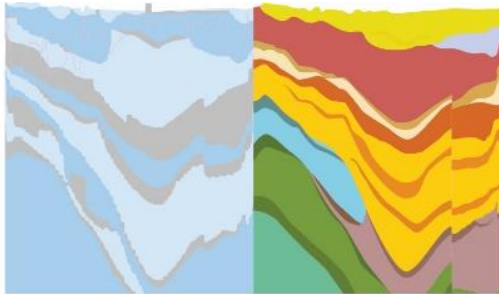


Technische synthese

Deelrapportage 6b van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves



Technische synthese

Deelrapportage 6b van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves

Auteur(s)

Deltares:

Sophie Vermooten

Geert-Jan Nijsten

Joost Delsman

Gijs Janssen

Romee van Dam

Rianne Meeusen

Perry de Louw

Janneke Pouwels

Ilija America- van den Heuvel

Bas Knaake

Roel Melman

TNO:

Jan Gunnink

Willem Jan Zaadnoordijk

Jelle Buma

Mariëlle van Vliet

Jenny Hettelaar

Technische synthese

Deelrapportage 6b van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Contactpersoon	Reinout Ogilvie
Referenties	Kenmerk: 31174433, Referentie: 4500329490
Trefwoorden	NGR, drinkwatervoorziening, lange termijn, grondwater

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	11-07-2024
Projectnummer	11207846-003
Document ID	11207846-003-BGS-0004
Pagina's	45
Classificatie	
Status	definitief

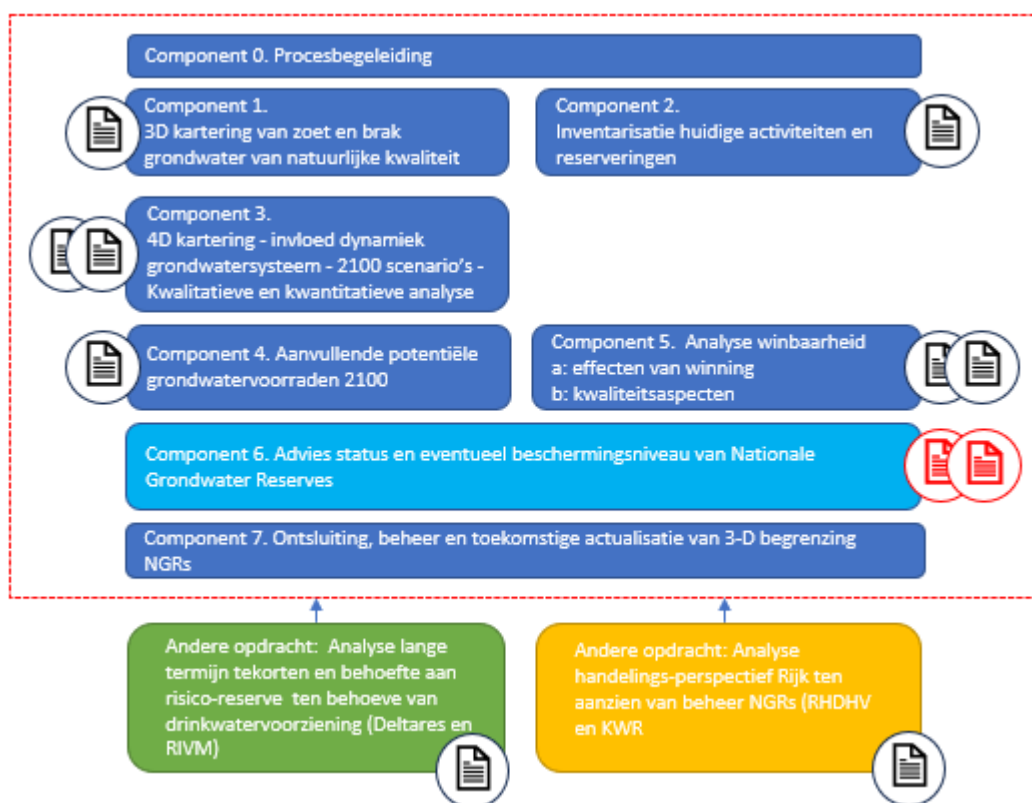
Auteur(s)

	Deltares: Sophie Vermooten Geert-Jan Nijsten Joost Delsman Gijs Janssen Romee van Dam Rianne Meeusen Perry de Louw Janneke Pouwels Ilja America- van den Heuvel Bas Knaake Roel Melman	TNO: Jan Gunnink Willem Jan Zaadnoordijk Jelle Buma Mariëlle van Vliet Jenny Hettelaar
--	--	--

Samenvatting

In de Beleidsnota Drinkwater (2014) is het concept van Nationale Grondwater Reserves (NGRs) geïntroduceerd met als doel om natuurlijk kapitaal te beschermen ten behoeve van de drinkwatervoorziening in de verre toekomst en in geval van grootschalige en meerjarige crisissituaties. Dit in aanvulling op de Aanvullende Strategische Voorraden (ASVs) waar de provincies verantwoordelijk zijn voor het borgen van de bronnen voor de drinkwatervoorziening op de middellange termijn (2040). Een eerste zeer globale aanzet voor NGR gebieden is opgenomen in de Structuurvisie Ondergrond (STRONG 2018).

In 2022 heeft het ministerie van Infrastructuur en Water opdracht gegeven aan Deltares en TNO om een gedetailleerd 3D-beeld van de NGRs uit te voeren. Het project is opgedeeld in 8 componenten (zie Figuur A).



Figuur A. De acht componenten van het project met de bijbehorende rapporten aangegeven als icoontjes links en rechts en de relatie met andere uitgevoerde projecten in groen en oranje. In rood zijn dit technische synthese rapport en het 'Advies begrenzing en bescherming' weergegeven, de twee eindrapporten van dit project.

Dit document is een synthese rapportage van de zeven technische rapporten die in componenten 1 tot en met 5 geschreven zijn. Het is bedoeld als een samenvatting en is ondersteunen aan het "Advies begrenzing en bescherming" (Nijsten et al., 2024), dat een advies geeft over de aanwijzing en bescherming van NGRs.

De 7 rapporten die samengevat worden in dit rapport zijn:

1. 3D-kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit (2023)
2. Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen (2023)
3. 4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem - 2100 scenario's (2023)
4. Invloed dynamiek grondwatersysteem op kartering Nationale Grondwater Reserves - Kwantitatieve uitwerking (2024)
5. Potentiële aanvullende grondwatervoorraden (2024)
6. Analyse winbaarheid – kwaliteit (2024)
7. Analyse winbaarheid – kwantiteit (2024)

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding en context	7
1.2	Werkwijze in het kort	8
1.2.1	Methode	8
1.2.2	Proces	11
1.3	Visualiseren van de informatie: data en viewers	12
1.4	Leeswijzer	13
2	3D-kartering NGRs en winbaarheid	14
2.1	3D-Kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit	14
2.2	Analyse winbaarheid van de potentiële NGRs – Kwantiteit	17
2.3	Analyse winbaarheid van de potentiële NGRs – Kwaliteit	22
3	Lange termijn ontwikkelingen die invloed kunnen hebben op de NGRs	25
3.1	Kwalitatieve analyse voor 15 lange termijn ontwikkelingen	25
3.2	Kwantitatieve analyse voor zeven lange termijn ontwikkelingen	34
4	Potentiële aanvullende grondwatervoorraden	36
5	Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen	40
6	Aanbevelingen	42
7	Begrippenlijst	43
8	Referenties	44

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en context

In de Nota Drinkwater (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014) is het concept van Nationale Grondwater Reserves (NGRs) geïntroduceerd met als doel om natuurlijk kapitaal te beschermen ten behoeve van de drinkwatervoorziening in de verre toekomst en in geval van grootschalige en meerjarige crisissituaties. Dit in aanvulling op de Aanvullende Strategische Voorraden (ASVs), die het doel hebben om bronnen voor de drinkwatervoorziening op de middellange termijn (2040) te borgen. Provincies zijn verantwoordelijk voor de ASVs.

In de Beleidsnota Drinkwater 2021 - 2026 worden deze nationale grondwatervoorraden als volgt gedefinieerd: 'Nationale Grondwater Reserves zijn diep gelegen, zeer oude en schone grondwatervoorraden, die eeuwenlang goed bewaard zijn gebleven. [...] Deze voorraden zijn waardevol als natuurlijk kapitaal en kunnen worden ingezet voor de drinkwatervoorziening als ontwikkelingen in de verre toekomst daar aanleiding voor geven.'¹

Er wordt in de Structuurvisie Ondergrond (STRONG), waarin wordt verwezen naar de Beleidsnota Drinkwater uit 2014)² uitgegaan van een tweeledig doel:

1. het beschermen van natuurlijk kapitaal voor een mogelijk in de verre toekomst stijgende vraag naar of verminderd aanbod van schoon grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening.
2. Reservebron in geval van grootschalige crisissituaties en maatschappelijke ontwrichting, zoals kernrampen, grootschalige overstromingen, zeer langdurige droogte en/of microbiële besmettingen.³

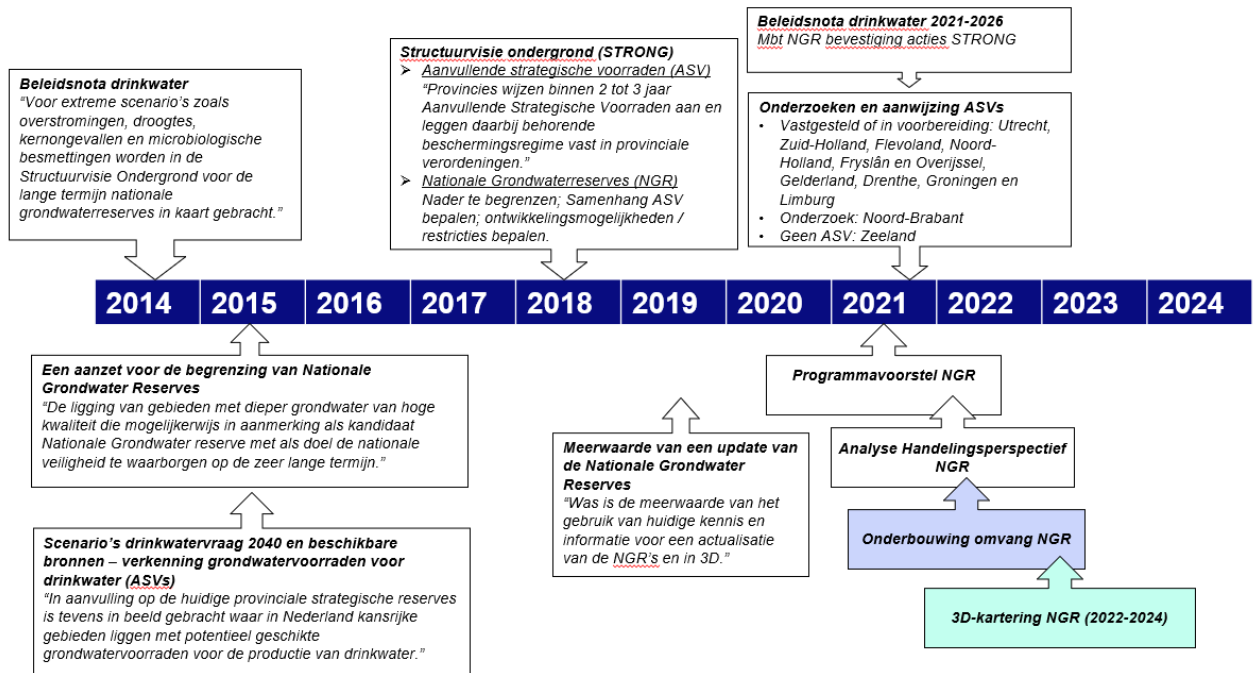
Een eerste aanzet voor NGR gebieden is opgenomen in de STRONG (2018). Omdat het ministerie van Infrastructuur en Water (IenW) behoefte had aan een gedetailleerd driedimensionaal beeld van de NGRs met beschermingsopties is in 2022 opdracht gegeven aan Deltares en TNO om het 3D-karteringsproject uit te voeren. De voorgeschiedenis van het hele traject is samengevat in Figuur 1-1.

Deltares en TNO-GDN werken nauw samen in dit project dat is opgedeeld in zeven inhoudelijke componenten plus een component gericht op de procesbegeleiding (zie figuur A in de samenvatting). De verschillende componenten leveren de bouwstenen om tot een advies over aanwijzing en bescherming van NGRs te komen. Dit advies is opgenomen in het eindrapport "Advies begrenzing en bescherming" (Nijsten et al., 2024).

¹ Beleidsnota Drinkwater 2021-2026, p. 25.

² In de Beleidsnota Drinkwater uit 2020 wordt verwezen naar de STRONG.

³ STRONG, p. 41.



Figuur 1-1 Voorgeschiedenis vanaf de beleidsnota drinkwater

Voorliggende rapportage is een synthese rapportage van alle eerdere technische rapportages die binnen de verschillende componenten geschreven zijn, waaronder:

1. 3D-kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit (Buma et al., 2023)
2. Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen (Zaadnoordijk et al., 2023)
3. 4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem - 2100 scenario's (De Louw et al., 2023)
4. Invloed dynamiek grondwatersysteem op kartering Nationale Grondwater Reserves - Kwantitatieve uitwerking (Janssen et al., 2024)
5. Potentiële aanvullende grondwatervoorraden (De Louw et al., 2024)
6. Analyse winbaarheid – kwaliteit (Gunnink et al., 2024)
7. Analyse winbaarheid – kwantiteit (Delsman et al., 2024)

Het “Advies begrenzing en bescherming” (Nijsten et. al, 2024) wordt hier niet samengevat omdat dit naast dit technisch synthese rapport het eindproduct vormt. In dat advies wordt de context geschetst, waarbinnen de Nationale Grondwater Reserves (NGRs) een plaats moeten vinden, worden de technische begrenzingen van NGR-gebieden beschreven en de risico's van mogelijke activiteiten voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater in NGRs. Daaruit volgt een advies over de juridische bescherming van deze gebieden. Daarnaast geeft het advies ook aandachtspunten mee voor de implementatie op het moment dat de NGRs daadwerkelijk worden aangewezen en beschermd door het bevoegd gezag.

