrij afwaterende oppervlaktewateren** (zoals op de hoge zandgronden) worden lokaal gevoed, via oppervlakkige afstroming, het grondwater en eventuele lozing van effluent. De eerder beschreven veranderingen in neerslagpatronen en de doorwerking in het grondwater (3.3.1) komen bij deze wateren tot uiting. Wanneer grondwaterstanden dalen als gevolg van droge perioden, zal de basisafvoer afnemen. De kans op lage afvoeren als gevolg van droge perioden neemt toe, vooral bij gebieden met een korte

hydrologische responstijd. Mens et al. (2020) geven aan dat naar verwachting de watertekorten voor het oppervlaktewater het grootst zullen zijn op de hoge zandgronden. Wanneer er sprake is van te weinig doorstroming (wat kan leiden tot zuurstoftekort) of, in het ergste geval, droogval, kunnen de aquatische ecosystemen schade ondervinden.

Er zijn ook beken waarop rwzi's hun effluent lozen. Hierdoor kan een minimale afvoer gehandhaafd blijven, maar wordt de waterkwaliteit wel bepaald door de effluentkwaliteit aangezien er niet of nauwelijks verdunning plaatsvindt.

Ook neemt door klimaatverandering de kans op (zeer) hoge afvoeren door piekbuien toe. Dit kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit, doordat een groter aandeel van de afvoer via oppervlakkige afstroming in de beken terecht komt. Ook de kans op zeer hevige piekbuien kan toenemen, welke kunnen leiden tot wateroverlast en overstromingen. De overstromingen in 2021 in Limburg (en ook Duitsland, België en Luxemburg) waren hier een voorbeeld van (KNMI, 2021a).

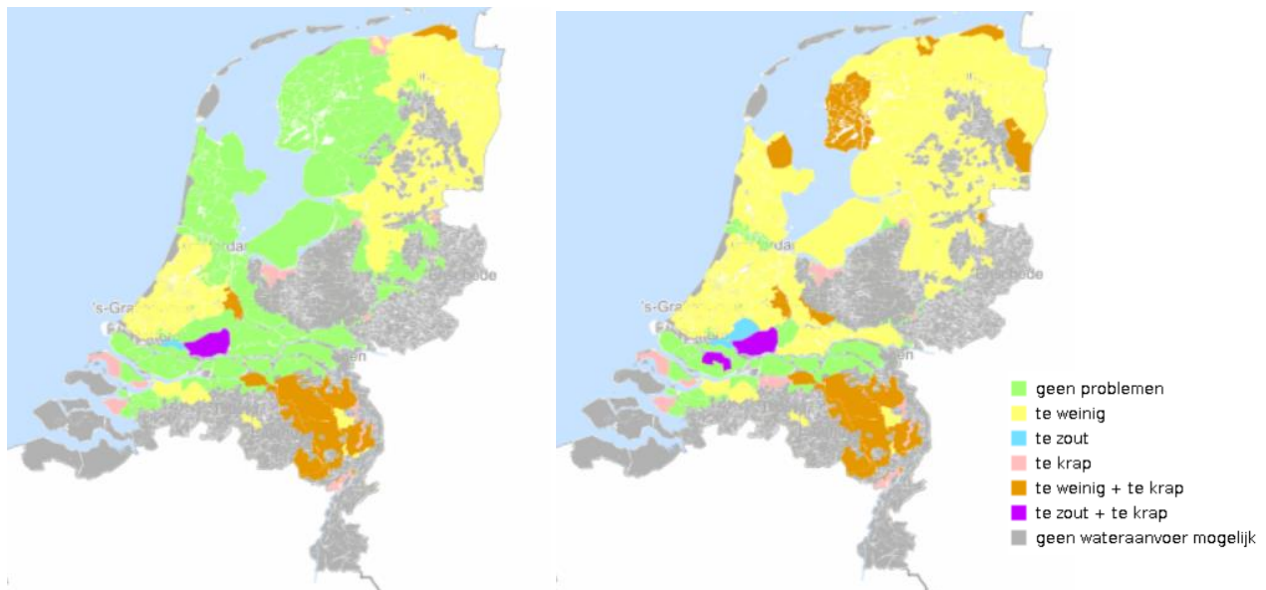
- Voor **polders** geldt dat er meer doorspoeling nodig kan zijn in verband met interne verzilting en tijdens droge periode kan er ook meer aanvoerwater nodig zijn voor peilbeheersing. Afhankelijk van het scenario en van de ligging van een het betreffende poldergebied gaan Mens et al. (2020) uit van een verandering van de doorspoelvraag van -25% tot +100%..

Daarnaast geldt ook voor polders dat piekbuien problemen kunnen veroorzaken; er ontstaat wateroverlast indien een polder niet voldoende snel bemalen kan worden en er onvoldoende bufferruimte is.

- Het **IJsselmeer** is afhankelijk van de aanvoer van water via de IJssel, en wordt gebruikt om in droge perioden verschillende gebieden van zoet water te voorzien. Het IJsselmeer wordt tevens gebruikt als bron voor drinkwater. De beschikbare voorraad hangt af van het zoetwaterpeil dat gehanteerd kan worden. In 2018 werd duidelijk dat de droogte kon leiden tot verzilting van het IJsselmeer. Sinds 2019 wordt voor het IJsselmeer een flexibel peil gehanteerd, dat ruimte biedt om het peil hoger op te zetten bij dreigende droogte (Rijkswaterstaat, 2023). Mogelijk wordt deze optie in de toekomst verruimd om meer water te kunnen bergen. Het is onzeker of het IJsselmeer voldoende water zal kunnen leveren aan alle regio's met een (toegenomen) zoetwatervraag; mogelijk is er in extreem droge perioden onvoldoende beschikbaar (Klimaat effect atlas, 2023a).

Net als voor grondwater geldt voor de oppervlaktewateren dat er meer vraag is naar onttrekkingen, bijvoorbeeld voor beregning van landbouwgewassen (zie 3.4). Eventuele onttrekkingen kunnen de beschikbaarheid van water tijdens droge perioden extra beperken.

Voor alle oppervlaktewateren geldt tevens dat het meer op kan warmen, wat ook het risico op blauwalg en pathogenen vergroot (Klimaat effect atlas, 2023a).



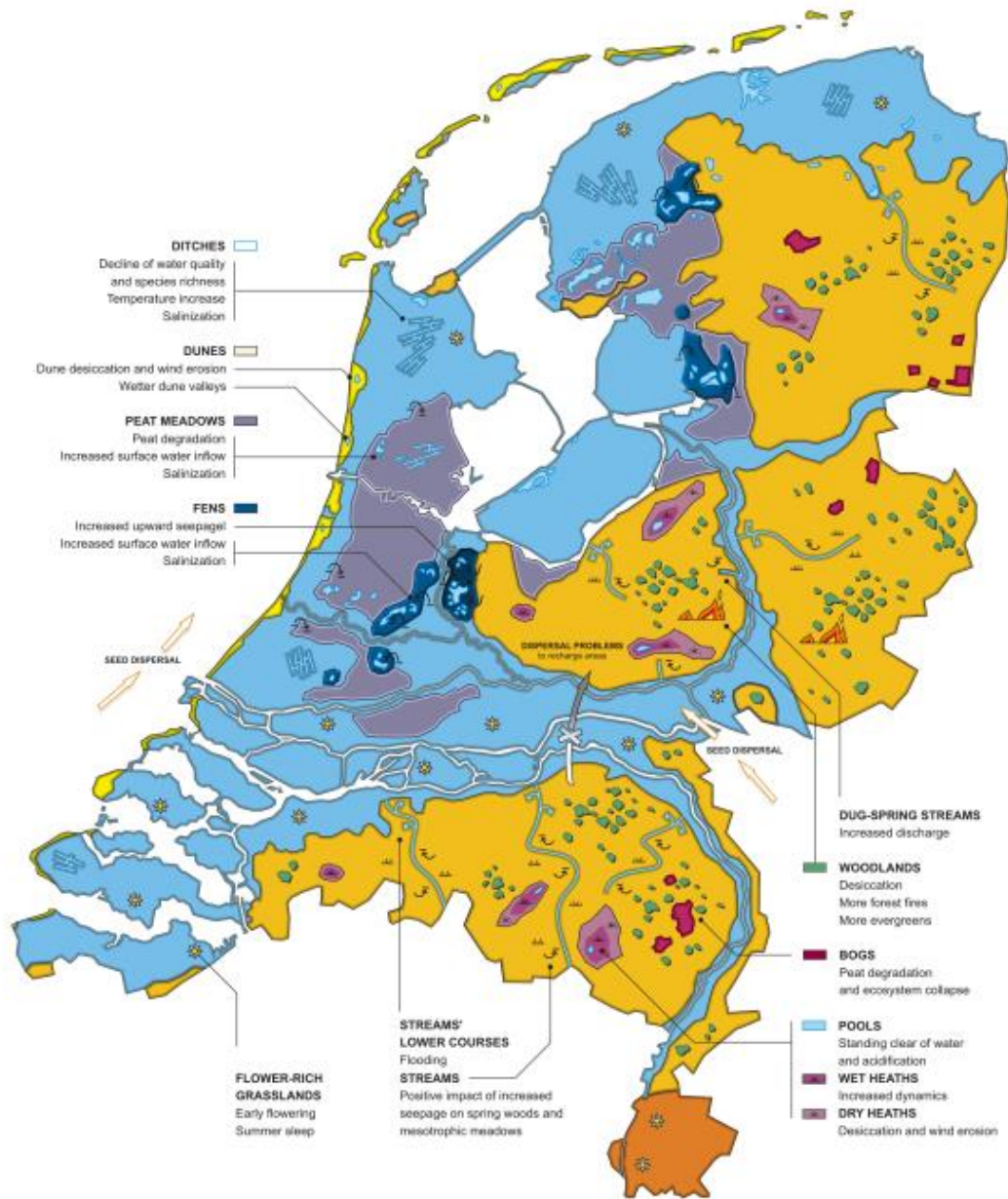
Figuur 3-12. Tekort aan oppervlaktewater in een extreem droog jaar in het referentiescenario (links) en de hoge inschatting voor 2050. De legenda geeft aan welke reden een watertekort zou verklaren. Bron: Nationaal Water Model 2019, in Klimaat effectatlas (2023a).

3.3.3 Natuurlijke ecosystemen

Natuurlijke ecosystemen ondervinden veranderingen als gevolg van klimaatverandering via de verschillende directe en indirecte effecten van klimaatverandering, zoals temperatuurstijging, veranderende vochtcondities, waterkwaliteit, veranderingen in de koolstof- en watercyclus, bosbranden en het voorkomen van invasieve exoten. Globaal heeft klimaatverandering daarmee een doorgaans negatief effect op de biodiversiteit van ecosystemen (IPCC, 2022b). Door veel verschillende feedbackmechanismen zijn de processen echter complex (Kros et al., 2021). De volgende effecten spelen mogelijk een rol:

- Verschuiving van vegetatiezones vanaf de evenaar richting de polen door stijging van temperatuur. Effect op vegetatie kan variëren van nihil tot volledige instorting. Er is echter sprake van veel feedbackmechanismen en onvoldoende inzicht in de volledige reikwijdte van de effecten (Kløve et al., 2014). Voor Nederland (Kros et al., 2021) kan dit betekenen dat koudeminnende soorten verdwijnen en warmteminnende soorten in aantal toenemen. Doordat standplaatscondities veranderen zal de soortensamenstelling van ecosystemen veranderen.
- Uit onderzoek blijkt dat in Nederland verschillende typen ecosystemen gevolgen zullen ondervinden van klimaatverandering (Kros et al., 2021; Nijp et al., 2019; van Bodegom et al., 2014; Witte et al., 2014; Witte et al., 2012) (Figuur 3-13). In Nederland spelen de veranderingen van de hydrologische condities een belangrijke rol:
 - Neerslaggevoede ecosystemen (zoals hoogvenen en heide) zullen nadelige gevolgen ondervinden van verdroging door aanhoudende droge perioden (Bijlsma et al., 2011).
 - Voor duinsystemen wordt verwacht dat het aandeel kale grond op zuidhellingen flink zal toenemen en dat duinvalleien natter zullen zijn (Witte et al., 2008).
 - Nutriëntarme systemen en systemen die afhankelijk zijn van fluctuerende grondwaterstanden zoals hooilanden en vochtige heiden kunnen schade ondervinden als gevolg van klimaatverandering (van Bodegom et al., 2014).
 - Laagveensystemen die afhankelijk zijn van oppervlaktewater kunnen gevolgen ondervinden van de aanvoer van inlaatwater, wat naar verwachting van lagere kwaliteit is (Witte et al., 2012)
 - Droge gebieden (zoals de Veluwe) worden daarnaast gevoeliger voor natuurbranden (Klimaat effectatlas, 2023a)

- Kwelsystemen nabij gebieden met een lange responstijd zouden positief beïnvloed kunnen worden door een toename van de kwelstromen (Clevers & Nijp, 2023; Nijp, De Haan & Witte, 2019).
- Verandering van hydrologische omstandigheden kan leiden tot veranderingen in soortensamenstelling en ecosysteemdiensten (Knapp et al., 2002; Nijp et al., 2014). Vooral bedreigde plantensoorten zijn gevoelig voor de toename van zeer natte en droge omstandigheden op eenzelfde plek, terwijl meer algemene soorten hier naar verwachting minder problemen door ondervinden (Bartholomeus et al., 2011).
- Klimaatverandering kan leiden tot een verandering van bewolking (Soden & Held, 2006). Naast water is de beschikbaarheid van licht een belangrijke competitiefactor voor vegetatie. Het functioneren van ecosystemen kan hierdoor veranderen (Nijp et al., 2015). Het is niet bekend of dit ook in Nederland tot veranderingen van ecosystemen kan leiden.
- Door de veranderende omstandigheden kunnen invasieve exoten zich mogelijk makkelijker vestigen. Dit geldt zowel voor planten als dieren in terrestrische en aquatische systemen.
- De Nederlandse natuur staat op veel plekken reeds onder druk door verschillende oorzaken (bijvoorbeeld stikstofdepositie en verdroging) waardoor veel ecosystemen zich minder goed kunnen aanpassen aan de veranderingen door klimaatverandering. Directe en indirecte effecten van klimaatverandering kunnen bestaan uit bijvoorbeeld verdroging, eutrofiering, verzuring en veenoxidatie (Kløve et al., 2014). De verschillende vraagstukken kunnen elkaar dus versterken (Kros et al., 2021).



Figuur 3-13. Schets van de ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering. Bron: Witte et al. (2012)

3.4 Gevolgen van klimaatverandering op menselijke activiteiten

Naaste de directe en indirecte effecten op de leefomgeving, heeft klimaatverandering ook effect op allerlei menselijke activiteiten, en daarmee indirect ook weer op het watersysteem. Daarnaast zal er ook gereageerd worden op klimaatverandering, met mitigerende en adaptieve maatregelen, waardoor klimaatverandering mogelijk op een andere manier zal doorwerken in de leefomgeving. Door de verwevenheid van klimaat, leefomgeving en menselijke systemen wordt klimaatverandering gezien als een integraal systeemvraagstuk (Haasnoot & Biesbroek, 2022). Deze paragraaf beschrijft globaal een aantal mogelijke gevolgen voor steden, landbouw, industrie en energievoorziening (en is zeker niet compleet).

3.4.1 Steden

Door de toename van (extreem) hoge temperaturen en de toename van hittegolven zal er in de stad vaker hittestress ontstaan (Stowa, 2020 en 2022). De nadelige gevolgen hiervan zijn voor een vijftal domeinen van belang, namelijk volksgezondheid, buitenruimte, leefbaarheid, infrastructuur en water.

De algehele vraag naar water zal in de stad zal toenemen. Gevolg hiervan is dat ook de vraag naar drinkwater zal toenemen. Er is echter nog weinig bekend over de relatie tussen klimaatverandering en drinkwaterverbruik. Het extra drinkwatergebruik in de droge zomers van afgelopen jaren is wel onderzocht door Baggelaar, et al (2022). Dit extra zomereffect bleek in 2018 +3,4% en in 2020 +3,7 % te zijn.

Daarnaast kunnen door lagere grondwaterstanden, verlaagd oppervlaktewaterpeil en verslechtering van de waterkwaliteit verschillende water gerelateerde problemen in de stad ontstaan (Stowa, 2020 en 2022), zoals de toename van blauwalgen en verstopping van drains.

De toename van piekbuien kan leiden tot een toename van situaties waarin riooloverstorten ontstaan, wat gevolgen heeft voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

3.4.2 Landbouw

De gevolgen van klimaatverandering kunnen op verschillende wijzen doorwerken voor de landbouwsector (Veraart & Reidsma, 2021). Voor het watersysteem kunnen de volgende gevolgen van belang zijn:

- **Langer groeiseizoen** (door de toegenomen temperaturen) waardoor opbrengsten mogelijk groter worden, en waardoor de watervraag van de gewassen ook groter kan zijn. Als gevolg van het langere groeiseizoen kan er ook een toename zijn van de mestgift en of het gebruik van bestrijdingsmiddelen.
- **Toename van de watervraag** van gewassen (een grotere watervraag per beregende hectare) en in combinatie met toegenomen droge perioden ook een hogere vraag naar water voor beregning, ook omdat meer percelen beregend zullen worden (omdat meer gebieden last kunnen krijgen van droogte) (Mens et al., 2020).
- In gebieden die te maken hebben met **versterkte verzilting** kan dit gevolgen hebben voor de landbouw. Het is mogelijk dat men zich richt op meer of betere doorspoeling van dit soort gebieden, kiest voor een andere gewas, of dat in deze gebieden minder grondgebonden landbouw wordt toegepast (Mens et al., 2020). Door hogere oppervlaktewaterpeilen kan verzilting worden tegengegaan (Pauw, de Louw & Essink, 2012), maar een dergelijke vernatting levert ook problemen op voor reguliere vormen van landbouw.

- Wanneer **piekbuien** in de zomer plaatsvinden, kunnen deze leiden tot verminderde gewasopbrengst (Heinen et al., 2017). Een toename van piekbuien kan daarom nadelig doorwerken voor de landbouw en mogelijk op termijn leiden tot veranderingen in landbouwmethoden of teelten.

Andersom kan verminderde waterbeschikbaarheid ook gevolgen hebben voor de landbouw, omdat deze sector relatief laag in de verdringingsreeks staat³ en er bij tekorten onttrekkingsverboden uitgevaardigd kunnen worden. Het is mogelijk dat de landbouwsector op bovenstaande uitdagingen inspeelt door andere keuzes te maken op het gebied van teeltmethoden en gewassen (Veraart & Reidsma, 2021).

3.4.3 Industrie en energievoorziening

Klimaatverandering kan op verschillende manieren effecten hebben op de industrie, ook als het gaat om water.

Stijgende temperaturen kunnen leiden tot een grotere koelwatervraag, voor industrieën en de energievoorziening. Wanneer het koelwater van een hogere temperatuur is, kan er minder goed gekoeld worden. Ook kan het lozen van koelwater een vraagstuk opleveren, omdat hier maximale temperatuurgrenzen voor gelden.

Verder kan de industriese sector gevolgen ondervinden van verminderde beschikbaarheid van oppervlaktewater tijdens perioden van grote watertekorten (lage afvoeren, zie 4.2.4 en 4.3.2), doordat andere sectoren hoger staan in de verdringingsreeks. Indien de drinkwatervoorziening onder druk komt te staan, is het tevens mogelijk dat er de drinkwaterlevering aan de industrie niet aan de vraag voldoet.

3.4.4 Nationale en internationale context

Naast klimaatverandering heeft Nederland te maken met andere grote veranderingen en transities, zoals de energietransitie, het stikstofvraagstuk, plannen voor woningbouw en de watertransitie (noodzaak tot een meer integrale benadering van vraagstukken in het watersysteem). Het PBL heeft recent nieuwe scenario's opgesteld die de reikwijdte van de verschillende mogelijke ontwikkelingen illustreren (PBL, 2023). De scenario's verschillen op allerlei vlakken, waaronder samenleving, economie en ruimtelijke inrichting. Voor drinkwaterwinning kunnen de volgende mogelijke ontwikkelingsrichtingen uit de PBL scenario's van belang zijn:

- Landgebruik, waarbij er sprake zou kunnen zijn van vergaande verstedelijking in/nabij de Randstad of juist beperkte groei, maar ook de manier waarop natuur en water een plek krijgen in de ruimtelijke inrichting. In alle scenario's wordt uitgegaan van een groei van het stedelijk gebied (van 5-14%).
- Wijze waarop men met de leefomgeving omgaat, waarbij er sprake kan zijn van relatief sterke of beperktere invloed van de mens op de omgeving (ruimtegebruik, grondstoffen, reststoffen, stikstofuitstoot) en de manier waarop klimaatmitigatie en -adaptatie een plek geeft. Dit laatste betreft ook de omgang met water in de vorm van berging, afkoppelen, inundatiegebieden en herstel van natte (natuur)gebieden.
- De PBL scenario's gaan er voor de drinkwatervoorziening vanuit dat er in alle scenario's (om verschillende redenen, waaronder bevolkingsgroei in de Randstad, stijging drinkwatergebruik en vermindering druk op het grondwater) een verschuiving plaatsvindt van grondwaterwinning naar (relatief) meer oppervlaktewaterwinning uit de grote rivieren en het IJsselmeer.
- De mate waarin het bodem- en watersysteem bepalend is voor grondgebruik heeft invloed op de mate van problemen die ontstaan als gevolg van droogte en watertekorten. Hoe beter het landgebruik is aangepast op de lokale situatie (door interventies in het watersysteem, zoals hogere grondwaterstanden,

³ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/verdringingsreeks/>

en door aangepast landgebruik zoals zilte teelten), hoe kleiner de tekorten zullen zijn. Het wordt niet verwacht dat tekorten en andere vraagstukken zoals bodemdaling volledig tegengegaan zullen worden.

- Naast de scenario's worden verschillende 'wildcards' toegelicht: onvoorziene omstandigheden die een groot effect kunnen hebben op het beleid. Deze zijn:
 - Snelle zeespiegelstijging waardoor polders niet meer, of alleen met drijvende constructies, veilig bewoonbaar zijn. Dit zou ook grote gevolgen hebben voor de landbouw in West-Nederland.
 - Groot tekort aan grondstoffen
 - Een nieuwe pandemie, met bevolkingskrimp en grote veranderingen in ruimtegebruik tot gevolg
 - Grootschalige doorbraak van algenkweek, waardoor de landbouwsector zich deels verplaatst naar zee.
 - Grootschalige verspreiding van desinformatie, waardoor beleid ondermijnd wordt en waardoor duurzaamheidsbeleid niet van de grond komt.

Daarnaast wijzen de auteurs er op dat de scenario's gericht zijn op zichtjaar 2050, maar dat er, zeker in het licht van klimaatveranderingen, ook na die tijd nog veel grote uitdagingen liggen, waarbij veranderingen in ruimtegebruik onontkoombaar zullen zijn.

Naast nationale ontwikkelingen kunnen ook ontwikkelingen in Europa en de rest van de wereld gevolgen hebben voor Nederland. Door klimaatverandering komen wereldwijd leefomgevingen en ecosystemen onder druk te staan (IPCC, 2022b). Voor Europa worden vier belangrijke risico's genoemd (IPCC, 2022a):

- Gevolgen van hittestress voor inwoners
- Gevolgen voor de landbouw door hitte en droogte
- Waterschaarste
- Overstromingen/zeespiegelstijging

Het is niet duidelijk welke gevolgen het kan hebben voor Nederland als deze risico's optreden in andere Europese landen. Hoewel gedacht wordt dat de economische gevolgen van klimaatverandering deze eeuw beperkt zullen blijven (Tol, 2018), kunnen deze risico's van invloed zijn op de vraag naar en de prijs van landbouwproducten, wat indirect weer invloed kan hebben in ontwikkelingen in Nederland.

3.5 Samenvatting met het oog op (drink)water

- De manier waarop klimaatverandering doorwerkt in Nederlandse watersystemen is voornamelijk dat hydrologische extremen vaker voorkomen en extremer worden. Dit geldt zowel voor droge als natte perioden.
- Gemiddeld (laagste) grondwaterstanden zullen op veel plaatsen dalen (behalve mogelijk in gebieden met een lange responstijd, zoals de Veluwe), en grondwaterafhankelijke natuur zal op veel plaatsen onder hogere druk komen te staan. Er kan ook sprake zijn van kwaliteitsveranderingen in het grondwater, maar het is niet duidelijk of eventuele effecten daarin significant zullen zijn.
- Voor de grote rivieren geldt dat de afvoerpatronen veranderen, waarbij lage afvoeren tijdens droge perioden een vraagstuk kunnen vormen voor de drinkwatervoorziening, vooral gezien de verslechtering van de kwaliteit door temperatuurstijging, onvoldoende verdunning van verontreinigingen en indringing van zout vanuit de kust.
- Klimaatverandering heeft ook gevolgen voor de watervraag. Door klimaatverandering zal naar verwachting de drinkwatervraag tijdens droge zomerperioden met enkele procenten toenemen. Daarnaast zal de vraag naar andere toepassingen van water, zoals beregening, tijdens droge/warme perioden naar verwachting sterk toenemen.

- De effecten zijn afhankelijk van zeer veel (natuurlijke als menselijke) factoren, waardoor de omvang en reikwijdte van de effecten zeer onzeker is.

Samengevat betekenen de resultaten dat (de huidige vormen van) drinkwaterwinningen in de meeste gebieden in Nederland onder grotere druk komen te staan op het gebied van waterkwantiteit en/of -kwaliteit, terwijl de drinkwatervraag naar verwachting toeneemt. In Hoofdstuk 5 worden de klimaat effecten en handelingsperspectieven met betrekking tot drinkwaterwinningen verder uitgediept.

