

# Vergunning onderbouwend geohydrologisch rapport

**Project "Overbrugging", Programma Berkheide. Definitief,  
versie 4  
Dunea**

12 december 2025 - Internal

## Contactpersoon



Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland

---

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Projectomschrijving	6
1.2	Doel onderzoek	8
1.3	Scenario's	9
1.3.1	Overbrugging zonder ASR (2025)	10
1.3.2	Overbrugging met ASR (2030)	12
1.3.3	Overige scenario's	14
1.4	Leeswijzer	14
<b>2</b>	<b>Geohydrologische situatie</b>	<b>15</b>
2.1	Bodemopbouw	15
2.2	Freatisch systeem	17
2.2.1	Freatische winning	17
2.3	Diepe watervoerende pakketten	18
2.3.1	Diepe onttrekkingen	18
2.4	Chlorideconcentratie	18
2.4.1	Zoet-brak grensvlak	19
<b>3</b>	<b>Omgevingsbelangen</b>	<b>20</b>
3.1	Bestaande onttrekkingen	20
3.2	Grondwaterverontreinigingen	22
3.3	Natuurgebieden	23
3.4	Bebouwing en infrastructuur	23
3.5	Archeologische waarden	24
<b>4</b>	<b>Uitgangspunten berekeningen</b>	<b>26</b>
4.1	Software	26
4.2	Modelbeschrijving	26
4.2.1	Modeldomein	26
4.2.2	Modelschematisatie	27
4.2.3	Randvoorwaarden	28
4.3	Controle model	28
4.3.1	Controle dataset	28
4.3.2	Resultaat controle	30

<b>5</b>	<b>Effecten op de omgeving</b>	<b>33</b>
5.1	Freatisch pakket	34
5.1.1	Overbrugging zonder ASR (2025)	34
5.1.2	Overbrugging met ASR (2030)	38
5.1.3	Mitigerende werking ASR tijdens overbrugging	42
5.1.4	Alternatieve inzet ASR bij overbrugging	44
5.2	Dieper gelegen watervoerende pakketten	46
5.2.1	Overbrugging zonder ASR (2025)	46
5.2.1.1	Stijghoogtes	46
5.2.1.2	Zoet-brak grensvlak	47
5.2.1.3	Zoete grondwatervoorraad	51
5.2.2	Overbrugging met ASR (2030)	52
5.2.2.1	Stijghoogtes	52
5.2.2.2	Zoet-brak grensvlak	54
5.2.2.3	Zoete grondwatervoorraad	58
5.3	Omgevingsbelangen	59
5.3.1	Bestaande onttrekkingen	59
5.3.2	Grondwaterverontreinigingen	59
5.3.3	Natuurgebieden	59
5.3.4	Bebouwing en infrastructuur	60
5.3.5	Archeologie waarden	60
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>62</b>
 <b>Bijlagen</b>		
	<b>Bijlage A Dwarsdoorsnede chlorideverdeling langs putten</b>	<b>63</b>
 <b>Colofon</b>		
		<b>82</b>



# 1 Inleiding

Dunea maakt drinkwater met behulp van de duinen door voorgezuiverd rivierwater uit de Maas en/of Lek aan te voeren en te infiltreren in de duinen. Deze infiltratie in de duinen maakt het water bacteriologisch schoon en draagt bij aan het versterken en beschermen van de grondwaterafhankelijke natuur in de duinen. Dunea ziet dat de beschikbaarheid van rivierwater als de bron van infiltratiewater in toenemende mate onder druk komt te staan door zaken die buiten de invloedssfeer van Dunea liggen. Een extreme droogte of een grote, langdurige verontreiniging kunnen er toe leiden dat Dunea noodgedwongen geen rivierwater kan innemen. Vanuit geldende wet- en regelgeving is Dunea echter verplicht om ten alle tijden voldoende drinkwater van goede kwaliteit te kunnen leveren. Ook wanneer er geen infiltratiewater beschikbaar is, zal de levering en daarmee productie van drinkwater dus door moeten gaan. Een onderbreking van de aanvoer van infiltratiewater kan gevolgen hebben voor de drinkwaterproductie en mogelijk ook voor de natuurwaarden binnen het duingebied Berkheide. Hoe langer een innamestop duurt, hoe groter de kans dat dit tot negatieve effecten zal leiden. Dunea heeft zich tot doel gesteld dat een innamestop van maximaal 3 maanden moet kunnen worden overbrugt, waarbij de levering van voldoende drinkwater gegarandeerd is. Voor productielocatie Katwijk en bijbehorend duingebied Berkheide heeft dit alles geresulteerd in het project Overbrugging Berkheide, wat voorziet in het realiseren van een systeem waarmee een overbrugging van 3 maanden kan worden bereikt.

Een overbrugging kan tot negatieve effecten leiden. Door een onderbreking van de rivierwateraanvoer kan het freatische systeem zwaar worden belast. Als de infiltratieplassen onvoldoende op peil kunnen worden gehouden, zal dat leiden tot het uitzakken van grondwaterstanden, met mogelijk gevolgen voor de drinkwaterproductie en natuurwaarden. Om de negatieve effecten van een overbrugging op het freatische systeem te mitigeren, is Dunea voornemens om een Aquifer Storage en Recovery (ASR)-systeem (zie onderstaand kader; Tabel 1-1) te realiseren in het wingebied Berkheide. Dit systeem zal bestaan uit een reeks diepe infiltratie- en onttrekkingsmiddelen, waarmee tijdens een overbrugging meer water uit het bestaande, diepe grondwatersysteem kan worden onttrokken. Na een overbrugging zal binnen 3 maanden de reguliere bedrijfsvoering weer worden opgepakt, met aansluitend een herstelperiode voor het diepe grondwatersysteem van circa 3 jaar. Via de diepe infiltratieputten zal tijdens de herstelperiode minimaal dezelfde hoeveelheid water als tijdens de overbrugging uit het ASR-systeem is gewonnen, weer worden aangevuld. Met dit systeem kan het leveringsgebied Noord gedurende een langdurige onderbreking van de aanvoer van rivierwater van voldoende drinkwater worden voorzien, terwijl de belasting op het freatische systeem en daarmee de natuur, beperkt wordt. In paragraaf 1.1 is het beoogde ASR-systeem nader beschreven.

Voorliggend geohydrologisch rapport heeft betrekking op het project 'Overbrugging Berkheide' en de vergunning onderbouwende rapportage waarin de geohydrologische effecten worden beschreven van de inzet van een ASR-systeem in Berkheide tijdens een maximale overbruggingsperiode van 3 maanden. Het invullen van een overbrugging door middel van een ASR-systeem is een zeer specifieke inzet van de mogelijke bedrijfsvoering van een ASR-systeem. Daar waar gesproken wordt over effecten gerelateerd aan een 'ASR' of 'ASR-systeem' wordt in voorliggende studie specifiek en alleen deze inzet van het systeem bedoeld. Hoewel voor deze specifieke bedrijfsvoerings situatie van het beoogde ASR-systeem de term 'Overbruggingssysteem' binnen Dunea ook wordt gehanteerd, is er voor de leesbaarheid en herkenbaarheid van binnen het werkveld gebruikte termen in deze rapportage gekozen om de term 'ASR' te blijven gebruiken.

De effecten zijn berekend met het grondwatermodel van Dunea. Daarmee is bepaald wat de effecten zijn op de grondwaterstand en stijghoogten in de omgeving en de effecten op het zoet/brak grensvlak. Hierbij is uitgegaan van de toekomstige situatie in 2030 (na realisatie ASR), en is een vergelijking gemaakt met de huidige situatie in 2025 (ten tijde van de vergunningaanvraag).

Het ontwerp van dit ASR-systeem wordt door Dunea opgesteld, waarbij wordt uitgegaan van eerdere geohydrologische onderzoeken die door Arcadis in opdracht van Dunea zijn uitgevoerd (Arcadis, 2020; Arcadis 2021). Om het ontwerp van het ASR-systeem definitief te kunnen afronden en om inzicht te krijgen in de (hydrologische) effecten van het ontworpen ASR-systeem zijn een aantal aanvullende modelberekeningen uitgevoerd en zijn de (omgevings)effecten van de inzet van het ASR-systeem tijdens een overbrugging nader beschreven.

Tabel 1-1 | Toelichting definities, zoals gehanteerd in de voorliggende effectenstudie

Definitie	Toelichting
ASR-systeem	Ondergrondse waterberging (Engels: Aquifer Storage Recovery-systeem, ofwel ASR): het infiltreren en opslaan van kwalitatief goed water in een watervoerend pakket (aquifer), met als doel om dit later te onttrekken. Specifiek voor deze studie: de inzet van een ASR-systeem tijdens het overbruggen van een periode waarin geen inname van rivierwater mogelijk is.
Overbruggingssysteem	Een door Dunea gehanteerde term om de specifieke inzet van een ASR-systeem tijdens het overbruggen van een periode waarin geen inname van rivierwater mogelijk is.
Zoet-brak grensvlak	Het zoet-brak grensvlak is een conceptueel grensvlak tussen zoet en brak grondwater in de ondergrond. Het zoet-brak grensvlak is in dit rapport gedefinieerd op 150 mg Cl L <sup>-1</sup> , de grenswaarde die gehanteerd wordt door Dunea voor zuivering van grondwater. Voor verdere beschrijving van dit conceptuele grensvlak, zie 2.4.1
Brak-zout grensvlak	Het brak-zout grensvlak is een conceptueel grensvlak tussen brak en zout grondwater in de ondergrond. Het brak-zout grensvlak is in dit rapport gedefinieerd op 1000 mg Cl L <sup>-1</sup> . Voor verdere beschrijving van dit conceptuele grensvlak, zie 2.4.1
Operationele reserve	De extra operationele wincapaciteit die, boven op de maatgevende productiecapaciteit, direct beschikbaar is om pieken in de drinkwatervraag, storingen of incidenten op te kunnen vangen.
Verhang	Ten gevolge van een onttrekking ontstaat een convexe "intrekkegel", een kegelvorm waarbinnen grondwater stroomt richting de onttrekking. Het verschil in verlaging in de grondwaterstand binnen deze kegel vormt het verhang. Hoe groter het verhang, hoe groter de grondwaterstroming. Deze grondwaterstroming kan freatisch optreden, of in diepere pakketten.

Omdat veel van de beoogde werkzaamheden voor de Overbrugging Berkheide binnen het werkgebied van Programma Berkheide vallen is de realisatie van het overbruggingssysteem binnen het Programma opgenomen. Het maakt echter geen onderdeel uit van de beoogde doelstellingen van het Programma.

Programma Berkheide richt zich op het integraal realiseren van de opgaven voor freatische capaciteitsuitbreiding, renovatie en natuurherstel in het gebied. De doelstellingen van het Programma zijn:

1. Freatische capaciteitsuitbreiding met 7,1 miljoen m<sup>3</sup> voor 2030 om de maximale capaciteit van 32,1 miljoen m<sup>3</sup> te kunnen winnen, waar mogelijk in samenhang met de opgave voor renovatie;
2. Natuurherstelmaatregelen waarmee boven op de wettelijke verplichte mitigatie/compensatie natuurwinst wordt geboekt in Berkheide;
3. Renovatie en instandhouding van het bestaande oppervlakteinfiltratiesysteem in Berkheide, zodat tot en met 2040 de leveringszekerheid geborgd blijft;

## 1.1 Projectomschrijving

Het project 'Overbrugging Berkheide' heeft als voornaamste doel de negatieve natuureffecten die tijdens een overbrugging van 3 maanden zullen optreden, te mitigeren. Door het realiseren van een ASR-systeem kan dit doel worden bereikt, terwijl daarnaast het overbruggingsvermogen van 3 maanden kan worden gerealiseerd. Op dit moment bedraagt het berekende overbruggingsvermogen van Berkheide maximaal 10 weken. Een volledige innamestop van 3 maanden is zeer extreem en uitzonderlijk. Dit is een situatie die nog niet eerder is voorgekomen. De langstdurende innamestop van de afgelopen 25 jaar met een volledige onderbreking van de inname van rivierwater heeft circa 1 week geduurd. Daarmee is een innamestop van 3 maanden, inclusief de bijbehorende effecten, zeer extreem maar wel als uitgangspunt voor deze studie aangehouden.

Het beoogde ASR-systeem bestaat uit een uitbreiding van het reeds bestaande en vergunde diepinfiltratiesysteem in Berkheide (Figuur 1-1). Het huidige diepinfiltratiesysteem bestaat uit een reeks diepe onttrekkingsputten en HOBOS (Horizontale Boringen), die rondom een centrale serie infiltratieputten staan, welke gesitueerd zijn in de zuidelijke helft van het wingebied Berkheide en wat zal worden uitgebreid met 12 infiltratieputten en 12 onttrekkingsputten. De verwachting is dat de inzet van dit systeem tijdens een overbrugging invloed zal hebben op de (dieper gelegen) zoet-brak en brak-zout grensvlakken.