1.2 Werkwijze in het kort

1.2.1 Methode

Een overzicht van de verschillende componenten van het onderzoek wordt gegeven in Figuur 1-2, met daarin de vragen die in ieder component beantwoord zijn en de rapporten die daarbij horen.

In **component 1** is een 3D-kartering uitgevoerd van de grondwatervoorraden in de ondergrond van Nederland die in potentie geschikt zijn als NGR. Daarin zijn onder andere de geohydrologische opbouw (doorlaatvermogen en weerstand), de zoet-brak-zout grensvlakken en het ouderdom van het grondwater bekeken, zonder dat op basis van specifieke criteria al harde keuzes gemaakt zijn over de begrenzing.

In **component 2** is een inventarisatie gemaakt van huidig gebruik en van (mogelijk toekomstige) reserveringen waarmee rekening gehouden moet worden bij de begrenzing van de NGRs en/of de ontwikkeling van eventueel beleid om NGRs te beschermen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om gebieden die in het kader van de energietransitie mogelijkheden bieden om geothermie te ontwikkelen.

Omdat het grondwatersysteem een dynamisch systeem is, is in **component 3** ook gekeken naar de invloed van lange termijn ontwikkelingen op het grondwatersysteem (tijdshorizon 2100). We onderzochten daarbij in hoeverre die ontwikkelingen van invloed kunnen zijn op de begrenzing en/of kwaliteit van de NGRs. Voorbeelden zijn:

- uitbreidingen in grondwateronttrekkingen (drinkwatervraag)
- klimaatscenario's, zeespiegelstijging, bodemdaling
- inrichting en landgebruik
- autonome verzilting
- lange termijn effecten van (beëindigen van) bruinkoolwinning

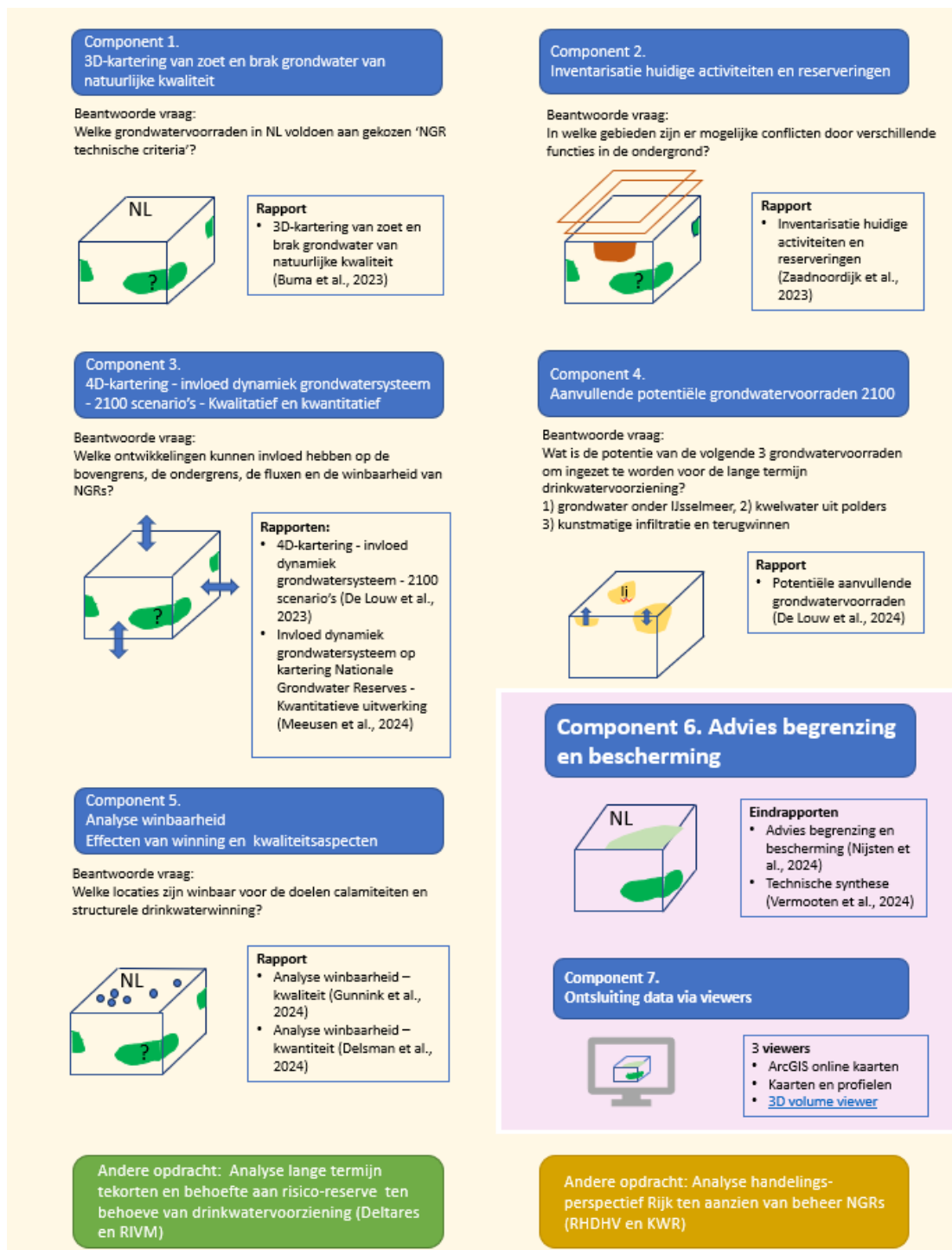
In **component 4** onderzochten we drie mogelijke andere grondwatervoorraden zoals kwelwater uit polders, grondwater onder het IJsselmeergebied en kunstmatige infiltratie en terugwinning (MAR). Het is van belang om een beeld te hebben van deze alternatieve bronnen, omdat hiermee de mogelijk toekomstige inzet van NGR beperkt kan worden.

In **component 5** wordt een analyse uitgevoerd naar de winbaarheid van de potentiële NGRs kijken naar zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve aspecten.

De verschillende onderdelen van dit project leiden tot een advies voor begrenzing van NGRs en een advies ten aanzien van bescherming van die reserves (**component 6**).

Om rekening te kunnen houden met de verschillende belangen is een brede klankbordgroep in het leven geroepen (zie hoofdstuk 1.2.2).

Daarnaast is ook aandacht gegeven aan de ontsluiting van de data en bestanden via drie viewers in **component 7** (zie hoofdstuk 1.3).



Figuur 1-2: Samenvatting van de verschillende inhoudelijke componenten van het project en relatie met andere uitgevoerde studies (groen en oranje) en bijbehorende rapporten.

1.2.2 Proces

Het belang van goed drinkwater en de beschikbaarheid van voldoende bronnen van goede kwaliteit is evident groot. Provincies en drinkwaterbedrijven spelen hierin een belangrijke rol. Bescherming van grondwater legt echter ook belemmeringen op aan andere gebruiksfuncties aan maaiveld of in de ondergrond. Daarmee bestaat er bijvoorbeeld een spanningsveld tussen beschermen van grondwatervoorraden en het mogelijk maken van de energietransitie waarbij technieken als geothermie, gesloten en open bodemenergiesystemen steeds meer toegepast zullen worden.

Deltares en TNO-GDN voerde de NGR studies uit in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en het project werd begeleid door een begeleidingsgroep met vertegenwoordigers van de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat, Binnenlandse Zaken, Economische Zaken en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Gezien de verantwoordelijkheden en belangen van andere partijen was daarnaast een brede klankbordgroep in het leven geroepen. De klankbordgroep bestond naast bovengenoemde organisaties uit vertegenwoordigers van elke provincie, elk drinkwaterbedrijf, koepelorganisaties zoals VNG, UvW, IPO en Vewin, de bodemenergie en geothermie sector en de Inspectie voor Transport en Leefomgeving.

De rol van de klankbordgroep was tweeledig: Enerzijds om optimaal gebruik te kunnen maken van de kennis die beschikbaar is bij partijen in de klankbordgroep. Hiertoe zijn op gezette momenten werksessies georganiseerd met de klankbordgroep. Daarnaast was het zaak om betrokken partijen zorgvuldig te informeren over het NGR traject en om feedback te vragen op de aanpak en (tussen)resultaten, om zodoende tot breed gedragen resultaten te komen. Hiervoor zijn gedurende de looptijd van het project een aantal klankbordgroepoverleggen georganiseerd. In Tabel 1.1 hieronder is een overzicht gegeven van de bijeenkomsten tijdens het project.

Om de informatievoorziening tussen partijen te vergemakkelijken is in het project naast de normale communicatiekanalen ook gebruik gemaakt van een online omgeving (sharepoint) om eenvoudig bestanden uit te wisselen. Daarnaast droeg het ministerie van IenW vanaf het tweede projectjaar (2023) ter voorbereiding van de uiteindelijke besluitvorming ook zorg voor informatievoorziening op bestuurlijk niveau via het Bestuurlijk Overleg Water.

Tabel 1.1 Overzicht bijeenkomsten Klankbordgroep en werksessies voor de periode maart 2022 t/m juni 2024.

Maand	Sessie	Doel bijeenkomst
Maart 2022	Klankbordgroep	Startoverleg; bespreken en aanscherpen aanpak
Mei 2022	Werksessie	Component 1: Vaststellen werkwijze 3D kartering, inclusief facultatieve verdiepingsslag voor regio specifieke zaken / differentiatie.
Juni 2022	Werksessie	Component 2: Inventarisatie activiteiten huidig en toekomstig gebruik/ beslag ondergrond.
Juni 2022	Klankbordgroep	Stand van zaken componenten 1, 2 en 3.
September 2022	Werksessie Noord Werksessie Zuid	Component 1: 3-D Kartering zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit - Bespreken conceptresultaten kartering, aanscherpen criteria en verdere aanpak.
November 2022	Klankbordgroep	Bespreken resultaten component 1, 2 en aanpak component 3.
November 2022	Werksessie	Component 3: Bespreken resultaten en inbreng klankbordgroep.

Januari 2023	Klankbordgroep	Bespreken eindresultaten componenten 1, 2 en 3. Vooruitblik naar werkzaamheden in tweede projectjaar.
Maart 2023	Werksessie	Gezamenlijk criteria vaststellen om de analyse winbaarheid uit te kunnen voeren en om tot technische begrenzing van de NGRs te komen, voor de 3 NGR-doelen (Natuurlijk kapitaal, calamiteiten en structurele drinkwaterwinning).
Juni 2023	Klankbordgroep	Bespreken voortgang van componenten 3, 4, 5, 6 en 7. Speciale aandacht voor eerste resultaten van component 4 (potentiële aanvullende voorraden).
Juli 2023	Werksessie	Bespreken aanpak en te gebruiken criteria voor de winbaarheid tav kwantiteit en kwaliteit.
September 2023	Klankbordgroep	Inloop uurtje – vragen over resultaten en status activiteiten.
Oktober 2023	Werksessie	Presenteren tussenresultaten van componenten 3,4 en 5. Vertaling analyse winbaarheid naar begrenzing NGRs en verkenning risico's voor NGRs en beleidsopties ter bescherming van NGRs.
November 2023	Werksessie	Bespreken conceptresultaten begrenzing NGRs en botsproeven.
Januari 2024	Klankbordgroep	Inloop uurtje – vragen over resultaten en status activiteiten
Juni 2024	Werksessie	Bespreken eindresultaten begrenzing NGRs en beschermingsopties.
Juli 2024	Klankbordgroep	Informatiebijeenkomst m.b.t. correctie van een deel van de analyse.

1.3 Visualiseren van de informatie: data en viewers

In de loop van het NGR-project is veel data en informatie gegenereerd. Deze data en informatie wordt beschikbaar gemaakt aan belanghebbende via de drie onderstaande viewers met het doel om meer inzicht te geven in de resultaten door het mogelijk te maken om in te zoomen op een bepaalde provincie bijvoorbeeld of de relatie tussen datasets goed te kunnen zien. Een tweede doel is om hergebruik van data voor andere projecten te bevorderen.

1. ArcGIS online kaarten viewer: [ArcGIS Enterprise - NGR Basismodel \(gdngeoservices.nl\)](https://gdngeoservices.nl);
Het doel van deze viewer is om alle kaartlagen te kunnen inzien die verzameld en gemaakt zijn in het project. Deze viewer is vooral een project database en is minder intuïtief in gebruik voor externen.
2. Kaarten en profielen viewer: <https://ngr.gdnnet.nl>;
Het doel van deze viewer is om de belangrijkste resultaten van het project zowel in horizontale kaartbeelden als in profielen te kunnen inzien.
De volgende type lagen zijn beschikbaar om doorsnedes mee te maken.
 - Landelijk model REGIS II.2 (Hydrogeologie)
 - Landelijk Hydrologisch Model
 - NGR Doelen (gebieden die aan criteria voldoen voor structurele winningen en calamiteiten)
 - Grondwaterbeschermingsgebieden (zoals boringsvrije zones)
 - Aanvullende Strategische Voorraden (reserveringen en definitief)
 - Natuurlijk Kapitaal (gebieden die aan criteria voldoen voor Natuurlijk Kapitaal)
 - Vergunningen aardwarmte (aangevraagde en gegunde startvergunningen, aangevraagde en gegunde toewijzing zoekgebieden, gegunde vervolvergunning)
 - Referenties NGR (bebouwde gebieden en Natura2000 gebieden)

3. 3D volume viewer: [Geo3D \(pgi.gov.pl\)](https://geo3d.pgi.gov.pl); geen login / wachtwoord nodig
Deze 3D viewer geeft de mogelijkheid om de NGRS in 3D te kunnen bekijken. Er is bewust gekozen om alleen de NGR lichamen te visualiseren en niet andere referentiedatasets om ervoor te zorgen dat het systeem niet te traag wordt.

De volgende type 3D bestanden kunnen bekeken worden:

- NGR-advies voor structurele drinkwaterwinning en voor calamiteiten, zowel de zoeten als de brakke voorraden
- NGR gebieden die geschikt zijn voor verschillende onttrekkingsdebieten

De beschikbaarheid van de viewers is in ieder geval voor 2024 verzekerd binnen dit project. Inloggegevens voor de eerste twee viewers zijn op te vragen via jan.gunnink@tno.nl of geertjan.nijsten@deltares.nl.