4 Criteria drinkwaterwinningen

4.1 Inleiding

Drinkwaterbedrijven gebruiken bij hun bronnenstrategieën verschillende criteria: zaken die van belang zijn voor drinkwaterwinningen, waarmee iets gezegd kan worden over de geschiktheid en gewenstheid van bepaalde (eigenschappen van) winningen. De criteria die drinkwaterbedrijven gebruiken kunnen onderling verschillen, bijvoorbeeld doordat hun uitdagingen onderling verschillen. In dit hoofdstuk zijn criteria van verschillende drinkwaterbedrijven verzameld en samengevoegd tot één samengevatte lijst met criteria die voor verschillende typen winningen van toepassing kunnen zijn.

4.2 Verzameling long-list criteria

De interviews met medewerkers van drinkwaterbedrijven en de aangeleverde documenten (zie Bijlage III) hebben inzicht gegeven in de criteria die de drinkwaterbedrijven gebruiken voor de bronkeuze en in hoe er gekeken wordt naar de impact van klimaatverandering. Alle bedrijven staan voor uitdagingen ten aanzien van de drinkwaterlevering, zowel voor wat betreft de ontwikkeling van de drinkwatervraag als de ontwikkelingen in waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit. Er wordt gewerkt aan strategieën om hiermee om te gaan, waarbij al concrete maatregelen genomen zijn om bestaande bronnen toekomstbestendig te maken en ook diverse pilots gestart zijn om de haalbaarheid van nieuwe bronnen te onderzoeken. Naast het toekomstbestendig maken van bestaande winlocaties en het zoeken naar nieuwe winlocaties en/of andere bronnen voor drinkwater is waterbesparing een belangrijk spoor. Hierbij richt waterbesparing zich zowel op waterbesparing bij het interne proces als op de huishoudelijke en de zakelijke klant. Het leveren van industriewater met een andere kwaliteit en/of uit een andere bron in plaats van drinkwater wordt bij meerdere waterbedrijven overwogen om de drinkwatervraag te beperken.

Bij de afweging voor maatregelen en bronkeuze worden veel verschillende criteria gebruikt met verschillend detailniveau. Vanwege de grote diversiteit aan criteria is er bij het opstellen van de long-list gekozen voor een indeling in vijf perspectieven waarbinnen de vele criteria gerangschikt zijn:

- Watersysteem: direct gerelateerd aan het watersysteem, zoals waterkwantiteit en waterkwaliteit;
- Omgeving: klanten en overige stakeholders, ruimtelijke aspecten en vergunbaarheid;
- Drinkwater: direct gerelateerd aan de drinkwaterproductie, zoals productiecapaciteit en leveringszekerheid, zuivering en leidingnet;
- Duurzaamheid: energie en grondstoffen, CO₂-uitstoot, reststromen en waterbesparing;
- Haalbaarheid: investerings- en exploitatiekosten en realisatietermijn, benodigd vervolgonderzoek.

In Bijlage II is de long-list weergegeven.

4.3 Conclusies workshop

De opbrengsten van de workshop zijn weergegeven in Bijlage IV. Op basis van de prioritering van de long-list en de discussie tijdens de workshop zijn enkele conclusies getrokken ten aanzien van wat volgens de deelnemers aan de workshop leidend is bij de bronkeuze in relatie tot klimaatontwikkeling. Geconstateerd werd dat niet langer vooral 'interne' factoren zoals de optimale inrichting van de drinkwaterinfrastructuur en de kostprijs van het drinkwater leidend zijn voor de (bron)keuzes die gemaakt worden, maar dat externe factoren bepalender zijn geworden in de afweging. De conclusies per perspectief:

Watersysteem perspectief

De klimaatontwikkeling in Nederland zal ertoe leiden dat er lange droge perioden komen waarin er te weinig water is om functies van voldoende water te voorzien. Ook de beschikbaarheid van bronnen voor drinkwaterproductie komen onder druk te staan. Daarmee is de continuïteit van een bron de grootste zorg, en is het noodzakelijk om een back-up te realiseren voor als er (tijdelijk) geen water beschikbaar is. Oppervlaktewater is als bron niet meer of minder geschikt dan grondwater. De keuze voor oppervlaktewater of grondwater wordt vooral bepaald door de vraag of het effect op de (fysieke) omgeving van drinkwaterwinning op die plaats in het watersysteem acceptabel is voor de (maatschappelijke) omgeving.

Alhoewel waterkwaliteitsproblemen als oplosbaar gezien worden (want in theorie is alles te zuiveren), is er toch een grote zorg om de kwaliteit, zeker ook voor bestaande winningen. Bijkomend probleem is dat de noodzakelijke zuivering zal zorgen voor grote reststromen, waarvoor oplossingen gevonden moeten worden.

Omgevingsperspectief

Drinkwaterbedrijven zijn afhankelijk van vergunningverleners en andere partijen die ook gebruik maken van het watersysteem. Krijgen we in de toekomst überhaupt nog wel ruimte voor drinkwaterwinning vanuit het (zoet)watersysteem? Alleen door samen te werken met andere partijen in het watersysteem, kunnen de drinkwaterbedrijven ervoor zorgen dat ze de plaats in het watersysteem krijgen/behouden die ze nodig hebben om te kunnen voldoen aan de drinkwatervraag en een acceptabele zuiveringsinspanning.

Drinkwaterperspectief

De bronkeuze kan dus niet meer gemaakt worden op basis van de optimale inrichting van de drinkwaterinfrastructuur. De bronkeuze wordt in de toekomst vooral bepaald door de vraag of er een vergunning verkregen kan worden voor de betreffende bron en de noodzakelijke hoeveelheid. Die vergunningverlening kan ook nog beïnvloed worden door politieke ontwikkelingen en daarmee in de tijd veranderen. Dit vraagt om een flexibele drinkwaterinfrastructuur die minder afhankelijk is van aard, omvang en locatie van de bron en bijvoorbeeld ingericht is op het wisselen (in ruimte en/of tijd) tussen verschillende bronnen.

Duurzaamheidsperspectief

Omdat door de verslechterende kwaliteit en de slechtere bronnen de benodigde zuivering sowieso zwaarder wordt, wordt de productie van drinkwater altijd minder duurzaam dan het nu is. Reden te meer om veel aandacht te hebben voor waterbesparing om zo de watervraag te beïnvloeden.

Haalbaarheidsperspectief

Of uitbreiding van bronnen haalbaar is, hangt dus vooral af van de vraag of en waar er voldoende nieuwe vergunningsruimte komt voor drinkwaterwinning. Hierdoor is er feitelijk geen sprake meer van een afweging tussen verschillende opties en zijn kosten veel minder bepalend geworden dan voorheen.

4.4 Overzicht criteria bronkeuze

Op basis van de resultaten van de workshop zijn de criteria uit de long-list waar mogelijk gegroepeerd. Hiermee is de long-list teruggebracht tot een lijst van 20 criteria verdeeld over de vijf perspectieven. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van deze criteria. Omdat er geen harde grenzen zijn voor de criteria is ervoor gekozen om voor ieder criterium een aantal vragen te omschrijven. De antwoorden op deze vragen helpen bij de vergelijking van verschillende bronnen en ondersteunen daarmee bij de afweging en onderbouwing van de bronkeuze.

Criterion	Te beantwoorden vragen
Watersysteemperspectief	
Waterkwantiteit	<p>Wat is het beschikbare volume en welke variatie is er in beschikbaarheid in de tijd?</p> <p>Heeft de bron voldoende continuïteit binnen een jaar en tussen verschillende jaren?</p> <p>Zijn er bedreigingen voor de bronlocatie (overstroming of andere calamiteiten)?</p>
Waterkwaliteit	<p>Is de bron goed beschermd of beschermbaar?</p> <p>Is de waterkwaliteit robuust voor nu en in de toekomst?</p> <p>Wat zijn de trends in waterkwaliteit (verontreiniging, verzilting, microbiologische kwaliteit)?</p> <p>Welke risico's zijn er voor waterkwaliteit (bijv. rwzi-water, industriële lozingen, verzilting, afspoeling verontreinigingen, mijnwater, overstromingen of andere calamiteiten)?</p>
Plaats in watersysteem	Hoeveel impact heeft de winning op het watersysteem en de functies die gebruik maken van het watersysteem?
Omgevingsperspectief	
Klant en omgeving	<p>In welke mate wordt de geselecteerde bron en/of winlocatie door klanten en stakeholders geaccepteerd?</p> <p>Zijn er mogelijkheden voor samenwerking met andere partners in het watersysteem om tot een geaccepteerde winlocatie te komen?</p>
Effect van winning op de omgeving	Wat is het effect van de winning op ruimtelijke functies in de omgeving?
Effect van de omgeving op de bron	In welke mate wordt de bron (kwalitatief of kwantitatief) beïnvloed door de omgeving?
Vergunbaarheid	Hoe groot is de kans op vergunbaarheid voor een winning op basis van beleid en omgeving (winvergunning, natuurvergunning, lozingsvergunning, bestemmingsplan)?
Drinkwaterperspectief	
Productiecapaciteit	<p>Kan de bestaande locatie behouden worden?</p> <p>Is er voldoende productiecapaciteit (jaar en piek)?</p>
Beschikbaarheid van de bron in relatie tot leveringszekerheid	<p>Is de bron altijd beschikbaar voor de benodigde productiecapaciteit, ook bij piekvraag?</p> <p>Draagt de bron bij brondiversificatie?</p> <p>Is er voldoende buffercapaciteit om uitval van een bron te overbruggen?</p>
Robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving	Is de kwaliteit en de beschikbaarheid van de bron voldoende geborgd?
Zuivering	<p>Voldoet de waterkwaliteit bij de huidige of de voorgenomen zuiveringsinspanning aan de drinkwaternorm, zowel nu als in de toekomst?</p> <p>Is er flexibiliteit in de zuivering om te schakelen tussen verschillende bronnen/ontwikkelingen in de waterkwaliteit?</p>
Leidingnet	Wat zijn de consequenties voor het leidingnet bij een bronkeuze (streefstructuur)?
Modulair bouwen/ schaalbaarheid	Is het mogelijk om de inzet van de bron in de toekomst eenvoudig op te schalen, bijvoorbeeld door modulair bouwen?

Duurzaamheidsperspectief

Energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik	Wat is de milieu-impact van de benodigde grondstoffen en chemicaliën?
	Hoe hoog is het benodigde energieverbruik?
CO₂-uitstoot	Wat is de CO ₂ -footprint van de bron (CO ₂ -neutraal als ontwerpprincipe?)
Reststromen	Welke reststromen levert de zuivering van de bron op?
	Welke mogelijkheden zijn er voor verwerking van deze reststromen?
Waterbesparing	Wat is het waterverbruik tijdens het drinkwaterproductieproces?
	Kan de watervraag verminderd worden door waterbesparing bij huishoudelijke of industriële klanten?

Haalbaarheidsperspectief

Kosten	Wat zijn de verwachte investerings- en exploitatiekosten?
Implementatietijd/ realisatietermijn	Hoeveel tijd is nodig om daadwerkelijke inzet van de bron te realiseren (vergunningstraject en realisatietermijn)?
Vervolgonderzoek	Welk vervolgonderzoek is nodig om bronkeuze te kunnen maken?

5 Klimaat effecten op winningen

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de klimaat effecten op drinkwaterwinningen verder uitgewerkt met behulp van kennis van experts van drinkwaterbedrijven en KWR. Waar van toepassing is tevens kennis uit literatuur (waaronder de bronnen voor H4) toegevoegd. De kennisoverzichten in dit hoofdstuk hebben als doel om de lezer een overzicht te geven van de mogelijke doorwerking van klimaat effecten op verschillende typen winningen en wat we hier in Nederland zoal van weten. De overzichten zijn relatief globaal en niet uitputtend, maar geven de lezer informatie welke effecten van toepassing zijn, hoe hiermee omgegaan kan worden en welke ervaringen er zijn bij drinkwaterbedrijven.

Hiertoe zijn de diverse klimaat effecten uit Hoofdstuk 4 eerst gesorteerd tot een hanteerbare set aan klimaat effecten vanuit het perspectief van drinkwaterwinningen. Per klimaat effect is vervolgens een overzichtstabel uitgewerkt, waarbij het klimaat effect (oorzaken en gevolgen) kort wordt samengevat en ingegaan wordt op de handelingsruimte van drinkwaterbedrijven. Ook wordt het klimaat effect beschouwd in het licht van andere grote ontwikkelingen (worden vraagstukken er door versterkt, of juist niet?) en worden onzekerheden en kennisleemten aangestipt. Vervolgens zijn ervaringen en verwachtingen van de drinkwaterbedrijven toegevoegd, evenals verwijzingen naar bronnen voor meer informatie. Ten slotte is op basis van de verzamelde kennis voor ieder klimaat effect een verwachting toegevoegd over de mogelijke impact.

5.2 Sortering van klimaat effecten naar het perspectief van drinkwaterwinningen

De klimaat effecten uit Hoofdstuk 4 kunnen op verschillende manieren doorwerken op drinkwaterwinningen. Aangezien de klimaat effecten soms op vergelijkbare manier door kunnen werken op drinkwaterwinningen, zijn de effecten gesorteerd naar klimaat effecten vanuit het perspectief van drinkwaterwinningen (Tabel 5-1). Hierbij geldt dat een aantal klimaat effecten specifiek doorwerken op grondwater, en daarmee op grondwaterwinningen, en een aantal op oppervlaktewater, en dus ook op oppervlaktewaterwinningen. Voor oevergrondwater- en duinwaterwinningen geldt dat deze zowel door klimaat effecten op oppervlaktewater als op grondwater beïnvloed kunnen worden. Voor andere effecten (overstromingsrisico's, piekdrinkwatervraag en gevolgen en onzekerheden in de context van winningen) geldt dat deze van toepassing kunnen zijn op alle soorten drinkwaterwinningen.

Voor veranderingen met betrekking tot grondwaterkwantiteit geldt dat dit veroorzaakt kan worden door veranderde grondwateraanvulling en andere (grond)wateronttrekkingen. Ook kan de omgeving doorwerken op de hoeveelheid te winnen grondwater, bijvoorbeeld wanneer er effecten op de natuur zijn. Een vergrote kwetsbaarheid van natuurgebieden in de omgeving kan daardoor doorwerken in een limitatie van de hoeveelheid grondwater die gewonnen kan worden. Voor grondwaterkwaliteit geldt dat deze kan veranderen door de stijging van de gemiddelde temperatuur, door veranderde aanvoer van stoffen, ook in relatie tot waterkwantiteit. Ook kan zeespiegelstijging leiden tot extra verzilting. Voor grondwater geldt ook dat veranderingen in activiteiten aan het oppervlak (vooral de landbouw) kunnen leiden tot kwaliteitsveranderingen. Daarnaast kan een toename van extreme buien gevolgen hebben, bijvoorbeeld voor de microbiologische waterkwaliteit in het grondwater.

Voor oppervlaktewateren geldt dat deze een kwantitatief effect ondervinden, namelijk veranderingen in afvoer. De oppervlaktewaterkwaliteit is (net als bij grondwater) afhankelijk van meerdere klimaat effecten, zoals verminderde afvoer, temperatuurstijging, indikking, menselijke activiteiten en zeespiegelstijging. In het oppervlaktewater kan het aquatische ecosysteem ook veranderen, het gaat hier zowel om micro-organismen als om grotere soorten.

Tabel 5-1. Sortering van diverse klimaateffecten naar resulterende effecten op drinkwaterwinningen

Directe en indirecte klimaateffecten	Effect op drinkwaterwinningen
Veranderingen grondwateraanvulling	Grondwaterkwantiteit (ook in relatie tot de omgeving)
Meer concurrerende onttrekkingen	
Grotere effecten op omgeving	
Kwetsbare ecosystemen	
Stijging temperatuur	Grondwaterkwaliteit (fysisch en chemisch)
Verandering chemische waterkwaliteit	
Verandering activiteiten landbouw	
Versterkte verzilting door zeespiegelstijging	
Extreem weer: piekbuien	Microbiologische grondwaterkwaliteit
Veranderingen rivierafvoer	Oppervlaktewaterkwantiteit
Stijging watertemperatuur	Oppervlaktewaterkwaliteit (fysisch en chemisch)
Veranderingen kwaliteit, gerelateerd aan (extreem) weer, afvoer en menselijke activiteiten	
Verzilting door zeespiegelstijging	
Invasieve exoten	
Blauwalgen	(Micro)biologische oppervlaktewaterkwaliteit
Veranderingen ecosystemen	
Extreem weer: piekbuien	Overstromingsrisico's
Extreem weer: overstroming	
Grotere watervraag tijdens droge, warme perioden	Piekdrinkwatervraag
Gevolgen voor menselijke activiteiten	Onzekerheid, adaptatie en (inter)nationale context
Onzekerheden m.b.t. adaptatie en context	

5.3 Kennisoverzichten

5.3.1 Waterkwantiteit – grondwater

Klimaat effect	Waterkwantiteit grondwater
Relevant voor	Grondwaterwinningen, in mindere mate invloed op duinfiltraties en oevergrondwaterwinningen.
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Vitens, Brabant Water, Dunea, Oasen en WMD
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> Veranderende neerslagpatronen, voornamelijk door meer neerslag in de winter en toename piekbuien en meer droge perioden in de zomer. Volgens de uitkomsten van het Nationaal Water Model leidt dit naar verwachting tot een daling van de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) in veel gebieden. Alleen in gebieden met een (zeer) lange responstijd (zoals bijvoorbeeld de Veluwe) en afhankelijk van vegetatieontwikkeling, leidt dit naar verwachting tot een hogere GLG (Klimaat effect atlas, 2023a). Naar verwachting neemt de (grond)watervraag van andere sectoren toe, door droogte (landbouw) en groei van de economie (industrie) (Hunink et al., 2018; Wolters et al., 2018a; Wolters et al., 2018b). Hierdoor kunnen concurrerende onttrekkingen sterk toenemen, waardoor grondwaterstanden vooral in de zomer sterker kunnen dalen. Grondwaterwinningen staan onder druk doordat de grondwaterverlaging effect kan hebben op de omgeving (vooral natuur, ook bodemdaling en zettingsproblematiek in rivier en veenweide gebieden, voor landbouw bestaan compensatieregelingen). Bij verminderde grondwateraanvulling kan de verlaging en de reikwijdte van de verlaging groter worden dan voorheen. De effecten op de omgeving kunnen dus groter en wijdverbreider worden. Door andere gevolgen van klimaatverandering (waaronder stijgende temperaturen en toename van droogte), maar ook door andere ontwikkelingen (stikstofuitstoot), komt de natuur op veel plekken (verder) onder druk te staan. Grondwaterstanden kunnen als gevolg van klimaat effecten lokaal dalen (door bijvoorbeeld minder grondwateraanvulling of meer concurrerende onttrekkingen), waardoor er (grotere) effecten kunnen ontstaan op (terrestrische of aquatische) natuur, bodemdaling / zetting en landbouw. Doordat de omgeving kwetsbaarder wordt, wordt gekeken naar mogelijkheden om deze kwetsbaarheden te verminderen, bijvoorbeeld door compenserende maatregelen zoals infiltratie (zie handelingsruimte). Het absolute effect van een grondwaterwinning (verschil tussen wel/geen winning) op de omgeving kan veranderen als gevolg van klimaatverandering. In geval van verminderde grondwateraanvulling kunnen verlagingseffecten op het grondwater groter en verder verspreid zijn. Afhankelijk van de oorspronkelijke en nieuwe GxG's van het gebied kan dit betekenen dat de effecten op landgebruik (zoals natuur of landbouw) kunnen veranderen (de relatie tussen grondwaterstand en effect op gewas/vegetatie is sterk niet-lineair, zie bijvoorbeeld de Waterwijzers Landbouw en Natuur⁴). Verplaatsen of verminderen van grondwaterwinning kan in verschillende gevallen leiden tot een verbetering van de omstandigheden of effectmitigatie voor de kwetsbare omgeving. In dergelijke gevallen kunnen grondwaterwinningen naar verwachting (sterker) ter discussie komen te staan.
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Veranderingen in landgebruik, en daarmee de mate van verharding en ontwatering, zijn van grote invloed op de hoeveelheid grondwateraanvulling. De toenemende verstedelijking kan bijvoorbeeld een bedreiging vormen (minder grondwateraanvulling), de ontwikkeling richting afkoppelen kan dit mitigeren (meer grondwateraanvulling). Bodem-water sturend: in het rijksinitiatief wordt er gestuurd op het verhogen van grondwaterstanden (minder ontwatering) en maatregelen om meer neerslag te laten infiltreren. Dit biedt kansen voor mitigerende maatregelen en duurzame inpassing van onttrekking in de omgeving.
Relevante criteria	Waterkwantiteit, plaats in watersysteem, klant en omgeving, effect van winning op de omgeving, effect van de omgeving op de bron, vergunbaarheid, productiecapaciteit, beschikbaarheid van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern:</p> <ul style="list-style-type: none"> Het interne handelingsperspectief van drinkwaterbedrijven beperkt zich tot de terreinen die in eigendom zijn van het drinkwaterbedrijf. Voor maatregelen met voldoende effect zullen ingrepen in het regionale watersysteem noodzakelijk zijn. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf) in willekeurige volgorde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ingrepen in het watersysteem om de invloed van winningen te verminderen en/of de randvoorwaarden voor de omgeving te verbeteren. Het drinkwaterbedrijf kan deelnemen als stakeholder in regionale processen, bijvoorbeeld gericht op: <ul style="list-style-type: none"> Grondwater meer en langer vasthouden, bijvoorbeeld door verminderen van ontwatering (in combinatie met aanpassingen in de bedrijfsvoering van de landbouw), verhogen oppervlaktewaterpeilen. Minder onttrekken van grondwater, door andere bronnen in te zetten voor landbouw of industrie (bijvoorbeeld hergebruik van restwater) of besparing (droogteresistente gewassen of gewijzigde industriële processen). Grondwater meer aanvullen, door veranderingen van het landgebruik of kunstmatige infiltratie van bijvoorbeeld oppervlaktewater, regenwater of restwater.
Onzekerheden en kennisleemten	Hoewel drinkwaterbedrijven kwetsbare gebieden rondom hun winningen vaak goed in beeld hebben, zijn er onzekerheden hoe ernstig klimaat effecten hierop doorwerken. Landelijke studies zoals de Deltascenario's zijn afhankelijk van aannames over de lokale situatie, zoals landgebruik. Daarnaast is er sprake van een combinatie van verschillende niet-lineaire processen, waardoor bijvoorbeeld een kleine onzekerheid in grondwaterstand kan doorwerken als een zeer grote onzekerheid voor de (hydrologische) effecten op de natuur.
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> Er is bij de grondwaterdrinkbedrijven veel ervaring met winningen die onder druk staan wegens natuureffecten. Er is ervaring met gebiedsprocessen, compenserende maatregelen en er zijn in het verleden ook winningen gesloten of aangepast (verdiept). Ook is het onttrekkingsvolume van winningen verlaagd om effecten op de natuur te beperken. WMD is actief bezig met positie in het watersysteem en waterbeschikbaarheid. In gesprek met de omgeving kijken naar andere mogelijkheden, en dat gaat verder dan het eigendom. WMD heeft de kansen binnen alle intrekgebieden in beeld gebracht, hierbij is gekeken naar hydrologisch/fysische kenmerken maar ook naar stakeholders, beleid, wet- en regelgeving. Er worden nu al kleinschalige maatregelen getroffen gericht op het aanvullen van het watersysteem. Bijvoorbeeld het aanpassen van processen zoals het infiltreren van spoelwater, verloofing (omzetten naaldbomen naar loofbomen) en het dempen van sloten. De infiltratie van spoelwater heeft ook een positieve invloed op de kwaliteit van het freatische grondwater. Dankzij de eenvoudige zuivering die bij WMD nodig is voor het produceren van drinkwater is het spoelwater zeer schoon. Het werkgebied van het Deltaprogramma ZON beslaat een deel van de winningen van WMD. WMD kiest ervoor om de maatregelen uit het Deltaprogramma ZON over alle winningen uit te rollen. Veel in samenwerking met andere partners om het watersysteem aan te vullen: waar kunnen we actief water in de bodem brengen. Bij Vitens zijn er wel alternatieve locaties voor waterwinning gereserveerd, maar dan is de vraag of er voldoende grond beschikbaar is. Zeker ook bij een oppervlaktewaterwinning, daar is een behoorlijke grondopgave bij, zeker als er gewerkt gaat worden met traditionele buffers. Zo is bijvoorbeeld bij Salland Diep een boringsvrije zone ingesteld en is het water bestemd voor drinkwater. Koppelerwaard en Bruchterveld in Overijssel waren gereserveerd. Veel van deze reserveringen zijn al langer geleden gemaakt, en inmiddels zijn er in die gebieden ook andere activiteiten ontwikkeld waardoor het niet mogelijk is om de reserveringen ook in gebruik te nemen. Bij Brabant Water lopen er op dit moment diverse trajecten om aan de toenemende watervraag te voldoen en druk op de grondwaterwinningen te beperken: <ul style="list-style-type: none"> Behoud van bestaande grondwaterwinningen, inbedding en acceptatie bereiken; onder andere door inrichting 'drinkwaterlandschappen' waarin we in onze waterwingebieden maximaal inzetten op biodiversiteit en water vasthouden (geen druppel het terrein af) Voor de korte termijn een aanvullende zoete grondwaterbron in West-Brabant; Voor de langere termijn aanvullende bronnen, namelijk brak grondwater en zeewater, waarmee de druk op het (zoet)watersysteem wordt vermindert. Overige maatregelen, niet op het niveau van een winning (zie 5.3.9) Bij Oasen is het vinden van nieuwe grondwaterwinningen een probleem. Oasen is nu bezig met een m.e.r.-procedure voor een nieuwe winlocatie in de Alblasserwaard/Krimpenerwaard voor 8 miljoen m³/jaar, waarbij al rekening gehouden is met 20% waterverlies i.v.m. het toepassen van RO als robuuste zuivering.