In de huidige situatie, zoals deze in 2025 is, zal de drinkwaterproductie tijdens een overbrugging alleen kunnen worden geleverd door het freatische systeem maximaal in te zetten. Doordat er geen infiltratie plaatsvindt, zal de capaciteit van het freatische systeem afnemen en grondwaterstanden sterk dalen. Wanneer het freatische systeem niet meer voldoende kan leveren om aan de drinkwatervraag te voldoen, zullen de diepe winningen bijgeschakelen om voldoende drinkwaterproductie te realiseren.

Voor de toekomstige situatie, zoals deze is voorzien in 2030 met het ASR-systeem, zal de drinkwatervraag tijdens een overbrugging anders worden ingevuld. Tijdens een overbrugging wordt direct op maximale capaciteit zoet grondwater uit het ASR-systeem onttrokken, dus uit het diepe grondwater. De drinkwaterproductie komt daarmee voor het grootste deel uit het ASR-systeem, de resterende productie komt vanuit het freatische winsysteem. Met deze verdeling wordt het freatische systeem significant minder ingezet voor de drinkwaterproductie. De benodigde productieaanvulling vanuit het freatische systeem is echter lager dan het minimale veilige productielimiet. Hierdoor zal er meer water uit het freatische winsysteem worden onttrokken dan nodig is voor de drinkwaterproductie. Het deel freatisch onttrokken water wat niet voor de drinkwaterproductie kan worden gebruikt, wordt via een nieuw te realiseren recirculatiesysteem op de bestaande infiltratieplassen gerecirculeerd en daarmee dus weer geïnfiltreerd. Deze recirculatie bestaat enkel uit freatisch water.

Binnen deze studie is uitgegaan dat de winning uit het freatische systeem tijdens een overbrugging ongewijzigd doorgaat en tijdens een overbrugging niet zal worden geminimaliseerd. Hoewel deze aanpak tot grotere effecten en invloedgebied leidt, is dit een bewuste keuze geweest om de maximaal te verwachten freatische effecten van een overbrugging in beeld te krijgen. In praktijk is het aannemelijker dat bij de start van een overbrugging het freatische systeem zal worden bijgestuurd om de belasting van het freatische systeem, bijbehorende effecten en hoeveelheid recirculatiewater, te beperken.

Met deze aanpak blijft de levering geborgd, maar kan door de grotere belasting van het diepe grondwatersysteem ook het zoet-brak grensvlak en brak-zout grensvlak (zie Tabel 1-1) omhoog worden getrokken en zal de totale zoete grondwatervoorraad afnemen.

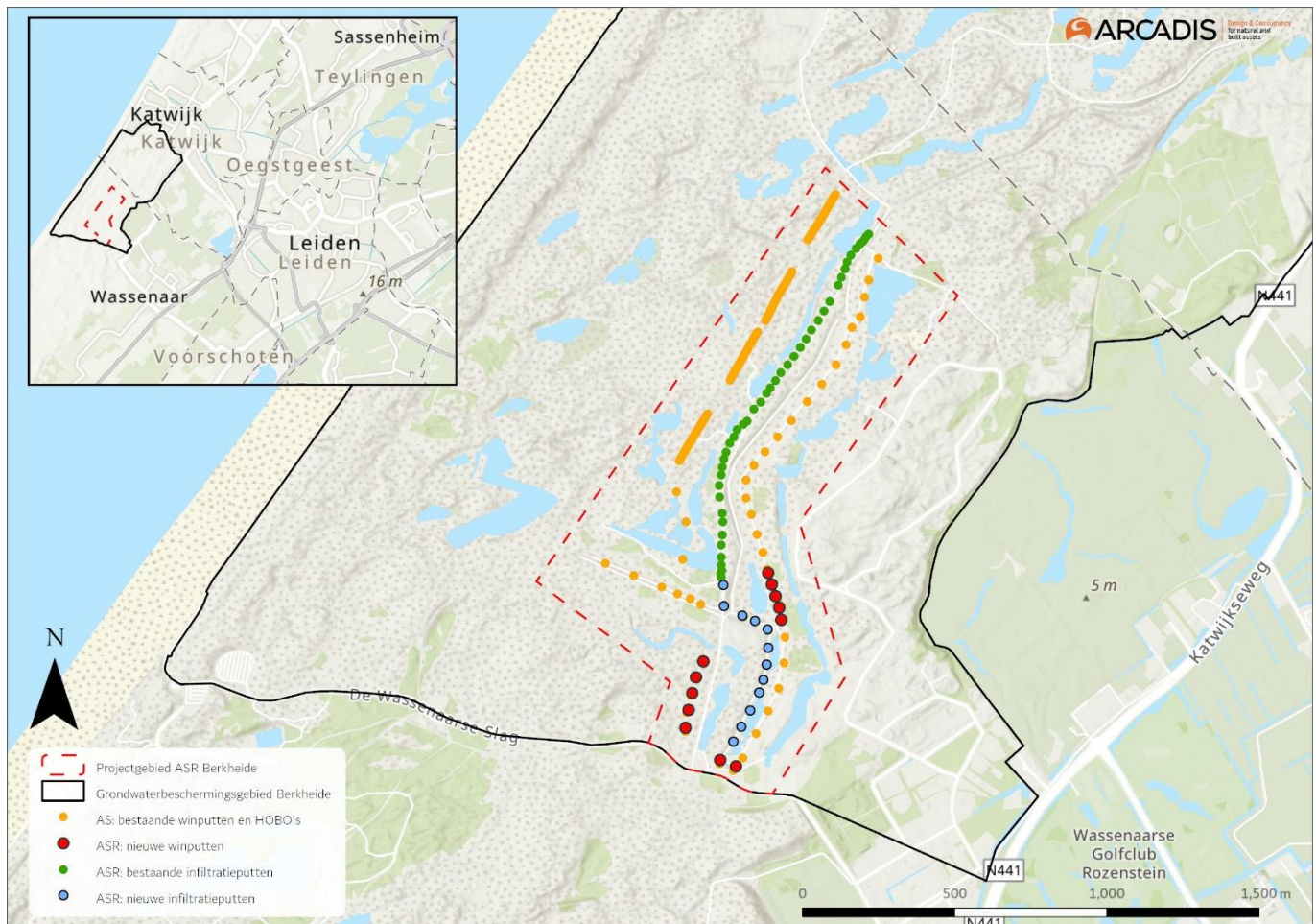
Om de aanwezige zoete grondwatervoorraad en de positie van het zoet-brak grensvlak te kunnen herstellen, zal na afloop van een overbrugging via de infiltratieputten van het ASR-systeem water in het diepe pakket worden geïnfiltreerd. Voor deze infiltratie zal drinkwater worden gebruikt. Het herstellen van het diepe zoet grondwatervolume met drinkwater zal extra drinkwaterproductie vragen voor de herstelperiode na een overbrugging. Hiervoor zal de operationele reserve worden benut, welke in 2030 in lijn zal zijn met de landelijk gehanteerde richtlijn van 10% van de maatgevende productiecapaciteit.

In de uitgevoerde modelberekeningen is uitgegaan van een duur van 3 jaar voor de herstelperiode, inclusief de veronderstelling dat gedurende deze 3 jaar er continue infiltratie kan plaatsvinden. Deze aannames zijn uitsluitend gehanteerd voor de berekeningen. De daadwerkelijke duur van de herstelperiode of het daaraan gerelateerde infiltratiedebiet kunnen, afhankelijk van omstandigheden, afwijken van deze aanname. Het is namelijk goed mogelijk dat gedurende de herstelperiode de operationele reserve moet worden ingezet om bijvoorbeeld onvoorziene pieken in de drinkwatervraag op te kunnen vangen, waardoor deze capaciteit tijdelijk niet beschikbaar is als bron voor infiltratiewater. Dunea streeft ernaar om in 3 jaar na eind van een overbrugging het zoet grondwatervolume en het zoet-brak grensvlak hersteld te hebben.

De uitvoering van dit project, met als focus de realisatie van het ASR-systeem, zal naar verwachting 3 werkseizoenen in beslag nemen, gepland van 2026/2017 tot en met 2028/2029. Hiermee heeft de beoogde uitvoering overlap met lopende projecten binnen Programma Berkheide.

Naar verwachting is het ASR-systeem eind werkseizoen 2028/2029 gereed, waardoor er nog een periode van enkele maanden tot 2030 is voordat de operationele reserve in overeenstemming is met de landelijke richtlijn van 10%. Om deze reden wordt als uitgangspunt gehanteerd dat het ASR-systeem inzetbaar zal zijn vanaf 2030. Met de realisatie van een ASR-systeem zal het freatische systeem tijdens een overbrugging minder zwaar belast worden. Daarnaast zal de waterinfrastructuur van Dunea significant worden geoptimaliseerd en zal de capaciteit en mogelijkheid voor het overbruggen van rivier-innamestops aanzienlijk worden verbeterd, wat zal bijdragen aan de leveringszekerheid van de drinkwatervoorziening op de lange termijn.





**Figuur 1-1 | Beoogd ASR-systeem in Berkheide.** Het systeem bestaat uit een reeks onttrekkingsputten en -HOB's (bestaand: oranje, nieuw: rood), die rondom een (centrale) serie infiltratieputten staan (bestaand: groen, nieuw: licht blauw).

## 1.2 Doel onderzoek

Het doel van het realiseren en het in gebruik nemen van het ASR-systeem is:

- Het minimaliseren van (negatieve) effecten in het freatische systeem en de impact op grondwatergevoelige natuurbelangen tijdens een overbruggingsperiode van 3 maanden t.o.v. de huidige situatie (zonder ASR-systeem).
- Het in stand houden of vormen van een voldoende diepe zoete grondwatervoorraad om deze te kunnen gebruiken ten tijde van een overbruggingsperiode van maximaal 3 maanden en de daarop volgende herstelperiode;

Samenvattend is het doel om te komen tot een vergunbaar (hydrologisch) ontwerp van het ASR-systeem in het duingebied Berkheide, waarmee de negatieve effecten van een overbrugging deels worden gemitigeerd en Dunea kan blijven voldoen aan haar wettelijke verplichting om gedurende een rivierwater innamestop het leveringsgebied Noord gedurende 3 maanden van voldoende drinkwater kan blijven voorzien. De uitvoering van het project 'Overbrugging' valt onder het Programma Berkheide en zal niet eerder dan 2030 in gebruik genomen worden. Voor de vergunningsaanvraag wordt uitgegaan van de situatie zoals die in 2025 is, inclusief de wijzigingen zoals deze binnen Programma Berkheide zijn gerealiseerd of in aanvraag zijn.

Ten behoeve van het bovengenoemde doel richt de voorliggende studie zich op het inzicht geven in de (geohydrologische) effecten van het ASR-systeem. Het dient ook als een vergunning onderbouwende rapportage.

De beschrijving van de (geohydrologische) effecten zijn in twee delen uiteengezet: (1) kwantificeren van de invloed van een overbrugging op de omgeving zonder ASR-systeem; (2) kwantificeren van de mitigerende werking van de

inzet van het ASR-systeem tijdens een overbrugging, op de omgeving. Om het concreet te maken zijn deze aspecten vertaald naar de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de effecten van een overbrugging op de omgeving en de zoete grondwatervoorraad in Berkheide, zonder inzet van het ASR-systeem?
2. Welk (mitigerend) effect heeft de inzet van het ASR-systeem op de omgeving en de zoete grondwatervoorraad in Berkheide tijdens een overbrugging en de daaropvolgende herstelperiode?

## 1.3 Scenario's

Om de effecten van een overbrugging zonder en mét ASR-systeem te onderzoeken, zijn modelberekeningen nodig. De invloed van de inzet van het ASR-systeem op de grondwaterstanden, stijghoogten, infiltratie- en onttrekkingsdebieten, zoet-brak grensvlak en (omgevings)belangen worden gemodelleerd met scenarioberekeningen in een grondwatermodel. Voor een beschrijving van het model, zie hoofdstuk 4. De met het model berekende omgevingseffecten zijn te vinden in hoofdstuk 5.

De scenarioberekeningen zijn opgebouwd uit drie fases: **a**, **b** en **c**. Dit zijn opeenvolgende modelberekeningen behorende bij verschillende situaties: grondwaterstanden, stijghoogtes en chlorideverdeling in het grondwatersysteem ten einde van fase **a** vormt de input voor fases **b**, de output van fase **b** vormt de input voor fase **c**.