1.4 Leeswijzer

Ieder hoofdstuk of subhoofdstuk geeft de hoofdconclusies weer van een van de zeven onderliggende technische rapportages. Voor meer technische details refereren wij naar desbetreffende rapportages.

Hoofdstuk 2 presenteert de resultaten van de 3D-kartering van het zoet en brak grondwater van natuurlijk kwaliteit getoetst aan bepaalde criteria en de resultaten van de winbaarheid analyse. Hoofdstuk 3 geeft de hoofdconclusies weer ten aanzien van de lange termijn ontwikkelingen die invloed kunnen hebben op de NGRs. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten van de verkenning naar enkele potentiële aanvullende grondwatervoorraden gedeeld. Hoofdstuk 5 geeft de samenvatting van de inventarisatie van huidige activiteiten en reserveringen.

2 3D-kartering NGRs en winbaarheid

2.1 3D-Kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit

Component 1.
3D-kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit

Beantwoorde vraag:
Welke grondwatervoorraden in NL voldoen aan gekozen 'NGR technische criteria'?



Rapport

- 3D-kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit (Buma et al., 2023)

Deze eerste stap, rondom de begrenzing van Nationale Grondwater Reserves had als doel om een 3D-kartering uit te voeren van alle zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit voor heel Nederland. De resultaten zijn 3D-beelden van karakteristieken van de ondergrond die relevant zijn voor het begrenzen van de NGRs, zoals

- hydrologische karakteristieken: doorlaatvermogen (KD) van watervoerende lagen, Doorlatendheid (K), verticale weerstand (c-waarde) van scheidende lagen
- chloride concentraties: grensvlakken van het chloridegehalte in het grondwater ter karakterisatie van de zoet-brak verdeling (zie voorbeeld in Figuur 2-1)
- ouderdom van het grondwater: reistijd van het grondwater vanaf maaiveld (zie voorbeeld in Figuur 2-2)
- verticale grondwaterfluxen.

Ook is in deze stap aandacht besteed aan de grootte van de onzekerheden van de gekarteerde eigenschappen. Een deel van de onzekerheidsinformatie is afkomstig uit de modellen die ook gehanteerd zijn bij de kartering zelf, eventueel na een nabewerking. Dit betreft onzekerheidsanalyses bij de berekening van de chloridegehalte-grensvlakken (de 25-, 50- en 75-percentielwaarden) en reistijden vanaf maaiveld (verschillende waarden voor porositeit aangenomen). Een ander deel van de onzekerheidsinformatie, met name betreffende KD en c-waarden, is kwalitatiever van aard en is ontleend aan onafhankelijke en/of regionale informatiebronnen. De herkomst en aard van de onzekerheidsinformatie die wordt gepresenteerd in de datasets is zodoende divers. Het is daarom niet mogelijk om een eenduidig, landsdekkend en kwantitatief beeld van onzekerheid te genereren. De gepresenteerde onzekerheidsinformatie kan alleen worden gebruikt voor relatieve beschouwingen, d.w.z. om na te gaan waar een bepaald aspect van onzekerheid relatief hoog of relatief laag is.

De 3D-kartering omvat geheel Nederland en maakt primair gebruik van informatie uit het Landelijk Hydrologisch Model (LHM), versie 4.2, aangevuld met regionale informatie. Voor een groot deel van Nederland is het mogelijk om de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Breda (BRk1), aan de basis van het LHM, als ondergrens voor de NGR 3D-kartering te gebruiken. In zuidelijk Nederland wordt deze ondergrens gevormd door diverse eenheden van Paleogene ouderdom, en (in Zuid-Limburg) het Carboon. Aan de basis van het LHM zijn

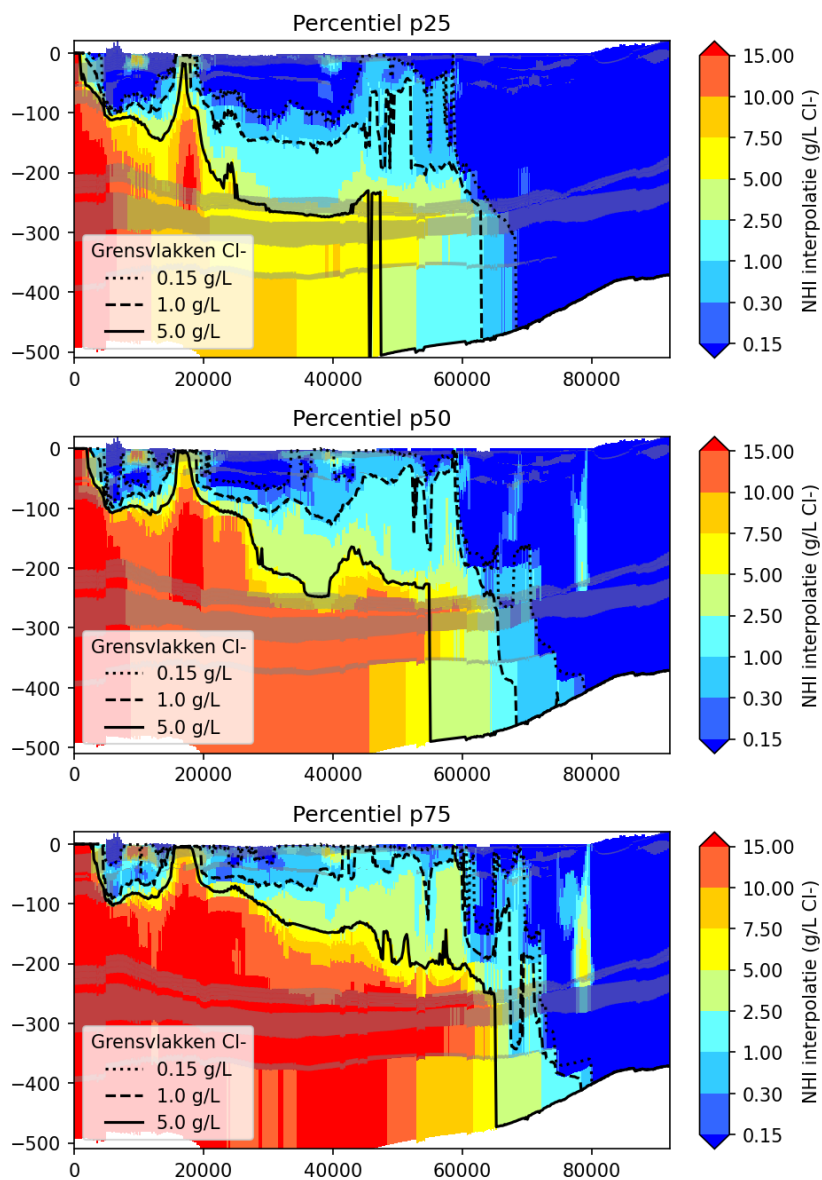
over het algemeen grote verticale weerstanden aanwezig, en in de daaronder aanwezige aquifers komen te lage doorlatendheden voor om ze geschikt te maken voor drinkwaterwinning. Dit maakt de ondergrens van het LHM een geschikte ondergrens voor de NGR 3D-kartering.

De karakteristieken zoals hierboven benoemd zijn in de vorm van landelijke, gebiedsdekkende grids met een resolutie van 250 m x 250 m gekarteerd per LHM-modellaag. Voor zover beschikbaar is onzekerheidsinformatie rond deze karakteristieken, alsmede de invloed van breukwerking, betrokken of afgeleid uit de LHM-resultaten of vanuit regionale informatiebronnen.

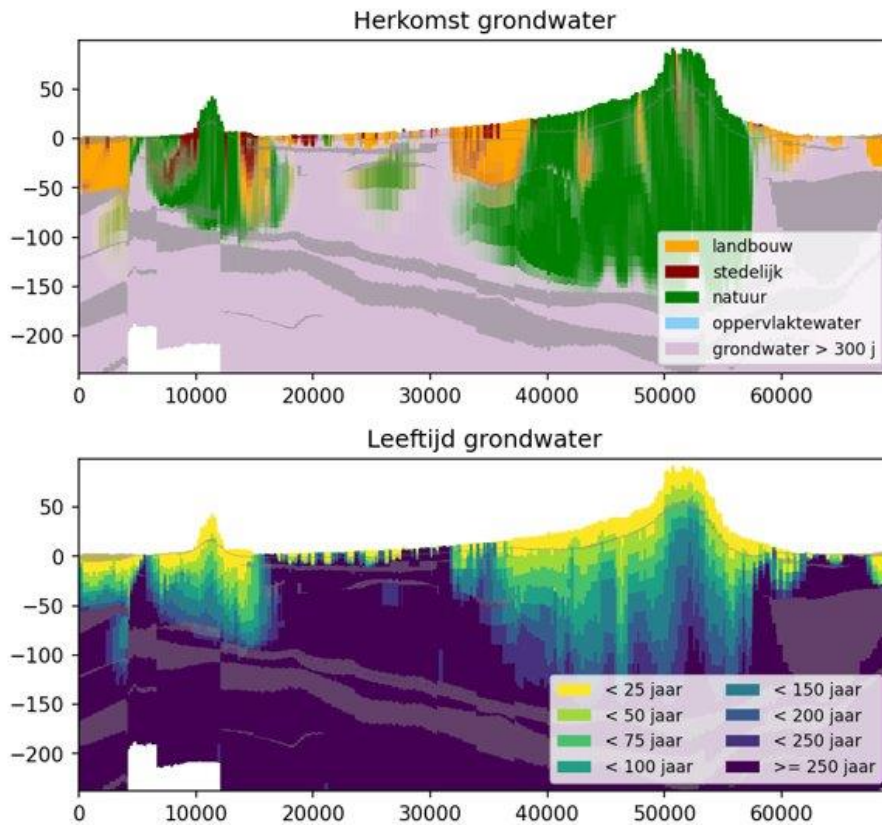
De resultaten van de kartering zijn ondergebracht in de online viewers. (zie hoofdstuk 1.3).

Om gevoel te krijgen voor de bandbreedte in mogelijke NGR-begrenzings bij gebruik van de resultaten van de kartering, zijn in deze eerste stap van het project, als oefening ook enkele fictieve voorbeelden uitgewerkt. In de gebruikte voorbeelden zijn destijds uiteenlopende grenswaarden voor de ondergrondkarakteristieken gehanteerd, en aanvullende beperkingen op grond van voorraadgrootte, bestaande grondwaterbeschermingsgebieden en reserveringen. Het opleggen van strengere grenswaarden komt duidelijk tot uiting in een veel kleiner oppervlak aan grondwatervoorraden die in aanmerking komen als mogelijke NGR. De resultaten van de oefening zijn weergegeven per LHM-laag en als 2D-kaarten van alle grondwater van natuurlijke kwaliteit voor heel Nederland, verkregen door projectie over elkaar van de kaarten voor de afzonderlijke LHM-lagen. De voorbeeldresultaten zijn ook gevisualiseerd in enkele willekeurig gekozen geohydrologische dwarsdoorsneden. De resultaten van de oefeningen zijn zichtbaar in het rapport Buma et al., 2023 maar worden hier niet gepresenteerd omdat gewerkt is met criteria, die niet in de uiteindelijke begrenzing zijn toegepast.

Transect Alkmaar - Edam - Harderwijk



Figuur 2-1. Voorbeeld 25-, 50- en 75-percentielwaarde chlorideverdeling en daarin afgeleide diepten van grensvlakken in meters t.o.v. NAP voor een west-oost transect van Alkmaar tot Harderwijk, met op de y-as de diepte en op de x-as de afstand in meters.

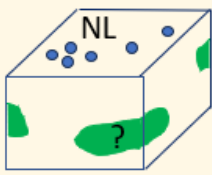


Figuur 2-2. Voorbeeld resultaat reistijdberekening (reistijd na infiltratie aan maaiveld) (onder) en herkomstberekening (boven) voor een west-oost transect over de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe.

2.2 Analyse winbaarheid van de potentiële NGRs – Kwantiteit

Component 5.
Analyse winbaarheid
 Effecten van winning en kwaliteitsaspecten

Beantwoorde vraag:
 Welke locaties zijn winbaar voor de doelen calamiteiten en structurele drinkwaterwinning?



Rapport

- Analyse winbaarheid – kwaliteit (Gunnink et al., 2024)
- Analyse winbaarheid – kwantiteit (Delsman et al., 2024)

Het doel van deze analyse is om de grootte van het potentieel winbare volume grondwater in de NGRs te analyseren. Deze analyse bouwt verder op de resultaten van component 1: “3D kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit” dat in hoofdstuk 2.1 is samengevat. Potentiële winlocaties in heel Nederland worden getoetst aan de hand van gestelde basiscriteria (chloride gehalte en niet beïnvloed is door menselijk ingrijpen) met

behelp van de kartering uit component 1. Met modelberekeningen is elke locatie afzonderlijk getest op de winbaarheid van het grondwater (minimaal doorlaatvermogen), op de effecten van de winning op Natura 2000-gebieden en op de kwaliteit van het onttrokken grondwater. Hieruit volgt een 3D-beeld van de gebieden die mogelijk als NGRs zouden kunnen functioneren vanuit geohydrologisch perspectief. Dit 3D-beeld levert een belangrijke bouwsteen aan de technische begrenzing van de NGRs dat is opgenomen in het 'Advies begrenzing en bescherming' (Nijsten et al., 2014).

Er worden drie⁴ doelen onderscheiden voor Nationale Grondwatervoorraden, die in deze studie als afzonderlijke NGRs worden uitgewerkt. Deze doelen zijn 1) behoud van natuurlijk kapitaal aan grondwater dat niet beïnvloed is door menselijk ingrijpen (NGR Natuurlijk kapitaal), 2) reservebron voor drinkwater ten behoeve van grootschalige calamiteiten (NGR Calamiteit), en 3) reservebron om te voorzien in de (groeierende) drinkwatervraag op de lange termijn (NGR Structurele winning).