⁴ <https://waterwijzer.nl/>

	<p>Dit zou het toekomstige drinkwatertekort voor Oasen moeten oplossen. Er zijn 8 potentiële locaties geselecteerd. Eind van dit jaar zou dit proces moeten leiden tot twee voorkeurslocaties. Er is echter wel veel weerstand vanuit de omgeving, met name vanwege het risico op bodemdaling. Hierbij houdt Oasen er rekening mee dat deze vergunning dan mogelijk voor minder dan de beoogde (en benodigde) 8 miljoen m³/jaar verleend zal worden. Oasen onderzoekt daarnaast nog een aantal andere mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld het uitbreiden van bestaande winningen en het winnen van brak (oever)grondwater.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Door het principe van oevergrondwaterwinning leiden droge zomers niet snel tot problemen bij Oasen. Gebruik van oevergrondwater heeft bovendien als voordeel dat er geen innamestop nodig is bij lage afvoer zoals bij oppervlaktewater, en er geen voorraadbekkens nodig zijn. De kwaliteit is het grootste aandachtspunt, juist ook omdat er bij een slechte rivierwaterkwaliteit geen innamestop mogelijk is.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> • Klimaat-effectatlas (Klimaat-effectatlas, 2023a), met o.a. verwachte veranderingen in grondwaterstanden, kwel en wegzijging (resultaten uit het Nationaal Water Model) • Droogtestudie hoge zandgronden (Van den Eertwegh et al., 2021) waarin veel verschillende maatregelen met betrekking tot droogte worden onderzocht op effectiviteit (de analyse heeft wel het karakter van een gevoeligheidsanalyse, gezien de extreme mate waarin maatregelen zijn doorgerekend). • Maatregelen ter verbetering van de waterbeschikbaarheid (Brakkee et al., 2022)
Mogelijke impact	<p>Groot, omdat het kan leiden tot vermindering van de hoeveelheid water die gewonnen kan worden. Mogelijkheden tot mitigatie kunnen lokaal sterk verschillen, omdat dit sterk afhangt van beschikbaarheid van water. Daarnaast kunnen systemen met grote responstijden en dikke onverzadigde zones juist een toevluchtsoort zijn voor klimaatkwetsbare drinkwaterbronnen al dan niet in combinatie met extra aanvulling van het grondwater. Grondwater, mits op de juiste plek, is dus ook een kans tot robuuster maken van de drinkwatervoorziening.</p>

5.3.2 Waterkwantiteit – oppervlaktewater

Klimaat effect	Waterkwantiteit oppervlaktewater
Relevant voor	Oppervlaktewaterwinningen, duininfiltraties en oevergrondwaterwinningen.
Met bijdragen van medewerkers van	Evides, WML, Waternet, Dunea, Brabant Water en Oasen
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> Door toenemende periodieke droogte in het stroomgebied van Rijn en Maas en het wegsmelten van de gletsjers (i.g.v. Rijn) door temperatuurstijging in de Alpen veranderen de afvoerpatronen van de Rijn en de Maas. Hierdoor neemt de kans op lage zomerafvoeren (in duur en intensiteit) toe. Daarnaast kunnen extreme neerslaggebeurtenissen toenemen, waardoor de kans op incidenteel zeer hoge afvoeren toeneemt. Vooraf lage, maar ook hoge afvoeren kunnen belangrijke gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. Dit wordt in de tabel 'Fysische en chemische oppervlaktewaterkwaliteit' (5.3.4) toegelicht. Lage afvoeren kunnen voor drinkwaterbedrijven leiden tot innamestops. Dit komt vooral voor vanwege de effecten op de waterkwaliteit (zie betreffende tabel), maar ook door mogelijke effecten op de natuur (minimum debiet dat nodig is voor de ecologie). Bij watertekorten treedt de verdringingsreeks (Infomil, 2018) in werking. Drinkwaterwinning gaat voor veel andere functies, maar kan stopgezet worden in het geval dat er sprake is van mogelijke effecten op de stabiliteit van waterkeringen, klink en zetting (van veen en hoogveen) en onomkeerbare schade aan natuur. Voor de Rijn zal de afvoer naar verwachting maximaal afnemen tot enkele honderden m³/s, voor de Maas kan de afvoer nabij de grens zelfs (vrijwel) volledig tot nul reduceren (Stahl et al, 2022). Door de aanwezigheid van stuwen en sluizen en door aanvoer naar de Maas binnen Nederland (vanuit grondwater, rwzi's, etc) zou dit echter niet tot droogval stroomafwaarts leiden. Voor kleinere oppervlaktewateren (met name beken met een relatief korte responstijd) is droogval wel mogelijk indien er geen sprake is van permanente aanvoer uit bijvoorbeeld een rwzi. Het ecologisch minimum, waarbij inname gestopt wordt, wordt in de praktijk vaak al eerder bereikt.
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Het is niet goed bekend hoe in de buitenlandse aanvoergebieden (Frankrijk, België, Duitsland) het waterbeheer en -gebruik zal veranderen. Indien het watergebruik (sterk) toeneemt (wat denkbaar is, omdat net als in Nederland de watervraag kan toenemen), kan dit een bedreiging vormen voor de aanvoer van oppervlaktewater aan de grens.
Relevante criteria	Waterkwantiteit, plaats in watersysteem, klant en omgeving, effect van winning op de omgeving, effect van de omgeving op de bron, vergunbaarheid, productiecapaciteit, beschikbaarheid van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> Niet van toepassing <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Ontwikkelen van bufferruimte en voorraadvorming, zoals een spaarbekken, duinwatersysteem of ondergrondse waterberging. Hiermee kunnen perioden met lage afvoer of een te slechte waterkwaliteit overbrugd worden. (Inter)nationale samenwerkingen en -overeenkomsten, en lobby-activiteiten (bijvoorbeeld in RIWA verband) met als doel tijdens droge perioden voldoende afvoer te behouden. Hierbij kan gedacht worden aan het beperken van innames, het hermeanderen van beken en het verhogen van grondwaterstanden.
Onzekerheden en kennisleemten	<ul style="list-style-type: none"> Verwachtingen van de frequentie van lage afvoeren zijn beschikbaar, maar hierbij moet rekening gehouden worden met bandbreedtes als gevolg van onzekerheden en de grilligheid van het weer. Het bovenstrooms waterbeheer is erg van belang bij lage afvoeren. Hoeveel water er bovenstrooms wordt vastgehouden en/of gebruikt is erg van belang voor hoeveel er benedenstrooms beschikbaar is.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> Studies van de toekomstige afvoer van de grote rivieren (Klijn et al., 2022; Stahl et al., 2022) Verwachtingen met betrekking tot piekbuien (KNMI, 2021b)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> De oppervlaktewaterwinning uit de Drentse Aa is zo ingericht dat in droge perioden er overgeschakeld kan worden op grondwater (van der Meulen et al., 2019). In de grote rivieren doen zich geregeld kwaliteitsproblemen voor, voornamelijk veroorzaakt door illegale lozingen. Lage afvoeren als gevolg van klimaatverandering kunnen de kwaliteitsproblemen versterken. Bij Dunea zijn op dit moment innamestops vooral het gevolg van deze illegale lozingen (zie 5.3.4) en niet zozeer als gevolg van een te lage afvoer. Effecten van klimaatverandering kunnen wel leiden tot een beperking van de inname, bijvoorbeeld omdat er door hogere watertemperaturen onvoldoende koeling is voor de innamepompen, of omdat algenbloei leidt tot verstopping van microzeven (zie 5.3.5). Deze problemen zullen toenemen in de toekomst als gevolg van klimaatverandering. Voor Dunea is het handelingsperspectief als dit zich voordoet het bijschakelen van een alternatieve bron vanuit de Lek, waar algenbloei minder optreedt. Dunea heeft gekeken naar de toekomstige afvoerscenario's van de Maas die door Deltares doorgerekend zijn. Op basis daarvan zou er wel voldoende Maaswater beschikbaar blijven voor Dunea. Bovendien is het een open systeem met de Rijn en zal er bij lage afvoer aanvulling vanuit het Hollands Diep plaatsvinden. Om de toekomstige watervraag te dekken (10 miljoen m³/jaar meer in 2030), zoekt Dunea wel naar andere aanvullende bronnen dicht bij de huidige productielocaties. Regionaal oppervlaktewater, brak grondwater, zeewater, rwzi-effluent. Daarnaast is er de wens tot brondiversificatie en beperking van de transportafstand. Bij Brabant Water is de inname uit de Maas verkend, waarbij ook klimaatscenario's voor de Maas meegenomen zijn. Er is gekozen om niet in te zetten op Maaswater, omdat de Maas veel kwaliteits- en kwantiteitsrisico's heeft, zeker met het ook op klimaatverandering, en er al drie andere drinkwaterbedrijven afhankelijk zijn van de Maas als bron voor drinkwater. Daarnaast zoekt Brabant Water aanvullende bronnen buiten het zoetwatersysteem van Noord-Brabant. De Evides-bekken in de Biesbosch vormen een robuust systeem. De verblijftijd is vijf maanden. Tijdens de bekkenpassage worden bijvoorbeeld pathogenen afgebroken. De Biesboschbekken vormen een zeer goede buffer tegen de invloed van klimaatontwikkeling. Het innamepunt aan de Bergsche Maas staat in open verbinding met de zee. Normaal peil voor inname is ongeveer 0 m+NAP. Zelfs als het peil daalt tot onder -2 m+NAP (zeer extreem scenario) kan er nog ingenomen worden. Technisch is het mogelijk om water in te nemen tot -2,61m+NAP. Dus innameproblemen door te lage afvoer als gevolg van klimaatverandering worden niet echt voorzien. Ook bij het nieuwe innamepunt in het Haringvliet wordt geen probleem voorzien met lage afvoeren.
Verwachte impact	Naar verwachting zullen vraagstukken rondom waterkwantiteit vooral tot uiting komen als vraagstukken rondom waterkwaliteit (zie 5.3.4), hoewel voor de Maas en kleinere oppervlaktewateren ook beperkingen wegens kwantiteit kunnen voorkomen. Hoewel de kans hierop kleiner is, is de impact in potentie zeer groot.

5.3.3 Fysische en chemische waterkwaliteit grondwater

Klimaat effect	Fysische en chemische waterkwaliteit grondwater
Relevant voor	Grondwaterwinningen, maar geldt ook voor oevergrondwaterwinningen die deels (voornamelijk tijdens perioden van lage rivierafvoeren) grondwater winnen. Enkele processen gelden mogelijk ook voor duinwaterwinningen, maar naar verwachting zal de kwaliteit van het gewonnen oppervlaktewater hier een veel bepalendere rol spelen. Voor duinwaterwinningen kan zeespiegelstijging (verziltting van het duinwater) vanwege de ligging een grotere rol spelen.
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Oasen, Vitens en WMD
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<p>Grondwaterkwaliteit kan veranderen als gevolg van klimaat effecten door verschillende mechanismen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veranderde grondwateraanvulling (minder of juist meer) • Veranderde processen in de bodem, waaronder ook het microbioom en de biologische activiteit (Jansson & Hofmockel, 2020) • Landbouw: mogelijk veranderd of meer middelengebruik door klimaatverandering, mogelijk meer of andere meststoffen • Verandering landgebruik en/of natuurtype, waardoor de uitspoeling van stoffen naar het grondwater kan veranderen • Temperatuur en biologische activiteit verandert, waardoor ook de afbraak van stoffen verandert • Drogere bodems: mogelijk effect op afbraak verontreinigingen (welke richting kan afhangen van o.a. type bodem) • Verziltting van het grondwater • Verandering van stromingspatronen, bijvoorbeeld meer grondwateraanvulling vanuit oppervlaktewater dat effluent (of riooloverstorten) bevat. Voor oevergrondwaterwinningen kan ook een landinwaarts verschoven getijde-effect voor veranderingen zorgen. • Toename van infiltratieprojecten, waarbij kwaliteitsproblemen kunnen ontstaan met stoffen die niet opgenomen zijn in het infiltratiebesluit. <p>De effecten zijn naar verwachting in veel gevallen diffuus. Het is onzeker hoe groot deze effecten zullen zijn. Het gaat in de meeste gevallen om een versterking van processen die reeds aan de orde zijn.</p> <ul style="list-style-type: none"> • De veranderingen in grondwaterkwaliteit kunnen er toe leiden dat het grondwater niet meer aan de kwaliteitseisen voor drinkwater voldoet en dus extra zuivering nodig is (zie handelingsruimte). • Vergeleken met kwaliteitsveranderingen in oppervlaktewater gaat het bij grondwater om relatief langzame trends (die dus lang na-ijlen) en relatief lage concentraties van stoffen. • Het drinkwaterbeleid richtte zich eerder op de beste bron waarbij zo min mogelijk zuivering nodig was (I&M, 2014). In het huidige beleid (I&W, 2021) wordt geconstateerd dat een groot deel van de bronnen voor drinkwater (voor grondwaterwinningen is dit ruim de helft van de winningen) antropogene verontreinigingen bevat en dat dit probleem door meerdere oorzaken (waaronder klimaatverandering) naar verwachting groter wordt. Het beleid richt zich daarom op 'bescherming om te blijven' (bronaanpak).
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> • Bestaande problemen met betrekking tot grondwaterkwaliteit, zoals vergrijzing van het grondwater door allerlei antropogene verontreinigingen (Verweij et al., 2022) en PFAS problematiek. Voor opkomende stoffen geldt dat bronnen vaak niet in beeld zijn. • Toenemende activiteiten in de ondergrond, zoals de aanleg van warmtenetten en WKO installaties. • Doorwerking verandering oppervlaktewaterkwaliteit (zie 5.3.4) in grondwater in gebieden met infiltrerend oppervlaktewater of kunstmatige infiltraties. • De EU heeft een Bodemgezondheidswet aangekondigd, waarin beoogd wordt om bodems te herstellen en te beschermen, met het oog op milieu en volksgezondheid (European Commission, 2023).
Relevante criteria	Waterkwaliteit, effect van de omgeving op de bron, productiecapaciteit, beschikbaar van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik, CO ₂ -uitstoot, reststromen, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Drinkwaterbehandeling uitbreiden, zodat verontreinigingen kunnen worden verwijderd. • In geval van verziltting kan een Freshkeeper mogelijk van nut zijn (Raat et al., 2015). <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Winningen verplaatsen, bijvoorbeeld dieper om antropogene stoffen te vermijden (maar let op dat hier dan weer andere vraagstukken kunnen spelen, zoals arseen). • Door samen te werken met lokale stakeholders kunnen verontreinigingen bij de bron worden aangepakt. Aangezien transportprocessen van bron naar winning relatief langzaam kunnen zijn en verontreinigingen vaak diffuus voorkomen, moet daarmee niet worden gewacht totdat verontreinigingen reeds in het grondwater gemeten worden, maar is een preventieve aanpak noodzakelijk. • Voor stoffen vanuit het oppervlaktewater (in geval van infiltrerende oppervlaktewateren of MAR systemen) wordt verwezen naar sectie 5.3.4. • Beschermen om te blijven: sterker inzetten op bronaanpak en bescherming van de kwaliteit van infiltrerend oppervlaktewater in de intrekgebieden van drinkwaterbronnen.
Onzekerheden en kennisleemten	Gezien het aantal processen dat hier een rol kan spelen en de onzekerheden die spelen, is er sprake van een grote onzekerheid rondom kwaliteitsveranderingen.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> • In het STOWA rapport over vergrijzing van grondwater wordt brede kennis rondom verontreinigingen van het grondwater en handelingsperspectieven gedeeld (Verweij et al., 2022)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> • Er zijn veel voorbeelden van grondwaterwinningen die te maken kregen met kwaliteitsproblemen buiten de context van klimaatverandering. • Gebruik van oevergrondwater heeft als voordeel dat er geen innamestop nodig is bij lage afvoer zoals bij oppervlaktewater, en er geen voorraadbekkens nodig zijn. De kwaliteit is wel een groot aandachtspunt, juist ook omdat er bij een slechte rivierwaterkwaliteit geen innamestop mogelijk is en een vervuiling daarmee uiteindelijk altijd in de bron terechtkomt. Daarom zet Oasen in op RO als robuuste zuiveringsstap. Bij de locaties Nieuw-Lekkerland en Kamerik is de zuivering inmiddels volledig over naar RO. Bij Ridderkerk/Oost-IJsselmonde (een zwaar vervuild gebied) wordt er nog gewerkt aan deze overgang. Bij Lekkerkerk is er een hybride systeem waarbij een deel van de zuivering via RO plaatsvindt. Bij Rodenhuis, de grootste productielocatie van 12 miljoen m³/jaar, wordt vooralsnog nog niet overgegaan naar RO.
Verwachte impact	<p>Naar verwachting zullen niet-klimaatgerelateerde kwaliteitsvraagstukken (antropogene stoffen) een groter probleem vormen dan kwaliteitsveranderingen door klimaatverandering, behalve als er sprake is van een grote invloed van oppervlaktewater (zoals bij oevergrondwaterwinningen, zie hiervoor sectie 5.3.4.). Monitoring en eventuele zuiveringsstappen zullen naar verwachting voldoende zijn om met dit klimaat effect om te gaan.</p> <p>Het wordt verwacht dat grondwaterwinningen in veel gebieden sterker onder druk komen te staan door eventuele effecten op de omgeving.</p>

5.3.4 Fysische en chemische waterkwaliteit oppervlaktewater

Klimaat effect	Fysische en chemische waterkwaliteit oppervlaktewater
Relevant voor	Oppervlaktewaterwinningen
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Dunea, Brabant Water, Oasen, Evides en Vitens
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> De waterkwaliteit van het oppervlaktewater kan op verschillende manieren veranderen door klimaatverandering. De veranderingen worden vooral in verband gebracht met de toename van lage en hoge afvoeren (zie sectie 5.3.4). <ul style="list-style-type: none"> Bij lage rivierafvoeren zal er indikking plaatsvinden van stoffen waarvan de aanvoer min of meer continu is, waaronder zouten en stoffen uit effluent (bijvoorbeeld medicijnresten) (Wolff & van Vliet, 2021). Stoffen die samenhangen met neerslag (zoals riooloverstorten en af- en uitspoeling van stoffen uit landbouwpercelen) zullen juist minder voorkomen. Een toename van de omgevingstemperatuur (algemeen) en warme, droge perioden zal leiden tot een toename van de temperatuur van het oppervlaktewater. Dit effect kan (voor de grote rivieren) worden beïnvloed door binnenlandse en buitenlandse koelwaterlozingen, aangezien er bij warm weer meer koelwater nodig is. Bij hoge watertemperaturen gelden echter ook limieten aan wat er geloosd mag worden, wat het effect weer zou kunnen beperken, maar in de praktijk is de ervaring dat deze limieten ook kunnen opschuiven onder druk van de vitale energiesector. Verhoogde temperaturen zullen waarschijnlijk samenvallen met perioden van lage afvoer, en daarmee ook langere verblijftijden. In deze perioden van een slechtere waterkwaliteit (hogere temperatuur en hogere stofconcentraties) kunnen afbreekbare stoffen mogelijk sneller worden afgebroken (mitigatie). Bij lage rivierafvoeren zal sterkere verzilting plaatsvinden vanuit de zee, vooral in combinatie met zeespiegelstijging. Ook kunnen zoutconcentraties toenemen door verhoogde aanvoerconcentraties bij lage afvoeren (Pronk et al., 2022). Bij zeer hoge afvoeren kunnen verontreinigingen vrijkomen uit sediment (fosfaten, zware metalen) en kunnen extra riooloverstorten plaatsvinden. Een toename van piekbuien kan leiden tot een toename van overstorten vanuit gecombineerde rioolsystemen, waarbij verontreinigd water op het oppervlaktewater wordt geloosd. Er bestaan hierbij onzekerheden rondom een aantal factoren: <ul style="list-style-type: none"> Mogelijk zullen er meer of andere stoffen in het water terecht komen, bijvoorbeeld door gewijzigd gebruik van pesticiden en schimmelwerende middelen in verband met veranderende groeiseizoenen en weersomstandigheden. Ingrepen in het waterbeheer (bijvoorbeeld aanvoer vanuit het IJsselmeer) kunnen bijdragen aan veranderde stroomrichtingen, waardoor lokaal de samenstelling van het oppervlaktewater kan veranderen. De ervaring leert dat er bij hogere afvoeren soms onverwachte stoffen in het water zitten, mogelijk als gevolg van niet vergunde (stiekeme) lozingen. Bij extreme gebeurtenissen (droogte, hoge afvoeren, storm, overstroming) kunnen emissiepaden of processen in werking treden die nog niet (goed) in beeld zijn, waardoor onverwachts stoffen in hogere concentraties voorkomen. Voor drinkwaterwinningen uit oppervlaktewater betekent dit dat zij naar verwachting te maken krijgen met een toename van slechte waterkwaliteit, zowel qua tijdsduur als concentratie van stoffen. Of de verandering van de waterkwaliteit problemen geeft voor een drinkwaterwinning hangt onder andere af van de norm voor de betreffende stof, de lokaal aanwezige concentratie en of de stof door de bestaande zuivering voldoende wordt verwijderd. In geval van (dreigende) overschrijdingen worden innamestops ingezet. Innamestops en -beperkingen komen bij rivierwaterwinningen regelmatig voor (CBS et al., 2022), deze worden vrijwel uitsluitend veroorzaakt door (dreigende) verontreinigingen. Het aantal innamestops is groter voor de Maas dan voor de Rijn; dit heeft onder andere te maken met de omvang van het stroomgebied (groter, dus meer menging) en het type rivier (gecombineerd regen- en ijs). De toename van watertemperatuur kan nadelige gevolgen hebben in het leidingnet. Er lijkt echter wat tegenstrijdige informatie te zijn of de brontemperatuur hier bepalend voor is, of dat dit vrijwel alleen wordt beïnvloed door de temperatuur van de ondergrond. In de verwachtingen voor de toekomst met klimaatverandering (Sjerps et al., 2016b; Wuijts et al., 2013) wordt vooral de nadruk gelegd op droge perioden. Voor de Rijn en de Maas wordt verwacht dat tijdens (zeer) droge jaren er sprake zal zijn van langdurige perioden (meerdere maanden) waarin niet aan de norm voldaan wordt, en ook voor gemiddelde jaren in scenario's van relatief sterke klimaatverandering. Voor de Lek wordt verwacht dat normoverschrijding door verzilting weken tot maanden zal leiden tot overschrijding.
Kansen en bedreigingen mbt andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> EU beleid rondom stoffen (Green Deal) biedt kansen, het kan leiden tot minder emissies Strengere kwaliteitscriteria (zoals bij PFAS, maar dit kan ook gebeuren voor andere stoffen) kunnen betekenen dat innamestops vaker nodig zijn Toename van medicijngebruik i.v.m. vergrijzing van de bevolking kan leiden tot een toename van de emissies Aanvullende zuiveringsstappen rwzi's kunnen leiden tot een afname van de emissies naar het oppervlaktewater Onderzoekers pleiten voor wijzigingen in de manier waarop de wet- en regelgeving rondom stoffen is geregeld, zoals het verbieden van stofgroepen om zgn. regrettable substitutions te voorkomen (de ene stof wordt verboden, er komt een stof voor in de plaats met zeer vergelijkbare eigenschappen) (van Leeuwen, 2018).
Relevante criteria	Waterkwaliteit, effect van de omgeving op de bron, productiecapaciteit, beschikbaar van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik, CO ₂ -uitstoot, reststromen, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> Tijdelijke innamestops tijdens perioden met normoverschrijdingen. Vergroten bufferruimte (om innamestops te overbruggen), zoals in spaarbekken of duinen. Mogelijkheden hiertoe zijn beperkt i.v.m. ruimtebeslag. Robuustere zuivering om verontreinigingen te verwijderen, zoals bijvoorbeeld omgekeerde osmose of actief kool. Hieraan kleven enkele nadelen, waaronder kosten, energiegebruik en reststromen, waarvan de laatste een 'showstopper' kan zijn, omdat het niet overal mogelijk is om reststromen te lozen. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Verplaatsen van winningen naar locaties die minder gevoelig zijn voor kwaliteitsproblemen (bijvoorbeeld landinwaarts bij verzilting) Extra voorraadvoering om perioden van overschrijdingen te overbruggen Werken aan het verminderen en voorkomen van emissies, middels gebiedsprocessen, lobby bij overheden of juridische trajecten. Dit soort activiteiten vereisen samenwerking, zoals met stakeholders op regionaal niveau, of op hoger niveau, in dat geval bij voorkeur in samenwerking met andere drinkwaterbedrijven (via RIWA of Vewin). Dit kan gericht zijn op specifieke lozingen (aanpassen van vergunningen of zuiveringen), maar ook op het beleid (uitfasen van bepaalde stoffen of stofgroepen). Naar verwachting zal een combinatie van maatregelen noodzakelijk zijn (Wuijts et al., 2013).
Onzekerheden en kennisleemten	<ul style="list-style-type: none"> Dat deze problematiek voorkomt is zeker (aangezien problemen reeds worden ondervonden) en ook bestaat er relatief grote zekerheid over het toenemen van deze problematiek, vooral in samenhang van veranderde rivierafvoeren. Chemische waterkwaliteit is echter een zeer breed en zeer complex onderwerp, waarbij het gaat om talloze stoffen en allerlei mogelijke processen en interacties, waardoor een volledig en gedetailleerd beeld ontbreekt. Een huidige uitdaging ligt op het vlak van het slim omgaan met deze complexiteit, zodat de kennis beter kan worden gebruikt in de praktijk. Daarnaast hangt veel af van de activiteiten van mensen in het bovenstroomse gebied, zowel qua watergebruik als lozingen. Hierbij is sprake van grote onzekerheden.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> Overzicht van innamestops van de afgelopen jaren: (CBS et al., 2022) Literatuur over effecten van klimaatverandering en droogte op rivierwaterkwaliteit: (Moermond et al., 2016; Sjerps et al., 2016a; Sjerps, ter Laak & Zwolsman, 2016b; Sjerps, ter Laak & Zwolsman, 2017; Wolff & van Vliet, 2021; Wuijts et al., 2013)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> De innamestops bij Dunea zijn tot nu toe alleen gerelateerd aan calamiteiten (illegale lozingen), niet aan kwaliteitsverslechtering als gevolg van lage afvoer. De calamiteiten zijn veelal een gevolg van onzorgvuldig handelen en/of onvoldoende toezicht en handhaving bij industriële lozers en de glastuinbouw. Dit is een veel grotere factor voor innamestops dan lage afvoeren/slechtere kwaliteit als gevolg van klimaatverandering. Effecten van klimaatverandering kunnen wel leiden tot een beperking van de inname, bijvoorbeeld omdat er door hogere watertemperaturen onvoldoende koeling is voor de innamepompen, of omdat algenbloei leidt tot verstopping van microzeven. Deze problemen zullen toenemen in de toekomst als gevolg van klimaatverandering. Voor Dunea is het handelingsperspectief als dit zich voordoet het bijschakelen van een alternatieve bron vanuit de Lek, waar algenbloei minder optreedt.