- Fase **a**: Langdurige onderbreking rivierwateraanvoer (3 maanden) + herstel freatische winning (3 maanden)
- Fase **b**: Herstel zoet grondwatervolume
- Fase **c**: Reguliere bedrijfsvoering

Deze rapportage is bedoeld om inzicht te geven in de invloed van het beoogde ASR-systeem op de omgeving tijdens een overbruggingssituatie, in vergelijking met de referentiesituatie. Hierin zijn de volgende werkzaamheden t.a.v. het model uitgevoerd:

- Basismodel: controle van het bestaande (basis)model voor de periode 2010 - 2018, vóór start programma Berkheide (na start programma Berkheide vinden veranderingen plaats in de winningen en plassen plaats in de tijd, wat een complexer beeld geeft).
- Voor dit project is het basismodel geoptimaliseerd:
  - Optimalisatie parameterwaarden op basis van de meest recente kennis en aanpassingen zoals deze in het Triwaco-model door RHDHV zijn geïmplementeerd (verbreiding kleilagen en parameterwaarden, etc.) Hierbij zijn ook alle voortschrijdende inzichten uit de tot nu toe voor Programma Berkheide opgestelde vergunning onderbouwende modelrapportages meegenomen;
  - Controle geschiktheid model (afwijkingen) op basis van gemiddelde stijghoogten uit de periode 2010 tot 2019 (vóór start Programma Berkheide – zie scenario beschrijving). Hierbij zijn (ten minste) dezelfde peilbuizen gebruikt als in het Triwaco-grondwatermodel dat gebruikt wordt voor vergunningsaanvragen van het ondiepe winsysteem binnen het Programma Berkheide.

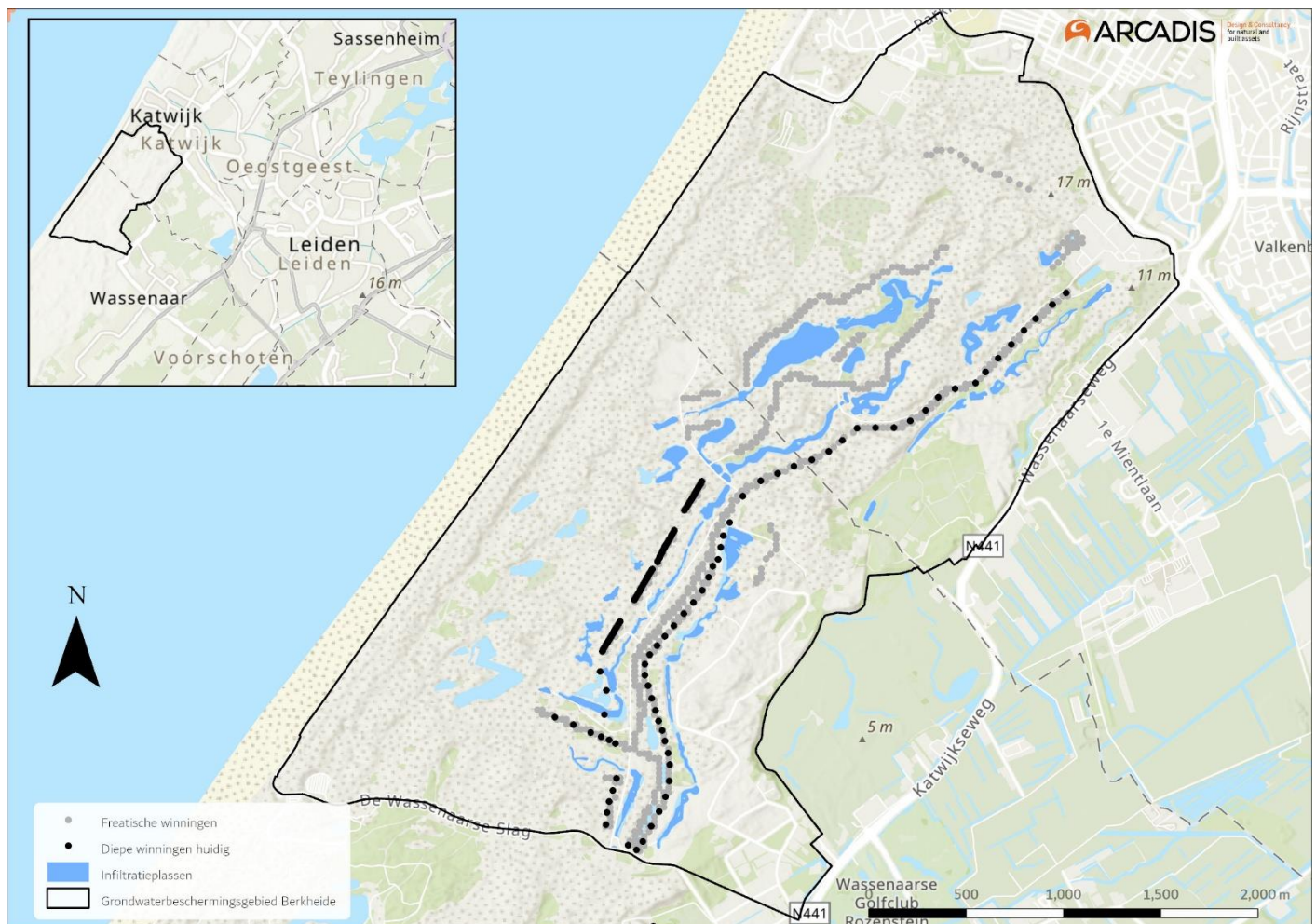
Scenarioberekeningen van de referentiesituatie (paragraaf 1.3.1) en het ontwerp (paragraaf 1.3.2) waarin direct een langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer van 3 maanden plaatsvindt (zie respectievelijk

- Tabel 1-2 en Tabel 1-3). Na het herstel van de rivierwateraanvoer volgt eerst een periode van 3 maanden die gericht is op het herstel van de freatische winning, daarna volgt een periode van 3 jaar die gericht is op het herstel van zoete grondwatervoorraad. In Figuur 1-3 en Figuur 1-5 is een overzicht van de fasering (overbrugging, herstel zoet-brak grensvlak, en instandhouding zoet-brak grensvlak) van respectievelijk het referentiescenario “Overbrugging zonder ASR (2025)” en het ontwerpscenario “Overbrugging met ASR (2030)” weergegeven in de tijd.



### 1.3.1 Overbrugging zonder ASR (2025)

In dit scenario worden de effecten van een overbrugging in de huidige situatie bepaald met modelberekeningen. Dit is het referentiescenario. Dit scenario is gebaseerd op de situatie zoals deze tijdens de vergunningsaanvraag in Berkheide is, inclusief de wijzigingen zoals deze binnen Programma Berkheide zijn vergund of in aanvraag zijn. Dit betreft de wijzigingen bij winning 6.2, winning 10 en winning 4 als ook de (toekomstige) wijzigingen van winning 8, winning 6.1/6.3 en winning 3 die op dit moment (werkseizoen 2024-2025) worden uitgevoerd en waar vergunning voor is aangevraagd. Een overzicht van de actieve winningen tijdens een overbrugging zonder ASR is weergegeven in Figuur 1-2. Alle wijzigingen zijn overgenomen uit de geohydrologische rapportages van de desbetreffende vergunningaanvragen.



Figuur 1-2 | Actieve winningen tijdens een overbrugging zonder ASR systeem

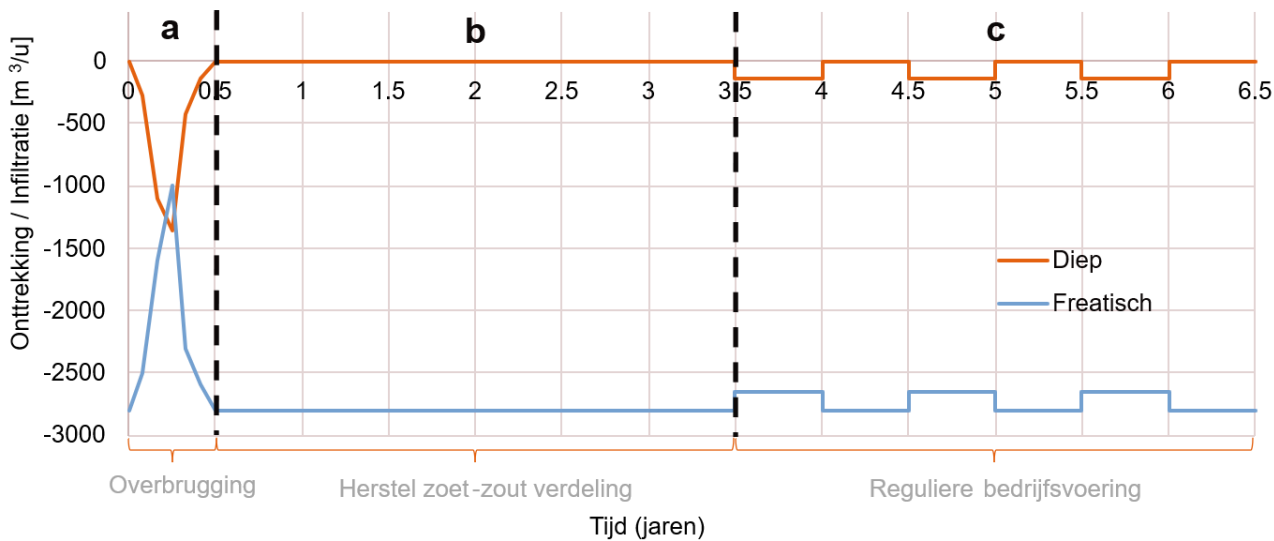
Zoals ook in de vorige paragraaf besproken, bestaat een scenario uit drie opeenvolgende fases (a, b en c). De fases worden gekenmerkt door een verandering in randvoorwaarden (bijv. inzet diepe winningen, onderbreking rivierwateraanvoer, etc.) met een bepaald doel. De fasering van dit scenario wordt in detail behandeld in

Tabel 1-2 en in Figuur 1-3.



Tabel 1-2 | Fasering referentiescenario: “Overbrugging zonder ASR (2025)”

Fasering	Beschrijving	Tijdsduur
<b>a. Langdurige onderbreking rivierwateraanvoer (3 maanden) + herstel freatische winning (3 maanden)</b>	<b>Doel:</b> Voldoende drinkwater leveren tijdens overbrugging <ul style="list-style-type: none"><li>Bij aanvang is de rivierwateraanvoer 3 maanden (90 dagen) onderbroken. Gedurende deze periode continueert de freatische winning (zo lang mogelijk) met hetzelfde debiet (2800 m³/u) als in een gemiddelde reguliere bedrijfsvoerings situatie.</li><li>Wanneer de freatische winning niet meer aan de vraag kan voldoen (2800 m³/u), zal deze worden aangevuld door de inzet van diepe winputten. De maximale bestaande diepe wincapaciteit bedraagt 1365 m³/u.</li><li>Na 3 maanden wordt de rivierwateraanvoer hervat, kan de freatische winning herstellen en wordt de reguliere bedrijfsvoering hervat. Tijdens deze periode wordt alleen nog diep grondwater onttrokken om freatische productietekorten op te vangen. De totale hersteltijd van de freatische winning is 3 maanden.</li></ul>	6 maanden
<b>b. Herstel zoet-brak grensvlak</b>	<b>Doel:</b> Herstellen volume zoet diep grondwater en zoet-brak grensvlak na de overbrugging <ul style="list-style-type: none"><li>Na fase a verschuift de focus naar het herstel van het zoet-brak grensvlak en zoet diep grondwatervolume.</li><li>In deze fase is het freatisch win- en infiltratiesysteem in regulier bedrijf.</li><li>In deze fase vindt geen diepinfiltratie plaats (geen ASR).</li><li>In deze fase vindt geen diepe winning plaats.</li></ul>	3 jaar
<b>c. Reguliere bedrijfsvoering</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Na fase b gaat de winning terug op de reguliere bedrijfsvoering.</li><li>In deze fase vindt geen diepinfiltratie plaats (geen ASR).</li><li>Diepe winning (600,000 m³ per jaar) vindt plaats via alle series (net als in de huidige situatie)</li><li>Door de seizoensgebonden wisselwerking tussen het freatische en diepe systeem in de reguliere bedrijfsvoering zijn er gedurende deze periode toe- en afnames te zien in de onttrokken debieten uit het diepe en freatische systeem.</li></ul>	3 jaar