NGR Natuurlijk kapitaal is gekarteerd als grondwater met een leeftijd ouder dan 150 jaar (250 jaar als grondwater stedelijke herkomst heeft), met een chloridegehalte < 5 g Cl⁻/L. Hierbij wordt geen criterium gebruikt voor het doorlaatvermogen, ook water in slecht doorlatende lagen behoort tot het Natuurlijk kapitaal. De technische begrenzing van NGR Natuurlijk kapitaal betreft dan ook grote delen van de Nederlandse ondergrond tot de geohydrologische basis.

NGR Calamiteit is alleen daar gekarteerd waar het doorlaatvermogen additioneel (bovenop de criteria van Natuurlijk kapitaal) minimaal 500 m²/d bedraagt. Bij winning (getoetst voor grote onttrekkingsvolumes van 10 en 20 miljoen m³/jaar) mag daarboven binnen 10 jaar geen water worden aangetrokken dat te jong of te zout is. Grote aaneengesloten gebieden met potentiële locaties voor NGR Calamiteit liggen in Noord-Brabant, Gelderland en midden

⁴ In het 'Advies begrenzing en bescherming' (Nijsten et al., 2024) wordt geadviseerd om 'natuurlijk kapitaal', in lijn met de ecosysteembenadering, te koppelen aan de twee NGR-doelen die gerelateerd zijn aan mogelijk gebruik: 1) bescherming ten behoeve van structurele drinkwaterwinning in de verre toekomst en 2) bescherming ten behoeve van grootschalige calamiteiten. Derhalve behoeven niet apart NGRs aangewezen te worden voor het NGR-doel natuurlijk kapitaal om de intrinsieke waarde van het grondwater te beschermen.

Limburg (zie

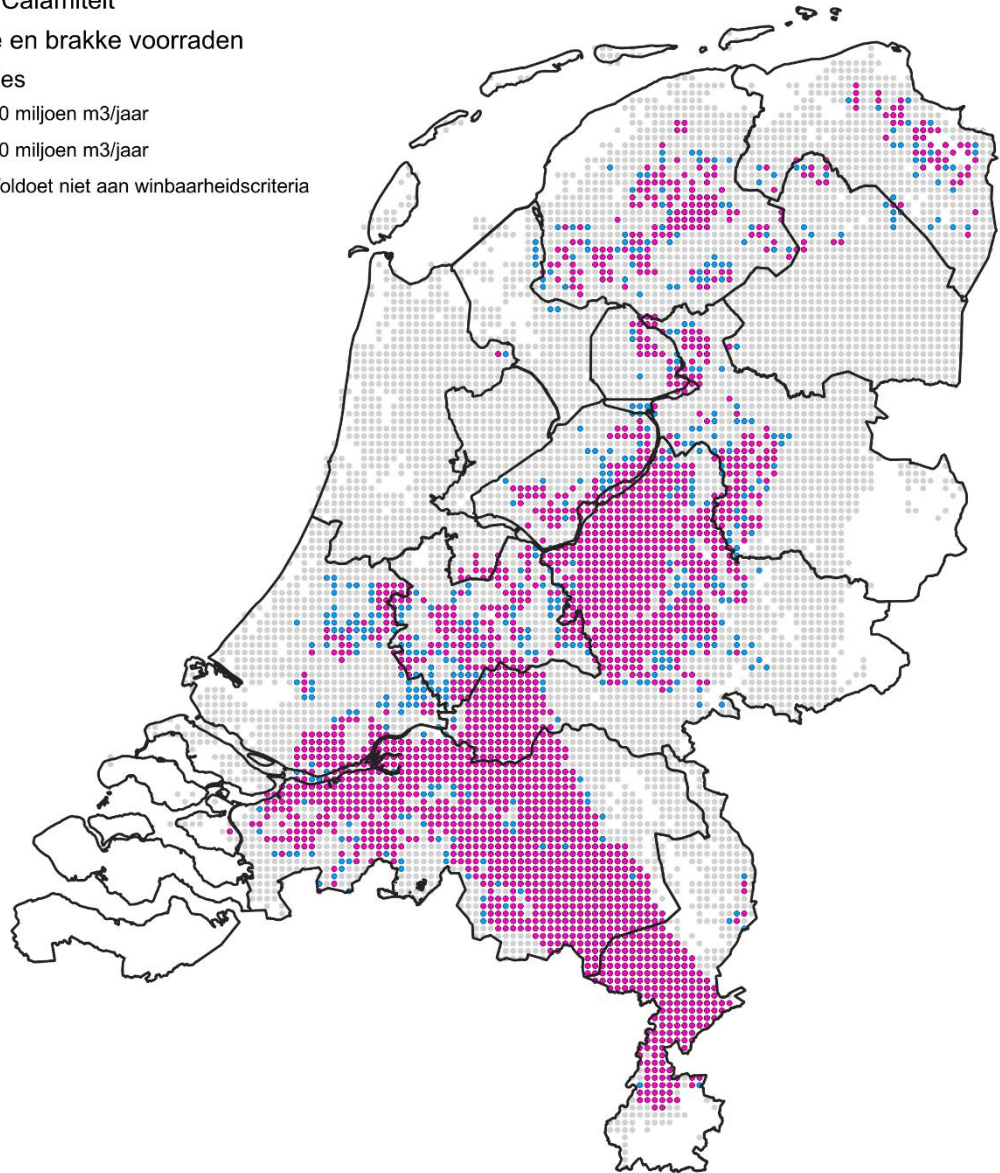
Legenda

NGR Calamiteit

Zoete en brakke voorraden

Locaties

- 10 miljoen m³/jaar
- 20 miljoen m³/jaar
- Voldoet niet aan winbaarheidscriteria



Figuur 2-3). Zeeland, Noord-Holland en Drenthe bevatten vrijwel geen potentiële locaties. Onderzochte lange termijn ontwikkelingen (Klimaat Hd2100 en grootschalige herinrichting watersysteem) laten slechts beperkte veranderingen zien in de begrenzing van NGR Calamiteit.

Ook NGR Structurele winning is alleen daar gekarteerd waar het doorlaatvermogen additioneel (bovenop de criteria van Natuurlijk kapitaal) minimaal 500 m²/d bedraagt. Bij winning (getoetst voor onttrekkingsvolumes van 2 en 4 miljoen m³/jaar) mag daarboven binnen 30 jaar geen water worden aangetrokken dat te jong of te zout is, én in grondwaterafhankelijk Natura2000 gebieden mag geen significante grondwaterverlaging (> 2 cm) of kwelvermindering (> 0.1 mm/d) plaatsvinden. Een kleiner gedeelte van Nederland is potentieel

geschikt voor NGR Structurele winning (zie

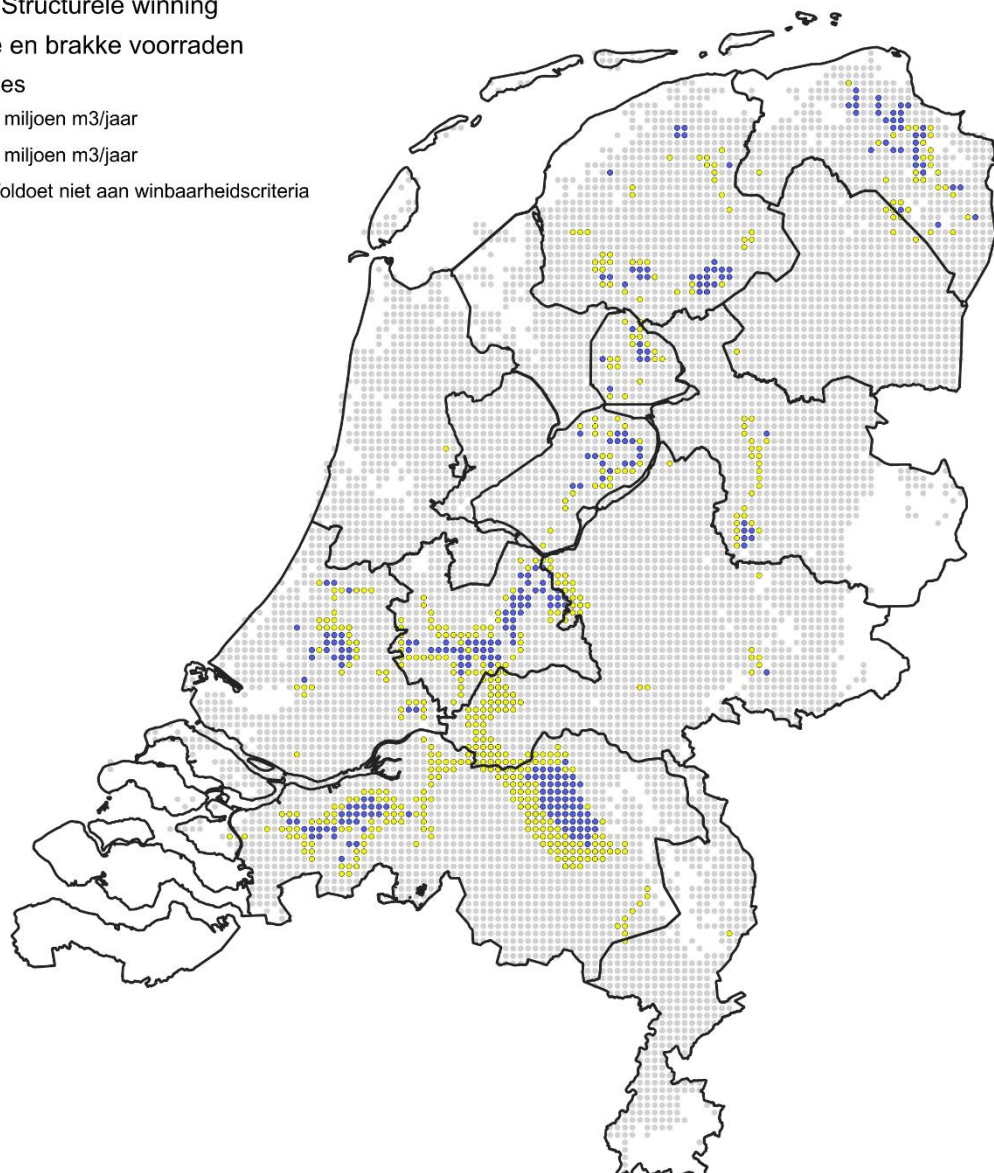
Legenda

NGR Structurele winning

Zoete en brakke voorraden

Locaties

- 2 miljoen m³/jaar
- 4 miljoen m³/jaar
- Voldoet niet aan winbaarheidscriteria



Figuur 2-4). Aaneengesloten gebieden met geschikte locaties liggen voornamelijk in Noord-Brabant (zoet en brak) en in Utrecht (vooral zoet). Noord-Holland, Zeeland, Limburg en Drenthe bevatten vrijwel geen potentiële locaties. Uit de technisch begrensde NGR Structurele winning kan gelijktijdig maximaal zo'n 240 miljoen m³/jaar worden gewonnen (uit zo'n 10% van de potentiële locaties), zonder dat de cumulatieve effecten de gestelde criteria overschrijden. Klimaat Hd2100 geeft 20% afname van geschikte locaties. Grootschalige herinrichting van het watersysteem resulteert daarentegen in 15% toename van het aantal geschikte locaties.

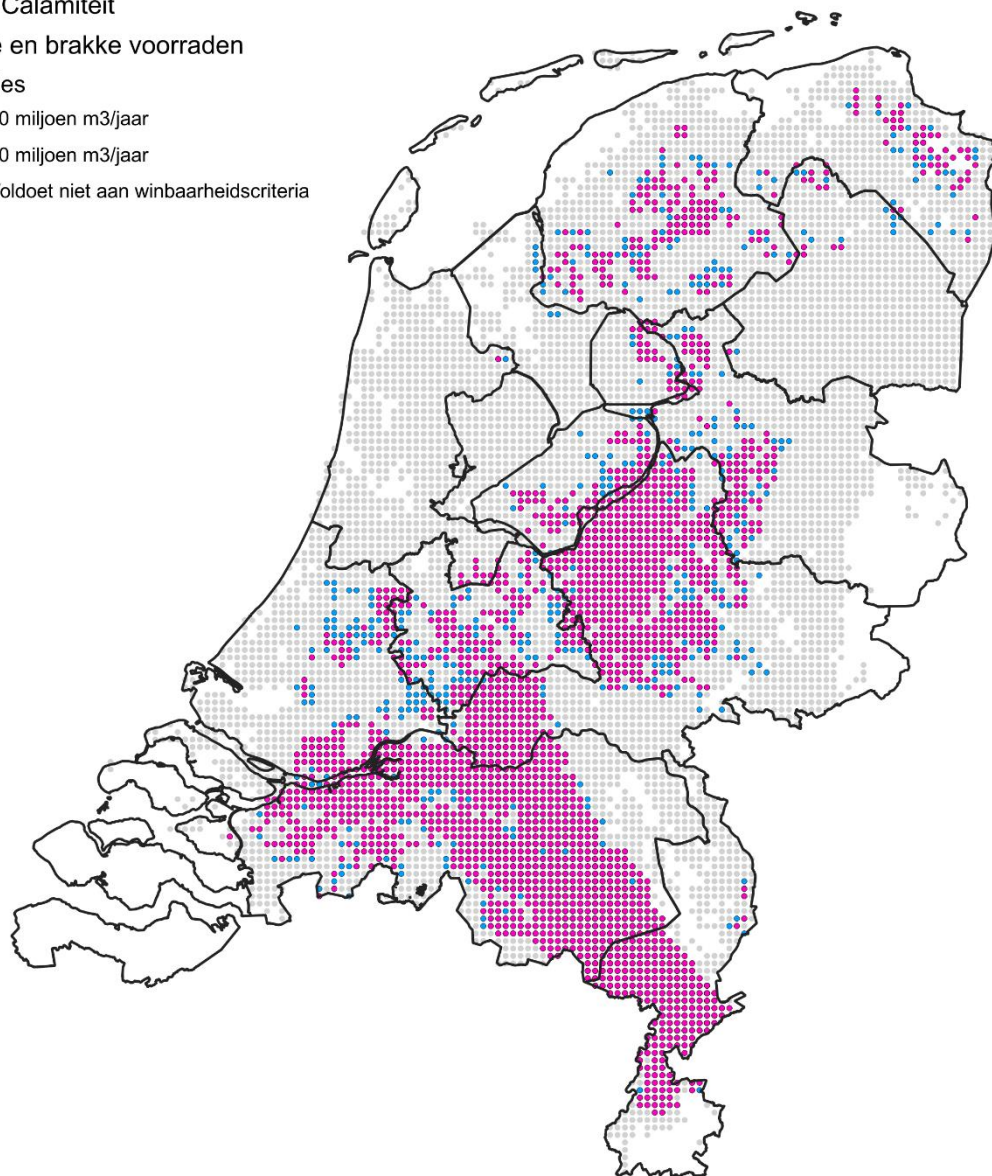
Legenda

NGR Calamiteit

Zoete en brakke voorraden

Locaties

- 10 miljoen m³/jaar
- 20 miljoen m³/jaar
- Voldoet niet aan winbaarheidscriteria



Figuur 2-3. Potentiële geschikte locaties voor NGR Calamiteit voor een onttrekkingsdebiet van 10 en 20 miljoen m³/jaar. Er kunnen meerdere geschikte punten op één locatie liggen (variërend in diepte en onttrekkingsdebiet).