	<ul style="list-style-type: none">• Zowel Evides als Oasen hebben het toekomstig risico op verzilting van de innamepunten onderzocht. Beide studies kwamen tot de conclusie dat verzilting de komende 50 jaar geen groot risico is voor een innamestop of aanvullende zuivering (van den Brink et al., 2019). Bovendien werkt Oasen aan RO zuiveringen, waardoor verzilting waarschijnlijk geen groot probleem zal vormen.• Het door Evides ingenomen Haringvlietwater wordt geïnfiltreerd bij de duinwaterwinningen Ouddorp en Burg Haamstede. Hierdoor vallen de gehalten fecale indicatororganismen mee en is zelden een reden voor een innamestop. Een enkele keer doet zich de situatie voor dat de troebelheid te hoog is, veelal door de weersomstandigheden, en is dat aanleiding voor een innamestop. Sinds de verplaatsing van het innamepunt in oostelijke richting zijn er echter geen problemen meer geweest met verzilting. Dat was in het verleden wel eens een reden voor een innamestop.• Het concentraat van de RO-zuiveringen bij Oasen wordt of via de rivier of de rwzi geloosd. Omdat er in de toekomst meer problemen worden verwacht met het lozen vanwege de kwaliteit en de toenemende hoeveelheid wordt gekeken naar de mogelijkheden voor nabehandeling van het concentraat.• PWN heeft te maken gehad met problemen door verzilting van het IJsselmeerwater bij Andijk. De aanleg van een vergroot spaarbekken kan dergelijke problemen in de toekomst mitigeren (Bonte et al., 2023).
Verwachte impact	Naar verwachting zal de impact voor drinkwaterbronnen in de grote oppervlaktewateren groot zijn. Voor kleinere oppervlaktewateren hangt dit sterker af van lokale factoren.

5.3.5 (Micro)biologische waterkwaliteit oppervlaktewater

Klimaat effect	(Micro)biologische waterkwaliteit oppervlaktewater
Relevant voor	Oppervlaktewaterwinningen en duininfiltraties
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Dunea, Evides
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> Als gevolg van de veranderingen in temperatuur, afvoer en chemische samenstelling van het oppervlaktewater (zie 5.3.4) kan de (micro)biologische samenstelling van het oppervlaktewater veranderen en kunnen andere ecologische evenwichten ontstaan (Kosten, 2011). Hierdoor kan ook de chemische samenstelling van het water veranderen, bijvoorbeeld een toegenomen eutrofiëring. Er zijn een aantal problemen bekend waarvan we weten dat die kunnen voorkomen tijdens droge en warme perioden: <ul style="list-style-type: none"> Door minder verdunning kan het aandeel effluent in het oppervlaktewater stijgen. Effluent bevat allerlei micro-organismen, waaronder <i>E. coli</i>. Drinkwater uit oppervlaktewater wordt ontsmet, waardoor dit voor drinkwater (op microbiologisch vlak althans) een beperkt effect heeft. Cyanobacteriën (blauwalgen) kunnen bij hogere oppervlaktewatertemperaturen vaker en langer voorkomen (Kardinaal, 2013). Cyanobacteriën kunnen schadelijke toxines produceren en in groten getale voorkomen. Voor de hogere organismen (planten en dieren) geldt dat sommige invasieve exoten gemakkelijker een kans krijgen. Het gaat hier om planten en dieren die niet-inheems zijn. In sommige gevallen kunnen deze planten en dieren zich op grote schaal vestigen en verspreiden en problemen veroorzaken (Steenbergen et al., 2011). Veranderingen in de (micro)biologie staan niet op zichzelf, maar gaan samen met veranderingen in de balansen van het ecosysteem, waarbij nieuwe evenwichtssituaties kunnen ontstaan. Een voorbeeld hiervan is dat cyanobacteriën een drijfvaag vormen, waar licht niet goed doorheen kan dringen. Hierdoor verandert het hele aquatische ecosysteem en kunnen zuurstofloze omstandigheden ontstaan. Voor drinkwaterbedrijven worden de volgende gevolgen uitgelicht: <ul style="list-style-type: none"> Grootschalig voorkomen van cyanobacteriën (blauwalgenbloei) lijkt mogelijk te zijn in spaarbekkens en infiltratieplassen waar de temperatuur kan stijgen (Kardinaal, 2013). Hierdoor kan de waterkwaliteit verslechteren. De exotische quaggamossel zal naar verwachting vaker voorkomen (Verschoor, 2019a). Deze mossel kan in groten getale voorkomen en zou zich kunnen vestigen in spaarbekkens (en mogelijk in de toekomst ook in infiltratieplassen, maar hier lijkt de kans op problemen kleiner). Onder normale omstandigheden zou dit weinig problemen veroorzaken (goede filters zijn reeds aanwezig), maar in geval van een innamestop zou er massale sterfte kunnen voorkomen, waardoor er ineens grote waterkwaliteitsproblemen kunnen ontstaan. Voor de Amerikaanse rivierkreeft kan mogelijk een vergelijkbaar probleem optreden als bij de quaggamossel (grootschalige verspreiding in bekkens, sterfte bij innamestops), maar hierover is weinig bekend. Hoewel er geen grote problemen worden verwacht wat betreft fecale of opportunistische micro-organismen bij oppervlaktewaterwinningen (omdat de zuivering hierop voorbereid is), kan de veranderende temperatuur en de samenstelling van het water gevolgen hebben voor de biologische stabiliteit van het drinkwater. De hierboven genoemde cyanobacteriën, <i>E. coli</i>, quaggamosselen en rivierkreeften komen reeds in Nederlandse wateren voor en kunnen daar problemen opleveren. Als gevolg van klimaatverandering, maar ook andere ontwikkelingen (zoals verspreidingsmogelijkheden door scheepvaart of verbindingen tussen wateren) is het mogelijk dat andere organismen in Nederland vaker gaan voorkomen, maar hier is (vooralsnog) geen zicht op.
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Eventuele versterkte maatregelen voor het behalen van de KRW doelen zouden kunnen leiden tot verbeterde ecologische omstandigheden van het oppervlaktewater.
Relevante criteria	Waterkwaliteit, effect van de omgeving op de bron, productiecapaciteit, beschikbaar van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik, CO ₂ -uitstoot, reststromen, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> Voor verschillende vraagstukken helpt het als de temperatuurstijging in bekkens en plassen beperkt kan worden, zoals door : <ul style="list-style-type: none"> Verdiepen van bekkens Mixen van waterlagen in bekkens Daarnaast wordt onderzoek verricht naar nieuwe mogelijkheden, zoals: <ul style="list-style-type: none"> Het is nog niet goed bekend of aquathermie een rol kan spelen bij het beperken van temperatuurstijgingen bij drinkwatervoorraden. Een onderzoek hiernaar is in voorbereiding. In een TKI project wordt momenteel onderzocht of zonnepanelen op spaarbekkens gunstig kunnen werken tegen o.a. opwarming van het water (Hofman et al., 2021). Voorkomen of beperken van te hoge fosfaatconcentraties in bekkens en plassen, bijvoorbeeld door defosfatering. Dit kost echter veel energie en ijzerchloride. Groei van cyanobacteriën voorkomen: Naast het verlagen van de temperatuur kan het water in de bekkens/plassen behandeld worden door het vastleggen van voedingsstoffen of toepassing van waterstofperoxide. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Samen met waterschappen en/of andere stakeholders werken aan het verbeteren van de waterkwaliteit, zoals het verlagen van fosfaatconcentraties of het verbeteren van de kwaliteit van het effluent. Met Rijkswaterstaat kijken of er mogelijkheden bestaan rondom het beperken van koelwaterlozingen tijdens warme perioden. Hierbij moet in acht worden genomen dat de energievoorziening een nutsvoorziening is en dat aanpassingen hierin niet makkelijk te realiseren zijn.
Onzekerheden en kennisleemten	<ul style="list-style-type: none"> Gezien de complexiteit van de ecosystemen en de vele feedbackmechanismen zouden er ook andere (micro)biologische vraagstukken kunnen ontstaan als gevolg van klimaatverandering, die nog niet (goed) in beeld zijn. Aangezien ruimtelijke en temporele patronen kunnen veranderen, is het mogelijk dat de huidige monitoringssystemen ontoereikend zijn om nieuwe vraagstukken te signaleren. De veranderingen in ecosystemen kunnen in geval van zuurstofloze omstandigheden leiden tot veranderingen in waterkwaliteit (bijvoorbeeld het vrijkomen van fosfaat, ijzer en zwavel). Het is onbekend hoe groot de kans is dat dit voorkomt. Het is mogelijk dat extreme waterplantengroei problemen veroorzaakt in ondiepe bekkens en plassen. Vooral in de duinen zou dit een probleem kunnen vormen, omdat hier regelmatig maaien wegens Natura 2000 regelgeving vaak niet mogelijk is. Een ander denkbaar effect is dat de sliblagen in de duininfiltratiesystemen door versnelde biologische processen sneller aangroeien, en daardoor leiden tot lagere doorstroomsnelheden. Het is niet bekend of dit effect daadwerkelijk kan optreden.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> Effecten van temperatuurstijgingen op de aquatische ecologie (Kosten, 2011) Cyanobacteriën (Kardinaal, 2013) Exoten in oppervlaktewater (Steenbergen et al., 2011) Voorspellen van microbiologie in oppervlaktewateren (Demeter et al., 2021; Derx et al., 2023; Schijven, 2015) BTO Trendalert: Effecten van invasieve scheldieren op drinkwaterproductie en -distributie (Verschoor, 2019b)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> Sinds 2018 doet het probleem van lage afvoeren zich vrijwel jaarlijks voor met als gevolg meer last van antropogene stoffen, blauwalgen en cyanobacteriën. Na hevige neerslag zijn er hoge concentraties fecale pathogenen in de Maas aanwezig. Waarschijnlijk veroorzaakt door werkende riooloverstorten en afstromende neerslag van landbouwpercelen. In de spaarbekkens van Evides komt de quaggamossel voor. In spaarbekken de Gijster heeft zich een mosselbank gevormd (Lucassen et al., 2018). Evides constateert dat de temperatuur van de Maas de afgelopen 41 jaar in de zomermaanden gemiddeld 2,2 °C is gestegen. Mogelijk dat dit een verdere toename van aeromonas in de bekkens en transportleiding zal veroorzaken. Bovendien kan de biologische stabiliteit af pompstation negatief beïnvloed worden.

	<ul style="list-style-type: none">• Microbiologie is bij oeverfiltratiewinning vooralsnog geen groot probleem. De temperatuur van het gewonnen water is vrij stabiel over het jaar gezien. Klimaatverandering zal mogelijk wel leiden tot een geleidelijke stijging van de gemiddelde temperatuur. Wat het effect hiervan zal zijn is onzeker. De meeste winningen zitten tussen 20-40 meter beneden maaiveld, de rest zit dieper. De temperatuursverandering middelt daardoor uit (menging oppervlaktewater en grondwater)
Verwachte impact	Hoewel de omvang van de risico's lastig te schatten is door de complexiteit en verschillende onzekerheden, is de impact van (micro)biologische effecten in potentie groot, omdat het kan leiden tot tijdelijk stopzetten van een winning.

5.3.6 (Micro)biologische waterkwaliteit grondwater

Klimaat effect	(Micro)biologische waterkwaliteit grondwater
Relevant voor	Grondwaterwinningen, duinwaterwinningen en oevergrondwaterwinningen
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Evides, WML
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> Klimaatverandering kan leiden tot een stijging in grondwatertemperatuur van maximaal enkele graden. Deze temperatuursverandering heeft naar verwachting weinig effect op de groei van (fecale en opportunistische) pathogenen in het grondwater. Wel kunnen er mogelijk effecten zijn in strangen en leidingen. Veranderde weersomstandigheden, waaronder piekbuien (vooral na droogte) kunnen mogelijk effect hebben op eventuele transportroutes van pathogenen naar het grondwater. Het gaat hier om het transport tussen het oppervlak (waar pathogenen kunnen voorkomen, bijvoorbeeld uit uitwerpselen van dieren of water dat effluent of riooloverstorten bevat. De betrokken processen zijn hierbij deels hetzelfde als bij overstromingsrisico's op grondwaterwinningen (zie betreffende tabel). Ook zonder dat er sprake is van overstroming kan klimaatverandering invloed hebben op de transportroutes tussen het oppervlak en het grondwater. Tijdens zeer droge perioden kunnen kleibodems scheuren vertonen. Bij grote neerslaggebeurtenissen kunnen deze macroporiën als preferente stroombaan fungeren. Aangezien bij grondwaterwinningen doorgaans geen ontsmettingsstap meer toegepast wordt (bodempassage zou voldoende moeten zijn) kan eventuele kortsluitstroming met besmet water problemen veroorzaken. Het is niet goed bekend hoe groot dit risico is, maar het zou kunnen voorkomen als er sprake is van een relatief dunne onverzadigde zone in combinatie met korte reistijden naar de winning, wat bijvoorbeeld bij duinwaterwinningen het geval kan zijn (Cirkel, 2018). Ook kunnen oevergrondwaterwinningen gevoelig zijn voor besmetting. Bij grote piekbuien kan er sprake zijn van korte reistijden door hoge oppervlaktewaterstanden. Indien er bijvoorbeeld ook riooloverstorten hebben plaatsgevonden kan dit risico groter worden.
Kansen en bedreigingen mbt andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Afkoppelen van hemelwaterafvoeren kan de kans op riooloverstorten verkleinen
Relevante criteria	Waterkwaliteit, effect van de omgeving op de bron, productiecapaciteit, beschikbaar van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik, CO ₂ -uitstoot, reststromen, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> In beeld brengen van winningen waar dit risico speelt. Bij deze winningen monitoren óf en wanneer dit probleem kan voorkomen, bijvoorbeeld door het plaatsen en monitoren van peilbuizen op strategische plekken. Er kan dan gemonitord worden op het voorkomen van zeer dunne onverzadigde zones (bijvoorbeeld in het geval van ondiepe (duinwater)winningen (Brakkee et al., 2023), of het snel reageren van de verzadigde zone op meteorologische gebeurtenissen (in geval van vermoede preferente stroming in een deklaag). (Aanvullende) monitoring op het gebied van microbiologische waterkwaliteit In geval van een vermoed of bewezen hoog risico kan het verstandig zijn om maatregelen toe te passen, bijvoorbeeld door kwetsbare locaties minder toegankelijk te maken voor dieren (begrazing beperken) of andere mogelijke bronnen van pathogenen. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Als stakeholder participeren in processen gericht op het afkoppelen van hemelwaterafvoeren en het voorkomen van riooloverstorten.
Onzekerheden en kennisleemten	<ul style="list-style-type: none"> Als gevolg van klimaatverandering is het mogelijk dat er andere pathogenen (virussen, bacteriën, parasieten, vectoren, schimmels etc.) zullen gaan voorkomen, waar tot nu toe geen rekening mee is gehouden. De aanvoer van pathogenen naar het oppervlak (waterwingebied, duininfiltratiegebied) kan mogelijk veranderen als bijvoorbeeld het gedrag van dieren zou veranderen. Het is niet bekend of dit door klimaatverandering een probleem zou kunnen vormen.
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> Binnen DPWE verband is dit onderwerp eerder besproken en voor duinwaterwinningen onderzocht. Uit de interviews zijn geen ervaringen met dit onderwerp naar voren gekomen
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> Microbiologische veiligheid oevergrondwater (van Driezum et al., 2018)
Verwachte impact	Het risico is sterk afhankelijk van lokale factoren. Indien dit probleem optreedt zijn de gevolgen groot, omdat het kan leiden tot tijdelijk stopzetten van de productie.

5.3.7 Overstromingsrisico's

Klimaat effect	Overstromingsrisico's
Relevant voor	Oppervlaktewaterwinningen, oevergrondwaterwinningen en grondwaterwinningen
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, WML, Waternet
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> Klimaatverandering leidt tot een toename van de risico's op overstroming, als gevolg van hevige neerslag, extreem hoge rivierafvoer en/of vanuit de zee. Gezien de aard van de omstandigheden is het nooit zeker óf en wanneer deze voorkomen. Omdat het hier gaat om extreme omstandigheden is de verwachte verandering van het overstromingsrisico onzeker. De locaties met de grootste risico's op overstroming bevinden zich rondom de grote rivieren en beekdalen in hoog Nederland (Klimaat effect atlas, 2023b). Daarnaast bestaan er risico's voor de kustgebieden en laag Nederland. Inundatie kan op verschillende manieren een risico vormen voor drinkwaterwinningen (Rambags et al., 2011). Inundatiewater (wat mogelijk verontreinigd is) zou in het ruwwater terecht kunnen komen doordat het nabij het oppervlak in de put(installatie) of leidingwerk dringt of door kortsluitstroming in de ondergrond. Ook kunnen winmiddelen en de stroomvoorziening beschadigd raken als gevolg van inundatie, waardoor er geen water meer gewonnen kan worden. Afhankelijk van de situatie nabij de winning en in het voorzieningsgebied en eventuele evacuatie kunnen er vraagstukken ontstaan met betrekking tot o.a. de drinkwatervoorziening (van Leerdam et al., 2018) en het leidingnet (Vossen & Wols, 2018). Dit valt buiten de scope van deze rapportage. Volgens wettelijke normen en richtlijnen, dienen drinkwaterwinningen bestand te zijn tegen (redelijkerwijs te verwachten) overstromingen. De risico's zijn sterk afhankelijk van keuzes rondom locatie en ontwerp van winningen. In de praktijk zijn veel oppervlaktewater- en oevergrondwaterwinningen berekend op een zeker overstromingsrisico, maar voor grondwaterwinningen is dit doorgaans niet het geval.
Kansen en bedreigingen mbt andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Vanuit verschillende overheidslagen en het Deltaprogramma worden klimaatadaptatiemaatregelen genomen. Deze kunnen invloed hebben op het overstromingsrisico van locaties. Dit kan betekenen dat beschermingsniveaus beter worden, maar ook dat bepaalde gebieden juist als inundatiegebied zullen worden gebruikt.
Relevante criteria	Waterkwantiteit, waterkwaliteit, plaats in het watersysteem, effect van de omgeving op de bron, beschikbaarheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> Bij de planning en aanleg van nieuwe winningen kan rekening gehouden worden met overstromingsrisico's en kunnen winlocaties of winningen zo nodig aangepast worden. Hierbij kan gedacht worden aan het binnendijks of op kades plaatsen van winningen of door gebruik te maken van verhogingen (terpen of dijklichamen) in buitendijks gebied (of een andere locatie met een relatief hoge overstromingsrisico). Afhankelijk van het type locatie kan dit overigens vallen onder het transactionele handelingsperspectief (een gebiedspartner moet erbij betrokken worden). De Praktijkcode Drinkwater (van der Schans & Meerkerk, 2019) en eerder onderzoek naar overstroming van winputten (Rambags et al., 2011) leveren richtlijnen. Ook zou een alternatief putontwerp een mogelijke oplossing zijn. Het is echter nog niet helemaal duidelijk hoe een dergelijke put er uit zou moeten zien. In een recent projectvoorstel voor het BTO Bedrijfsonderzoek voor de periode 2023-2024 wordt op deze vraag ingegaan (van der Schans & Cirkel, 2023). Ook wordt hier naar verwachting onderzocht wat de mogelijkheden zijn met betrekking tot het aanpassen van bestaande putten. Noodplannen kunnen houvast geven voor het geval een winlocatie overstroomt. "Floodproof" putten ontwerpen. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Overstromingsrisico's kunnen worden verkleind door verschillende (ruimtelijke) maatregelen welke alleen in samenspraak met de lokale autoriteiten (vaak het waterschap of Rijkswaterstaat) uitgevoerd kunnen worden, zoals dijkversterking.
Onzekerheden en kennisleemten	Extreem weer is moeilijk tot niet te voorspellen, dit geldt met name voor extreme neerslaggebeurtenissen.
Belangrijke bronnen	<p>Informatie overstromingsrisico's</p> <ul style="list-style-type: none"> Kennisportaal Klimaatadaptatie (Klimaatadaptatie, 2023): informatie rondom overstromingsrisico's in Nederland. Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO, 2023) bevat veel informatie over overstromingsrisico's onder verschillende (klimaat)scenario's in Nederland. Klimaat effect atlas (Klimaat effect atlas, 2023b): risicokaarten met uitleg. <p>Informatie over overstromingsbestendige winningen</p> <ul style="list-style-type: none"> Praktijkcode drinkwater (van der Schans & Meerkerk, 2019) Onderzoek 'Flood proof wells' (Rambags et al., 2011)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<p>In het verleden zijn enkele incidenten voorgekomen waarbij drinkwaterputten zijn overstroomd.</p> <ul style="list-style-type: none"> Pompstation Onnen (WG), 1998 (van der Woerd et al., 2011). In een situatie met veel regenval is de polder waar dit pompstation ligt onder water gezet. Later is deze locatie officieel als noodwaterbergingsgebied werd aangewezen. De winputten zijn hier vervolgens op terpen geplaatst. Roosteren (WML) in 2002, 2003 en 2011 (Rambags et al., 2011). Bij deze oevergrondwaterwinning zorgde de overstromingen voor zeer korte reistijden (en dus kwaliteitsrisico's). Voor overstroming van deze locatie is een noodplan opgesteld. Ook in de zomer van 2021 is het winveld Roosteren (en ook Roodborn) deels overstroomd. Het heeft uiteindelijk twee maanden geduurd voordat het winveld weer betrouwbaar en schoon was. Er zijn bij Waternet en WML geen ervaringen, maar wel zorgen over dijkdoorbraken i.r.t winvelden en bedrijfsvoering. Het is bij beide bedrijven geen urgent aandachtspunt, omdat ervan uit wordt gegaan dat de waterbeheerders voldoende maatregelen nemen. In de praktijk is het drinkwaterbelang niet altijd in het vizier van de waterbeheerders.
Verwachte impact	Hoewel de kans op overstroming voor de meeste locaties (extreem) klein is, kunnen de gevolgen zeer groot zijn wanneer het gebeurt en leiden tot het tijdelijk stopzetten van een winning.

5.3.8 Stijging (piek)drinkwatervraag

Klimaat effect	Stijging (piek)drinkwatervraag
Relevant voor	Alle typen winningen
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, WML, Waternet
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> • Klimaatverandering kan leiden tot een toename van droge en warme perioden. Tijdens dergelijke perioden kunnen piekvragen naar drinkwater ontstaan. De frequentie van piekvragen zal dus naar verwachting ook toenemen. • Piekvragen kunnen vraagstukken opleveren op het gebied van de infrastructuur en zuivering (buiten de scope van dit onderzoek), maar ook op het gebied van winningen. Tijdens piekvragen moet tijdens een beperkte periode meer water ingenomen of onttrokken worden. Voor winningen liggen de vraagstukken vooral op de tijdschaal van dag(en) (kan er voldoende gewonnen worden), voor de infrastructuur kunnen vraagstukken ook op korte tijdschalen liggen (kan de juiste hoeveelheid water op tijd op de juiste plek worden gebracht?). • Voor oppervlaktewaterwinningen (en daarmee ook voor oevergrondwater- en duinfiltraties) uit de grote rivieren geldt dat inname vrijwel altijd mogelijk is en dat hier geen restricties voor gelden (behalve in het geval dat de verdringingsreeks in werking is en hogere functies in het geding komen, of dit kan gebeuren lijkt voor de grote rivieren niet voor de hand liggend). Vraagstukken voor deze typen winningen zullen eerder optreden op het gebied van waterkwaliteit (zie desbetreffende tabel). • Voor oppervlaktewaterwinningen uit kleine wateren en grondwaterwinningen geldt dat er restricties zijn aan de onttrekking, voornamelijk vanwege effecten op de natuur. Voor veel grondwaterwinningen geldt, naast een vergunning voor jaarlijkse onttrekking, ook een dag- of maandlimiet van wat onttrokken mag worden. • Aangezien drinkwaterbedrijven een leveringsplicht hebben aan huishoudens en essentiële industrieën, is het mogelijk dat limieten voor bijvoorbeeld vergunningen overschreden worden. • Daarnaast kunnen piekvragen een uitdaging vormen voor de infrastructuur (buiten de scope van dit rapport)
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> • Maatschappelijke ontwikkelingen, zoals demografie, maar ook trends op het gebied van technologie en consumentengedrag (inrichting tuin met droogtebestendige planten, gebruik zwembaden) kunnen invloed hebben op de (piek)watervraag.
Relevante criteria	Productiecapaciteit, beschikbaarheid van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, leidingnet, modulair bouwen/schaalbaarheid, waterbesparing, kosten, implementatietijd/realisatietermijn
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beperken van piekwatervraag, door middel van informatiecampagnes. <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiseren van extra bergingsruimte (op kleine schaal valt dit binnen de interne handelingsruimte, op grotere schaal kan dit niet zonder gebiedspartners) • Maatregelen die schade (aan bijvoorbeeld natuur) beperken bij extra productie, bijvoorbeeld door het beter vasthouden of extra aanvoer van water (zie ook de tabellen over grondwaterkwantiteit).
Onzekerheden en kennisleemten	Hoewel uit eerdere jaren een en ander bekend is over de relatie tussen omstandigheden en watervraag, kunnen warme droge perioden niet goed voorspeld worden, zodat op voorhand de vraag onzeker is.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> • Prognoses drinkwatergebruik in Nederland t/m 2040 (Bagelaar et al., 2022) • De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag (Vonk et al., 2017)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> • Overschrijdingen van vergunningen als gevolg van piekvragen zijn tijdens recente droge/warme jaren reeds voorgekomen (van Leerdam et al., 2023); • Waternet heeft in de duinen een voorraad van drie maanden. Ze zijn daarmee ook back-up voor Dunea en PWN. • WML heeft qua piekvraag op dit moment geen problemen.
Verwachte impact	Beperkt tot droge en warme perioden, kan andere vraagstukken (bijvoorbeeld discussies rondom grondwaterwinning) versterken.