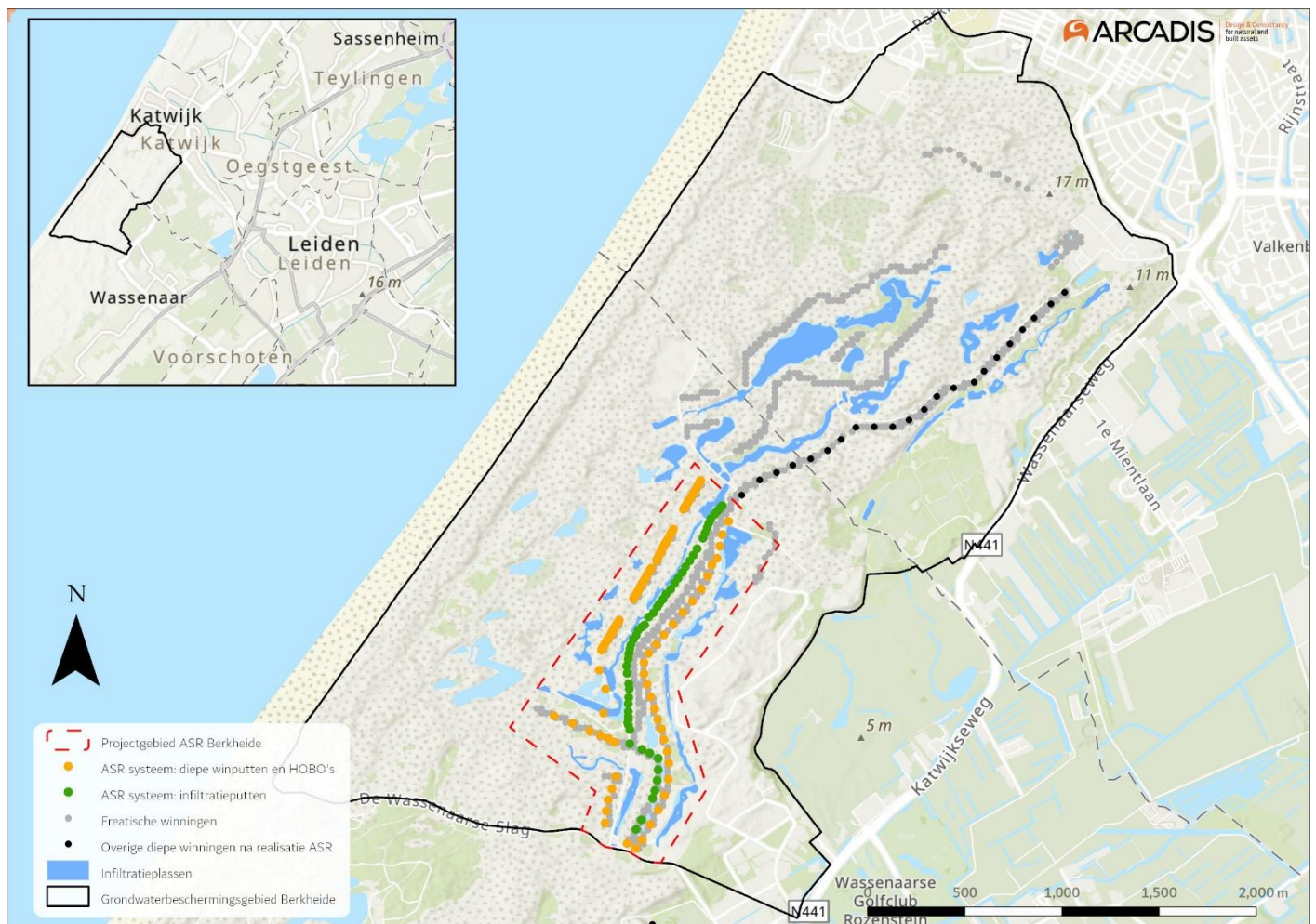


Figuur 1-3 | Overzicht van de fasering binnen het referentiescenario (“Huidige situatie (2025)”). Onttrekking is negatief, infiltratie is positief op de verticale as.

### 1.3.2 Overbrugging met ASR (2030)

Dit scenario heeft als doel om inzicht te krijgen in het mitigerende effect van de inzet van het ASR-systeem tijdens een overbrugging. Het ASR-systeem wordt tijdens een onderbreking van de rivierwateraanvoer (overbrugging) ingezet om: (1) de freatische winningen ontlasten door over te schakelen op de diepe winningen; (2) om de drinkwaterlevering te behouden. Een overzicht van de actieve winningen tijdens een overbrugging met ASR is weergegeven in Figuur 1-4.

Dit scenario is gebaseerd op de situatie zoals deze tijdens de vergunningsaanvraag in Berkheide is. Dit is hetzelfde als de "situatie 2025" maar dan met de realisatie van een ASR-systeem. De resultaten van de berekeningen zijn gebruikt om de effecten van het in gebruik nemen van het ASR-systeem tijdens een overbruggingsperiode van 3 maanden (ontwerp) te bepalen ten opzichte van de huidige situatie (zonder ASR).

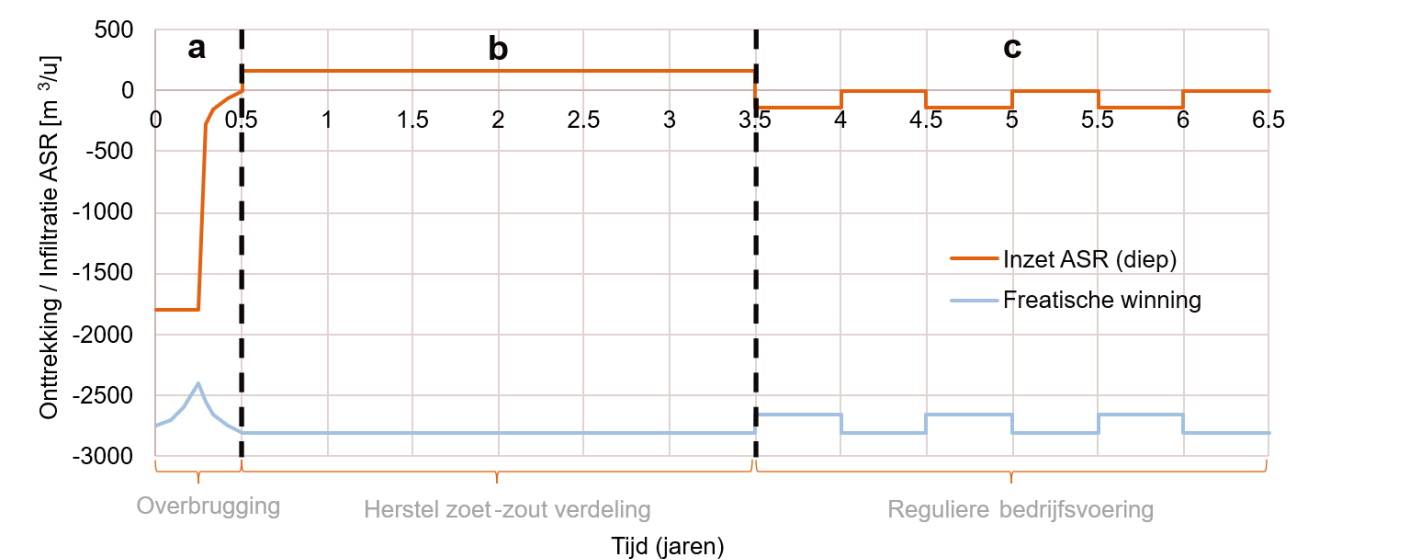


**Figuur 1-4 | Actieve winningen tijdens een overbrugging met ASR-systeem. Het beoogde ASR-systeem bestaat uit diepe winningen en diepe infiltratieputten. De overige winningen zijn weergegeven in grijs.**

Zoals ook in de vorige paragraaf besproken, bestaat een scenario uit drie opeenvolgende fases (a, b en c). De fases worden gekenmerkt door een verandering in randvoorwaarden (bijv. inzet diepe winningen, onderbreking rivierwateraanvoer, etc.) met een bepaald doel. De fasering van dit scenario wordt in detail behandeld in Tabel 1-3 en Figuur 1-5.

Tabel 1-3 | Fasering scenario: “Overbrugging met ASR (2030)”

Fasering	Beschrijving	Tijdsduur
<b>a. Langdurige onderbreking rivier-wateraanvoer (3 maanden) + herstel freatische winning (3 maanden)</b>	<b>Doel:</b> voldoende drinkwater leveren tijdens overbrugging en mitigatie omgevingseffecten <ul style="list-style-type: none"><li>Bij aanvang is de rivierwateraanvoer 3 maanden (90 dagen) onderbroken. Gedurende deze periode draait het ASR-systeem op volle capaciteit (1800 m³/u). De overige 1000 m³/u van de benodigde 2800 m³/u wordt vanuit het freatische systeem aangevuld.</li><li>De inzet van het freatische systeem loopt in deze periode van 2800 m³/u terug naar ca. 2400 m³/u, waarna het weer toeneemt tot 2800 m³/u.</li><li>Het teveel aan gewonnen water ten opzichte van de levering (2800 m³/u) wordt evenredig gecirculeerd op de infiltratieplassen.</li><li>Na 3 maanden wordt de rivierwateraanvoer hervat, kan de freatische winning herstellen en wordt de reguliere bedrijfsvoering hervat. Tijdens deze periode wordt alleen nog diep grondwater onttrokken om freatische productietekorten op te vangen. De totale hersteltijd van de freatische winning is 3 maanden.</li></ul>	6 maanden
<b>b. Herstel zoet-brak grensvlak</b>	<b>Doel:</b> Herstellen volume zoet diep grondwater en zoet-brak grensvlak na de overbrugging <ul style="list-style-type: none"><li>Na fase a verschuift de focus naar het herstel van het zoet-brak grensvlak en zoet diep grondwatervolume.</li><li>In deze fase is het freatisch win- en infiltratiesysteem in regulier bedrijf.</li><li>Over een periode van 3 jaar wordt continue 162,5 m³/u geïnfiltreerd (debiet is bepaald o.b.v. volume diep onttrokken water tijdens een overbrugging)</li><li>In deze fase vindt geen diepe winning plaats.</li></ul>	3 jaar
<b>c. Reguliere bedrijfsvoering</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Na fase b gaat de winning terug op de reguliere bedrijfsvoering.</li><li>In deze fase vindt geen infiltratie plaats.</li><li>Diepe winning (600,000 m³ per jaar) vindt plaats via alle series (net als in de huidige situatie).</li><li>Door de seizoensgebonden wisselwerking tussen het freatische en diepe systeem in de reguliere bedrijfsvoering zijn er gedurende deze periode toegenomen afnames te zien in de onttrokken debieten uit het diepe en freatische systeem.</li></ul>	3 jaar



Figuur 1-5 | Overzicht van de fasering binnen ontwerpscenario met ASR (2030). De inzet van het ASR-systeem is diep (infiltratie of onttrekking). Onttrekking is negatief, infiltratie is positief op de verticale as.

### 1.3.3 Overige scenario's

Naast de hierboven beschreven scenario's, zijn ook een aantal aanvullende scenario's doorgerekend. Deze aanvullende scenario's zijn doorgerekend om een vollediger beeld van de effecten op de omgeving te kunnen geven. Alleen de (meest) relevante of onderscheidende resultaten van deze scenario's zijn opgenomen in het rapport.

- **Situatie 2019 (voor start Programma Berkheide):** Dit scenario is representatief voor de situatie voor start van het Programma Berkheide. Deze berekening is het resultaat van de aanvullende modelkalibratie (optimalisatie) zoals beschreven in hoofdstuk 4. De resultaten van de berekeningen dienen als referentie om de cumulatieve effecten van het in gebruik nemen van het ASR-systeem samen met de overige aanpassingen in Programma Berkheide te bepalen.
- **Alternatieve inzet ASR (na 2030)**  
De effecten zoals berekend in het ontwerp zijn worst-case in die zin dat uitgegaan wordt van het optreden van een Overbruggingssituatie zodra het ASR-systeem operationeel is. In de praktijk is het zeer onwaarschijnlijk dat er direct na realisatie een overbrugging zal optreden. Er zal daarmee eerst een periode zijn waarbij het mogelijk is om met het ASR-systeem te infiltreren in het diepe watervoerende pakket waarmee een extra voorraad van zoet grondwater kan worden opgebouwd.

Dit scenario geeft inzicht in een alternatieve inzet van het beoogde ASR-systeem. Daarbij wordt door middel van het ASR-systeem de diepe zoete grondwatervoorraad eerst aangevuld (en/of in stand gehouden) en dan pas gebruikt (netto nul effect). Hierbij is als functionele eis opgenomen dat de infiltratiedebieten zodanig geoptimaliseerd worden dat de zoete grondwatervoorraad niet meer wordt aangevuld dan nodig is voor een overbruggingsperiode van 3 maanden en de instandhouding, indien nodig, uitsluitend dient ter compensatie van eventuele verliezen (afstroming) naar de omgeving.

## 1.4 Leeswijzer

In de voorgaande paragraaf zijn het beoogde ASR-systeem (paragraaf 1.1), samen met de modelscenario's toegelicht. Deze modelscenario's dienen voor de beantwoording van de onderzoeksvragen in paragraaf 1.2. In de hierop volgende hoofdstukken zijn de geohydrologische situatie (hoofdstuk 2), en omgevingsbelangen (hoofdstuk 3) toegelicht. De uitgangspunten voor de berekeningen en een modelbeschrijving zijn weergegeven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de resultaten besproken en wordt uitgelegd wat het effect van het ASR-systeem in Berkheide is op de omgeving. Als laatste is in hoofdstuk 6 de eindconclusie beschreven op basis van de onderzoeksvragen.