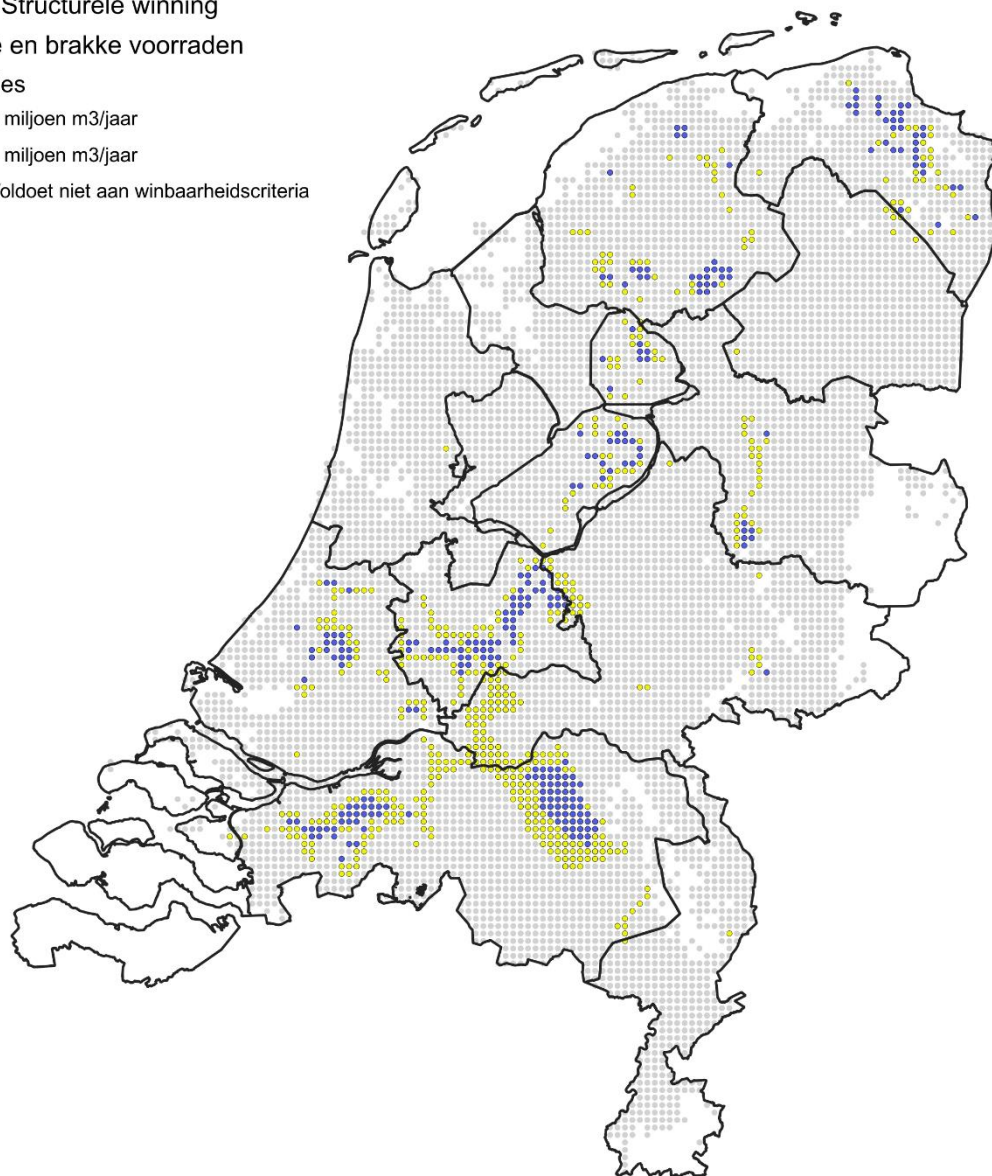
Legenda

NGR Structurele winning

Zoete en brakke voorraden

Locaties

- 2 miljoen m³/jaar
- 4 miljoen m³/jaar
- Voldoet niet aan winbaarheidscriteria



Figuur 2-4. Potentiële geschikte locaties voor NGR Structurele winning voor een onttrekkingsdebiet van 2 en 4 miljoen m³/jaar. Er kunnen meerdere geschikte punten op één locatie liggen (variërend in diepte en onttrekkingsdebiet).

Voor meer details en kaartmateriaal refereren we naar de Analyse winbaarheid - Kwantiteit (Delsman et. al., 2024)

2.3 Analyse winbaarheid van de potentiële NGRs – Kwaliteit

Naast de kwantiteitsaspecten, is ook gekeken naar de waterkwaliteitsaspecten van de winbaarheid. Het doel was om de natuurlijke kwaliteit van het grondwater te karakteriseren met aspecten die van invloed kunnen zijn op het gebruik ervan. De grondwaterkwaliteit kan daarnaast een aanwijzing geven voor de benodigde zuivering en/of welke NGRs makkelijker ingezet kunnen worden bij een calamiteit. In een van de werksessies werd de hypothese

geopperd dat er geen gebieden uitgesloten behoeven te worden aan de hand van de grondwaterkwaliteit.

De volgende data zijn gebruikt in de analyse:

- waterkwaliteitsgegevens van Vitens en Oasen;
- [Grondwatertools.nl](https://www.grondwatertools.nl) (de viewer [Grondwaterkwaliteit-In-Beeld](#));
- de DINO-database (Noord-Nederland) en;
- de Basisregistratie Ondergrond.

Figuur 2-5 geeft het overzicht van de beschikbare meetpunten na het samenvoegen van alle databases. Een meetpunt kan één of meerdere filters op verschillende diepten bevatten.

Hiermee is een grote dataset met veel parameters voorhanden geweest. De algemene eisen voor wat betreft ouderdom en chloride gehalten die aan het grondwater voor de NGRs waren gesteld, verzekeren een basiskwaliteit van het grondwater. Criteria zijn geformuleerd wat betreft het zoutgehalte en de leeftijd van het grondwater. In samenspraak met de stakeholders is gekozen voor de volgende chloride gehalten om het grondwater te karakteriseren:

- < 150 mg/L: zoet
- 150 – 5000 mg/L: brak
- > 5000 mg/L: zout

Verder is een leeftijdscriterium gebruikt om uit te sluiten dat in het grondwater verontreinigingen van antropogene oorsprong voorkomen. Hierbij zijn drie leeftijdsklassen gedefinieerd:

- < 150 jaar,
- 150-250 jaar en
- > 250 jaar.

De grens van 150 jaar is gekozen om daarmee uit te sluiten dat water dat na 1950 is geïnfiltreerd in 2100 (de maximale tijdshorizon waar in dit project mee wordt gerekend) een potentiële NGR bereikt. Hierbij geldt de aanname dat vanaf 1950 de grootschalige landbouw en industrialisatie invloed kan hebben op de grondwaterkwaliteit. Om rekening te houden met de mogelijkheid dat stedelijke gebieden mogelijk een bron van verontreinigingen kunnen zijn vóór 1950 is er tevens een leeftijdsklasse > 250 jaar gebruikt.

De volgende bekende aandachtstoffen in oud grondwater (>150 jaar, zowel zoet als brak) zijn bekeken:

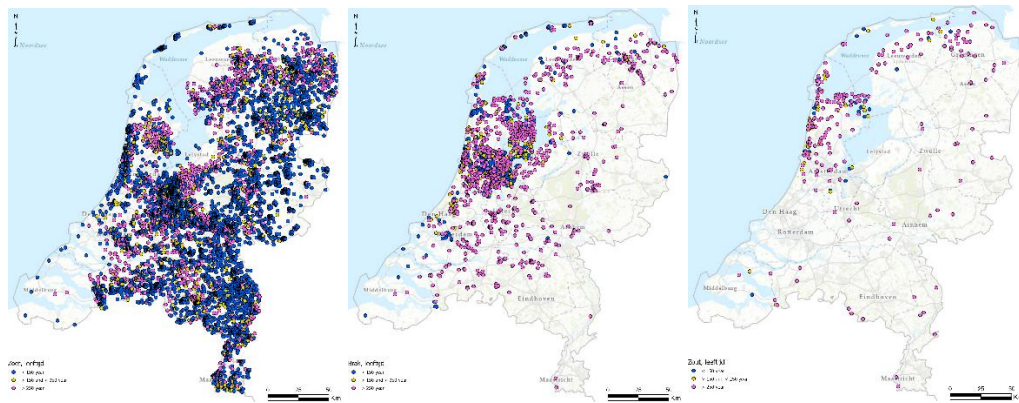
- Arseen
- Nikkel
- Aluminium
- Lood
- Boor
- Sulfaat
- IJzer.

Als voorbeeld geeft Figuur 2-6 de arseenconcentraties weer in de filters met zoet grondwater en leeftijd tussen 150-250 jaar en met leeftijd >250 jaar.

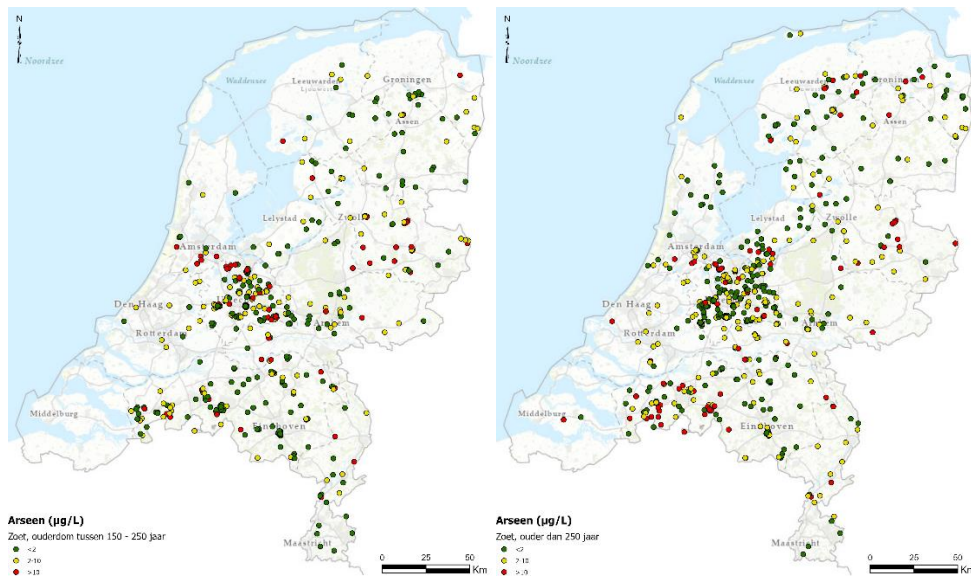
Op basis van deze parameters kan de hypothese bevestigd worden: de beschikbare grondwaterkwaliteitsinformatie geeft geen aanleiding om NGRs in te perken wat betreft winbaarheid.

De kwaliteit bepaalt wel de benodigde zuiveringsinspanning en is zodoende van belang bij het ontwikkelen van een winning om een NGR in te zetten voor calamiteitenonttrekking of structurele winning. In het geval van inzet van een NGR bij calamiteit verdient het de

voorkeur om, indien mogelijk, een locatie te kiezen waar de zuiveringsinspanning minimaal wordt ingeschat.



Figuur 2-5. Ligging beschikbare meetpunten met grondwaterkwaliteitsgegevens (per put kunnen meetpunten op meerdere dieptes aanwezig zijn). De indeling is gebaseerd op de leeftijd van het grondwater (volgens LHM) met een onderverdeling naar Chloride gehalte (volgens LHM-zoet/zout) in zoet (links) en zout (rechts). Blauw: leeftijd <150 jaar; geel: 150-250 jaar; paars: >250 jaar.



Figuur 2-6. Arseenconcentratie in zoet grondwater (links) met leeftijd tussen 150-250 jaar, (rechts) met leeftijd >250 jaar. Groen: concentratie < 2 µg/L; geel: 2-10 µg/L; rood: >10 µg/L.

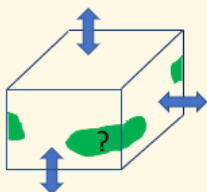
3 Lange termijn ontwikkelingen die invloed kunnen hebben op de NGRs

Dit onderdeel heeft als doel om in beeld te brengen welke belangrijke lange termijn ontwikkelingen die in de komende 100 jaar mogelijk gaan plaatsvinden mogelijk effect hebben op de NGRs. De lange termijn ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de boven en ondergrens van een NGR maar ook de winbaarheid van de NGRs. De analyse is in twee stappen gedaan:

- 1) Een kwalitatieve analyse aan de hand van beschikbare informatie uit bestaande en lopende studies.
- 2) Een kwantitatieve analyse voor een selectie van relevante ontwikkelingen.

Component 3.
4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem
- 2100 scenario's - Kwalitatief en kwantitatief

Beantwoorde vraag:
Welke ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de bovengrens, de ondergrens, de fluxen en de winbaarheid van NGRs?