5.3.9 Onzekerheden, context en winning overstijgend perspectief

Klimaat effect	Onzekerheden, context en winning overstijgend perspectief
Relevant voor	Alle typen drinkwaterwinningen
Met bijdragen van medewerkers van	KWR, Dunea, Vitens, WML, Waternet, Oasen, Brabant Water en WMD
Korte omschrijving oorzaken en gevolgen	<ul style="list-style-type: none"> De ernst en reikwijdte van de effecten van klimaatverandering zijn onzeker, door een combinatie van onzekerheid rondom sturende factoren (uitstoot broeikasgassen), feedbackmechanismen en menselijk handelen met betrekking tot mitigatie en adaptatie, waarbij grote wijzigingen in landgebruik of migratiestromen niet uitgesloten zijn (IPCC, 2022b). Dit resulteert ook in onzekerheid met betrekking tot effecten op drinkwaterwinningen, die kunnen bestaan uit relatief beperkte of juist zeer grote problemen door klimaatverandering. Indien klimaat effecten zeer groot blijken te zijn (bijvoorbeeld door meer uitstoot fossiele brandstoffen en sterke feedbackmechanismen), kunnen de effecten een extreem grote impact kunnen hebben op Nederland (van Thienen, 2021). Hierbij kan gedacht worden aan een zeer sterke zeespiegelstijging waardoor een deel van het land onder water komt te staan en grote migratiestromen ontstaan. Ook kunnen effecten elders doorwerken op Nederland. Extreme fysieke (hitte/watertekorten/voedseltekorten) of maatschappelijke (oorlog) gevolgen van klimaatverandering in het Midden Oosten zouden bijvoorbeeld kunnen leiden tot grootschalige vluchtelingenstromen naar o.a. Europa. Hoewel onderzoek de beschikbare kennis vergroot, en een beter beeld kan geven van de richting van een ontwikkeling, leidt het vaak niet tot een verkleining van de onzekerheidsmarge (o.a. wegens de complexiteit). Ook leert de ervaring dat de realiteit ons kan inhalen: terwijl er gewerkt werd met de KNMI klimaatscenario's uit 2014 voor de periode rondom 2050, leken de recente droge jaren (2018, 2019) al buiten de gestelde bandbreedtes te vallen. Gangbare methoden rondom toekomstverkenningen voor drinkwaterwinning, zoals het werken met 'gemiddelde' of 'de meest waarschijnlijke' scenario's, worden minder bruikbaar, omdat de kans op allerlei extreme situaties toeneemt. Plannen of investeringen die voor 'gematigde' situaties zinvol zijn, kunnen onder extreme(re) omstandigheden onbruikbaar worden. Indien klimaat effecten (of andere ontwikkelingen) een dusdanig effect kunnen hebben dat het handelingsperspectief op winningsniveau ontoereikend is (winning moet tijdelijk of permanent verminderd of gesloten worden), is het noodzakelijk om hier op strategisch niveau op in te spelen.
Kansen en bedreigingen m.b.t. andere ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Naast klimaat onzekerheid is de toekomst ook op andere gebieden onzeker. Door de groeiende mondialisering kunnen (geopolitieke of economische) ontwikkelingen wereldwijd doorwerken. Als reactie op de maatschappelijke ontwikkelingen kunnen meer (particuliere) initiatieven ontstaan richting zelfvoorzienendheid middels regenwater of grijswaterhergebruik. Dit kan leiden tot drinkwaterbesparing, maar ook tot risico's (Hofman-Caris et al., 2023).
Relevante criteria	Waterkwantiteit, waterkwaliteit, plaats in watersysteem, klant en omgeving, effect van winning op de omgeving, effect van de omgeving op de bron, vergunbaarheid, productiecapaciteit, beschikbaarheid van de bron in relatie tot leveringszekerheid, robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving, zuivering, leidingnet, modulair bouwen/schaalbaarheid, energie, grondstoffen en chemicaliëngebruik, CO ₂ -uitstoot, reststromen, waterbesparing, kosten, implementatietijd/realisatietermijn, vervolgonderzoek
Handelingsruimte drinkwaterbedrijf	<p>Intern</p> <ul style="list-style-type: none"> Aanpassen van de werkwijze voor toekomstverkenningen en langetermijnvisies, door hierin de extreme situaties mee te nemen, ook al is de kans op deze situaties klein of onbekend. Vervolgens kan teruggedeneerd worden op welk moment beleid of investeringen aangaande deze situaties ingezet zouden moeten worden om nog op tijd te zijn (adaptieve paden). <p>Transactioneel (bijvoorbeeld via samenwerking met stakeholders, gebiedsprocessen of beïnvloeding van strategische waterplannen) en extern (buiten invloed van drinkwaterbedrijf):</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensievere samenwerking met overheden en andere stakeholders in het regionale watersysteem, om gezamenlijk te werken aan toekomstplannen (verkleinen van onzekerheden die voortvloeien uit regionale ontwikkelingen) (Stofberg et al., 2022). Aanvullende berging realiseren bij, of losstaand van winningen voor seizoensberging of extra capaciteit bij piekvragen. Gezien de beperkte beschikbaarheid van bovengrondse ruimte, lijkt de ondergrond een logische keuze (zoals bijvoorbeeld bij PWN (2021)). (Extra) bron-redundantie inbouwen in het systeem. Spreiding van risico's door middel van brondiversificatie, met de mogelijkheid om tussen bronnen te schakelen. Verschillende typen (gangbare) bronnen zijn gevoelig voor verschillende (al dan niet klimaatgerelateerde) risico's. Inzet van alternatieve bronnen voor drinkwater (De Putter et al., 2021; Stofberg et al., 2019a; Van Alphen et al., 2019). Hoewel nog niet gangbaar, is het mogelijk om andere bronnen dan (zoet) grondwater en oppervlaktewater in te zetten voor de productie van drinkwater. Voor de meeste bronnen geldt dat er nog veel onzekerheden bestaan, bijvoorbeeld met betrekking tot bescherming en kosten. Voor sommige bronnen is nog relatief veel onderzoek nodig (STOWA, 2021). Beïnvloeding van wetgeving en beleid, door middel van lobby, convenanten of via de rechter. Beïnvloeden van de watervraag, door bijvoorbeeld waterbesparende maatregelen of het verminderen van lekverliezen. (Intensievere) samenwerking tussen drinkwaterbedrijven, bijvoorbeeld gericht op het onderling leveren van water in geval dat een winning uitvalt of een structurele levering.
Belangrijke bronnen	<ul style="list-style-type: none"> Alternatieve bronnen voor drinkwater (Stofberg et al., 2019b; Van Alphen et al., 2019)
Ervaringen uit de praktijk – huidige situatie en vooruitblik	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkeling ondergrondse waterberging door PWN in Hoorn (PWN, 2021). Oasen zet in op meerdere plannen om aan de toenemende vraag te voldoen, in de verwachting dat er een deel van de opties niet gerealiseerd zal worden. Bij de inschatting van de benodigde productiecapaciteit is uitgegaan van het maximale groeiscenario van de drinkwatervraag. Er wordt ook wel gekeken naar andere bronnen, maar omdat er veel ruimtelijke beperkingen zijn in het gebied zijn de mogelijkheden beperkt. Er is bijvoorbeeld geen ruimte voor voorraadbekkens bij gebruik van oppervlaktewater als bron. In het langetermijninfrastructuurplan is een aantal alternatieve bronnen benoemd. Al deze trajecten kosten veel tijd, maar worden wel als optie nader onderzocht. Afwegingen die gemaakt zijn: <ul style="list-style-type: none"> Zeewater wordt niet als optie gezien, er zijn alternatieve bronnen die minder slecht zijn zoals brak water uit de Nieuwe Maas of uit de polder. Meest kansrijk is een brakwaterwinning in een polder boven Gouda. Hier wordt een pilot voor ontwikkeld, ergens in de komende jaren. Het concentraat zou dan in de ondergrond geïnfiltreerd moeten worden. Maximale capaciteit die voorzien is bedraagt 2 miljoen m³/jaar. Er is een winning Elzengors bij Zwijndrecht die een aantal jaren geleden beëindigd is. Onderzocht wordt of het mogelijk is deze weer in gebruik te nemen. Hiervoor wordt momenteel een m.e.r.-beoordelings traject doorlopen om te bepalen of hiervoor een m.e.r. opgesteld moet worden. Er wordt gewerkt aan een vergunningswijziging (uitbreiding?) bij De Put (bij Nieuw-Lekkerland). Er wordt gekeken naar een buitendijkse winning. Hiervoor is contact geweest met Vitens en WML die ook buitendijkse winningen hebben, om van hun ervaringen te leren. Verder wordt er ook gekeken naar het uitbreiden van bestaande winningen. Bijvoorbeeld uitbreiding bij Vianen. Huidige winning is 0,8 miljoen m³/jaar, onderzocht wordt of deze uitgebreid kan worden naar 2,5 miljoen m³/jaar. Ook wordt gekeken naar de winning Ridderkerk. Deze is nu beperkt door upconing van zout grondwater. Mogelijk kan bij deze winning weer de volledig vergunde capaciteit worden gewonnen. Dankzij Heel/Roosteren is er bij WML al duidelijk differentiatie in bronnen, hier is de combinatie oppervlaktewater/grondwater gemaakt, waarbij grondwater als back-up dient bij een innamestop vanuit het oppervlaktewater. Wisselende bronnen hebben bovendien gevolgen voor de zuivering die verschillende waterkwaliteiten moet kunnen verwerken. WML verkent anders omgaan met winningen, bijvoorbeeld seizoensopslag in oppervlaktewaterbekkens langs de Maas. Daarnaast wordt er gewerkt aan het behouden en/of verplaatsen van bestaande vergunningen. Hierbij is het verkrijgen van vergunningen inzake de Wet Natuurbescherming een grote onzekere factor. Alternatieve bronnen zoals regenwater, rwzi-effluent en grondwater uit diepere lagen worden voorzichtig verkend. Bij WML wordt de urgentie voor de lange termijn nog niet sterk gevoeld omdat er op dit moment voldoende productiecapaciteit is, waardoor er nog geen concrete strategie ligt voor uitbreiding van de totale productiecapaciteit. Toch is al wel duidelijk dat er voor de lange termijn zeker meer productiecapaciteit nodig zal zijn. Zo

	<p>wordt er al jaren een krimp van de bevolking in Limburg voorspeld, maar die is er nog steeds niet. Dat heeft consequenties voor de vraagontwikkeling en de prognoses.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Waternet gebruikt voornamelijk oppervlaktewater: Lekkanaal, Bethunepolder (gedeeltelijk indirect Rijnwater) en in geval van nood is inname rechtstreeks uit het Amsterdam-Rijnkanaal mogelijk als back-up. Er is bij een innamestop vanuit het Lekkanaal wel een beperkte back-up bij WRK vanuit grondwater. Dit is nu 3 miljoen m³/jaar, maar is al jaren niet gebruikt. Waternet zou dit willen uitbreiden naar 5 miljoen m³/jaar, maar vooralsnog wil de provincie hier op dit moment nog niet in meegaan omdat het zo weinig ingezet wordt. Verder is WRK3/Andijk een back-up voorziening. Deze levert nu vooral aan PWN, maar kan in principe ook richting Waternet leveren. Verder richt Waternet zich deels op uitbreiding, maar vooral op de optimalisatie binnen het huidige systeem door een verschuiving van de verdeling tussen inzet van Leiduin en Weesperkarspel te realiseren om zodoende meer balans te krijgen en minder afhankelijk te worden van Leiduin, waar nu 75% van de drinkwaterproductie vandaan komt. • WMD heeft als doel om in 2040 de drinkwatervoorziening op orde te hebben in een organisch proces. WMD heeft samen met Waterbedrijf Groningen een opgave van 25 miljoen m³/jaarextra capaciteit te bouwen. Na een analyse van alle bestaande winningen zijn nu bouwstenen onderzocht om te kijken waar extra water gewonnen zou kunnen worden. Op één locatie was er een mogelijkheid voor 1 Mm³/jaar, maar werden ook mogelijkheden voor meer tot wel 6 Mm³ gezien als de winning anders ingepast zou worden. De bouwstenen die gevonden zijn, lijken wel hydrologisch mogelijk maar vormen qua ruimtelijke inpassing en vergunning technisch nog een flinke uitdaging. Geconstateerd wordt wel dat er bij WMD in ieder geval nog wel wat mogelijkheden zijn om bestaande winningen uit te breiden. • Bij Vitens wordt naar (op de langere termijn) afbouwen van bestaande winningen gekeken. Er zijn in het verleden al veel kleinere winningen gesloten. Dat was al een hele transitie. Veel bestaande winningen draaiden in het verleden minder dan vergund, maar draaien nu op volle vergunningscapaciteit, en dat levert discussie op in de omgeving. Vitens werkt nu aan een adaptieve streefstructuur. Bijvoorbeeld meer verbinding tussen productielocaties, meerdere winlocaties per productielocatie, waardoor de productielocaties groter en verbonden worden door een transportnetwerk. Daarin wordt er ook van uitgegaan dat winningen die veel effect op de omgeving hebben, verouderd zijn of slecht inzetbaar zijn op den duur gesloten zullen worden als er nieuwe locaties zijn en goed werken. Eerst moet die basis weer op orde zijn voor er daadwerkelijk winningen gesloten kunnen worden. De omgeving begint langzaam maar toch in te zien hoe moeilijk het is om een winning te vervangen, dat realisatie van een nieuwe winning 10-15 jaar kan duren en dat winningen dus niet op korte termijn gesloten kunnen worden. Vertraging komt vaak ook voort uit de complexe situatie in een gebied. • Gezien de druk op de huidige bronnen overweegt Brabant Water de inzet van alternatieve bronnen, zoals diep brak grondwater en zeewater. Ook wordt gekeken naar waterbesparing en de inzet van andere bronnen voor de industrie. • Dunea is gestart met een interne bronnenstrategie en -afweging, maar is vervolgens feitelijk vastgelopen in de omgeving. Gesprekken met de betrokken waterschappen leverden niks op, het werd bestuurlijk niet gedragen. Pas als het ook bestuurlijk als een gezamenlijk proces gezien wordt komt er beweging. Daarom is Dunea nu bezig met een uitgebreid m.e.r.-gebiedsproces, waarin de verschillende nieuwe (aanvullende) bronnen vergeleken worden; hierdoor zijn nu de bestuurders er ook echt bij betrokken (gedwongen door de planvorm). • Het effect van klimaatverandering op het watersysteem en daarmee voor de drinkwatervoorziening is duidelijk zichtbaar en vormt een probleem. Maar er zijn meer ontwikkelingen gaande die voor nog grotere problemen voor de drinkwatervoorziening zorgen. De belangrijkste problemen voor de drinkwatervoorziening in volgorde van belang: <ul style="list-style-type: none"> ○ Bevolkingsgroei en verstedelijking; ○ Watersysteem uit balans; en daaruit volgend provinciaal beleid; ○ Governance; ○ Klimaatverandering. • Essentieel bij de keuzes die gemaakt worden is duidelijk te maken dat het niet alleen gaat om een waterclaim, maar ook om een ruimteclaim (innamepunt, tracé van transportleidingen, ruimtelijke bescherming). Die ruimte is er meestal niet. Soms is koppeling met andere functies mogelijk (bijv. natuur). • De situatie is voor alle bedrijven verschillend, waardoor het moeilijk is om tot één breed gedragen verhaal te komen. Elk bedrijf heeft eigen urgentie, eigen bronnen, en daarmee andere behoefte aan waterbesparing, nieuwe aanvullende bronnen. Weet van elkaar waarom welke keuzes gemaakt worden.
Verwachte impact	In potentie zeer groot.

5.3.10 Aanvullende opmerkingen vanuit de interviews met medewerkers van drinkwaterbedrijven

Naast de informatie die is verwerkt in de tabellen, kwam tijdens de interviews ook andere informatie naar voren. Dit betreft vooral visies op het handelingsperspectief van drinkwaterbedrijven. De belangrijkste opmerkingen zijn opgenomen in Bijlage V.

6 Discussie

6.1 Verwachte impact van klimaat effecten voor verschillende typen winningen

Klimaat effecten op het watersysteem (Hoofdstuk 4) kunnen gevolgen hebben voor diverse criteria (Hoofdstuk 3) met betrekking tot drinkwaterwinningen. In de kennisoverzichten in Hoofdstuk 5 is verder uitgewerkt hoe klimaat effecten kunnen doorwerken voor de verschillende gangbare typen drinkwaterwinningen, welke criteria hierdoor beïnvloed worden en het handelingsperspectief voor de drinkwaterbedrijven. Hierbij is zowel gekeken naar de mogelijke handelingsruimte als naar hoe de verschillende waterbedrijven er nu al mee omgaan.

De verwachte impact op een winning hangt af van verschillende factoren, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen het risico van een klimaat effect (de kans dat het effect voorkomt en wat het zou kunnen betekenen voor de winning als het gebeurt) en het handelingsperspectief (zijn eventuele maatregelen haalbaar en effectief?). Aangezien de verzamelde kennis voornamelijk kwalitatief van aard is en voor een groot deel verkregen is uit interviews met experts, is het niet mogelijk om de impact van verschillende effecten op een kwantitatieve manier te vergelijken. Het is echter wel mogelijk om de door de experts *verwachte* impact voor de verschillende winningen op hoofdlijnen samen te vatten:

- **Grondwaterwinningen.** De grootste impact van klimaat verandering op grondwaterwinningen hangt naar verwachting samen met de druk op de waterkwantiteit in relatie tot de omgeving, met name natuurlijke ecosystemen. Dit effect wordt versterkt door andere ontwikkelingen en speelt reeds op veel winlocaties. Hoewel het hier niet gaat om een absoluut tekort aan water (het grondwater raakt niet op), kan het wel doorwerken in de hoeveelheid water die gewonnen mag worden, waarbij men afhankelijk is van de effecten op de omgeving, vergunning en gebiedsprocessen. De mogelijkheden tot mitigatie zijn sterk locatieafhankelijk en complex, omdat men hierbij afhankelijk is van lokale/regionale stakeholders. Hoewel het in de meeste gevallen niet op korte termijn tot een acute sluiting van de winning zal leiden, kan het op langere termijn wel leiden tot een vermindering van de hoeveelheid water die gewonnen kan worden en in uitzonderlijke situaties (en bij beschikbaarheid van een alternatief) tot sluiting.

Daarnaast kunnen klimaat effecten doorwerken in de fysische en chemische waterkwaliteit, waarbij het vooral uitmaakt welke processen er in de omgeving plaatsvinden. Aangezien het hier naar verwachting gaat om relatief langzame trends, kan hier op ingespeeld worden met behulp van aanvullende zuivering, wat als nadeel heeft dat de productie hierdoor minder duurzaam wordt en dat het kosten met zich mee brengt.

Voor effecten op de microbiologische kwaliteit van het grondwater geldt ook dat de kwaliteit beïnvloed wordt, maar dat de omgeving hier een kleinere rol in speelt (het kan overal optreden). Daarnaast geldt dat microbiologische effecten tijdelijk en vrij plotseling kunnen optreden, waardoor het niet voor de hand ligt om hier op aan te passen met bijvoorbeeld zuiveringsmaatregelen, maar het zou in plaats daarvan tot incidentele productieverstoringen kunnen leiden.

Voor de meeste klimaat effecten geldt dat deze samenvallen met langjarige trends die reeds spelen en daardoor onderdeel zijn van lopend beleid (dit geldt voor chemische waterkwaliteit) of dat deze te maken hebben met onzekerheden als gevolg van zeer specifieke lokale omstandigheden (overstromingsrisico en microbiologische waterkwaliteit) waardoor er relatief weinig over bekend is, hoewel de effecten potentieel wel groot zijn.

Oppervlaktewaterwinningen. De grootste impact van klimaatverandering bestaat naar verwachting uit kwaliteitsproblemen, die vooral samenhangen met verminderde afvoer tijdens droge perioden. Voor kleinere wateren kan ook de verminderde afvoer een probleem vormen (tekort aan water), dit hangt doorgaans samen met de mogelijke effecten op de omgeving.

Hoewel mitigatiemogelijkheden bestaan (robuuste zuivering), zijn deze relatief duur en ingrijpend in het licht van de grilligheid en relatief korte perioden waarover deze problemen kunnen spelen. Met extra lokale berging (grotere spaarbekkens, grootschalige ASR) kan tijd gewonnen worden, maar dit is op de meeste plekken niet zomaar mogelijk. Dit klimaat effect kan leiden tot acute, maar tijdelijke innamestops.

Voor de overige klimaat effecten geldt dat deze als een minder groot risico worden gezien (waterkwaliteit) of dat ze mogelijk groot zijn, maar er meer onzekerheid speelt aangezien de effecten samenhangen met specifieke lokale omstandigheden (microbiologische waterkwaliteit en overstromingsrisico's).

- **Oevergrondwaterwinningen.** Voor oevergrondwaterwinningen geldt dat deze net als oppervlaktewaterwinningen vaker last kunnen krijgen van slechtere oppervlaktewaterkwaliteit, maar dat de impact mogelijk verschilt van de impact bij oppervlaktewaterwinningen als gevolg van de bodempassage en de menging met grondwater. Oevergrondwaterwinningen zijn qua waterkwaliteit minder gevoelig voor de nadelen van oppervlaktewater- en grondwaterwinning: er is voldoende water beschikbaar, ook bij lage rivierafvoer, en de effecten op het grondwatersysteem zijn beperkt door de aanvulling vanuit de rivier.

Ook voor oevergrondwaterwinningen geldt dat voor de andere klimaat effecten er sprake is van mogelijk grote impact. Er is sprake van onzekerheden in relatie tot specifieke lokale omstandigheden.

- **Duinwaterwinningen.** Klimaat effecten op zowel oppervlaktewater als grondwater kunnen zich voordoen bij duinwaterwinningen, waarbij de grootste vraagstukken (oppervlaktewaterkwaliteit en effecten op de omgeving) naar verwachting ook voor deze winningen zullen toenemen. Duinwaterwinningen hebben in verhouding soms iets meer mogelijkheden voor mitigatie (extra infiltratie, berging) dan oppervlaktewater- en grondwaterwinningen, maar lijken wel gevoeliger voor vraagstukken rondom microbiologische grondwaterkwaliteit. Daarnaast kunnen duinwaterwinning vanwege hun ligging extra gevoelig zijn voor zeespiegelstijging.
- Voor **alle typen winningen** geldt dat deze te maken kunnen krijgen met toegenomen overstromingsrisico's. Afhankelijk van de locatie kunnen deze risico's groter zijn (omgevingsperspectief). Overstromingen vormen een bedreiging van de waterkwaliteit en de continuïteit van de winning. Bij locaties met grote risico's kan het gerechtvaardigd zijn om winningen extra robuust aan te leggen (gaat gepaard met extra kosten).

Ook kunnen alle typen winningen te maken krijgen met stijgende piekdrinkwatervragen tijdens warme/droge perioden. Afhankelijk van de lokaal geldende restricties voor windebiet kunnen knelpunten ontstaan; dit geldt vooral voor grondwater en kleinere oppervlaktewateren. Voor het handelingsperspectief (bergingsmaatregelen) is men doorgaans sterk afhankelijk van de omgeving.

Ten slotte zijn voor alle klimaat effecten, maar ook voor de (internationale) context, allerlei onzekerheden van toepassing. Dit kan op vrijwel alle criteria doorwerken, en vormt daarmee een belangrijke

kwetsbaarheid. Om hier mee om te gaan worden winningsoverstijgende maatregelen gekozen, waarmee risico's verspreid worden in ruimte of tijd, om de continuïteit van de drinkwaterlevering te waarborgen

Samengevat kan worden gesteld dat alle typen winningen naar verwachting impact zullen ondervinden als gevolg van klimaatverandering. Van verminderde waterkwantiteit en -kwaliteit verwachten we dat dit op veel plekken tegelijk zal spelen en een relatief grote impact kan hebben, terwijl andere klimaat effecten (bijvoorbeeld overstromingsrisico's, voorkomen van invasieve exoten) vaak meer lokaal spelen en we op voorhand niet goed weten waar en wanneer bepaalde problemen zullen optreden.