## 2 Geohydrologische situatie

In dit hoofdstuk is de (geo)hydrologische situatie nabij het ASR-systeem in Berkheide beschreven.






### 2.1 Bodemopbouw

Het maaiveld rondom het ASR-systeem varieert van 1 tot 20 m boven NAP. De typische bodemopbouw ter plaatse van het ASR-systeem is weergegeven in Tabel 2-1. Dit is de bodemopbouw zoals deze in het geologisch model van Dunea (DZH. 2003), GeoTOP v1.5 en REGIS II v2.2 is geschematiseerd, aangevuld met opgedane kennis binnen programma Berkheide. Voor dit project heeft een kennisuitwisselingsoverleg plaatsgevonden met RHDHV, waarna schematisatie van de bodemopbouw in Berkheide is bijgewerkt. De eerste kolom van beide tabellen bevat kleurcodes, die de lithologie van de laag aanduidt. De betekenis van iedere kleur is weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-1 | Typische bodemopbouw tot ca. -150 m NAP ter plaatse van het ASR-systeem

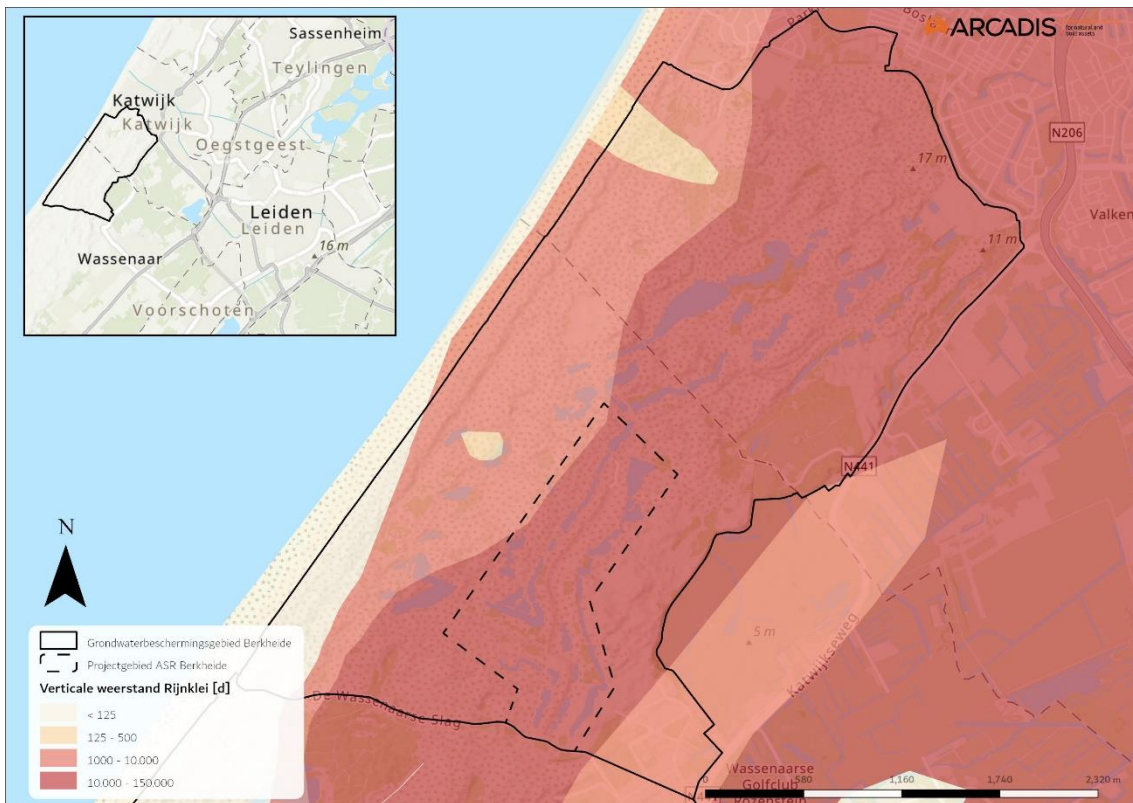
Diepte (m NAP)	Geologische formatie(s)	Samenstelling
20 tot 0	Holoceen complex (HLc)	fijn tot zeer grof zand
0 tot -3	Formatie van Naaldwijk (NA - Rijnklei)	compacte klei (zeer hoge weerstand)
-3 tot -16	Formatie van Naaldwijk	matig tot zeer grof zand
-16 tot -34	Kreftenheye (KRz2 en KRz3)	matig tot zeer grof zand
-34 tot -53	Urk (URz1-5)	matig tot zeer grof zand
-53 tot -55	Sterksel, Peize en Waalre (STz1-2, PZWAz1)	matig tot zeer grof zand
-55 tot -62	Waalre (WAK1)	zandige klei
-62 tot -84	Peize en Waalre (PZWAz2)	matig tot zeer grof zand
-84 tot -90	Waalre (WAK2)	vaste klei
-90 tot -120	Peize en Waalre (PZWAz3)	matig grof zand
-120 tot -123	Waalre (WAK3)	vaste klei
-123 tot -131	Peize en Waalre, Maassluis (PZWAz4 en MSz1)	matig grof zand
-131 tot -137	Maassluis (MSk1)	vaste klei
-137 tot -154	Maassluis (MSz2)	matig fijn zand

Tabel 2-2 | Categorisering kleurencode bodemopbouw

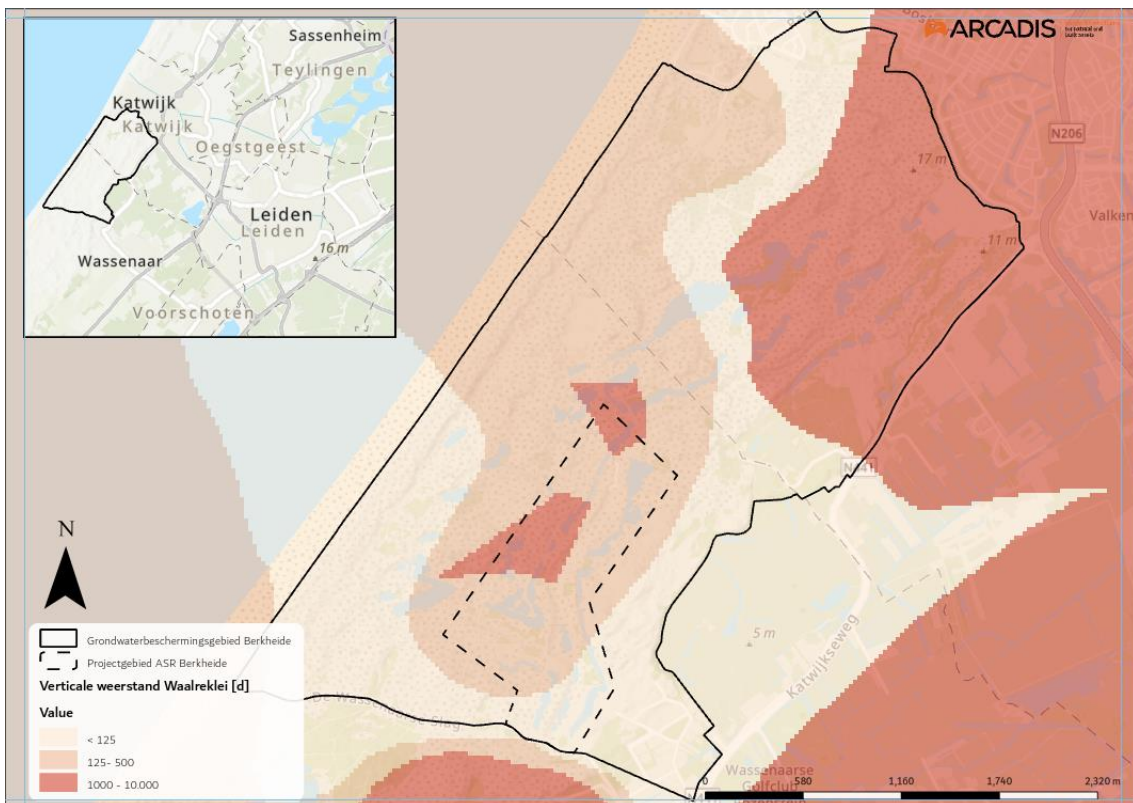
Kleurcode	Betekenis
	Holocene afzettingen; complex van fijn (duin)zand, klei, en veen
	Goed doorlatende laag; matig tot zeer grof zand, soms grindig
	Slecht doorlatende laag; bestaande uit (zandige) klei.
	Zeer slecht doorlatende laag: stevige, zware klei.
	Redelijk doorlatende laag; (zwak siltig) matig fijn zand

Zoals aangegeven in Tabel 2-1, is in de Holocene deklaag een (zeer) compacte kleilaag aanwezig, die vaak wordt aangeduid met de naam ‘Rijnklei’. De kleilaag bevindt zich op een diepte van ca. 0 tot -3 m NAP. De schematisatie van de horizontale verbreiding van deze kleilaag is weergegeven in Figuur 2-1. Deze scheidende kleilaag is zeer slecht doorlatend en heeft daarom een grote invloed op de grondwaterstromingen in Berkheide.





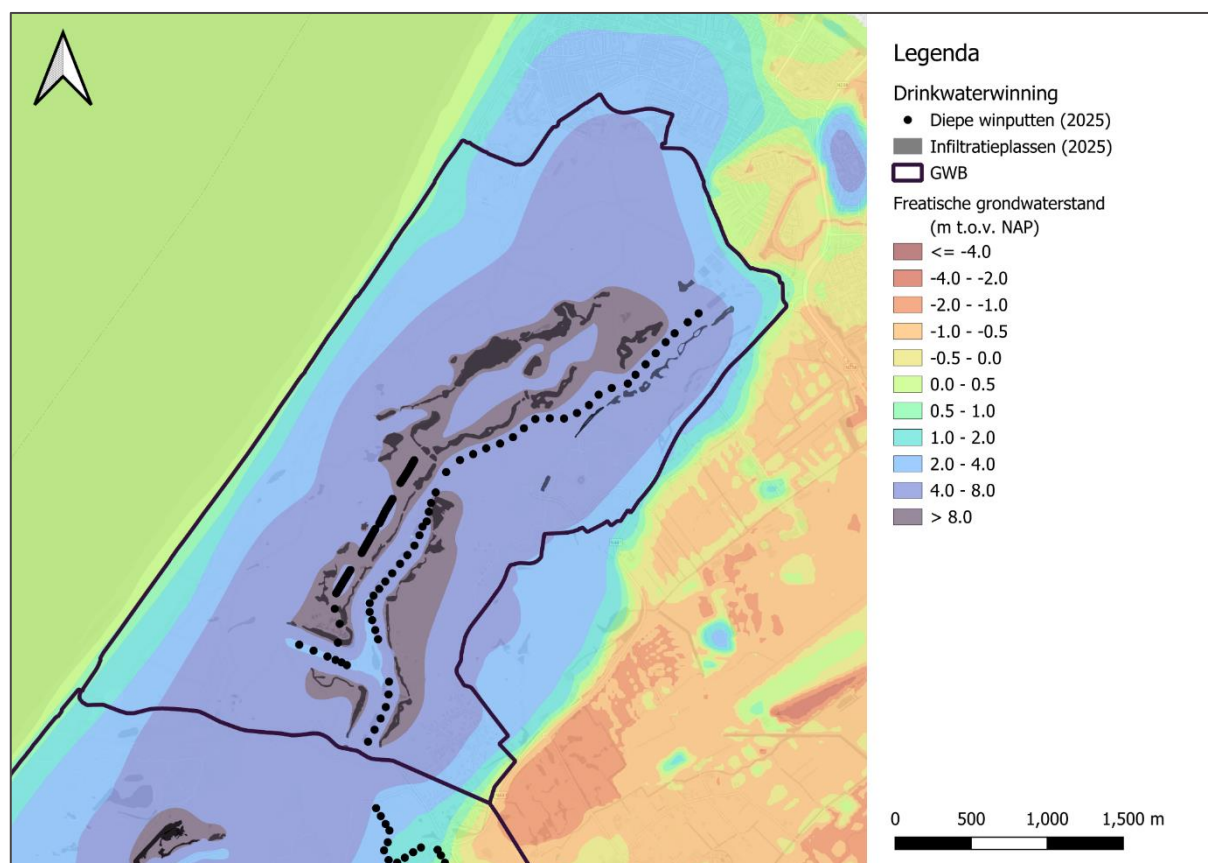
Figuur 2-1 | Schematisatie van de weerstand (in dagen) van de Rijnklei op 0 tot -3 m NAP (RHDHV, 2023)



Figuur 2-2 | Schematisatie van de weerstand (in dagen) van de eerste Waalklei laag (Wak1) op ca. -60 m NAP

## 2.2 Freatisch systeem

De grondwaterstand in het duingebied van Berkheide is hoog nabij de infiltratieplassen, en lager nabij de freatische draineerleidingen en winputten. In het algemeen stroomt het grondwater binnen het duingebied richting het freatische winsysteem, en aan de randen van het duingebied stroomt het grondwater ofwel richting de Noordzee (westkant van het wingebied) of naar lageregelegen polders (oostkant van het wingebied).