Rapporten:

- 4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem - 2100 scenario's (De Louw et al., 2023)
- Invloed dynamiek grondwatersysteem op kartering Nationale Grondwater Reserves - Kwantitatieve uitwerking (Meeusen et al., 2024)

3.1 Kwalitatieve analyse voor 15 lange termijn ontwikkelingen

Per ontwikkeling is uiteen gezet wat de mogelijke effecten op het grondwatersysteem zijn. De mogelijke effecten op de NGRs zijn samengevat in Tabel 3-1. Daarin is beschreven hoe bepaalde veranderingen en ingrepen doorwerken op het grondwatersysteem en daarmee op de grenzen van een NGR. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt in:

- Veranderingen en ingrepen in het freatische systeem die effect hebben op het diepere grondwatersysteem.
- Veranderingen en ingrepen in het diepere grondwatersysteem die effect hebben op het freatische systeem.

De beschouwde ontwikkelingen waren:

- Klimaatverandering
- Zeespiegelstijging
- Bodemdaling
- Autonome verzilting⁵
- Kustverbreding/Landaanwinning voor de kust

⁵ Autonome verzilting: het langzaam omhoog verplaatsten van het zoet-zout grensvlak sinds de ontwatering van het veen en zeker sinds het ontstaan van de diepe droogmakerijen (de Louw et al., 2023).

- Verandering rivieren- en IJsselmeergebied
- Uitbreiding diffuus verontreinigingsfront
- Verandering grondwateronttrekkingen
- Vergroten zoetwaterbeschikbaarheid (ASR, MAR, brakwaterwinning)
- Herinrichting watersysteem
- Verandering landgebruik
- Verstedelijking, afkoppelen bebouwd gebied⁶
- Uitbreiding KWO-systemen en geothermie
- Bruinkoolwinning
- Steenkoolmijnen in Limburg

In het freatische systeem kunnen veranderingen in grondwateraanvulling of de ontwatering (bijv. peilveranderingen) plaatsvinden door bijvoorbeeld klimaatverandering, verandering van landgebruik, MAR of aanpassingen aan het watersysteem. Hierbij geldt dat een verhoging van de grondwaterstand (door meer grondwateraanvulling, minder ontwatering, hogere peilen of minder onttrekkingen) leidt tot hogere stijghoogtes in onderliggende pakketten, en vice versa. De doorwerking naar de diepere pakketten is afhankelijk van de hydraulische weerstand tussen het freatische systeem en de onderliggende watervoerende pakketten. In infiltratiegebieden zal een hogere grondwaterstand leiden tot grotere infiltratiefluxen naar de diepere pakketten. Dit zal leiden tot een iets snellere verplaatsing van het door de mens beïnvloed grondwater naar de diepte, en zal daarom de bovengrens van een NGR beïnvloeden. Op dit moment zijn geen berekeningen beschikbaar die inzicht geven in deze versnelling van de verplaatsing van dit front als gevolg van hogere grondwaterstanden. Grotere naar beneden gerichte fluxen kunnen juist ook leiden tot een dieper zoet-zout grensvlak en daarmee tot een vergroting van de NGR. In aangrenzende kwelgebieden waar het grondwater niet wordt verhoogd door de 4D-ontwikkelingen, kunnen omhoog gerichte fluxen worden versterkt, waardoor het zoet-zout grensvlak zich versneld omhoog verplaatst. Dit speelt met name in het laaggelegen kleigebied van Nederland waar diepe droogmakerijen met zoute kwel omringd worden door hoger gelegen infiltratiegebieden. Lagere freatische grondwaterstanden, door bijvoorbeeld bodemdaling, hebben het omgekeerde effect.

Veranderingen die direct ingrijpen op het diepere grondwatersysteem zoals bijvoorbeeld grondwateronttrekkingen of zeespiegelstijging, hebben de neiging een grote invloed te hebben als gevolg van de hydraulische weerstand tussen het freatische en diepere systeem. Hoe groter de weerstand, hoe groter het effect op de stijghoogte in de diepe pakketten en hoe groter de invloed. Daarentegen worden de effecten op het freatische systeem bij een hogere weerstand over een groter gebied uitgespreid en zijn ze op locatie kleiner dan in de situatie wanneer er nauwelijks een weerstand aanwezig is. Onttrekkingen in het diepere grondwatersysteem zullen de stijghoogte verlagen en grondwater van zowel boven als onder aantrekken. De mate waarin is uiteraard afhankelijk van het onttrekkingsdebiet, de geohydrologische opbouw en hydraulische eigenschappen van de ondergrond. Dit betekent dat de bovengrens (front van recent geïnfiltreerd water) van een NGR de neiging heeft zich naar beneden te verplaatsen en de ondergrens (zoet-zout grensvlak) naar boven.

Uitbreiding van het diffuus verontreinigingsfront en autonome verzilting zijn direct gerelateerd aan de bovengrens (front door mens beïnvloed grondwater) en de ondergrens (verplaatsing van het zoet-zout grensvlak). Dit zijn autonome processen die afhankelijk van de geschetste ontwikkelingen sneller of minder snel gaan. Bij de kwantificering van de effecten van de ontwikkelingen wordt de verplaatsing van deze bovengrens en ondergrens in beeld gebracht.

⁶ Het afkoppelen van hemelwater van het rioolwatersysteem (en oppervlaktewatersysteem).

De geschetste ontwikkelingen kunnen van invloed zijn op de omvang van de winbare volumes en zullen daarom ook moeten worden meegenomen bij het bepalen van de winbaarheid van de NGRs in component 5.

Uitgebreide beschrijvingen van de 15 lange termijn ontwikkelingen en hun mogelijke effecten op het grondwatersysteem zijn beschikbaar in het rapport 4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem - 2100 scenario's van de Louw en Pouwels (2023).

Tabel 3-1. Samenvatting van de effecten van de verschillende ingrepen en ontwikkelingen met zichtjaar 2100 op het grondwatersysteem en de boven- en ondergrens van een NGR

---Tabel is te vinden op de volgende pagina's. ---

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
Klimaatverandering	De verwachting is dat winters natter worden (meer grondwateraanvulling) en zomers droger (minder grondwateraanvulling)	Gemiddeld lagere grondwaterstanden in het ontwaterde gebied van Nederland (grootste deel van Nederland) en daarmee kleinere fluxen naar het diepere systeem en lagere stijghoogtes. Gemiddeld hogere grondwaterstanden in de kerninfiltratiegebieden en daarmee grotere fluxen naar het diepere systeem en hogere stijghoogtes.	Ontwaterd gebied: iets minder snelle verplaatsing van het DMB-front. Kerninfiltratiegebieden: iets snellere verplaatsing van het DMB-front.	Ontwaterd gebied: lokaal of regionaal mogelijk ondieper ZZ-grensvlak, bijvoorbeeld in het riviergebied. Kerninfiltratiegebieden: iets dieper ZZ-grensvlak indien aanwezig.
Zeespiegelstijging	Verwachte stijging van de zeespiegel van 1 m rond het jaar 2130	Langs de kust (< 10 km) en de grote rivieren neemt de stijghoogte in de diepere watervoerende pakketten toe. Dit leidt tot grotere kwelfluxen in de diepere polders en daarmee tot hogere zoutvrachten en mogelijk dunnere zoetwaterlenzen in duinen.	Verwaarloosbare impact.	Versnelde opwaartse verplaatsing van het ZZ-grensvlak in het beïnvloede deel.
Bodemdaling	Verwachte bodemdaling met name door oxidatie van veenbodems. Zelfs bij peilfixatie kan een bodemdaling van 20 tot 60 cm worden verwacht in 2100.	Gemiddeld lagere grondwaterstanden ten opzichte van NAP en daardoor een daling van de stijghoogte in de onderliggende pakketten voor een groot gebied in en rondom de bodemdalingsgebieden. Voor de dalende gebieden leidt dit tot kleinere neerwaartse fluxen in de infiltratiegebieden en hogere kwelfluxen in de kwelgebieden.	In de dalende infiltratiegebieden leidt dit tot een iets minder snel verplaatsend DMB-front.	Onder bodemdalingsgebieden kan een iets ondieper ZZ-grensvlak worden verwacht. In de diepe droogmakerijen zal de omhoog verplaatsing van het ZZ-grensvlak (autonome verzilting) iets minder snel gaan.

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
		Voor de niet of nauwelijks dalende gebieden zoals de diepe droogmakerijen leidt dit tot minder kwel.		
Autonome verzilting	Het verplaatsen van het zoet-zoutgrensvlak a.g.v. veranderende geohydrologische situatie door ontstaan van de polders en diepe droogmakerijen in laag-Nederland. De zoetzout-verdeling is hiermee nog niet in evenwicht.	Het langzaam omhoog kruipen van het zoet-zout grensvlak onder de kwel-polders. Aan de randen van deze polders en onder het omringende hoger gelegen infiltratiegebied treedt hier en daar verzoeting op.	Niet van toepassing.	Het ZZ-grensvlak verplaatst zich langzaam omhoog onder de kwel-polders. Dit is met name in Noord en Zuid-Holland het geval maar ook in het rivierengebied. Ook in Noord-Nederland lijkt de zoutwaterintrusie zich autonoom verder landinwaarts te verplaatsen. Bepaalde processen versterken dit autonomen proces zoals zeespiegelstijging en bodemdaling. Wanneer het effect van zoute wellen niet wordt meegenomen in de grondwatermodellen, dan treedt er mogelijk een overschatting van het autonome proces op.
Kustverbreding/Land-aanwinning voor de kust	Landaanwinning wordt uitgevoerd als kustverdedigings-maatregel, zoals de Zandmotor.	Op het nieuw stuk land kunnen zich zoetwaterlenzen ontwikkelen. Lokaal kan het effect hebben op de geohydrologische situatie waardoor er bijv. meer zoute kwel optreedt (toename van de	Niet van toepassing.	Op kleine schaal kunnen zoetwaterbellen onder de duinen negatief worden beïnvloed.

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
		diepere stijghoogte) of lokale stromingspatronen kunnen veranderen.		
Verandering rivieren- en IJsselmeergebied	Rivierafvoeren en peilen zullen veranderen als gevolg van klimaatverandering en erosie. Dit leidt in het algemeen tot lagere rivierafvoeren en -peilen tijdens de zomer en minder waterbeschikbaarheid vanuit het IJsselmeer tijdens de zomer.	Langs de grote rivieren kunnen lagere grondwaterstanden tijdens de zomer worden verwacht. Voor het wateraanvoergebied vanuit het IJsselmeer zal er minder water kunnen worden aangevoerd tijdens de zomerperiode met hogere zoutgehaltes en lagere zomergrondwaterstanden tot gevolg.	Verwaarloosbare impact.	In het riviergebied kunnen gemiddeld lagere grondwaterstanden en rivierpeilen leiden tot het omhoogkomen van het ZZ-grensvlak.
Uitbreiding diffuus verontreinigingsfront	Dit is de continue neerwaartse verplaatsing van in het verleden verontreinigd grondwater. Geo-chemische processen in de ondergrond kunnen dit autonome proces vertragen, bijv. door denitrificatie door pyriet-oxidatie.	Dit proces speelt zich af in de infiltratiegebieden waar grondwater neerwaarts stroomt naar diepere watervoerende pakketten. De snelheid waarmee dit verontreinigd front zich verplaatst is afhankelijk van de grondwateraanvulling, doorlatendheid ondergrond en de mate van ontwatering in de omgeving. De mate van verontreiniging is direct gerelateerd met het (historisch) landgebruik waar het water is geïnfilteerd.	Dit autonome proces is direct gerelateerd aan de verplaatsing van de bovengrens van de NGR (DMB-front). Hogere grondwaterstanden, extra grondwateraanvulling en diepe grondwateronttrekkingen kunnen dit proces versnellen.	Niet van toepassing.
Verandering grondwater-onttrekkingen	Door toenemende watervraag of veranderend beleid (bijv. restricties rondom grondwateronttrekkingen) zullen grondwateronttrekkingen voor drinkwater, industrie of	Het onttrekken van grondwater heeft het grootste effect in het watervoerende pakket waarin onttrokken wordt. Het effect (de onttrekkingskegel) straalt verder uit bij een hoge weerstand van bovenliggende kleilagen. De stijghoogteverlaging (of	In de onttrekkingskegel zal het DMB-front zich sneller neerwaarts verplaatsten.	Bij aanwezigheid van het zoet-zoet grensvlak in het watervoerend pakket waaruit onttrokken wordt, is de kans op saltwater upconing (zoutwater opkegeling) groot. Het ZZ-

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
	berekening in de toekomst veranderen.	verhoging bij minder onttrekken) heeft zijn directe invloed op het ondiepe watersysteem: grondwaterstanden dalen, de grondwaterafvoer (en daarmee de beekafvoer) neemt af en kwelstromen worden zwakker of verdwijnen.		grensvlak kan zich dus lokaal richting het oppervlak verplaatsten.
Vergroten zoetwater-beschikbaarheid (ASR, MAR, brakwaterwinning)	Met ASR en MAR wordt het extra aanvullen van het grondwatersysteem bedoeld met bijv. oppervlaktewater. Dit kan via infiltratie aan het oppervlak of via injectieputten in diepere pakketten. Het onttrekken van brakwater en dan ontzilten is een bron voor sproeiwater (tuinders) en drinkwater.	Bij extra infiltratie van water wordt het grondwater aangevuld en zal het grondwater stijgen. Hierdoor stijgt ook de stijghoogte in onderliggende pakketten en de infiltratiesnelheid neemt toe. Bij de injectie van grondwater in diepere watervoerende pakketten neemt de stijghoogte toe en daarmee ook de grondwaterstand. Dit leidt tot extra kwel in de omgeving of minder infiltratie. Voor effecten van brakwaterwinning, zie grondwateronttrekkingen.	Bij infiltratie van extra water zal het DMB-front zich sneller neerwaarts verplaatsten maar bij injectie in diepere pakketten juist minder snel. Bij brakwaterwinning zal in de onttrekkingskegel het DMB-front zich sneller neerwaarts verplaatsten.	Bij zowel extra infiltratie als injectie zal het ZZ-grensvlak mogelijk iets dieper komen te liggen. Bij onttrekken van brakwater zal het ZZ-grensvlak zich lokaal richting het oppervlak verplaatsten (zoutwater opkegeling).
Herinrichting watersysteem	De verwachting is dat het oppervlaktewatersysteem zo wordt ingericht dat er langer grondwater wordt vastgehouden en grondwaterstanden gaan stijgen.	De grondwaterstand stijgt over een significant groot gebied. Hierdoor zal de stijghoogte in onderliggende pakketten ook stijgen. Waarschijnlijk neemt de infiltratie naar diepere lagen en kwelstromen toe.	Door hogere grondwaterstanden zal het DMB-front zich sneller neerwaarts verplaatsten.	Door hogere grondwaterstanden zal het ZZ-grensvlak mogelijk iets dieper komen te liggen in infiltratiegebieden en ondieper in kwelgebieden.
Verandering landgebruik	Verandering van landgebruik leidt tot verandering van de grondwateraanvulling. Er wordt ervan uitgegaan dat de verandering	Door meer grondwateraanvulling stijgt de grondwaterstand, waardoor de stijghoogte in onderliggende pakketten ook stijgen. Extra grondwateraanvulling leidt tot het	Door extra grondwateraanvulling zal het DMB-front zich sneller neerwaarts verplaatsten.	Door extra grondwateraanvulling zal het ZZ-grensvlak mogelijk iets dieper komen te liggen in infiltratiegebieden en ondieper in