Hoewel de effecten van klimaatontwikkeling op grond- en oppervlaktewaterwinningen soms duidelijk verschillen, is er ook sprake van overlap op verschillende gebieden. Brondiversificatie (tussen deze twee gangbare bronnen) zal helpen om beter om te kunnen gaan met de effecten van klimaatontwikkeling, maar door deze overlap zal het nog steeds moeilijk zijn om alle risico's te spreiden. In het onderzoek zijn verschillende overlappende risico's geconstateerd:

- Alle typen winningen zijn gevoelig voor minder waterbeschikbaarheid en een slechtere waterkwaliteit bij zomerdroogtes, terwijl in deze perioden de watervraag doorgaans groter is. Alleen oevergrondwaterwinning is qua waterkwantiteit minder gevoelig voor zomerdroogte, maar heeft wel te maken met de effecten op de waterkwaliteit. Zomerdroogtes spelen doorgaans op landelijk/internationaal niveau, waardoor de overlap zowel ruimtelijk als temporeel is.
- Ook kunnen alle typen winningen nadelige gevolgen ondervinden door zeer natte perioden (microbiologische risico's, overstroming), hoewel hierbij geldt dat er doorgaans sprake moet zijn van (zeer) lokale specifieke omstandigheden, waardoor de kans op ruimtelijke overlap van de risico's (meerdere winningen die tegelijkertijd problemen ondervinden) minder groot is.
- Voor veel klimaat effecten geldt dat deze versterkt worden door andere vraagstukken, waaronder milieu, natuur en ruimtelijke ordening, en ook de mogelijke maatregelen overlappen elkaar deels. De sterke verbinding tussen deze vraagstukken leidt tot een koppeling van de risico's: een integrale aanpak leidt tot kansen op verschillende gebieden, terwijl een gebrek aan (of een verkeerde) aanpak leidt tot problemen op meerdere vlakken.

6.2 Handelingsperspectief voor drinkwaterbedrijven

Voor zover bekend werken alle drinkwaterbedrijven aan manieren om om te gaan met de effecten van klimaatverandering. Het werken aan mitigatie van klimaat effecten op winningen is in veel gevallen complex, om verschillende redenen:

- **Beperkte interne handelingsruimte.** Voor veel van de klimaat effecten geldt dat de interne handelingsruimte (zeer) beperkt is, en dat men voor veel maatregelen afhankelijk is van andere belanghebbenden, op regionaal, landelijk of stroomgebiedsniveau. Het gaat dan bijvoorbeeld om ruimtelijke inrichting (mitigatie van effecten op de omgeving, extra aanvoer van water, voorraadvorming, inzet van andere bronnen) of samenwerking en regelgeving rondom waterkwaliteit van de grote rivieren (via lobby of juridische wegen). Maatregelen die ingaan op mitigatie van de achterliggende problemen, zoals grootschalig omhoog brengen van grondwaterspiegels, herstel van stroomgebieden en het tegengaan van diffuse verontreinigingen zijn meer het terrein van (inter)nationale overheden en liggen buiten het bereik van de drinkwaterbedrijven.

- **Onzekere effecten (extreem weer).** Voor veel klimaat effecten geldt dat de problemen te maken hebben met extreme weersomstandigheden. Het is daardoor niet te voorspellen óf, waar en wanneer een probleem zal voorkomen. Hoe zeldzamer een probleem, hoe minder we er over weten en hoe groter de onzekerheidsmarge is. Mitigatiemaatregelen houden vaak grote investeringen in, waarbij afwegingen rondom kosten en baten gebruikt worden om keuzes te onderbouwen. Door zeer grote onzekerheidsmarges verliezen dergelijke afwegingen aan betekenis, waardoor de neiging kan ontstaan om maatregelen uit te stellen.
- **Onzekere context.** Uit de interviews met de experts van de drinkwaterbedrijven bleek tevens dat men, naast de onzekerheden als gevolg van klimaatverandering, ook onzekerheden ervaart in de context, waarbij bevolkingsgroei en ontwikkeling van de drinkwatervraag, governance en ruimtelijke druk zijn benoemd.

Bovenstaande complexiteit werpt drempels op voor mogelijke maatregelen bij winningen. De opeenstapeling van meerdere onzekere klimaat effecten maakt de drinkwatervoorziening kwetsbaar. Maatregelen bij winningen kunnen echter wel zeer nuttig zijn en vaak ook ingezet worden met het oog op andere actuele vraagstukken. Voor sommige klimaat effecten zijn de drempels en de onzekerheden echter te groot om grote investeringen op winningsniveau te verantwoorden. Daarom wordt bij voorkeur op verschillende niveaus gewerkt aan deze vraagstukken, waarbij het op alle niveaus nuttig is om de overlap met andere vraagstukken op te zoeken:

- **Aanpak op niveau van de winning:**
 - **Versterken van de robuustheid van winningen.** Dit gaat om maatregelen die er voor zorgen dat de winning water kan blijven produceren, ondanks klimaat effecten, zoals het toepassen van robuuste(re) zuiveringstechnieken, ruimtelijke bescherming van een winning, lokale voorraadvorming, etc. Dergelijke maatregelen worden doorgaans toegepast bij problemen die zich regelmatig en/of met relatief grote zekerheid kunnen voordoen en bevinden zich ofwel in de interne handelingsruimte van een drinkwaterbedrijf, of in interactie met stakeholders in de (nabije) omgeving.
 - **Versterken van de veerkracht van winningen.** Dit betreft het handelingsperspectief voor de situatie dat er tijdelijke veranderingen of problemen bij een winning ontstaan als gevolg van klimaat effecten. Bijvoorbeeld als een bron tijdelijk minder beschikbaar is door droogte, en er overgeschakeld moet worden naar een alternatieve bron. Een veerkrachtige winning kan omgaan met een dergelijke verandering of calamiteit. Het gaat hier bijvoorbeeld om noodoplossingen en draaiboeken die uitgevoerd worden wanneer er bepaalde problemen ontstaan, en de afspraken met de omgeving die hier voor nodig zijn. De maatregelen zijn er op gericht dat een winning kan blijven produceren/of sneller operationeel wordt na een calamiteit en dat langdurige onderbreking van de drinkwaterlevering voorkomen wordt.
- **Aanpak op strategisch/systeemniveau:**
 - **Versterken van de robuustheid van de watervoorziening.** Dit betreft manieren om te voorkomen dat winningen zich moeten aanpassen of (tijdelijk) moeten sluiten, doordat klimaat effecten aangepakt worden door (of samen met) andere partijen. Deze aanpak past bij klimaat effecten die op grote schaal winningen bedreigen, waarbij aanwijsbare kansen liggen binnen bijvoorbeeld landelijk of Europees beleid. Dergelijke aanpak wordt doorgaans uitgevoerd door samenwerkingsverbanden van drinkwaterbedrijven, waaronder de Vewin en RIWA, en de acties liggen vaak in de sfeer van (grootschalige) gebiedsprocessen, lobby-activiteiten of juridische

processen. Qua vraagstukken gaat het hier bijvoorbeeld om de aanpak van verontreinigingen als gevolg van lozingen en diffuse uitstoot.

- **Versterken van de veerkracht van de watervoorziening.** Dit betreft maatregelen die er op gericht zijn dat de watervoorziening door kan gaan doordat een andere winning het overneemt, ook al vallen bepaalde winningen (tijdelijk of langdurig) uit als gevolg van klimaat effecten. Deze maatregelen kunnen gewenst zijn in het licht van (een combinatie van) mogelijk zeer ernstige klimaat effecten, waarvan de kans klein is dat die op een zekere tijd en plaats voorkomen, maar waarvoor wel een (reëel) risico bestaat dat die érgens voorkomen in de komende decennia, zoals extreme piekbuien. Met deze maatregelen kunnen ook risico's afgedekt worden die nog niet bekend zijn. Voorbeelden:
 - Brondiversificatie (gangbare of alternatieve bronnen), gericht op een type bron met een ander risicoprofiel dan de andere bronnen.
 - Aanvullende (grootschalige) berging die ingezet kan worden bij innamestops en/of piekvragen.
 - Leveringen tussen gebieden en (versterkte) samenwerking tussen drinkwaterbedrijven om elkaar van water te kunnen voorzien bij uitval van winningen.

Het versterken van de robuustheid is al vele decennia een belangrijk aandachtspunt van drinkwaterbedrijven en onderwerp van onderzoek. Het versterken van de veerkracht van de watervoorziening op strategisch niveau lijkt een relatief nieuwe trend te zijn waar de laatste jaren meer aandacht voor is gekomen, waarvan ontwikkelingen bij Dunea, Brabant Water, Vitens, PWN, Evides en Oasen en verschillende onderzoek(svoorstell)en voorbeelden zijn (De Putter et al., 2021; Hofman-Caris et al., 2023; PWN, 2021; Stofberg et al., 2019b; van Aalderen et al., 2023; Zuurbier et al., 2018).

6.3 Aanknopingspunten voor verder onderzoek

De kennis over klimaatverandering is veelal afkomstig uit grootschalige studies door het IPCC en de doorvertaling naar de Nederlandse situatie door het KNMI. Het KNMI zal naar verwachting eind 2023 nieuwe klimaatscenario's voor Nederland presenteren, waarna nieuwe Deltascenario's vermoedelijk zullen volgen. Deze studies dienen vervolgens als input voor vervolgstudies naar effecten, zoals de gevolgen voor chemische en (micro)biologische waterkwaliteit, overstromingsrisico's etc. Bij elke nieuwe IPCC onderzoekscyclus is tot nu toe klimaatverandering met een steeds grotere zekerheid vastgesteld en wordt informatie over de reikwijdte van de effecten omvattender en gedetailleerder. Dit betekent echter niet dat alle vormen van onzekerheid veel kleiner worden, bijvoorbeeld als het gaat om extreem weer, indirecte klimaat effecten en de reactie van de mens hierop. Ondanks veel onderzoek zal er daarom altijd rekening gehouden moeten worden met (veel) onzekerheid. Het lijkt daarom zinvol om onderzoek te richten op het handelingsperspectief in het licht van dergelijke onzekerheden. Hierbij wordt gedacht aan:

- Mogelijkheden voor het versterken van de transactionele handelingsruimte, waarbij het zowel gaat om de processen met stakeholders (het omgevingsmanagement) als de inhoudelijke component van drinkwaterwinning in een complex watersysteem. Dit sluit aan bij het BTO thema Omgeving en Transities dat in 2024 van start gaat, gericht op integrale handelingsperspectieven om omgevingsmanagement van drinkwaterbedrijven te ondersteunen in het blijven realiseren van drinkwaterdoelen in een tijd van ingrijpende transities. Ook heeft het raakvlakken met het programma Water in de Circulaire Economie (WiCE), waarin het raakvlak tussen water en maatschappelijke opgaven centraal staat, en inzicht levert in de belangrijkste maatschappelijke uitdagingen en de rol die de watersector daarin kan spelen, én waarin het duurzaam veiligstellen van drinkwaterbelang wordt gediend. Beide thema's zijn bijvoorbeeld

samengekomen in de ontwikkeling van de serious game Aqua Ludens (H₂O, 2023), maar het blijft een uitdaging om complexe inhoudelijke vraagstukken op een goede manier een plek te geven in processen met stakeholders.

- Duurzame drinkwaterwinning in veranderende watersystemen en een veranderende omgeving. Als gevolg van klimaatverandering zal de werking van veel watersystemen veranderen. De waterschappen en de drinkwaterbedrijven werken aan de zogenaamde watertransitie, waarbij gewerkt wordt aan maatregelen die bijdragen aan een verbeterde watervoorziening. Ook wordt in het kader van deze en andere initiatieven gewerkt aan ruimtelijke veranderingen. De drinkwaterbedrijven zijn hierin systeempartner, maar hebben daarnaast hun eigen uitdagingen. Duurzame drinkwaterwinning in een veranderende omgeving vraagt om bruikbare methoden om deze vragen te onderzoeken en om manieren om op een goede manier samen te werken.
- Verder onderzoek naar realistische alternatieve bronnen voor drinkwater in het kader van brondiversificatie. Voor brakwater is hier eerder naar gekeken binnen COASTAR en wordt hier reeds aan gewerkt binnen het FRESHMAN project. Voor hergebruik van effluent gaat dit jaar een nieuwe fase van het project de Ultieme Waterfabriek van start. Naast deze twee relatief kansrijke bronnen zijn ook veel andere bronnen denkbaar, zoals de inzet van regenwater, hergebruik van industrieel restwater en zeewater (Van Alphen et al., 2019). Het kan van nut zijn om verschillende kansrijke alternatieve bronnen te onderzoeken op geschiktheid om risico's van klimaat effecten (of andere vraagstukken) beter te verspreiden en te onderzoeken hoe combinaties van meerdere typen bronnen optimaal ingezet kunnen worden bij extreme (klimaat)gebeurtenissen.
- Onderzoek naar mogelijkheden voor grootschalige berging van drinkwater die snel ingezet kan worden. Het IJsselmeer wordt reeds als voorraad ingezet, zowel voor drinkwater als voor de watervoorziening voor de omliggende provincies. Eerder zijn ideeën geopperd zoals de Nationale Gieter (de Louw & Mens, 2020) en werkt PWN (2021) aan ondergrondse waterberging voor een locatie bij Hoorn. Gezien de gewenste omvang ligt het voor de hand om de ondergrond verder te verkennen op mogelijkheden voor waterberging. Binnen het BTO loopt hierover een voorstel rondom infiltratie op de hoge zandgronden.
- Onderzoek naar manieren waarop drinkwaterbedrijven elkaar kunnen helpen om de Nederlandse watervoorziening veerkrachtiger te maken, bijvoorbeeld door een schakeling van transportleidingen waarmee in noodgevallen water uitgewisseld kan worden. Dit sluit aan bij één van de toekomstbeelden die binnen het GRROW project zijn geformuleerd (van Aalderen et al., 2023) en een nieuw projectvoorstel voor verkennend onderzoek naar de 'Bedrijfsoverstijgende Water Match Maker' (Vertommen, 2023).

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Klimaatverandering zorgt voor verschillende watergerelateerde effecten in Nederland, die slechts tot op zekere hoogte voorspelbaar zijn:

- Hydrologische extremen, met zeer natte en zeer droge perioden, komen vaker voor.
- Grondwaterstanden zullen op veel plaatsen dalen, en op sommige locaties stijgen. Grondwaterafhankelijke natuur komt onder grotere druk te staan. De kwaliteit van het grondwater kan mogelijk veranderen.
- Afvoerpatronen zullen veranderen, waarbij zeer lage en zeer hoge afvoeren vaker kunnen voorkomen. De kwaliteit van het oppervlaktewater zal (periodiek) verslechteren.
- De (drink)watervraag kan periodiek en/of permanent toenemen.
- Voor alle effecten, maar ook voor de (internationale) context, geldt dat er sprake is van een grote onzekerheid. Dit betreft de ernst en omvang van klimaat effecten, de manier waarop mensen ermee zullen omgaan (mitigatie of juist versterking van het effect) en de gevolgen op andere vlakken, zoals economie, demografie en geopolitieke ontwikkelingen.

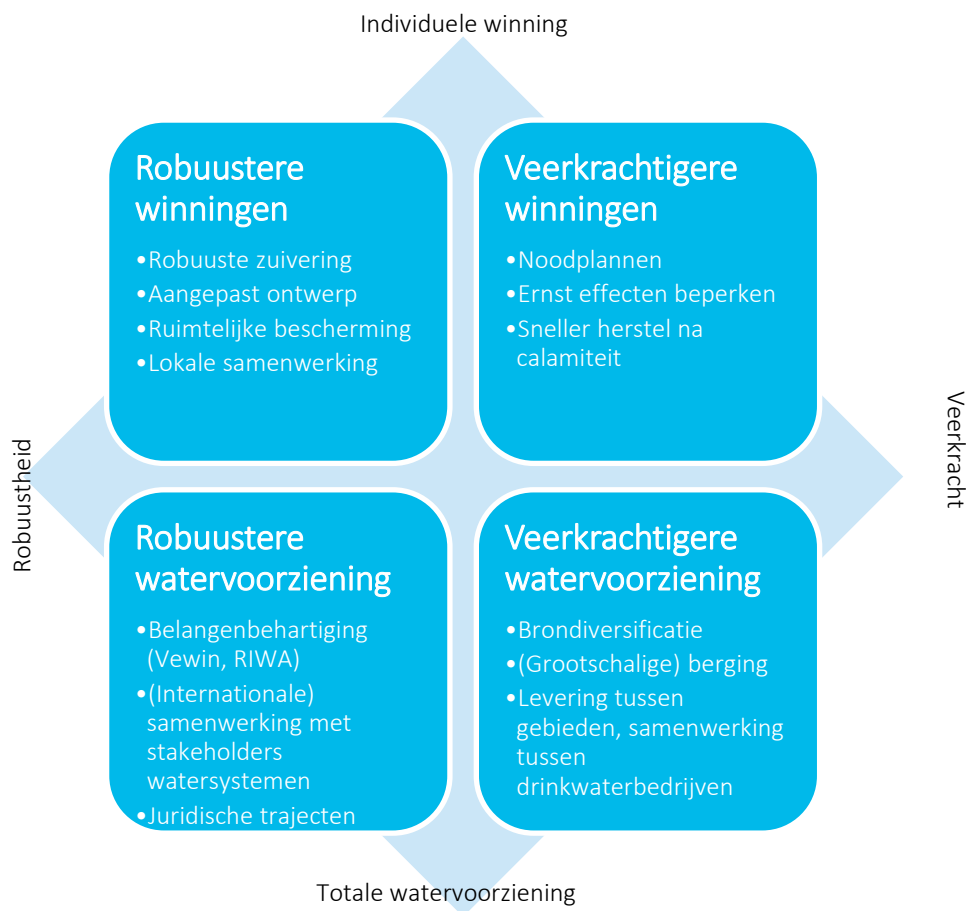
Drinkwaterbronnen worden beoordeeld aan de hand van verschillende criteria. Hierbij kunnen vijf perspectieven geïdentificeerd worden:

- Watersysteem perspectief: Zijn de waterkwantiteit, kwaliteit en afhankelijke functies op orde?
- Omgevings perspectief: In hoeverre is een winning ingepast in de omgeving, qua effecten op of door de omgeving, vergunbaarheid en acceptatie?
- Drinkwater perspectief: Is het mogelijk om altijd voldoende en goed drinkwater te leveren en draagt de winning bij aan een robuuste en veerkrachtige drinkwatervoorziening?
- Duurzaamheid perspectief: Hoe duurzaam is de drinkwaterwinning, bijvoorbeeld op het gebied van energie, grondstoffen, reststromen en CO₂-uitstoot?
- Haalbaarheid perspectief: Is de winning voldoende haalbaar op het gebied van kosten, implementatietijd en benodigde kennis?

De klimaat effecten kunnen op verschillende manieren doorwerken op drinkwaterwinningen, waarbij de effecten kunnen doorwerken op criteria uit alle vijf bovenstaande perspectieven. Voor zowel grond- als oppervlaktewater geldt dat er gevolgen kunnen zijn op waterkwantiteit, en fysische, chemische en (micro)biologische waterkwaliteit, hoewel de processen hierbij iets kunnen verschillen. Daarnaast kunnen alle typen winningen gevolgen ondervinden van overstromingsrisico's, piekvragen, en vooral van een toename in onzekerheid qua klimaat effecten en context.

Voor verschillende effecten geldt dat de impact in potentie (zeer) groot is, al dan niet in samenhang met andere vraagstukken. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen vraagstukken waarvan de kans groot is dat ze (regelmatig) zullen optreden, zoals verslechterde oppervlaktewaterkwaliteit en effecten van grondwaterwinningen op de omgeving en effecten waarbij het op voorhand niet goed te voorspellen is óf, en zo ja, waar en wanneer, een effect zal plaatsvinden, zoals overstromingen en (micro)biologische effecten. Aangezien verschillende effecten tegelijk op kunnen treden en dat effecten bij verschillende winningen tegelijk kunnen optreden (bijvoorbeeld als gevolg van langdurige droogte), kunnen de effecten op de watervoorziening enorm zijn.

De interne handelingsruimte van drinkwaterbedrijven is zeer beperkt. Afgezien van de eventuele inzet van robuuste zuiveringstechnieken is men voor veel maatregelen sterk afhankelijk van de systeempartners. Hierbij wordt men tevens beperkt door de grote onzekerheden rondom de klimaat effecten, maar ook door de onzekerheid in de (politieke) context. Door de vraagstukken vanuit een winningsoverstijgend perspectief (Figuur 7-1) te bekijken en in te spelen op veerkracht, kan tegelijkertijd worden ingespeeld op meerdere klimaat effecten, onzekerheden en effecten als gevolg van niet-klimaatgerelateerde vraagstukken.



Figuur 7-1. Maatregelen ten behoeve van robuustheid en veerkracht van individuele winningen en de totale watervoorziening.

7.2 Aanbevelingen

7.2.1 Aanbevelingen voor de drinkwatersector

Aan de drinkwaterbedrijven wordt aanbevolen om bestaande en nieuw te ontwikkelen winningen te toetsen op de verschillende typen klimaat effecten die in de toekomst kunnen voorkomen: zijn alle klimaat effecten voldoende in beeld en is bekend hoe deze kunnen doorwerken op de verschillende criteria die van toepassing zijn?

In het licht van de wijze waarop veel klimaat effecten doorwerken in het watersysteem en de beperkte interne handelingsruimte van drinkwaterbedrijven, wordt het aanbevolen om sterk te (blijven) focussen op het omgevingsmanagement en de verschillende vraagstukken met systeempartners gezamenlijk op te pakken.

Gezien de combinatie van onzekerheden en mogelijk grote effecten, wordt het de drinkwaterbedrijven (individueel) aanbevolen om specifiek in te (blijven) zetten op het vergroten van de veerkracht van de watervoorziening (rechtsonder in Figuur 7-1). De volgende mogelijkheden passen hierbij:

- Risicospreiding in de watervoorziening realiseren, bijvoorbeeld door brondiversificatie, zodat bij problemen overgeschakeld kan worden op een ander (type) bron.
- Backupvoorzieningen realiseren die ingezet kunnen worden bij leveringsproblemen, bijvoorbeeld in de vorm van grootschalige berging (zoals spaarbekkens, grondwaterreserves en ondergrondse berging)
- Versterking van samenwerking en onderlinge leveringen tussen drinkwaterbedrijven

Voor de drinkwatersector als geheel kan het daarnaast van nut zijn om scenariostudies uit te voeren naar de landelijke drinkwatervoorziening in geval van grote klimaat effecten: waar bevinden zich kwetsbaarheden, hoe verhouden de strategieën van verschillende bedrijven zich tot elkaar en wat is de handelingsruimte?

7.2.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Op basis van dit onderzoek lijkt vooral aanvullende kennis gewenst op het gebied van:

- Transactionele handelingsruimte, processen met stakeholders in het watersysteem. Een groot deel van de mogelijke maatregelen gericht op klimaat effecten kunnen alleen plaatsvinden in samenwerking met overheidspartijen en andere stakeholders. De complexiteit van het watersysteem, de verschillende belangen en eventueel andere vraagstukken vormen drempels voor de implementatie van maatregelen. Welke aanpakken kunnen hierbij gekozen worden, welke strategieën zijn nuttig?
- Het veerkrachtiger maken van de totale watervoorziening. Maatregelen op dit vlak zijn voor veel drinkwaterbedrijven relatief nieuw en vragen om een uitbreiding van de beschikbare kennis.
 - Brondiversificatie: het toepassen van alternatieve (relatief gangbare of nieuwe) bronnen met een ander risicoprofiel dan de reeds gebruikte bronnen. Welke van deze bronnen zijn kansrijk, op welke locaties, en met welke voor- en nadelen moet rekening worden gehouden? Hierbij kan uitwisseling van kennis en ervaring tussen drinkwaterbedrijven van pas komen.
 - (Grootschalige) berging van drinkwater: op welke locaties en op welke manier kan dit het beste worden toegepast? Welke mogelijkheden zijn er voor bovengrondse en ondergrondse berging, naast de huidige toepassingen (in de duinen) en eerder onderzochte mogelijkheden (zoals berging zoetwater in brakke pakketten).
 - Samenwerking en levering van water tussen drinkwaterbedrijven: op welke manier kan dit worden gerealiseerd, zowel in fysieke zin (transportleidingen, beheer) als samenwerking? Hierbij zou ook aansluiting op de Nationale Grondwater Reserves (NGR) verkend kunnen worden.