Figuur 2-3 | Berekende stationaire grondwaterstand in Berkheide (voor meer informatie over het model zie hoofdstuk 4), met het grondwaterbeschermingsgebied (zwarte lijn) en de beoogde locatie van het ASR-systeem (stippellijn).

### 2.2.1 Freatische winning

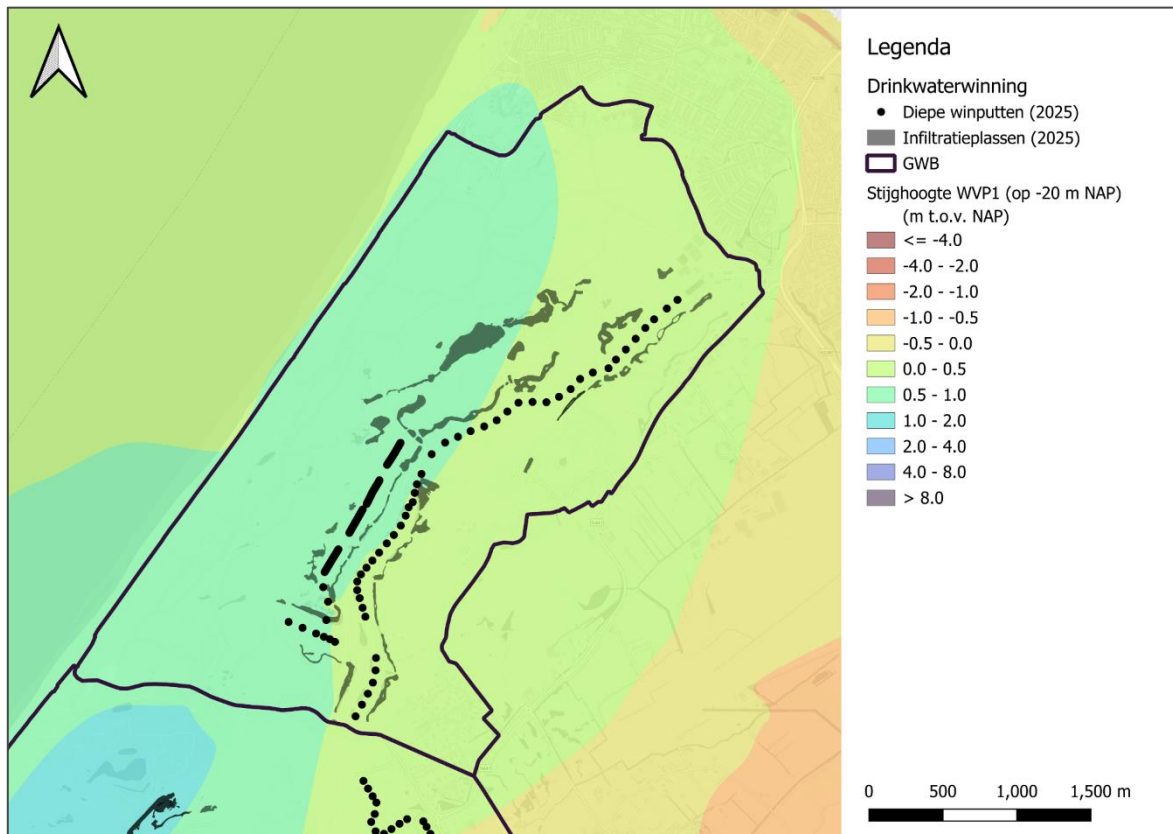
Binnen het projectgebied bevinden zich vele ondiepe draineerleidingen en verticale winputten, die gebruikt worden voor de reguliere (freatische) winning van Dunea (Figuur 1-1 en Figuur 2-3). Deze winmiddelen bevinden zich in het freatische pakket, boven de compacte kleilaag van de Formatie van Naaldwijk (i.e. rijnklei, zie Tabel 2-1).

Naast de genoemde winmiddelen bevinden zich binnen het duingebied ook een heel aantal infiltratieplassen. Deze zijn onderdeel van het freatisch (ondiepe) winsysteem van Dunea. Binnen het project zijn de ligging en de peilen van de infiltratieplassen in Berkheide gecontroleerd en zijn alle aanpassingen aan infiltratieplassen en freatische winningen (die sinds 2019 binnen Programma Berkheide zijn uitgevoerd), doorgevoerd in het model. De actuele infiltratieplassen zijn weergegeven in Figuur 2-3.

De recent uitgevoerde of de nog uit te voeren werkzaamheden bij project Winning 3, Winning 4, Winning 6.1 t/m 6.3, Winning 8 en Winning 10 – binnen Programma Berkheide – zijn meegenomen in het scenario “Overbrugging zonder ASR (2025)” referentiesituatie (zoals ook genoemd in hoofdstuk 1). In de ontwerpsituatie (2030) zijn de infiltratieplassen, freatische en diepe winputten gelijk aan de referentiesituatie (2025).

## 2.3 Diepe watervoerende pakketten

In het eerste watervoerende pakket is de regionale (horizontale) grondwaterstroming onder de duinen grotendeels landinwaarts (i.e. oostelijk) gericht, omdat de stijghoogten onder het duingebied hoger zijn dan in het binnenland. De waterscheiding bevindt zich in het westelijk deel van Berkheide. Ten westen van deze waterscheiding stroomt het grondwater richting de zee. Dit wijst erop dat er op deze diepte op dit moment geen zoutwaterintrusie (horizontale stroming van zout water) plaatsvindt. Zie Figuur 2-4.



Figuur 2-4 | Stijghoogte in eerste watervoerende pakket (hetzelfde pakket als het beoogde ASR-systeem)

### 2.3.1 Diepe onttrekkingen

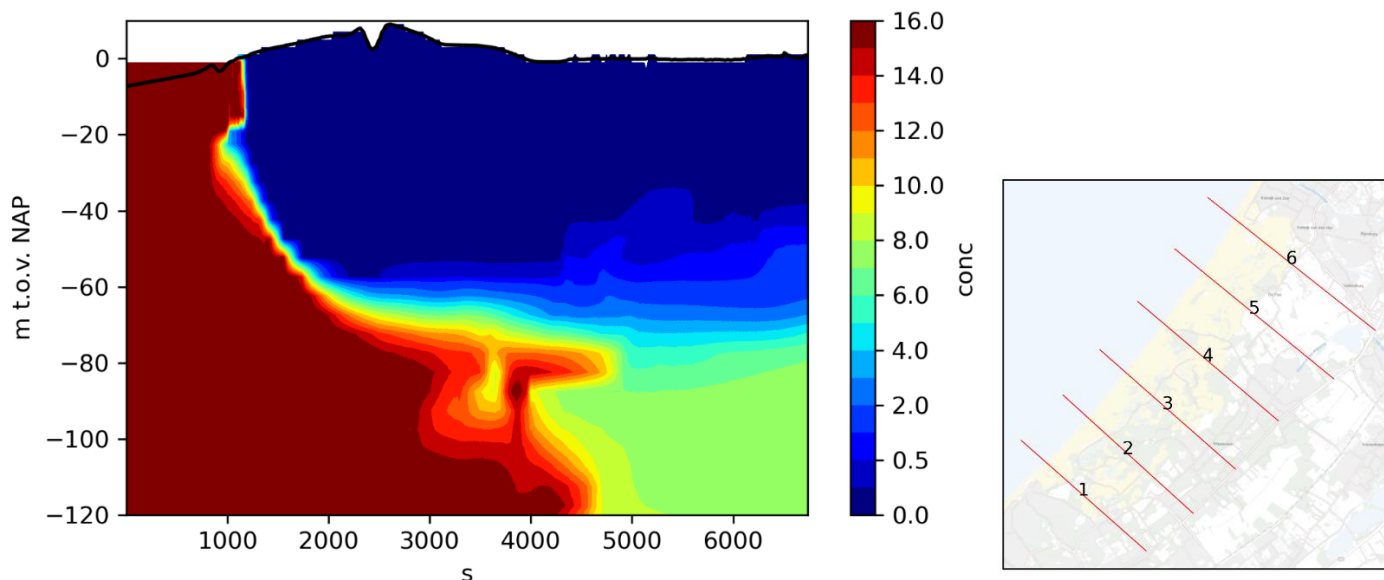
In Berkheide bevinden zich meerdere diepe series winputten, die behoren tot de diepe winmiddelen van Dunea. De filters van de diepe winputten – waaronder ook putten die behoren tot bestaande en vergunde diepinfiltratiesysteem (Figuur 1-1) – bevinden zich op een diepte van -20 tot -40 m NAP. Deze diepe winputten worden momenteel voornamelijk ingezet als aanvulling op de ondiepe, freatische winputten.

## 2.4 Chlorideconcentratie

In een voorgaande studie (Coastar, 2021) is door TNO en Deltares een drie dimensionale (3D) interpolatie van alle beschikbare meetgegevens (waaronder SkyTEM, analyse chloridemonsters en zoutwachterdata) uitgevoerd, om te komen tot een optimale benadering van de huidige chlorideverdeling in het grondwatersysteem. Vervolgens is een state-of-the-art grondwatermodel in iMOD-WQ ontwikkeld, wat de dichtheid- en temperatuur afhankelijke grondwaterstroming berekent, en waarin deze chlorideverdeling is gebruikt als benadering voor de huidige situatie. Om te voorkomen dat in het model grote kunstmatige verschuivingen in de chlorideverdeling optreden bij het doorrekenen van de modelscenario's is een inlooperperiode van 60 jaar doorgerekend – ook wel 'inspeelperiode' genoemd. Deze inspeelperiode is nodig omdat dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming (invloed van het chloride-/zoutgehalte op de grondwaterstroming) een langzaam proces is. Na deze inlooperperiode was de resulterende chlorideverdeling voldoende stabiel om te dienen als uitgangspunt voor de scenarioberekeningen. Ditzelfde model, en chlorideverdeling is ook gebruikt in de voorliggende studie.



In Figuur 2-5 is een (west-oost) dwarsdoorsnede met chloride concentraties weergegeven ter plaatse van het beoogde ASR-systeem (doorsnede 5). Dit is de chlorideverdeling die is berekend na de bovengenoemde lange inlooperperiode, en geeft ook de initiële chlorideverdeling van het model in deze studie. Aan de linkerzijde (westzijde) van de doorsnede bevindt zich de Noordzee, waarvan de zoute invloed zichtbaar is door de hoge chlorideconcentraties.



Figuur 2-5 | Dwarsdoorsnede 5 (west-oost) met de chlorideconcentratie (g/l). Rood = zout grondwater, blauw = zoet grondwater.

### 2.4.1 Zoet-brak grensvlak

Het zoet-brak grensvlak is de overgangszone in de ondergrond waar het chloride- of zoutgehalte van het grondwater overgaat van zoet naar brak. Dit is een veel gebruikt begrip om inzicht te geven in de verziltingssituatie van een gebied. Vaak gaat het hierbij om de een diepte (ten opzichte van het maaiveld) waarop de chlorideconcentratie de waarde van  $150 \text{ mg L}^{-1}$  overschrijdt. Al het grondwater dat een chlorideconcentratie bevat dat hoger is dan  $150 \text{ mg L}^{-1}$ , wordt geclassificeerd als brak of zout grondwater. Al het grondwater met een chlorideconcentratie die lager is dan  $150 \text{ mg L}^{-1}$ , wordt geclassificeerd als zoet grondwater.

Binnen modeldomein van het grondwatermodel dat in deze studie is gebruikt is voor elke locatie de diepte van het zoet-brak grensvlak bepaald. Deze diepte geeft direct inzicht in de beschikbare zoete grondwatervoorraad: al het grondwater dat zich boven dit grensvlak bevindt bestaat het zoet grondwater, zoals ook te zien is in Figuur 2-5.

Als in een gebied verzilting optreedt, betekent dit dat het zoet-brak grensvlak omhoog beweegt (in de richting van het oppervlak/maaienveld). Dit betekent ook dat de zoete grondwatervoorraad in het gebied afneemt, en het brakke grondwater dichterbij het oppervlak/maaienveld komt. Als in een gebied het zoet-brak grensvlak naar beneden beweegt, betekent dit dat de zoete grondwatervoorraad in het gebied toeneemt.