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
	leidt tot meer grondwateraanvulling.	aanpakken van het grondwatersysteem waardoor de infiltratie en kwelstromen toenemen.		kwelgebieden als kwelfluxen toenemen.
Verstedelijking, afkoppelen van hemelwater van het rioolwatersysteem in bebouwd gebied	Verstedelijking leidt tot minder grondwateraanvulling en afkoppeling tot meer grondwateraanvulling.	De grondwateraanvulling neemt af bij verstedelijking en daarmee daalt de grondwaterstand en de infiltratie naar diepere pakketten. Bij afkoppeling gebeurt het tegenovergestelde.	Bij verstedelijking zal het DMB-front zich trager neerwaarts verplaatsten en bij afkoppeling juist sneller.	Een iets grotere grondwateraanvulling bij afkoppeling heeft mogelijk een iets dieper ZZ-grensvlak tot gevolg. Bij verstedelijking kan mogelijk het ZZ-grensvlak ondieper komen te liggen.
Uitbreiding KWO-systemen en geothermie	Koude-warmte opslag en gesloten bodemenergie-systemen worden toegepast op dieptes variërend van 10 tot 200 meter. Geothermie vindt plaats op dieptes > 500 m en bevindt zich meestal buiten de NGR-begrenzing.	Er is lokaal een risico op het lekken langs doorboorde kleilagen waardoor verontreinigingen zich makkelijker tussen pakketten kunnen verspreiden. Bij open systemen wordt er water geïnjecteerd en onttrokken, meestal in dezelfde hoeveelheden waarbij het netto effect gelijk blijft. Lokale veranderingen van de chemische toestand van het grondwater kunnen een rol spelen.	Lokale verontreiniging is een risico maar er is geen effect op het DMB-front.	Bij open systemen waarbij grondwater wordt onttrokken is er risico op zoutwater-opkegeling, dus lokaal het omhoog komen van het ZZ-front.
Bruinkoolwinning	De tot meer dan 400 m diepe bruinkoolgroeves in Duitsland worden drooggemalen waarbij meer dan 1 miljard m ³ grondwater wordt weggepompt.	De grondwateronttrekkingen ten behoeve van de bruinkoolwinning hebben effect tot aan de grens van N-Brabant en Gelderland in de diepere Neogene en Paleogene watervoerende pakketten met flinke stijghoogteverlagingen tot gevolg. Effecten in	Geen effect op het DMB-front.	Mogelijk leiden de stijghoogteverlagingen tot een ondieper ZZ-front.

Verandering en ontwikkeling lange termijn (2100 en daarna)	Belangrijkste processen	Impact op grondwatersysteem	Impact op NGR bovengrens (front van door mens beïnvloed grondwater, i.e. DMB-front)	Impact op NGR ondergrens (zoet-zoet grensvlak, i.e. ZZ-grensvlak)
		het freatisch systeem zijn alleen merkbaar in Limburg aan de grens met Duitsland. Het stoppen van de bruinkoolwinning zal leiden tot herstel van de stijghoogte.		
Steenkoolmijnen in Limburg	Jarenlang werd grondwater opgepompt om de steenkoolmijnen droog te houden. Sinds het sluiten van de mijnen zijn de onttrekkingen gestopt en herstelt de grondwaterstand zich langzaam weer.	De grondwaterstand rond de oude steenkoolmijnen stijgt nog steeds gestaag als gevolg van het stoppen met onttrekken. Hierdoor stijgt de bodem met ongeveer 3 tot 6 mm per jaar.	Geen effect op het DMB-front.	Waarschijnlijk geen effect op het ZZ-front.

3.2 Kwantitatieve analyse voor zeven lange termijn ontwikkelingen

In deze tweede stap zijn zeven lange termijn ontwikkelingen verkend die van invloed zijn op het grondwatersysteem en daarmee mogelijk op de afbakening van NGRs die ook onder invloed van deze ontwikkelingen nog robuust zijn. De selectie van deze ontwikkelingen is gemaakt aan de hand van de kwalitatieve analyse samengevat in hoofdstuk 3.1.

De zeven lange termijn ontwikkelingen die verkend zijn, zijn:

1. Autonome verzilting
2. Klimaatverandering
3. Zeespiegelstijging
4. Bodemdaling
5. Verandering grondwateronttrekkingen
6. Verandering grondwateraanvulling door veranderend landgebruik en stedelijke ontwikkeling
7. Herinrichting watersysteem.

Op basis van kwantitatieve doorrekening van effecten van deze geselecteerde ontwikkelingen is het relatieve belang van deze ontwikkelingen op de robuustheid van de NGRs ingeschat en zijn twee gecombineerde scenario's ontwikkeld welke in de winbaarheid analyse (hoofdstuk 2.2) gebruikt worden om de NGRs aan een 'lange-termijn robuustheidstest' te onderwerpen.

Er is gekeken naar effecten van de zeven ontwikkelingen op de:

- Grondwaterstand;
- Stijghoogte 1^e watervoerend pakket;
- Diepte van het zoet-zout en zout-brak grensvlak en;
- De diepte van het 'Door Mensen Beïnvloed' (DMB) front (met grondwaterleeftijd als proxy daarvoor).

Uit de uitgevoerde berekeningen van de individuele ontwikkelingen (nrs. 1-7 hierboven) volgt dat vooral klimaatverandering en de herinrichting van het watersysteem, via respectievelijk een sterke reductie en een sterke toename van de grondwateraanvulling, de grootste impact hebben op het grondwatersysteem. Tevens wordt aangetoond dat de effecten op het zoet-zoutgrensvlak zich vrijwel overal buiten de potentiële NGR-gebieden bevinden, met uitzondering van enkele zones (voor brakwaterwinning) in Zuid-Holland en de Flevopolders. De effecten op de grondwaterleeftijd hebben wel een grote overlap met de potentiële NGR-gebieden.

De twee gekozen gecombineerde scenario's zijn:

- Scenario 'Hd2100'⁷: het Hd2100 klimaat gecombineerd met autonome verzilting, zeespiegelstijging en bodemdaling;
- Scenario 'Herinrichting Watersysteem': Herinrichting Watersysteem gecombineerd met autonome verzilting, zeespiegelstijging en bodemdaling.

Hierbij geldt dat zeespiegelstijging en bodemdaling vooral zijn meegenomen vanwege hun min of meer autonome karakter (deze processen zullen hoe dan ook optreden, alleen de

⁷ Hd2100: Hd-klimaatscenario voor 2100, Hoge CO₂-uitstoot (SSP5-8.5), verdrogend. <https://www.knmi.nl/kennis-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>

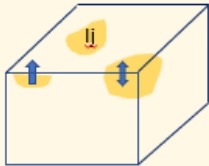
mate waarin is onzeker) en niet vanwege een grote verwachte impact. Autonome verzilting wordt automatisch meegenomen bij het doorrekenen van de veranderende chlorideverdeling in het grondwater met de tijd onder invloed van de scenario's.

Deze scenario's zijn geïmplementeerd in LHM-zoetzout en resultaten ervan m.b.t. grondwaterstanden, stijghoogten 1^e watervoerend pakket, chloridegrensvlakken en leeftijdsvlakken zijn beschikbaar in Janssen en Meeusen (2024).

4 Potentiële aanvullende grondwatervoorraden

Component 4.
Aanvullende potentiële grondwatervoorraden 2100

Beantwoorde vraag:
Wat is de potentie van de volgende 3 grondwatervoorraden om ingezet te worden voor de lange termijn drinkwatervoorziening?
1) grondwater onder IJsselmeer, 2) kwelwater uit polders
3) kunstmatige infiltratie en terugwinnen



Rapport

- Potentiële aanvullende grondwatervoorraden (De Louw et al., 2024)

Het is van belang om een beeld te hebben van deze alternatieve bronnen, omdat hiermee de mogelijk toekomstige inzet van NGR beperkt kan worden.

Om de mogelijke toekomstige inzet van NGR te beperken, is het van belang om een beeld te hebben van alternatieve bronnen voor drinkwater. Naast de huidige bekende voorraden van de ASV's en de NGRs zijn de volgende potentiële aanvullende grondwatervoorraden geselecteerd om verder verkend te worden. Het ging om:

- Grondwater onder het IJsselmeer en Markermeer
- Kwelwaterwinning in polders, aan de voet van heuvelruggen en onder veenplassen
- Kunstmatige infiltratie en terugwinning (MAR)

Er is gekeken naar fysische mogelijkheden in termen van **hoeveelheden en effecten** op het grondwatersysteem en nadrukkelijk niet naar socio-economische haalbaarheid. Het ging om een verkenning op nationaal schaalniveau en diende als een eerste indruk van wat er potentieel mogelijk zou zijn. Deze eerste verkenning moet uitnodigen tot verder onderzoek dat uiteraard op een veel lokaler schaalniveau zou moeten plaatsvinden en veel meer elementen moet omvatten zoals omgevingseffecten en risicoanalyse, kosten-baten en maatschappelijk draagvlak.

Bij de verkenning is gebruik gemaakt van modelberekeningen met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en LHM zoetzout. De modelverkenning is op nationale schaalniveau uitgevoerd waarvan de resultaten voornamelijk als indicatief en niet absoluut dienen te worden geïnterpreteerd.

De modelverkenning laat zien dat alle drie de typen aanvullende grondwatervoorraden in potentie kansrijk zijn. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies samengevat van het rapport Potentiële aanvullende grondwatervoorraden (De Louw et al., 2024) waarin de methodes en resultaten in detail beschreven staan samen met veel de vele kaartbeelden.

Grondwater onder het IJsselmeer en Markermeer

De studie laat zien dat er 120-140 miljoen m³ per jaar of meer kan worden gewonnen zonder dat dit veel negatieve effecten heeft op het regionale grondwatersysteem van het IJsselmeergebied. Het grote voordeel van het onttrekken onder het IJsselmeer en Markermeer

is dat er aanvulling vanuit de meren plaatsvindt zodat de negatieve effecten op het ondiepe grond- en oppervlaktewatersysteem worden gecompenseerd. De extra infiltratie vanuit het IJsselmeer en Markermeer als gevolg van de onttrekkingen is slechts zo'n 2% van de totale aanvoer door de IJssel in droge perioden waardoor grondwateronttrekking van beperkte invloed zijn op het waterpeilbeheer en de totale waterbalans in het IJsselmeer. Indien het IJsselmeergebied als aanvullende grondwatervoorraad in gebruik wordt genomen dient afgewogen te worden welk van de scenario's de meeste maatschappelijke en hydrologische voordelen oplevert en wat eventueel acceptabele negatieve effecten zijn. Ook is de technische haalbaarheid van de winningen van belang. Aangezien de scenario's uitgaan van winningen onder een waterbodem levert dit grotere uitdagingen op, bijvoorbeeld wat betreft benodigde infrastructuur ten opzichte van winning op land.

Kwelgebieden

Bij *passieve kwelwaterwinning* wordt het kwelwater nadat het is uitgetreden in het oppervlaktewatersysteem samen met het neerslagoverschot gebruikt voor drinkwaterbereiding. Uit deze studie komen drie polders waar de kwelflux voldoende sterk is om jaarronde winning mogelijk te maken: dit zijn de Koekoekspolder, polder Horstermeer en de Bethunepolder. De potentie van deze kwelgebieden is samen 60 miljoen m³ per jaar. Hiervan wordt een deel al benut met de winningen van de Bethunepolder door Waternet. Een voordeel van deze winmethode is dat effecten op de omgeving erg beperkt zijn, maar een nadeel is dat het kwelwater mengt met het oppervlaktewater en het risico op verontreinigen daardoor hoger is. Overige gebieden zijn wellicht wel interessante plekken om in de winter in te zetten voor drinkwater productie als aanvulling op andere winningen bijvoorbeeld. Polders die hiervoor in aanmerking komen zijn: Tempelpolders, Vrouwenverdriet, Noordmeer en Bijlmermeer. In deze polders kan samen rond de 10 miljoen m³ per jaar gewonnen worden gedurende de helft van het jaar.

Actieve kwelwaterwinning in polders:

Bij actieve kwelwinning wordt het grondwater onttrokken voordat het als brak-zout kwelwater in het oppervlaktewatersysteem uittreedt en hiermee tevens de zoutbelasting van de polder reduceert. Waternet onderzoekt momenteel de mogelijkheden om brak grondwater uit de Horstermeer te onttrekken en in te zetten voor drinkwaterbereiding. Uit deze studie blijkt dat onttrekkingen in sommige polders tot grotere grondwaterverlaging in de omgeving leiden dan bij andere polders. De locatie en het debiet van de winning hebben hier invloed op, maar ook het type kwelgebied en de lokale geohydrologie. Een aantal polders die in deze studie als mogelijk geschikt hiervoor worden aangemerkt zijn: polder Horstermeer, Waverveen, Purmer, Koekoekspolder en de Zuidplaspolder. Cumulatief leveren onttrekkingen in deze polders 16 miljoen m³ water per jaar op geschikt voor de bereiding van drinkwater. Voor een aantal polders zorgt de diepe onttrekking ook tot een reductie van de zoutvracht van ca. 20% tot 40%. Dit is een positieve bijvangst van deze onttrekkingstechniek.