8 Referenties

Baggelaar, P., Kuin, P., Geudens, P., 2022. Prognoses drinkwatergebruik in Nederland t/m 2040, Vewin. https://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Vewin-Rapport_2022_Prognoses_drinkwatergebruik_NL.pdf

Bakema, G., Bloem, J., Heinen, M., Knotters, M., van Rooijen, N., 2022. De invloed van klimaatverandering op de bodemtemperatuur, Wageningen Environmental Research, Wageningen. DOI:waterbes

Barbieri, M., Barberio, M.D., Banzato, F., Billi, A., Boschetti, T., Franchini, S., Gori, F., Petitta, M., 2021. Climate change and its effect on groundwater quality. Environmental Geochemistry and Health, 10.1007/s10653-021-01140-5. DOI:10.1007/s10653-021-01140-5

Bartholomeus, R.P., Witte, J.P.M., van Bodegom, P.M., van Dam, J.C., Aerts, R., 2011. Climate change threatens endangered plant species by stronger and interacting water-related stresses. Journal of Geophysical Research, 116. DOI:DOI: 10.1029/2011jg001693

Bijlsma, R.J., Jansen, A.J.M., Limpens, J., Wallis de Vries, M.F., Witte, J.P.M., 2011. Hoogveen en klimaatverandering in Nederland. . Alterra-rapport 2225, Alterra, Wageningen. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/48725242>

Bonte, M., Post, V., Zuurbier, K., de Vos, E., 2023. Het IJsselmeer: een voorspelbare bron voor drinkwaterproductie? Stromingen, 29(2). <https://www.nhv.nu/stroming/nieuws/stromingen-20232-artikel-bonte/>

Brakkee, E., Brockx, L., van Huijgevoort, M.H.J., Stofberg, S.F., 2022. Overzicht van bronnen en maatregelen voor verbetering waterbeschikbaarheid drinkwaterproductie. BTO 2022.011, KWR, Nieuwegein. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/Open/69141935>

Brakkee, E.A., Stofberg, S.F., Aggenbach, C.J.S., 2023. De mogelijkheden voor vergroting van de wincapaciteit van duinfiltratie-systemen met aangepast pandbeheer. KWR 2023.056, KWR, Nieuwegein. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/Open/70616914>

CBS, PBL, RIVM, WUR, 2022. Innamestops waterwinbedrijven, 1969/2007-2021 (indicator 0269, versie 14 , 30 november 2022). Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen., www.clo.nl

Cirkel, G., 2018. Mechanismen en kwantificering van herbesmetting bij duinpassage. <https://www.kwrwater.nl/projecten/mechanismen-en-quantificering-van-herbesmetting-bij-duinpassage/>

Clevers, S., Nijp, J.J., 2023. Klimaatadaptatie in de praktijk - Een toepassing van Waterwijzer Natuur toepassing op stroomgebied Chaamse Beken KWR 2023.024 KWR, Nieuwegein.

de Louw, P., Mens, M., 2020. Het Nationale Gieter Idee op de Veluwe. Deltares. <https://www.deltares.nl/expertise/onze-expertises/droogte/het-nationale-gieter-idee-op-de-veluwe>

De Putter, P., Handgraaf, S., Meijaars, D., Stofberg, S., 2021. Beschermingsregime voor alternatieve bronnen voor drinkwater.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/03/31/beschermingsregime-voor-alternatieve-bronnen-voor-drinkwater>

Demeter, K. et al., 2021. Modelling the interplay of future changes and wastewater management measures on the microbiological river water quality considering safe drinking water production. Science of The Total Environment, 768: 144278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144278>

Derx, J. et al., 2023. Probabilistic fecal pollution source profiling and microbial source tracking for an urban river catchment. Science of The Total Environment, 857: 159533.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159533>

European Commission, 2023. Soil health. https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-health_en

Friocourt, F., Kuijper, K., Leung, N., Tiessen, M., Mens, M., 2020. Zoutindringing. STOWA, Amersfoort. <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/zoutindringing>

H2O, 2023. Serious game moet Groningen helpen met gesprek over watertransitie. H2O-online, [https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/serious-game-moet-groninger-partijen-helpen-bij-watertransitie\(2](https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/serious-game-moet-groninger-partijen-helpen-bij-watertransitie(2) maart 2023).

Haasnoot, M., Biesbroek, R., 2022. WAT BRENGT HET NIEUWE IPCC RAPPORT VOOR EUROPA? Water Governance, 02/2022: 6-11.

https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten%202022/Water%20Governance/Edities/WAGO_2022-02_Klimaatactie_DEF.pdf

Haasnoot, M., Kwadijk, J., van Alphen, J., Le Bars, D., van den Hurk, B., Diermanse, F., van der Spek, A., Essink, G.O., Delsman, J., Mens, M., 2020. Adaptation to uncertain sea-level rise; how uncertainty in Antarctic mass-loss impacts the coastal adaptation strategy of the Netherlands. Environmental Research Letters, 15(3): 034007. DOI:10.1088/1748-9326/ab666c

Heinen, M., Mulder, M., Walvoort, D., Bartholomeus, R., Stofberg, S., 2017. Praktijktoets Waterwijzer Landbouw in Pilotgebieden de Raam en Vecht, STOWA, Amersfoort.

Hofman-Caris, R., Vreeburg, J., Cirkel, G., Smeets, P., 2023. Alternatieve bronnen en toepassingen van water. H2O Online, [https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/uitgelicht/alternatieve-bronnen-en-toepassingen-van-water\(13](https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/uitgelicht/alternatieve-bronnen-en-toepassingen-van-water(13) april 2023).

Hofman, R., Ferreira, M.L., Hootsmans, M., 2021. Drijvende zonnepanelen op drinkwaterbekkens: (oplossing voor) een probleem? H2O online,

[https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/drijvende-zonnepanelen-op-drinkwaterbekkens-oplossing-voor-een-probleem\(14](https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/drijvende-zonnepanelen-op-drinkwaterbekkens-oplossing-voor-een-probleem(14) april 2021).

Hunink, J., Delsman, J., Prinsen, G., Bos-Burgering, L., Mulder, N., Visser, M., 2018. Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model. 11202240-009-ZWS, Deltares, Utrecht.

I&M, 2014. Beleidsnota Drinkwater, schoon drinkwater voor nu en later. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

I&W, 2021. Beleidsnota Drinkwater 2021-2026. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/04/23/bijlage-beleidsnota-drinkwater-2021-2026#:~:text=De%20beleidsnota%20gaat%20in%20op,de%20hoofdkeuzes%20voor%20het%20drinkwaterbeleid.>

Infomil, 2018. Verdringingsreeks bij watertekort. <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema%27s/watertekort/verdringingsreeks/>

IPCC, 2022a. Sixth Assessment Report - Fact sheet Europe, IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGII_FactSheet_Europe.pdf

IPCC, 2022b. Summary for Policymakers IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf

Jansson, J.K., Hofmockel, K.S., 2020. Soil microbiomes and climate change. Nature Reviews Microbiology, 18(1): 35-46. DOI:10.1038/s41579-019-0265-7

Kardinaal, E., 2013. Cyanobacteriën: wat zit er in het ruwe water en hoe komen we ervan af. BTO 2013.016, KWR, Nieuwegein.

Klijn, F., Leushuid, H., Treurniet, M., van Heusden, W., van Vuren, S., 2022. Systeembeschouwing Rijn en Maas ten behoeve van ontwerp en besluitvorming, Programma Integraal RivierManagement,

ministerie van Infrastructuur en Water, Den Haag.

<https://www.bouwplaatsirm.nl/bouwstenen/systeembeschouwing-rijn-en-maas>

Klijn, F. et al., 2012. Zoetwatervoorziening in Nederland: aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21e eeuw, Deltares, Delft.

Klimaatadaptatie, K., 2023. Kennisdossier Overstroming. Stichting Climate Adaptation Services. <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/overstroming/>

Klimaat effect atlas, 2023a. Klimaat effect atlas. <https://www.klimaat effect atlas.nl/>

Klimaat effect atlas, 2023b. Plaatsgebonden overstromingskans. Stichting Climate Adaptation Services. <https://www.klimaat effect atlas.nl/nl/plaatsgebonden-overstromingskans>

Kløve, B. et al., 2014. Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. Journal of Hydrology, 518: 250-266. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037>

Knapp, A.K., Fay, P.A., Blair, J.M., Collins, S.L., Smith, M.D., Carlisle, J.D., Harper, C.W., Danner, B.T., Lett, M.S., McCarron, J.K., 2002. Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland. Science, 298(5601): 2202-5. DOI:10.1126/science.1076347

KNMI, 2021a. Kans op zware regenval zoals op 13 en 14 juli neemt verder toe door klimaatverandering. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering>

KNMI, 2021b. Klimaatsignaal '21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert, KNMI, De Bilt.

https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatsignaal21/KNMI_Klimaatsignaal21.pdf

KNMI, 2023. Klimaatdashboard. KNMI, De Bilt. <https://www.knmi.nl/klimaatdashboard>

Kosten, S., 2011. Een frisse blik op warmer water, STOWA, Amersfoort.

<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202011/STOWA%202011-20.pdf>

Kros, H., Witte, F., Veraart, J., Reinds, G.J., 2021. Deltafact Effecten klimaatverandering op terrestrische natuur. STOWA, Amersfoort.

<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/effecten-klimaatverandering-op-terrestrische-natuur>

LIWO, 2023. Basisinformatie Overstromingen. Rijkswaterstaat. <https://basisinformatie-overstromingen.nl/>

Lucassen, E., Smolders, A., Wagenvoort, A., Castelijns, H., Ketelaars, H., 2018. Quaggamosselen verlagen de ecologische stabiliteit in de Biesboschbekkens. H2O-Online,

https://www.h2owaternetwerk.nl/images/H2O-Online_180122_Quaggamosselen_stabiliteit.pdf (22 januari 2018).

Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., Schasfoort, F., 2020. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares.

Moermond, C.T.A., Smit, C.E., van Leerdam, R.C., Van der Aa, N.G.F.M., Montforts, M.H.M.M., 2016. Geneesmiddelen en waterkwaliteit, RIVM, Bilthoven.

<https://www.rivm.nl/publicaties/geneesmiddelen-en-waterkwaliteit>

Nijp, J.J., De Haan, M., Witte, J.P.M., 2019. Effecten van klimaatverandering op natuur in Nederland - Een landelijke toepassing van Waterwijzer Natuur in het kader van het Deltaplan Zoetwater, KWR, Nieuwegein.

Nijp, J.J., Limpens, J., Metselaar, K., Peichl, M., Nilsson, M.B., van der Zee, S.E., Berendse, F., 2015. Rain events decrease boreal peatland net CO₂ uptake through reduced light availability. *Glob Chang Biol*, 21(6): 2309-20. DOI:10.1111/gcb.12864

Nijp, J.J., Limpens, J., Metselaar, K., van der Zee, S.E., Berendse, F., Robroek, B.J., 2014. Can frequent precipitation moderate the impact of drought on peatmoss carbon uptake in northern peatlands? *New Phytol*, 203(1): 70-80. DOI:10.1111/nph.12792

Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., De Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. *Water Resources Research*, 46: 1-16. DOI:10.1029/2009WR008719

Pauw, P., de Louw, P.G.B., Essink, G.H.P.O., 2012. Groundwater salinisation in the Wadden Sea area of the Netherlands: quantifying the effects of climate change, sea-level rise and anthropogenic interferences. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91(3): 373-383. DOI:10.1017/S0016774600000500

PBL, 2023. Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023,, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Philip, S.Y., Kew, S.F., van der Wiel, K., Wanders, N., Jan van Oldenborgh, G., 2020. Regional differentiation in climate change induced drought trends in the Netherlands. *Environmental Research Letters*, 15(9): 094081. DOI:10.1088/1748-9326/ab97ca

Pronk, T., 2021. Actualisatie regressiemodel voor chlorideconcentraties bij Lobith en Eijsden, KWR, Nieuwegein. <https://library.kwrwater.nl/publication/62778894/>

Pronk, T., Nijp, J.J., Blaas, M., Burgers, R., 2022. Een verbeterd model voor chlorideprognoses op basis van rivierafvoeren bij Lobith en Eijsden. H2O Online, [http://api.kwrwater.nl/uploads/2022/02/Pronk-Nijp-Blaas-Burgers-Een-verbeterd-model-voor-chlorideprognoses-op-basis-van-rivierafvoeren-bij-Lobith-en-Eijsden-H2O-Online-\(2022\)15-februari.pdf\(15 februari 2022\)](http://api.kwrwater.nl/uploads/2022/02/Pronk-Nijp-Blaas-Burgers-Een-verbeterd-model-voor-chlorideprognoses-op-basis-van-rivierafvoeren-bij-Lobith-en-Eijsden-H2O-Online-(2022)15-februari.pdf(15%20februari%202022).).

PWN, 2021. PWN verkent ondergrondse waterberging als oplossing voor toenemende (piek)watervraag. <https://www.pwn.nl/asr-hoorn>

Raat, K.J., Oosterhof, A.T., Heinis, F., Ross, P.S., 2015. Dutch Freshkeeper broadly applicable, *Water Matters*, pp. 34-37. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/53647690>

Rambags, F., Raat, K.J., Leunk, I., van den Berg, G.A., 2011. Flood proof wells. Guidelines for the design and operation of water abstraction wells in areas at risk of flooding. PREPARED 2011.007, KWR, Nieuwegein. <http://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/48734970>

Rijkswaterstaat, 2023. IJsselmeer: zoetwatervoorraad op peil. Rijkswaterstaat. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/ijsselmeer-zoetwatervoorraad-op-peil/doelen-en-resultaten>

Schijven, J., 2015. QMRACatch. RIVM. <https://www.rivm.nl/en/who-collaborating-centre-risk-assessment-of-pathogens-in-food-and-water/tools/qmracatch>

Schra, J., Kleinhans, M., Cohen, K., Haasnoot, M., Middelkoop, H., 2022. Wat wil de delta? Uitzicht met inzicht: neogeografische kaarten van het Nederlandse laagland in een toekomst met zeespiegelstijging, Universiteit Utrecht, Utrecht.

Sjerps, R., ter Laak, T., Zwolsman, G.J., 2016a. Effect van klimaatverandering en vergrijzing op waterkwaliteit en drinkwaterfunctie van Maas en Rijn, H2O-Online. <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/54147286>

Sjerps, R., ter Laak, T., Zwolsman, G.J., 2016b. Ontwikkeling waterkwaliteit bij innamepunten van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening. BTO 2016.028, KWR, Nieuwegein.

Sjerps, R.M.A., ter Laak, T.L., Zwolsman, G.J.J.G., 2017. Projected impact of climate change and chemical emissions on the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: A drinking water perspective. *Science of The Total Environment*, 601–602: 1682-1694. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.250>

Soden, B.J., Held, I.M., 2006. An Assessment of Climate Feedbacks in Coupled Ocean–Atmosphere Models. *Journal of Climate*, 19(14): 3354-3360. DOI:<https://doi.org/10.1175/JCLI3799.1>

Stahl, K., Weiler, M., van Tiel, M., Kohn, I., Haensler, A., Freudiger, D., Seibert, J., Gerlinger, K., Moretti, G., 2022. Impact of climate change on the rain, snow and glacier melt components of streamflow of the river Rhine and its tributaries, International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, Lelystad.

<https://www.chr-khr.org/en/publication/impact-climate-change-rain-snow-and-glacier-melt-components-streamflow-river-rhine-and?from=publications>

Steenbergen, E., Schouten, A.J., Van der Grinten, E., Verweij, W., 2011. Exoten in oppervlaktewater. Effecten op zoetwaterecosystemen en een beleidsanalyse., RIVM, Bilthoven.

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/607401001.pdf>

Stofberg, S., Hofman-Caris, R., Pronk, G., Van Alphen, H.J., Putters, B., 2019a. Toekomstverkenning: alternatieve bronnen voor drinkwater in Nederland. H2O-online,

[https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2019/augustus/H2O-Online_190828_Alternatieve_drinkwaterbronnen.pdf\(28](https://www.h2owaternetwerk.nl/images/2019/augustus/H2O-Online_190828_Alternatieve_drinkwaterbronnen.pdf(28) augustus 2019).

Stofberg, S.F., Bertelkamp, C., Van Huijgevoort, M., Bauerlein, P., 2019b. VO Alternatieve bronnen voor drinkwater, Achtergronddocument inventarisatie alternatieve bronnen. BTO2019.017 KWR, Nieuwegein.

Stofberg, S.F., Brakkee, E.A., Broers, H.J.M., 2022. Naar een langetermijnvisie op de drinkwatervoorziening voor Drenthe. Fase 1., KWR, Nieuwegein.

STOWA, 2021. De ultieme waterfabriek. <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/de-ultieme-waterfabriek>

Tol, R.S.J., 2018. The Economic Impacts of Climate Change. Review of Environmental Economics and Policy, 12(1): 4-25. DOI:10.1093/reep/rex027

UNEP, 2022. The Closing Window – Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Emissions Gap Report 2022. . <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>

van Aalderen, N., van Berkel, F., van der Roest, E., Meekel, N., van den Berg, R., 2023. Generational and Radical Rethinking of the Water sector, KWR, Nieuwegein.

<https://library.kwrwater.nl/publication/70088599/>

Van Alphen, H.J., Stofberg, S.F., Van Huijgevoort, M., De Waal, L., Hofman-Caris, R., 2019. Radicaal nieuwe bronnen voor drinkwater, KWR, Nieuwegein.

van Bodegom, P.M., Verboom, J., Witte, J.P.M., Vos, C.C., Bartholomeus, R.P., Geertsema, W., Cormont, A., van der Veen, M., Aerts, R., 2014. Synthesis of ecosystem vulnerability to climate change in the Netherlands shows the need to consider environmental fluctuations in adaptation measures. Regional Environmental Change, 14(3): 933-942.

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/51715476>

van de Wal, R.S.W. et al., 2022. A High-End Estimate of Sea Level Rise for Practitioners. Earth's Future, 10(11): e2022EF002751. DOI:<https://doi.org/10.1029/2022EF002751>

van den Brink, M., Huismans, Y., Blaas, M., Zwolsman, G., 2019. Climate Change Induced Salinization of Drinking Water Inlets along a Tidal Branch of the Rhine River: Impact Assessment and an Adaptive Strategy for Water Resources Management, Climate. DOI:10.3390/cli7040049

Van den Eertwegh, G., de Louw, P., Witte, J.P., Van Huijgevoort, M., Bartholomeus, R., van Deijl, D., van Dam, J., Hunink, J., America, I., Pouwels, J., Hoefsloot, P., de Wit, J., 2021. Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland, Projectteam Droogte Zandgronden Nederland.

https://droogteportaal.nl/rapporten/Droogte_zandgronden_fase_3.pdf

van der Krogt, W., Becker, B., Boisgontier, H., 2022. Low river discharge of the Meuse - A Meuse River basin water management modelling study using RIBASIM. Deltares / RIWA Meuse. <https://deltares-deltares-p01-website.s3.eu-central-1.amazonaws.com/app/uploads/2022/06/IDF2857-RIWA-MAAS-Low-River-Discharge-of-the-Meuse-Rapport-digitaal.pdf>

van der Meulen, D., van Dongen, M., Vlaar, T.C., Dries, A., 2019. Gebiedsdossier Oppervlaktewaterwinning Drentsche Aa, Waterschap Hunze en Aa's (Veendam), Waterbedrijf Groningen (Groningen) en Provincie Drenthe (Assen).

van der Schans, M.L., Cirkel, D.G., 2023. BO Projectvoorstel Haalbaarheid overstroombare winputten. KWR, Nieuwegein.

van der Schans, M.L., Meerkerk, M.A., 2019. Putten en puttenvelden ten behoeve van drinkwater. Deel 2. Ontwerp, KWR, Nieuwegein. <https://library.kwrwater.nl/publication/60518580/>

van der Woerd, D., de Graaf, P., Tamminga, K., 2011. Onnerpolder: noodberging en drinkwaterproductie. H2O, 2011(02). <https://edepot.wur.nl/339757>

van Driezum, I.H., Chik, A.H.S., Jakwerth, S., Lindner, G., Farnleitner, A.H., Sommer, R., Blaschke, A.P., Kirschner, A.K.T., 2018. Spatiotemporal analysis of bacterial biomass and activity to understand surface and groundwater interactions in a highly dynamic riverbank filtration system. Science of The Total Environment, 627: 450-461. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.226>

van Engelenburg, J., Hueting, R., Rijpkema, S., Teuling, A.J., Uijlenhoet, R., Ludwig, F., 2018. Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting. Water Resources Management, 32(1): 259-272. DOI:10.1007/s11269-017-1808-1

van Huijgevoort, M., 2021. Rijn als regenrivier, KWR, Nieuwegein.

Van Huijgevoort, M.H.J., Voortman, B.R., Rijpkema, S., Nijhuis, K.H.S., Witte, J.-P.M., 2020. Influence of Climate and Land Use Change on the Groundwater System of the Veluwe, The Netherlands: A Historical and Future Perspective. Water, 12(10): 2866. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/10/2866>

van Leerdam, R.C., Dik, H.H.J., Van der Aa, N.G.F.M., 2018. De impact van overstromingen op de drinkwatervoorziening, RIVM, Bilthoven. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0171.pdf>

van Leerdam, R.C., Rook, J.H., Riemer, L., van der Aa, N.G.F.M., 2023. Waterbeschikbaarheid voor de bereiding van drinkwater tot 2030 – knelpunten en oplossingsrichtingen, RIVM, Bilthoven. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0005.pdf>

van Leeuwen, K., 2018. Perverse incentives van milieubeleid. Substitutie van schadelijke stoffen met minder schadelijke stoffen. "Juich niet te vroeg", KWR, Nieuwegein.

van Thienen, P., 2021. Trendalert Collapsologie en diepe adaptatie. BTO2021.071, KWR, Nieuwegein.

van Vliet, M.T.H., Zwolsman, J.J.G., 2008. Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. Journal of Hydrology, 353(1-2): 1-17. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41649093522&partnerID=40&md5=0cabf4fe637d359c8365e81d935b5364>

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/46838059>

Veraart, J., Reidsma, P., 2021. Effecten klimaatverandering op landbouw, STOWA, Amersfoort.

<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/effecten-klimaatverandering-op-landbouw>

Verschoor, A., 2019a. BTO Trendalert: Effecten van invasieve scheldieren op drinkwaterproductie en - distributie, KWR, Nieuwegein.

Verschoor, A.M., 2019b. BTO Trendalert Effecten van invasieve schelpdieren op drinkwaterproductie en - distributie. BTO 2019.046, KWR, Nieuwegein.

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/60086708>

Verweij, W., Passier, H., Hoekstra, N., van den Meiracker, R., Ouwerkerk, K., van Loon, A., Swartjes, F., Hartmann, J., van Vliet, M., Dijkstra, J., Bloem, J., Schipper, P., 2022. Vergrijzing van grondwater door menselijke invloeden met nadruk op langetermijneffecten, STOWA, Amersfoort.

<https://edepot.wur.nl/574932>

Vonk, E., Cirkel, D.G., Leunk, I., 2017. De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag. BTO 2017.043, KWR, Nieuwegein.

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/55382665>

Vossen, J., Wols, B., 2018. Functioneren leidingnet na overstroming, KWR, Nieuwegein.

<https://library.kwrwater.nl/publication/59278027/>

Witte, J.P.M., Bartholomeus, R.P., Cirkel, D.G., Kamps, P.W.T.J., 2008. Ecohydrologische gevolgen van klimaatverandering voor de kustduinen van Nederland. KWR 08.006, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/42710217>

Witte, J.P.M., Bartholomeus, R.P., van Bodegom, P.M., Cirkel, D.G., van Ek, R., Fujita, Y., Janssen, G.M.C.M., Spek, T.J., Runhaar, H., 2014. A probabilistic eco-hydrological model to predict the effects of climate change on natural vegetation at a regional scale. *Landscape Ecology*, 30(5): 835-854.

<https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/52941508>

Witte, J.P.M., Runhaar, J., van Ek, R., van der Hoek, D.C.J., Bartholomeus, R.P., Batelaan, O., van Bodegom, P.M., Wassen, M.J., van der Zee, S.E.A.T.M., 2012. An ecohydrological sketch of climate change impacts on water and natural ecosystems for the Netherlands: bridging the gap between science and society. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16: 3945-3957. DOI:10.5194/hess-16-3945-2012

Wolff, E., van Vliet, M.T.H., 2021. Impact of the 2018 drought on pharmaceutical concentrations and general water quality of the Rhine and Meuse rivers. *Science of The Total Environment*, 778: 146182.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146182>

Wolters, H.A., Hunink, J., Delsman, J., De Lange, G.J., Van den Born, G.J., Reinhard, S., 2018a.

Deltascenario's voor de 21e eeuw. Achtergrondrapport over gebruiksfuncties en sectoren. Actualisering 2017. , Deltares, Utrecht.

Wolters, H.A., Van den Born, G.J., Dammers, E., Reinhard, S., 2018b. Deltascenario's voor de 21e eeuw. Hoofdrapport. Actualisering 2017, Deltares, Utrecht.

Wuijts, S., van der Grinten, E., Meijers, E., Bak-Eijsberg, C.I., Zwolsman, J.G.G., 2013. Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater, RIVM, Bilthoven.