Het is belangrijk om op te merken dat het zoet-brak grensvlak langs de kustlijn van Nederland altijd in beweging is. Het zoute grondwater wat zich op grote diepte langs de kustlijn van Nederland bevindt (zie ook Figuur 2-5), is deels een relict uit het verre verleden. De kustlijn lag toen verder landinwaarts, waardoor zout zeewater tot in de diepe pakketten terug te vinden is. Echter, zout (zee)water stroomt ook al eeuwenlang landinwaarts via de ondergrond, omdat in veel polders het waterpeil lager ligt dan de zee. De dichtheidsafhankelijke en concentratie gedreven stroming in grondwater is een langzaam proces. Van nature is het zoet-brak grensvlak dus in beweging, ongeacht van de winning of infiltratie van zoet grondwater in het duingebied.

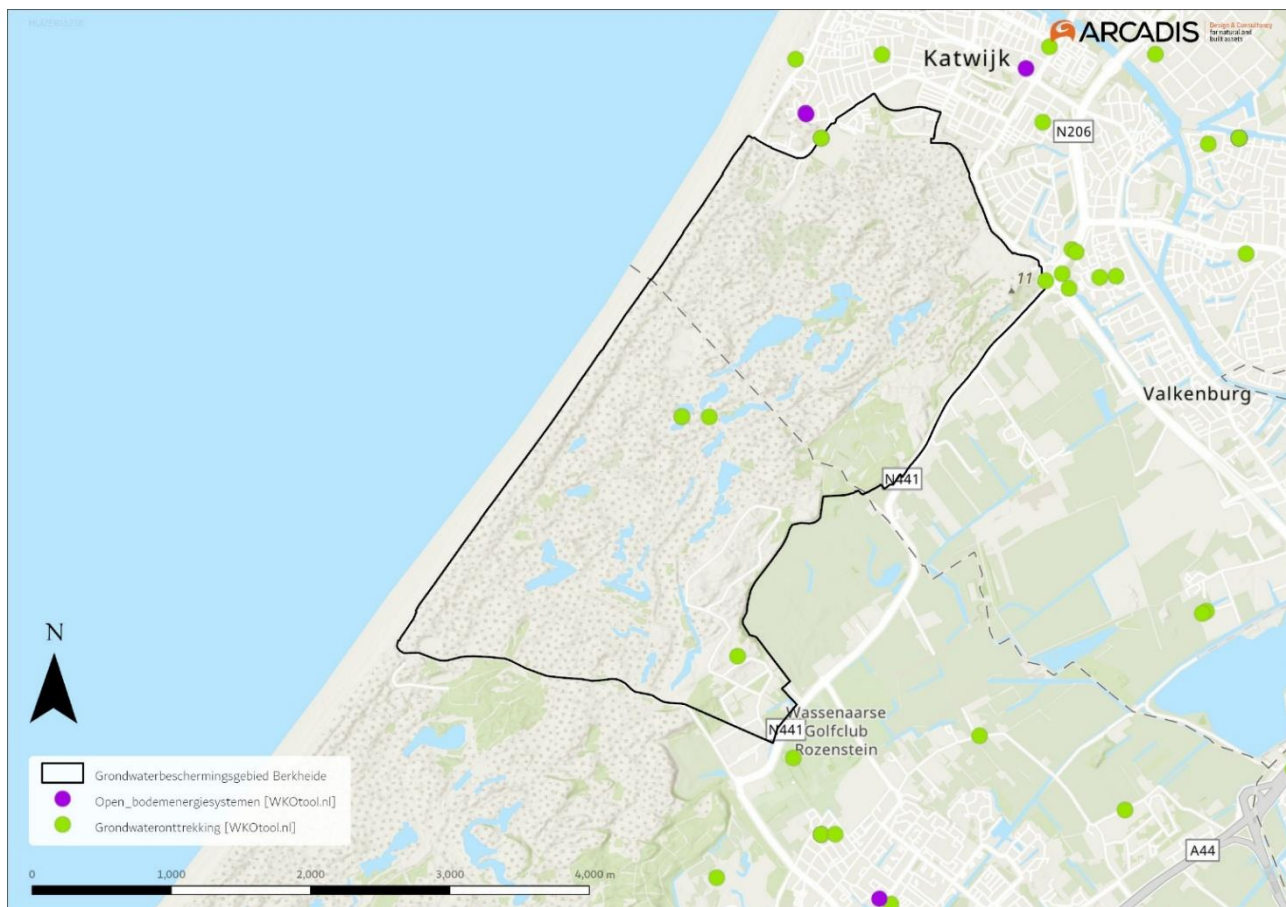
## 3 Omgevingsbelangen

### 3.1 Bestaande onttrekkingen

Buiten het duingebied zijn grondwateronttrekkingen van derden in bedrijf (Figuur 3-1). Als uitgangspunt voor de gegevensaanvraag hiervan is de wkotool geraadpleegd (wkotool.nl), dit omvat alle grondwateronttrekkingen die in het Landelijke Grondwater Register (LGR) geregistreerd staan. Van deze onttrekkingen zijn op d.d. 15 september 2025 de filterdieptes en vergunde debieten opgevraagd bij de Omgevingsdienst Haaglanden, de provincie Zuid-Holland en het Hoogheemraadschap Rijnland, voor de onttrekkingen die binnen een straal van 2 km vanaf het grondwaterbeschermingsgebied van het wingebied Berkheide vallen. De vergunde debieten en filterdieptes van deze onttrekkingen zijn opgesomd in Tabel 3-1.

De open bodemenergiesystemen (OBES) zijn hierbij het meest kritisch, omdat een eventuele aantrekking of verplaatsing van de aanwezige warme- of koudebel een negatief effect kan hebben op het rendement van deze systemen. Door de (maximale) inzet van de diepe winputten tijdens een overbrugging (met of zonder ASR-systeem) ontstaat (tijdelijk) een grote verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. Hoe steiler het verhang in de stijghoogte dat hierdoor ontstaat (zie Tabel 1-1 voor een toelichting van het begrip “verhang”), hoe groter het risico op een aantrekking of verplaatsing van de warme of koude bel.

Het functioneren of rendement van de overige onttrekkingen zijn nauwelijks tot niet gevoelig voor een verandering van het verhang of de grondwaterstroming door de (maximale) inzet van de diepe winputten tijdens een overbrugging. Voor deze onttrekkingen speelt alleen het risico op een afname van het rendement bij een grote verlaging van de grondwaterstand of stijghoogte ter plaatse van het onttrekkingsfilter, of een risico op verzilting als het zoet-brak grensvlak dicht bij het filter komt te liggen.



Figuur 3-1 | Open bodemenergiesystemen rondom het duingebied Berkheide (WKOtool.nl, Omgevingsdienst Haaglanden, Provincie Zuid Holland en Hoogheemraadschap Rijnland)

Tabel 3-1 | Opgevraagde gegevens van vergunde onttrekkingen in omgeving Berkheide. Opgevraagd bij de Omgevingsdienst Haaglanden, Hoogheemraadschap Rijnland en WKOtool.nl.

ID	Adres	Type	Filterdiepte(s) (m+NAP)	Vergund debiet (m <sup>3</sup> /d)
501400	Starrenburglaan 1, Wassenaar	Open Bodemenergie- systeem (OBES)	-32,4 tot -37,4	-240,0 Onttrekking
84902	Zeehosplein 31, Katwijk	Open Bodemenergie- systeem (OBES)	-47,7 tot -52,4	+240,0 Retour
43406	Zeeweg 127, Katwijk	Open Bodemenergie- systeem (OBES)	-69,0 tot -79,0	-528,8 Onttrekking
34390	Hans van der Hoevenstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	-66,2 tot -86,2	+526,0 Retour
38515	Binnensluis, Katwijk	Grondwateronttrekking		-1200 Onttrekking
40295	Koningin Emmastraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	Niet actief	+1200 Retour
40386	Sportlaan, Katwijk	Grondwateronttrekking	Diepte niet bekend *	240
40387	Sportlaan, Katwijk	Grondwateronttrekking	ONDER HOLOCENE DEKLAAG. BOVEN KEDICHEM:	0
40391	Sportlaan, Katwijk	Grondwateronttrekking	Ca. -20,0 Diepte niet bekend *	48
40407	Fresiastraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	Onder Duinkerke klei + Hollandveen. Boven Calais klei + basisveen  ca. -3,0 tot -12,0 Diepte niet bekend *	24
42201	Prins Hendrikkade, Katwijk	Grondwateronttrekking	ONDER HOLOCENE DEKLAAG. BOVEN KEDICHEM:  Ca. -20,0	240
42371	Meester E.N. Rahussenstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief
42395	N206, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief
42780	Rijnmond, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief
42786	Meester D. Donker Curtiusstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief
42839	Haven, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief
43238	N441, Wassenaar	Grondwateronttrekking		Niet actief
501274	Strandweg, Katwijk	Grondwateronttrekking	1,3	696
546375	Irisstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	-1,9 tot -6,9	24
552672	Oosdorperweg, Wassenaar	Grondwateronttrekking: Beregeningsbron	Diepte niet bekend *	168
566371	Secretaris Varkevisserstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking: Bron voor bijvullen vijver	Diepte niet bekend *	24
631528	Van bergenlaan, Wassenaar	Grondwateronttrekking: Beregeningsbron	-3,2 tot -8,2	120
631972	Louise de Colignylaan, Katwijk	Grondwateronttrekking	0,5 tot -0,5	240
641529	Hyacinthstraat, Katwijk (3), Westerban, Katwijk	Grondwateronttrekking	-1,0 tot -1,1; -18,4 tot -33,4; -38,4 tot -53,4;	4800
645775	Tulpstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	-0,5 tot -0,8	72

646603	Plas 13.2 (Berkheide)	Grondwateronttrekking	7,65 tot 6,65	120
646617	Industrieweg, Katwijk	Grondwateronttrekking	-0,1 tot -1,1	240
646638	Troelstrastraat, Katwijk	Grondwateronttrekking	-0,4 tot -0,7	96
646659	Groen van Prinstererweg, Katwijk	Grondwateronttrekking	-3,2 tot -5,2	240
34390	Hans van der Hoevenstraat, Katwijk	Grondwateronttrekking		Niet actief

*\* Filterdiepte niet bekend bij Omgevingsdienst Haaglanden, Hoogheemraadschap Rijnland en Provincie Zuid Holland – niet vermeld in de LGR Rapportages*

### 3.2 Grondwaterverontreinigingen

In Tabel 3-2 zijn de grondwaterverontreinigingen weergegeven in en rondom Berkheide. Hiervoor zijn eerst de bodemverontreinigingen verkregen bij de Omgevingsdienst Haaglanden, de Gemeente Katwijk en de Omgevingsdienst West-Holland. De locaties waar het een grondwaterverontreiniging betreft, zijn weergegeven in Tabel 3-2. Beide grondwaterverontreinigingen bevinden zich op enige afstand van het ASR-systeem.

Bij grondwaterverontreinigingen speelt het risico op verplaatsing van de verontreiniging. Door de overbrugging kan er, als gevolg van het verhang dat ontstaat, een afstroming plaatsvinden (zie Tabel 1-1 voor een toelichting van het begrip “verhang” en zie paragraaf 3.1 voor een toelichting over afstroming bij open bodemenergiesystemen).