Onttrekkingen aan de voet van hoger gelegen heuvelruggen:

De potentie van diepe onttrekkingen in kwelgebieden aan de voet van (zandige) infiltratiegebieden is verkend voor de Brabantse Wal en het kwelgebied aan het Veluwemeer. Hoewel de modellering uitwijst dat in beide gebieden geschikt water (niet zout) kan worden gewonnen, zijn de effecten op de freatische grondwaterstanden en de kwelflux groot. Actieve grondwateronttrekkingen aan de voet van heuvelruggen zullen altijd leiden tot extra grondwaterstands dalingen en reductie van kwelstromen. Hierbij zullen ze mogelijk schade toebrengen aan natuur die afhankelijk is van hoge grondwaterstanden en kwel. Dit geldt in ieder geval voor de Brabantse Wal en daarmee wordt dit type winning hier niet geschikt geacht. Voor het kwelgebied aan het Veluwemeer zijn de effecten minder groot maar ook hier kunnen kwelafhankelijke ecosystemen negatief beïnvloed worden. Met minder grote onttrekkingen zijn er wellicht gebieden te vinden waar geen nadelige effecten op grondwaterafhankelijke natuur

plaatsvinden en kunnen in potentie kansrijk zijn. Echter, in het algemeen kan gesteld worden dat grondwaterwinningen aan de voet van hoger gelegen heuvelruggen, niet kansrijk zijn als aanvullende bron voor drinkwaterwinning op de lange termijn. Als de kwel aan de voet van de heuvelrug passief kan worden gewonnen, dan kan het een potentieel interessante aanvullende bron zijn (oppervlaktewaterwinning).

Onttrekkingen onder veenplassen:

De modelresultaten van de winning van grondwater onder veenplassen laten zien dat de effectiviteit en de neveneffecten van de onttrekkingen sterk afhangen van de bodem- en deklaagweerstand onder de plassen. De Loosdrechtse en Vinkeveense plassen zijn geschikt voor een waterwinning, omdat de infiltratie van oppervlaktewater de onttrekking grotendeels dekt en de effecten op de omgeving daarmee beperkt zijn. Deze plassen staan namelijk deels in open verbinding met het eerste watervoerende pakket. Het winbare volume onder de Loosdrechtse en Vinkeveense plassen is ongeveer 20 tot 40 miljoen m³ per jaar. Het is echter de vraag of een toename in de oppervlaktewatervraag gedurende de zomer in dit gebied gewenst is. De Reeuwijkse en Nieuwkoopse plassen zijn niet geschikt voor een waterwinning, omdat de infiltratie van oppervlaktewater onvoldoende is en de effecten op de grondwaterstand in de omgeving en het zoet-zout grensvlak groot zijn. De uitstralingseffecten zijn groot door de grote weerstand tussen de plassen en het eerste watervoerende pakket.

Kunstmatige infiltratie en terugwinning

De gebieden met relatief diepe grondwaterstanden (dieper dan 2.5 m onder maaiveld) zijn geschikt voor het opslaan van grondwater door extra infiltratie. Het extra opgeslagen grondwater begint direct na infiltratie richting de ontwateringsmiddelen te stromen en wordt daarna afgevoerd. Hoe groter de afstand tot de ontwateringsmiddelen (en hoe lager de doorlatendheid), hoe langer dit grondwater kan worden vastgehouden. Gemiddeld voor de gebieden met een grondwaterstand dieper dan 2.5 m-mv, is na 3 jaar het extra volume aan opgeslagen water gehalveerd en na zeven jaar is er nog steeds een kwart van over.

Onder de Veluwe kan het water het langst worden vastgehouden omdat dit het grootste aaneengesloten gebied is zonder ontwatering. Het is tevens het gebied met de diepste grondwaterstanden en daarmee het meest kansrijk voor grootschalige kunstmatige infiltratie (ook wel MAR: Managed Aquifer Recharge).

Wanneer er twee keer zoveel wordt geïnfiltreerd als onttrokken, treedt er slechts voor 5% van het gebied een grondwaterstandsval op. Voor het overige gebied stijgt de grondwaterstand en neemt de afvoer en kwel rondom de infiltratiegebieden toe. Dit kan voor de omgeving als zeer positief worden beschouwd. Slechts in een klein deel (5%) van het beïnvloed gebied neemt de grondwaterstand toe tot ongeveer 1.0 m-mv of ondieper en zou wateroverlast kunnen optreden. Een lagere infiltratieflux zou kunnen helpen om wateroverlast te voorkomen of het aanleggen van extra drainage.

De doorberekende modelvarianten geven een goed beeld van de potentie van MAR wanneer de helft van het infiltratievolume wordt onttrokken. De hoeveelheid die redelijkerwijs zonder noemenswaardige nadelige kwantitatieve effecten kan worden onttrokken ligt in de orde grootte van 140 miljoen m³ per jaar, waarvan ongeveer de helft voor rekening komt van de Veluwe. Door de geringe effecten kan deze hoeveelheid van 140 miljoen m³ per jaar als een ondergrens worden gezien. In sommige gebieden is zeer waarschijnlijk meer mogelijk. Uiteraard zijn er een aantal belangrijke punten die veel meer aandacht verdienen wanneer voor een gebied de potentie van MAR nader wordt bepaald zoals:

- Beschikbaarheid van water voor infiltratie en transport van dit water richting de hoger gelegen infiltratieplassen, inclusief energiebehoefte hiervoor.
- Het ontwikkelen van infiltratieplassen vergt ruimte en dienen zo ingericht te worden dat ze in het landschap passen en een natuurfunctie kunnen vervullen.
- Beheer en onderhoud van infiltratieplassen.

Een extra belangrijk aandachtspunt is de kwaliteit van het te infiltreren water dat altijd een andere samenstelling heeft dan het ontvangende grondwater. Dit kan leiden tot ongewenste

verandering van de grondwaterkwaliteit, ook wel aangeduid als vergrijzing van het grondwater. Vergrijzing van het grondwater door kunstmatige infiltratie van water kan worden voorkomen door voorzuivering of het gebruik van schone bronnen (bijv. opgevangen kwelwater).

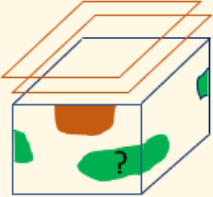
In deze studie is niet de potentie van ASR modelmatig verkend maar is wel een geschiktheidskaart voor ASR vanuit het COASTAR project gepresenteerd.

Bij elkaar opgeteld is de potentie van deze alternatieven in de ordegrootte van 300 à 400 miljoen m³ per jaar, wat overeenkomt met 25 à 30% van de huidige drinkwatervraag.

5 Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen

Component 2.
Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen

Beantwoorde vraag:
In welke gebieden zijn er mogelijke conflicten door verschillende functies in de ondergrond?



Rapport

- Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen (Zaadnoordijk et al., 2023)

Het bestaand en toekomstig ondergronds ruimtegebruik dat relevant is voor de Nationale Grondwater Reserves is in dit onderdeel geïnventariseerd aan de hand van de volgende activiteiten:

- Drinkwaterwinningen (inclusief beschermingsgebieden);
- Industriële winningen > 150 000 m³/jaar;
- Open Bodemenergiesystemen;
- Activiteiten op grond van de mijnbouwwet.

De verzamelde data zijn beschikbaar via de online viewers. Zie ook hoofdstuk 1.3.

De winningen van grondwater bestemd voor menselijke consumptie leggen via de beschermingsgebieden een beslag op de ondergrond dat geen ander gebruik toestaat. Toekomstige winningen hebben deels ook al een officiële beschermingsstatus via Aanvullende Strategische Voorraden (ASVs) die in provinciale verordeningen zijn vastgelegd. Voor de andere geïnventariseerde vormen van ondergronds ruimtegebruik is het ruimtebeslag minder hard en moeten keuzes gemaakt worden hoe deze meegewogen worden bij het afbakenen van ondergrondse ruimte voor NGRs. Dat geldt ook voor het toekomstig ondergronds ruimtegebruik. Behalve de ASVs geven de hiervoor vervaardigde kaarten mogelijke plekken waar ontwikkelingen verwacht mogen worden. Deze behoeven niet gebruikt te worden om NGRs uit te sluiten op de betreffende plekken, maar kunnen ook vertaald worden in gebieden die meer geschikt zijn voor andere activiteiten. Omgekeerd kunnen de gebieden die juist minder geschikt zijn voor andere activiteiten als eerste beschouwd worden voor een 'NGR-bestemming', omdat de kans kleiner is dat die bestemming in de toekomst tot conflicten leidt.

Bij de concrete toepassing van het geïnventariseerde ondergrondse ruimtebeslag zijn keuzes nodig hoe volumes bepaald worden bij verschillende soorten gebruik, welke volumes strijdig zijn met een NGR en welke een mindere geschiktheid voor een NGR geven. Welke keuzes hierbij gemaakt worden hangt af van bestuurlijke overwegingen. Hierover moeten expliciete besluiten genomen worden. In deze keuzes zal het Rijk ook sturen om, bij de inrichting van het land, het 'water en bodem sturend' te laten zijn (Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening, 2022).

Aanvullend aan deze inventarisatie wordt in het 'Advies begrenzing en bescherming' (Nijsten et al., 2024) gekeken naar de risico's en risicobeheersing gerelateerd aan andere activiteiten boven, onder, naast of in een NGR. NGRs kunnen aangetast worden door activiteiten / ontwikkelingen die de beschikbare hoeveelheid grondwater in een NGR beïnvloeden (=risico op aantasting NGR-volume) en activiteiten / ontwikkelingen die de kwaliteit van het grondwater in een NGR (kunnen) beïnvloeden (=risico op aantasting kwaliteit NGR). Naast de beschrijving van de risico's, wordt in dat advies ook een inschatting van die risico's gegeven en de manier waarop deze risico's kunnen worden beheerst of gemitigeerd en – indien dit niet mogelijk is – welke activiteiten onwenselijk zijn vanuit het oogpunt van de NGRs.

6 Aanbevelingen

De onderzoeken die zijn samengevat in dit synthese rapport hebben veel data en nieuwe kennis gegenereerd.

Wij adviseren, naast de aanbevelingen die in onderliggende rapporten gedeeld zijn, om:

- De data beschikbaar te stellen aan derden voor landelijke en regionale grondwater onderzoeken;
- De viewers de komende paar jaar operationeel te houden en te onderhouden;
- Actief onderdelen van het onderzoek te delen met andere organisaties, vooral in relatie tot de drinkwateropgave, de ruimtelijke ordening van de ondergrond, de energietransitie, de woningbouwopgave en klimaatadaptatie.

7 Begrippenlijst

ASR	Aquifer Storage Recovery
ASV	Aanvullende Strategische Voorraden; waar de provincies verantwoordelijk zijn voor het borgen van de bronnen voor de drinkwatervoorziening op de middellange termijn (2040)
c-waarde	Verticale weerstand
DGM	Digital Geologisch Model van Nederland. 3D-lagenmodel dat de ondergrond van Nederland tot ongeveer 500 meter onder NAP in blokken van 100 x 100 meter weergeeft
DGM-diep	Gestapeld rastermodel dat dertien geologische lagen bevat, variërend in ouderdom van Carboon tot Neogeen
DMB-front	Het front van door de mens beïnvloed grondwater
GeoTOP	3D-model dat de ondergrond tot maximaal 50 meter onder NAP in blokken (voxels) van 100 x 100 x 0,5 meter weergeeft
KD	Doorlaatvermogen is de doorlatendheid K maal de dikte D
LHM	Landelijk Hydrologische Model. De landelijke toepassing van het NHI (Nederlands Hydrologisch Instrumentarium)
LHM zoet zout	Landsdekkend zoet-zout grondwatermodel, gebaseerd op LHM versie 4.0. Dit model berekent op nationale schaal de stroming van zoet en zout grondwater, en is geschikt om landsdekkende verziltingsstudies mee uit te voeren.
MAR	Managed Aquifer Recharge
NGR	Nationale Grondwater Reserves
NHI	Nederlands Hydrologisch Instrumentarium
REGIS	Hydrogeologisch Model. 3D-lagenmodel dat de ondergrond van Nederland tot ongeveer 500 meter onder NAP in blokken van 100 x 100 meter weergeeft.
STRONG	Structuurvisie Ondergrond
VEWIN	Vereniging van drinkwaterbedrijven in Nederland
WVP	Watervoerend pakket
ZZ-grensvlak	zoet-zout of zoet-brak grensvlak

8 Referenties

De hele lijst aan referenties is te vinden in de onderliggende rapportages die samengevat zijn in dit document.

Buma, J.; Delsman, J.; Davids-op den Kelder, T.; Janssen, G. (2023). **3D-kartering van zoet en brak grondwater van natuurlijke kwaliteit: deelrapportage 1 van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves**. TNO 2023 R10885 en Deltares 1207846-002-BGS-0004.

Delsman, J.; van Dam, R. (2024). **Analyse winbaarheid – Kwantiteit: Deelrapportage 5a van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves**. Deltares rapport 11207846-002-BGS-0009.

De Louw, P.; Pouwels, J. (2023). **4D-kartering - invloed dynamiek grondwatersysteem - 2100 scenario's: Deelrapportage 3a van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserve**. Deltares rapport 11207846-002-BGS-0006.

De Louw, P.; America- van den Heuvel, I.; Knaake, B.; Melman, R. (2024). **Potentiële aanvullende grondwaterreserves: Deelrapportage 4 van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserve**. Deltares rapport 11207846-002-BGS-0012.

Gunnink, J.; van Vliet, M.; Zaadnoordijk, W.J. (2024). **Analyse winbaarheid – Kwaliteit: Deelrapportage 5b van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves**. TNO 2024 R10182 en Deltares rapport 11207846-002-BGS-0009.

Janssen, G.; Meeusen, R. (2024). **Invloed dynamiek grondwatersysteem op kartering Nationale Grondwater Reserves - Kwantitatieve uitwerking: deelrapportage 3b van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves**. Deltares rapport 11207846-002-BGS-0005.

Zaadnoordijk, W.J.; Hettelaar, J. (2023). **Inventarisatie huidige activiteiten en reserveringen: deelrapportage 2 van project 3D-kartering Nationale Grondwater Reserves**. TNO 2023 R10892 en Deltares 1207846-002-BGS-0005.

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

Deltares

www.deltares.nl