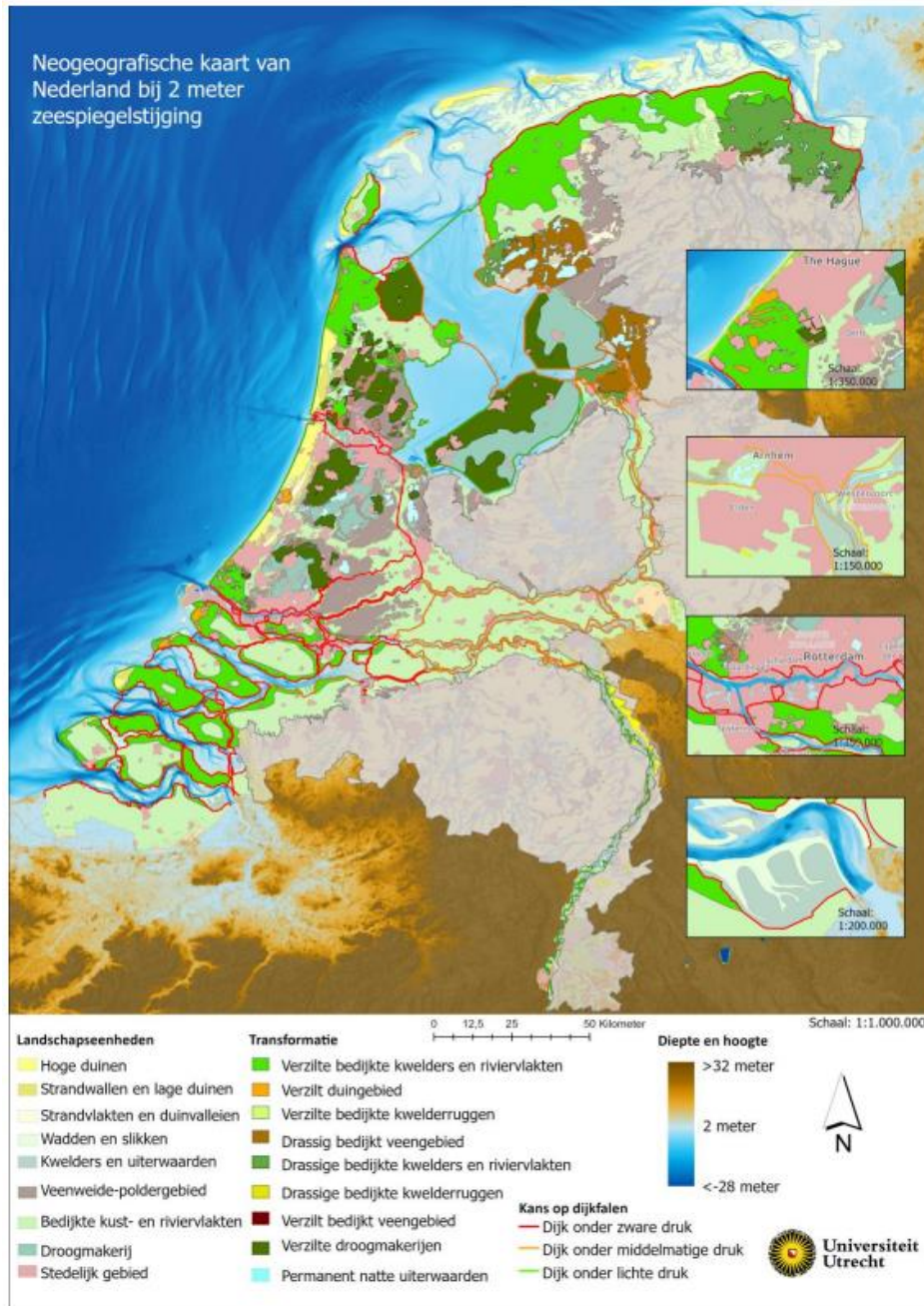
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609716007.pdf>

Zuurbier, K.G., Raat, K.J., Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S., Boonekamp, T., 2018. COASTAR. Management samenvatting COASTAR regio Den Haag – Westland – Rotterdam AW 2018.001, Allied Waters, Nieuwegein. <https://www.coastar.nl/wp-content/uploads/COASTAR.-Management-samenvatting-definitief.pdf>

Zwolsman, J.J., van Bokhoven, A.J., 2007. Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change? Water Sci Technol, 56(4): 45-55. DOI:10.2166/wst.2007.535

Bijlagen

I Extra afbeelding bij Hoofdstuk 3



Neogeografische kaart van Nederland bij 2 meter zeespiegelstijging. Bron: Schra et al. (2022).

II Long-list criteria bronkeuze

Watersysteemperspectief

Criteria	Aspecten
Waterkwantiteit	Beschikbaar volume per jaar
	Bron heeft in alle klimaatscenario's voldoende water
	Mate van bedreiging bron door (hydrologische/klimatologische) ontwikkelingen
	Overstromingsrisico van de bronlocatie
	Continuïteit van de bron
	Voldoende aanvulling van de bron van nature, geen risico op uitputting
	Plaats in het watersysteem (zo min mogelijk impact)
	Risico op maaiveldvernatting
	Impact beleidsontwikkeling waterverdeling op beschikbaarheid bron
	Waterkwaliteit
Risico op verzilting van de bron	
Fysische bescherming van bron (freatisch/diep, reistijd, enz)	
Trends in waterkwaliteit	
Robuustheid van de waterkwaliteit in de toekomst	
Risico's microbiologische kwaliteit	
Effect piekbuien op afspoeling verontreinigingen	
Invloed rwzi-effluent op bron	
Impact afbouw bruinkoolwinning	
Invloed stijgend mijnwater	

Omgevingsperspectief

Criteria	Aspecten
Klant en omgeving	Mate van acceptatie drinkwaterbron door stakeholders
	Perceptie bij de klant
	Maatschappelijke baten
	Win-wincombinaties met andere initiatieven
	Samenwerking met andere partners in het watersysteem
	Mogelijkheden voor medegebruik
	Kwaliteit voor de klant (hardheid)
Effect van de winning op de omgeving	Omvang invloedsgebied
	Omvang beschermingszones
	Ruimtebeslag van de win-/productielocatie
	Effect op landbouw (%ha beïnvloed)
	Effect op landschap
	Effect op natuurwaarde
	Risico op grondwateroverlast
	Cumulatief effect met andere bronnen
	Risico op zettingsschade
Risico op bodemdaling	
Effect van de omgeving op de bron	Effect van landbouw op de bron
	Effect van stedelijk gebied op de bron
	Effect van industrie op de bron
	Mate van bedreiging voor drinkwaterbron door ruimtelijke ontwikkelingen

Vergunbaarheid	Risico op niet verkrijgen van benodigde vergunningen
	Natuurvergunning
	Lozingsvergunning
	Inpasbaarheid bestemmingsplan

Drinkwaterperspectief

Criteria	Aspecten
Productiecapaciteit	Behoud van bestaande locatie
	Haalbaarheid gewenst debiet
	Jaarlijkse productiecapaciteit
	Voldoende piekcapaciteit
Leveringszekerheid	Bron altijd beschikbaar voor de benodigde capaciteit
	Voldoende aanvulling van de bron (geen uitputting)
	Bijdrage aan brondiversificatie (risicospreiding)
	Beheersbaarheid systeem mbt beheer en aansturing
	Buffercapaciteit bij uitval bron
	Beschikbaarheid van reserves (operationeel en niet-operationeel)
	Risico op innamestops
Borging van de leveringszekerheid	
Robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving	Meerdere onafhankelijke bronnen
	Bronnen verschillen qua omgeving en effecten
	Ruimtelijke spreiding van bronnen en onttrekkingsvolumes
	Samenhang/cumulatief effect op omgeving met andere bronnen
	Gevoeligheid van bron voor verstoringen

Criteria	Aspecten
	Borging van kwaliteit door meerdere barrières
	Volksgezondheidsrisico's bij uitvallen zuivering
Zuivering	Waterkwaliteit na zuivering voldoet aan drinkwaternorm
	Zekerheid waterkwaliteit
	Complexiteit van de zuivering
	Zuiveringstechniek bewezen
	Flexibiliteit in zuivering (bijv. voor verschillende bronnen)
Leidingnet	Transportafstand tussen bron en zuivering
	Benodigde distributie- en transportleidingen
	Complexiteit van de aanleg van het leidingwerk
	Risico op leidingbreuken en lekverliezen
	Risico op verlegging van leidingen in de toekomst
	Flexibiliteit van het drinkwatersysteem
Modulair bouwen/ schaalbaarheid	Kwantitatieve mogelijkheid om modulair te bouwen
	Vergunbaarheid
	Stapgroottes modulair bouwen
	Snelheid modulair bouwen
	Uitbreiding in toekomst mogelijk?

Duurzaamheidsperspectief

Criteria	Aspecten
Energie en grondstoffen	Grondstoffen- en chemicaliëngebruik
	Energiegebruik (kWh/m ³)

CO₂-uitstoot	Directe emissie CO ₂ -equivalenten ('scope 1')
	CO ₂ -belasting door energiegebruik ('scope 2')
	CO ₂ -belasting (kg uitgestoten CO ₂ /m ³) productie chemicaliën, enz. ('scope 3') (CO ₂ -neutraal is ontwerp principe)
Reststromen	Productie en kwaliteit brijn
	Productie overige reststoffen
	Mogelijkheden voor verwerking reststoffen
	Mogelijkheden voor lozing/afvoer brijn
	Mogelijkheden voor hergebruik, circulariteit
Waterbesparing	Waterbesparing in drinkwaterproductieproces
	Waterbesparing bij huishoudelijke klanten
	Waterbesparing bij industriële klanten

Haalbaarheids perspectief

Criteria	Aspecten
Kosten	Totale kosten (zuivering en infrastructuur, investering en operationeel €/m ³)
	Investeringskosten zuivering
	Investeringskosten infrastructuur
	Exploitatiekosten zuivering
	Exploitatiekosten infrastructuur
Implementatietijd/realisatietermijn	Doorlooptijd vergunningtraject
	Verwachte duur planvorming en realisatie
Vervolgonderzoek	Noodzaak vervolgonderzoek

III Geraadpleegde documenten criteria bronkeuze

Aangeleverd door de drinkwaterbedrijven

- Afwegingskader en scenario's, Evides
- Bronnendocument, WML
- Eindverslag werkplaats klimaatadaptatie Drentsche Aa, Waterbedrijf Groningen
- Haalbaarheidsstudie strategisch hart Rivierengebied, Vitens
- Lange termijnvisie 2020, Vitens
- Rapportage Verkenning wateraccu, Vitens
- Strategie leveringszekerheid 2035-2050, PWN
- Strategisch plan openbare drinkwaterbevoorrading, De Watergroep
- Nationaal Deltaprogramma (2022). Infographic Deltaprogramma Zoetwater 2022-2027

Overige geraadpleegde literatuur

- Dorland, E., et al. (7 september 2018). "Drinkwatersector is voorbereid op klimaatverandering." H₂O-Online
- Ebbens, E., et al. (2021). Verkenning effecten klimaatdrukfactoren op de natuur van de Grote Wateren: literatuurscan, Rijkswaterstaat WVL
- Mens, M., et al. (2020). Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares
- Mens, M., et al. (2020). Hydrologische en economische effecten van twee maatregelpakketten voor Deltaprogramma Zoetwater fase II, Deltares
- Mens, M. J. P., et al. (2018). Hotspotanalyses voor het Deltaprogramma Zoetwater: inhoudelijke rapportage. Delft, Deltares
- Stratelligence (2021). Economische analyse Zoetwater. Leiden, Stratelligence
- Tabarmayeh, M., et al. (2022). "A new approach to quantification of groundwater resource stress." Journal of Hydrology: Regional Studies 42.
- Tiebosch, T., et al. (2022). Zonder water geen later; naar een omslag in het (grond)waterbeheer in Noord-Brabant. A. Droogte. 's-Hertogenbosch
- Van Driezum, I. H., et al. (2020). Staat drinkwaterbronnen. Bilthoven, RIVM
- van Engelenburg, J. (2020). Towards sustainable drinking water supply in the Netherlands, Wageningen University and Research
- Wuijts, S., et al. (2013). Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater. Bilthoven, RIVM ism Deltares en KWR Watercycle Research Institute
- Zwolsman, G., et al. (2014). Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatersector. Nieuwegein, KWR Water
- Zwolsman, J. J. G. (2008). Klimaatbestendigheid van de drinkwatervoorziening in Nederland gebaseerd op oppervlaktewater. Nieuwegein, KWR

IV Workshop 29 november 2022

Op de volgende pagina's is het verslag van de workshop opgenomen.



Verslag

Vergadering

Workshop BO Inventarisatie klimaatrisico's
winningen

Locatie

KWR

Datum

29 november 2022

Stuknummer**Pagina**

1/7

Deelnemers**Aanwezig**

André Bannink – RIWA

Guido Kersten – Oasen

Marleen van der Velden – Brabant Water

Philip Nienhuis – Waternet

Jelle van Sijl, Ate Oosterhof – Vitens

Sija Stolberg, Eric Broers, Jolijn van Engelenburg – KWR

Op 29 november 2022 is de workshop gehouden voor het Bedrijfsonderzoek Inventarisatie klimaatrisico's winningen. Doel van de workshop was het verder verbeteren van de long-list met criteria voor de bronkeuze.

1 Prioritering en zorgpunten long-list

1.1 Werkwijze

Aan de hand van de volgende vragen is de long-list van de criteria voor de bronkeuze geprioriteerd:

- Zo nodig: lijst aanvullen met ontbrekende criteria.
- Welke criteria hebben de hoogste prioriteit?
- Over welke (klimaat)effecten maak je je echt zorgen?

In bijlage 1 is de score van de prioritering opgenomen, in bijlage 2 is een overzicht opgenomen van de aangegeven zorgpunten.

1.2 Opbrengst

Watersysteem perspectief

De klimaatontwikkeling in Nederland zal ertoe leiden dat er lange droge perioden komen waarin er te weinig water is. Daarmee is de continuïteit van een bron de grootste zorg, en is het noodzakelijk om een back-up te realiseren voor als er (tijdelijk) geen water beschikbaar is. Leidend bij bronkeuze is het vinden van een goede plaats in het watersysteem waar het effect op de (fysieke) omgeving acceptabel is voor de (maatschappelijke) omgeving.

Alhoewel waterkwaliteitsproblemen als oplosbaar gezien worden (want in theorie is alles te zuiveren), is er toch een grote zorg om de kwaliteit, zeker ook voor bestaande winningen. Bijkomend probleem is dat de noodzakelijke zuivering zal zorgen voor grote reststromen, waarvoor oplossingen gevonden moeten worden.



Omgevingsperspectief

Drinkwaterbedrijven zijn afhankelijk van vergunningverleners en andere partijen die een claim hebben op het watersysteem. Krijgen we in de toekomst überhaupt nog wel ruimte voor drinkwaterwinning vanuit het (zoet)watersysteem? Alleen door samen te werken met andere partijen in het watersysteem, kunnen de drinkwaterbedrijven ervoor zorgen dat ze de plaats in het watersysteem krijgen/behouden die ze nodig hebben om te kunnen voldoen aan de drinkwateropgave.

Drinkwaterperspectief

De bronkeuze kan dus niet meer gemaakt worden op basis van de optimale inrichting van de drinkwaterinfrastructuur. De bronkeuze wordt in de toekomst vooral bepaald door de vraag of er een vergunning verkregen kan worden voor de betreffende bron en de noodzakelijk hoeveelheid. Die vergunningverlening kan ook nog beïnvloed worden door politieke ontwikkelingen en daarmee in de tijd veranderen. Dit vraagt om een flexibele drinkwaterinfrastructuur die minder afhankelijk is van aard, omvang en locatie van de bron en bijvoorbeeld ingericht is op het wisselen tussen verschillende bronnen.

Haalbaarheidsperspectief

Of uitbreiding van bronnen haalbaar is, hangt dus vooral af van de vraag of en waar er voldoende nieuwe vergunningsruimte komt voor drinkwaterwinning. Hierdoor is er feitelijk geen sprake meer van een afweging tussen verschillende opties en zijn kosten veel minder bepalend geworden dan voorheen.

Duurzaamheidsperspectief

Omdat door de verslechterende kwaliteit en de slechtere bronnen de benodigde zuivering sowieso zwaarder wordt, wordt de productie van drinkwater altijd minder duurzaam dan het nu is. Reden te meer om veel aandacht te hebben voor waterbesparing om zo de watervraag te beïnvloeden.

2 Lagerhuisdiscussie

2.1 Werkwijze

In het tweede deel van de workshop is een discussie gevoerd in de vorm van een “Lagerhuis”-debat aan de hand van twee stellingen:

- Door de klimaat effecten is grondwaterwinning voor de lange termijn een dood spoor;
- Door de klimaat effecten is oppervlaktewaterwinning voor de lange termijn een dood spoor.

2.2 Opbrengst

Voor beide stellingen zijn diverse voor- en tegenargumenten aan te dragen. Grondwater kan gezien worden als de meest robuuste bron als het watersysteem als het gaat om klimaatverandering, maar wordt via het oppervlaktewater toch ook sterk beïnvloed door de klimaatontwikkeling. Anderzijds is er in het Nederlandse watersysteem in principe ook in de toekomst voldoende oppervlaktewater aanwezig, maar is de invloed van bovenstroomse activiteiten groot en vergt de zuivering veel energie.

Geconstateerd werd dat er geen ‘ideale’ bron is. Afhankelijk van de plaats in het watersysteem kan zowel grondwater als oppervlaktewater een goede keuze zijn. Een hybride drinkwatersysteem, waarbij het mogelijk is seizoensgebonden te wisselen tussen verschillende bronnen creëert flexibiliteit.



Duurzaamheid is een ingewikkeld thema voor de drinkwatersector: in feite leiden alle ontwikkelingen rond waterkwaliteit en bronkeuze tot een toename van de zuiveringsinspanning, wat tot een afname van de duurzaamheid zal leiden.



Pagina
4/7

Bijlage 1 Long-list criteria



Bijlage 2 Prioritering

Perspectief	Criteria	Score (aantal stickers)
Watersysteem perspectief	Totaal	14
Prioritering	Continuïteit van de bron	6
	Plaats in watersysteem en voldoende aanvulling	3
	Trends in waterkwaliteit, risico op verontreiniging/verziltting, robuustheid van de waterkwaliteit	5
Drinkwater perspectief	Totaal	9
	Leveringszekerheid (Voldoende aanvulling van de bron 2, bijdrage aan brondiversificatie 2, buffercapaciteit bij uitval bron 1)	5
	Robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving (Meerdere onafhankelijke bronnen)	1
	Flexibiliteit in het drinkwatersysteem	2
	Uitbreiding in toekomst mogelijk	1
Duurzaamheid perspectief	Totaal	8
	Energie en grondstoffen	1
	CO ₂ -uitstoot	1
	Reststromen	2
	Mogelijkheden voor lozing/afvoer brijn	1
	Waterbesparing: - in het algemeen 2 - specifiek waterbesparing bij industriële klanten 1	3
Omgevings perspectief	Totaal	11
	Vergunbaarheid	5
	Effect van winning op omgeving	2
	Samenwerking met andere partners in het watersysteem	2
	Mate van acceptatie drinkwaterbron door stakeholders	1
	Risico op bodemdaling	1
Haalbaarheid perspectief	Totaal	0
	Geen van de criteria is geprioriteerd.	0



Bijlage 3 Zorgpunten

De volgende zorgpunten werden opgehaald:

Watersysteemperspectief

- Geen aanvoer meer vanuit de Maas, hierdoor geen peil gestuurd gebied meer, waardoor er geen aanvulling meer is van grondwaterbronnen.
- Is er voldoende overbruggingsvermogen/back-up als er (tijdelijk) onvoldoende water beschikbaar is?
- Er is (te) lange tijd (te) weinig water.
- Lage afvoer van rivieren heeft effect op oeverwinningen.
- Effect van grensoverschrijdend oppervlaktewater.
- Regionaal effect van grondwaterwinning.
- Continuïteit van bestaande bronnen.
- Kwantiteit gaat vóór kwaliteit.
- Onvoldoende verdunning van verontreiniging door lage rivierafvoer.
- Verziltiging van rivieren en daarmee van oeverfiltraat- en oppervlaktewaterwinningen.
- In de toekomst ook bij grondwaterwinningen RO nodig.

Drinkwaterperspectief

- Bij "Is uitbreiding in de toekomst mogelijk?" Met name in relatie tot politieke grillen (ook internationaal).
- De vraag is wat klimaat robuuster is, een paar grote locaties van > 25 Mm³ versus veel kleine locaties?
- We hadden 20 jaar geleden al onze winningen moeten aanpassen.
- Opkomende stoffen.
- Wat is een toekomstbestendig leidingnet: grote productielocaties en meer lokale (grijswater-) oplossingen?

Duurzaamheidsperspectief

- De vraag naar energie om drinkwater te maken wordt (te) hoog.
- Ander water.
- Methaanuitstoot.
- Met de toename van de RO-zuiveringen en steeds grotere debieten concentraat is het de vraag of de lozing hiervan duurzaam mogelijk zal zijn.
- De vraag blijft groeien. Vraag moet beperkt worden door beprijzingsstafel, hergebruik bij industrie, lokale eigen bronnen voor industrie en landbouw.
- Zijn we snel genoeg om de klimaatverandering bij te benen?
- We boeren altijd achteruit qua duurzaamheid
- Is de individuele regenwaterinstallatie de oplossing (vgl. Vlaanderen)?

Omgevingsperspectief

- Kwantiteit is de grootste zorg, kwaliteit is minder een zorgpunt omdat dat met zuivering opgelost kan worden.



Pagina

7/7

- Acceptatie door stakeholders is een groot zorgpunt. Het moet ons ook 'ge Gund' worden dat we gebruik maken van het watersysteem.
- Samenwerking met andere partners in het watersysteem levert (mogelijk) vertraging op.
- Door strengere beoordeling van de effecten is er minder vergunbare capaciteit of komt er zelfs helemaal geen vergunning. Dit is deels ook klimaatgerelateerd (door klimaat effecten worden effecten van winning zwaarder ingeschat en daardoor minder kans op vergunning).
- Er is steeds minder acceptatie van effecten van de winning op de omgeving, met name waar het gaat om verdroging en zetting.
- Er dreigt helemaal geen ruimte meer te zijn voor drinkwater in het watersysteem.
- Robuustheid van de bron in relatie tot de omgeving is een politieke discussie.
- Effect van andere watergebruikers op het watersysteem.
- Impact van de ontwikkelingen in de landbouw die het gevolg zijn van klimaatverandering (andere teelten, andere/meer bestrijdingsmiddelen).
- De continuïteit van de vergunningen kan ter discussie komen te staan, omdat de afwegingen van het bevoegd gezag kunnen veranderen. Dit kan betekenen dat er kortlopende vergunningen verleend worden voor nieuwe winningen. Andere vraag is: wat gebeurt er met bestaande vergunningen?

Haalbaarheidsperspectief

- De prioriteit ligt anders dan voorheen: nu is het 'liever duur water dan geen water'.
- We hadden 20 jaar gelden moeten beginnen met deze maatregelen.
- Zorg om implementatietijd/realisatietermijn: te lange doorlooptijd van vergunningverlening (als ze al verleend worden), personele problemen bij drinkwaterbedrijven en overheid, veel te lange procedures.

Groningehaven 7 / PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

V Aanvullende opmerkingen uit de interviews

Visies op het handelingsperspectief en strategie van drinkwaterbedrijven:

- Uit het effect van de hoge gasprijs in 2022 op het drinkwaterverbruik blijkt dat een (forse) prijsprikkel een groot effect kan hebben, mits de prikkel voldoende groot is. Gestaffeld tarief bijvoorbeeld richten op een verbruik van 100 l pppd, zoals genoemd is in de Kaderbrief Water Bodem Sturend.
- Het verplaatsen van een winning als mitigatiemaatregel voor grondwater onder druk door klimaatverandering is duurder dan het nemen van mitigatie maatregelen in het watersysteem. Een goede verbinding tussen hydrologen, omgevingsmanager en strategen is nodig gezien de complexiteit van de zoektocht naar nieuwe bronnen.
- De situatie is voor alle bedrijven verschillend, waardoor het moeilijk is om tot één breed gedragen verhaal te komen. Elk bedrijf heeft eigen urgentie, eigen bronnen en daarmee andere behoefte aan waterbesparing en aanvullende bronnen. Het is belangrijk te weten van elkaar waarom welke keuzes gemaakt worden. Het is belangrijk om de afwegingen van elkaar te kennen en waar nodig kennis uit te wisselen.
- Hoe harder we als drinkwatersector roepen om extra bronnen, hoe meer de nadruk komt te liggen op waterbesparing.
- Korte en lange termijnproblemen kunnen verschillen, hebben dus verschillende aanpakken.
- Zorg voor een duidelijke strategie, dat is noodzakelijk voor de discussie/gesprekken buiten.
- Geef duidelijke signalen naar de omgeving over hoe groot het probleem is. Kies een duidelijke strategie.
- We hebben te maken met zoveel onzekerheden, dus het is noodzakelijk met parallelle sporen te werken en flexibel zijn in besluitvorming.

Visies op de context, zoals wet- en regelgeving, beleid, gebiedsprocessen.

- Het infiltratiebesluit is aan herziening toe. Eigenlijk moeten we alleen drinkwaterkwaliteit willen infiltreren. Veel stoffen ontbreken nu in het besluit.
- In veel gebiedsdossiers zijn nog geen klimaat effecten opgenomen, dat zou wel moeten.
- Lager tarief voor grootzakelijke klanten is geboren in de tijd van overvloed, maar nu zitten we in een tijd van tekort, en zou een hoger tarief beter passen.
- Klimaatverandering komt nog onvoldoende als omgevingsrisico terug in de gebiedsdossiers en hun uitvoeringsprogramma.
- Het infiltratiebesluit en de AMVD zijn nog onvoldoende klimaatbepoefd.

Daarnaast vielen bij de auteurs enkele zaken op:

- Drinkwaterbedrijven staan niet allemaal op zelfde punt in proces, maar bijna overal lijkt beweging te (zijn) gekomen om de drinkwatervoorziening te versterken met maatregelen/extra bronnen
- Klimaatverandering is een probleem, maar onzekerheid vanuit governance en ruimtelijke druk is momenteel groter probleem.
- Het valt op dat drinkwaterbedrijven onderling niet veel samenwerken, bijvoorbeeld als het gaat om kennisuitwisseling of de zoektocht naar aanvullende bronnen.
- Bronkeuze is niet langer een afweging die binnen een drinkwaterbedrijf gemaakt wordt op basis van technische en/of financiële criteria. De buitenwereld bepaalt in feite de keuze.
- Brondiversificatie maakt de infrastructuur van een drinkwaterbedrijf minder kwetsbaar voor de impact van klimaatverandering. Hierbij zijn de mogelijkheden van het watersysteem en de omgeving leidend voor welke bron gekozen kan worden.