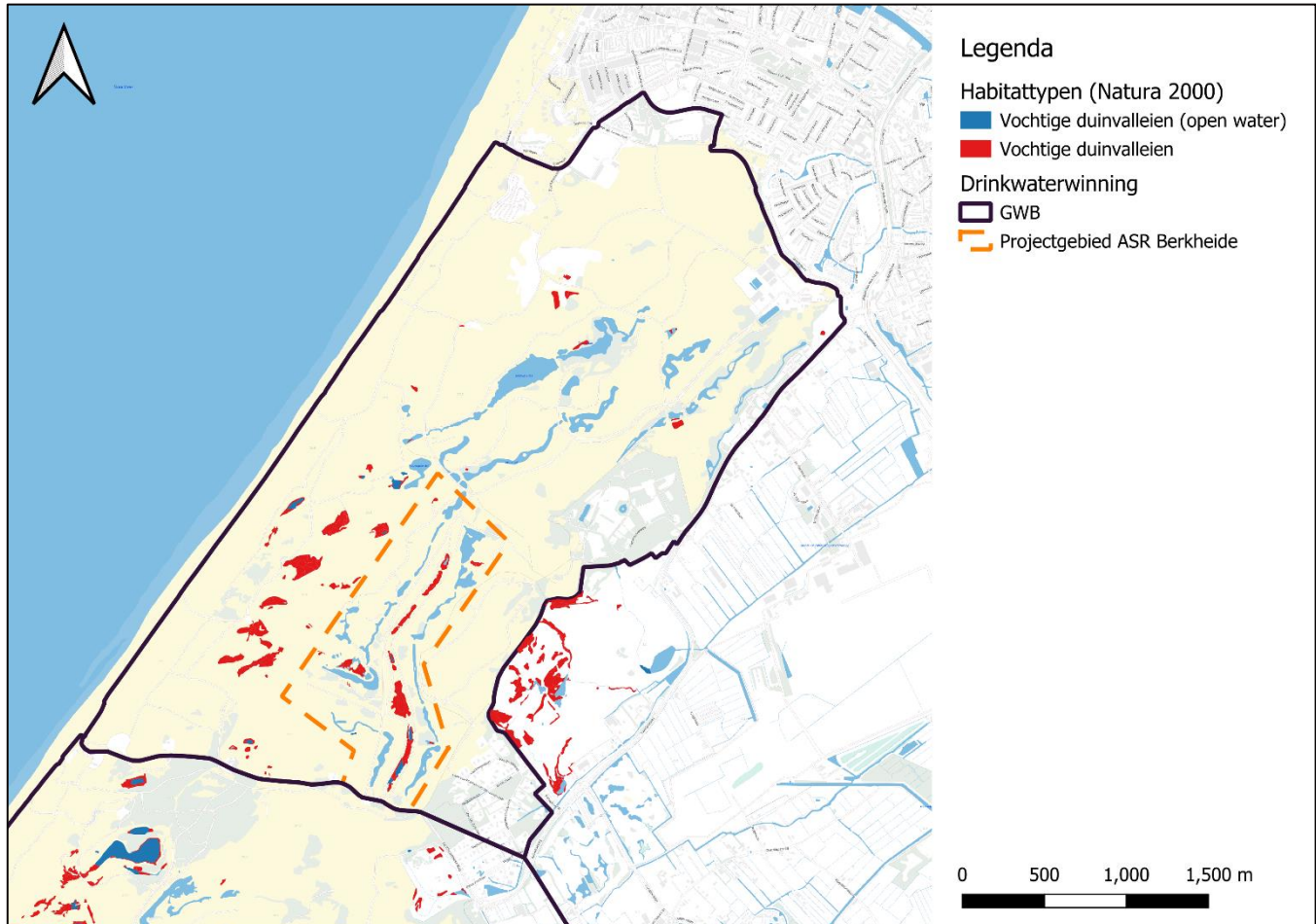
Tabel 3-2 | Grondwaterverontreinigingen. Bronnen: Omgevingsdienst Haaglanden, West-Holland, Gemeente Katwijk.

Verontreiniging ID	Opgevraagd	Locatie	Ernst
AA053702818	Mei 2024	Pompstation Katwijk, Katwijk (2 km van ASR, noordoostelijke richting)	Gesaneerd
AA053700036	Mei 2024	Ommedijkseweg, Leiden (4.5 km van ASR, oostelijke richting)	Potentieel sterk verontreinigd grondwater



### 3.3 Natuurgebieden

In het duingebied in en nabij het ASR-systeem bevinden zich binnen het waterwingebied van Dunea meerdere locaties met grondwaterafhankelijke natuur. De kwetsbare natuurlocaties - vochtige duinvalleien - zijn weergegeven in Figuur 3-2.



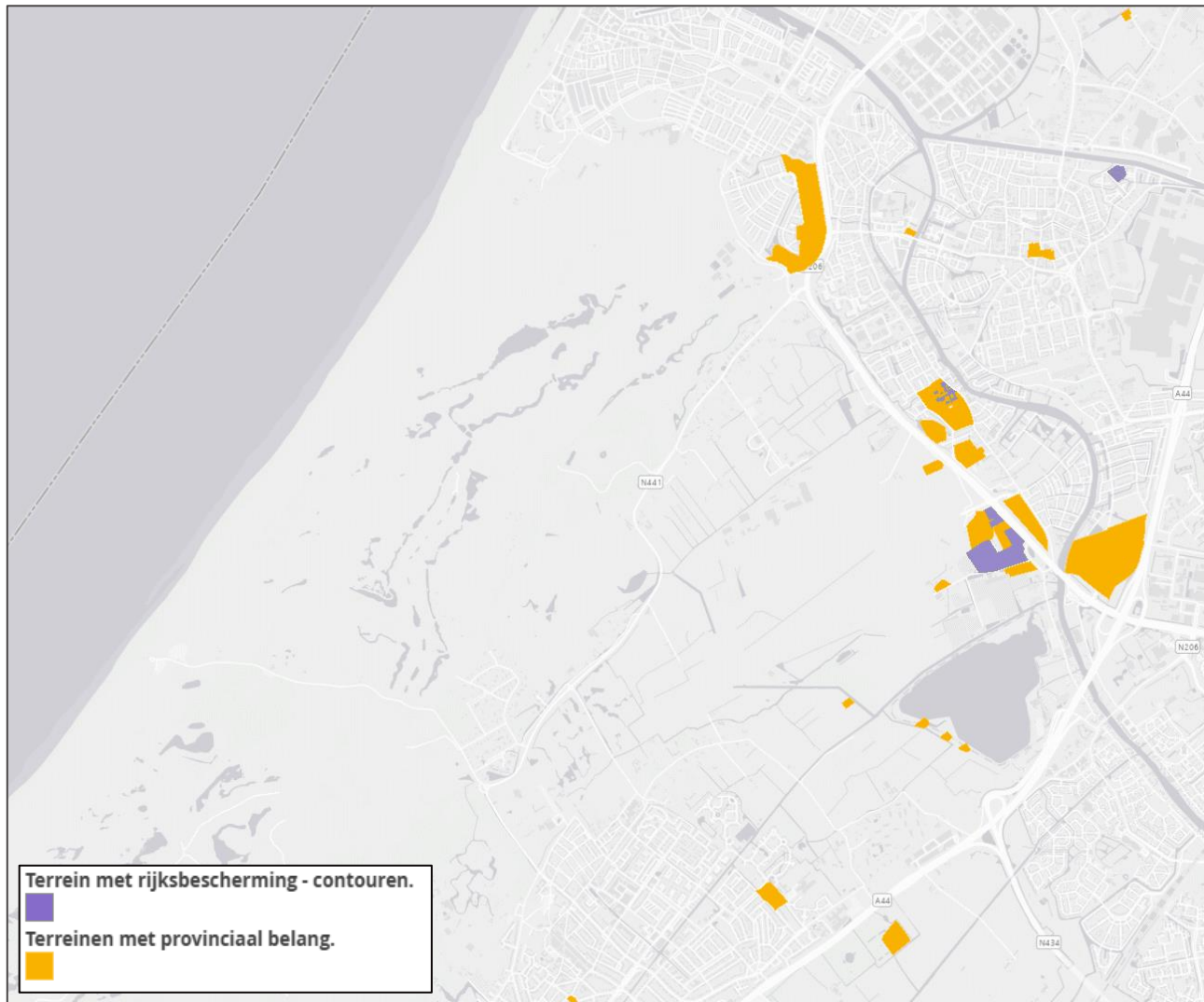
Figuur 3-2 | Grondwatergevoelige habitattypen in en om het wingebied Berkheide (Habitattypen, Natura2000)

### 3.4 Bebouwing en infrastructuur

Rondom het duingebied bevindt zich bebouwing en infrastructuur. Oude bebouwing kan zettingsgevoeliger zijn dan nieuw geplaatste bebouwing. Gebouwen met een fundering op palen zijn minder zettingsgevoelig dan funderingen "op staal". Langs het duingebied loopt de N441, een tweebaans N-weg.

### 3.5 Archeologische waarden

Volgens de Cultuurhistorische Atlas van de Provincie Zuid-Holland zijn er verschillende gewaardeerde archeologische terreinen in de omgeving van het duingebied. Het gaat hier om archeologische vondsten in de ondergrond, wiens conservering door een grondwaterstandsverlaging beïnvloed kan worden.

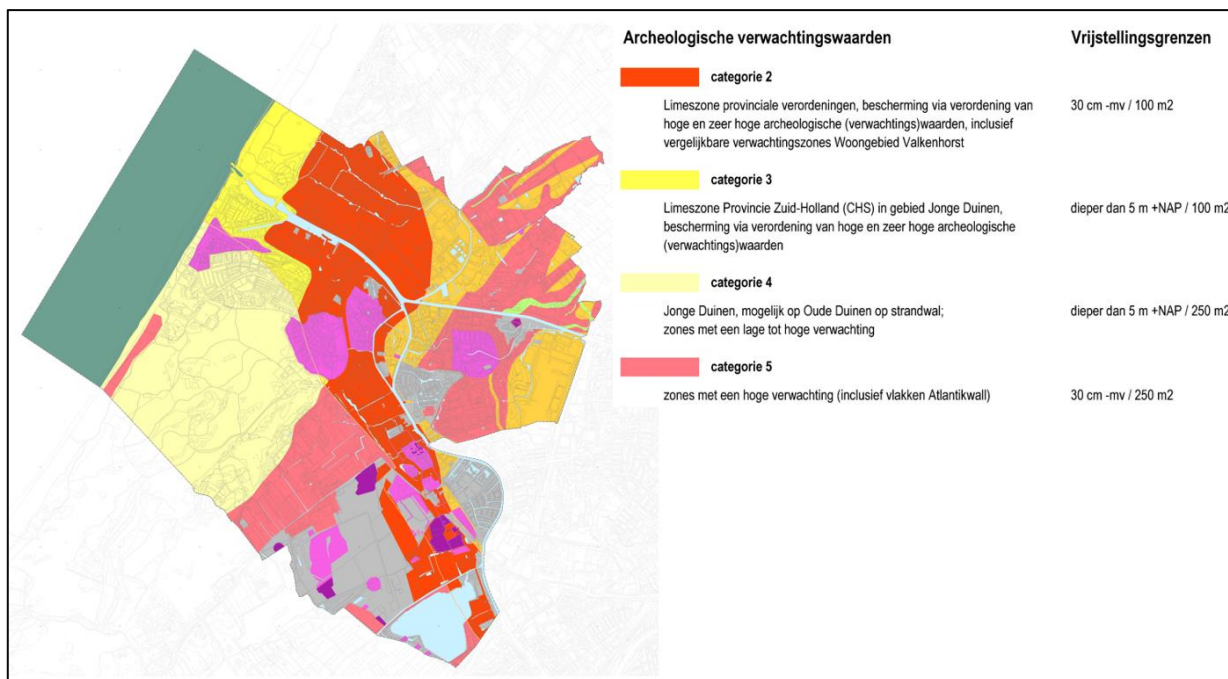


Figuur 3-3 | Terreinen van archeologische waarde (terreinen met rijksbescherming en terreinen met provinciaal belang). Bron: Cultuurhistorische Atlas Provincie Zuid-Holland <sup>1</sup>(geraadpleegd op d.d. 16 oktober 2025)

Naast terreinen met rijksbescherming en provinciaal belang (zie Figuur 3-3) heeft de gemeente Katwijk een Archeologische Verwachtings- en Beleidskaart vastgelegd<sup>2</sup>. In Figuur 3-4 zijn de archeologische verwachtingswaarden voor de gemeente Katwijk weergegeven. Volgens deze kaart zijn er in het noordelijke deel van het duingebied dat binnen het wingebied Berkheide valt zones met lage tot hoge archeologische (verwachtings)waarden in de bovengrond (tot een diepte van +5 m NAP). Langs de kuststrook is een zone met hoge verwachting van archeologische waarde tot een diepte van 0,30 m onder maaiveld, mede door de Atlantikwall.

<sup>1</sup> [Cultuurhistorische kaart - Provincie Zuid-Holland](#)

<sup>2</sup> [Archeologische onderzoekplicht | Gemeente Katwijk](#)



*Figuur 3-4 | Archeologische verwachtingswaarden in en rondom het noorden van Berkheide (Gemeente Katwijk -Archeologische beleidskaart gemeente Katwijk)*

Voor de gemeente Wassenaar is op dit moment geen archeologische verwachtings- en/of beleidskaart beschikbaar. Daarom wordt voor de archeologische verwachtingen binnen de gemeente Wassenaar uitgegaan van de verwachtingskaart van de gemeente Katwijk. Voor de gemeente Wassenaar is wel een cultuur historische waardekaart beschikbaar<sup>3</sup>. Op deze kaart zijn o.a. rijksmonumenten en gemeentelijke monumenten – zowel panden als percelen – weergegeven. Dit zijn in potentie ook objecten, die kwetsbaar zijn voor zettingen.

<sup>3</sup> [Cultuur historische waardekaart | Wassenaar](#)

## 4 Uitgangspunten berekeningen

Voor deze effectenstudie is hetzelfde model gebruikt als bij het Programma DWT 2030-2040.

### 4.1 Software

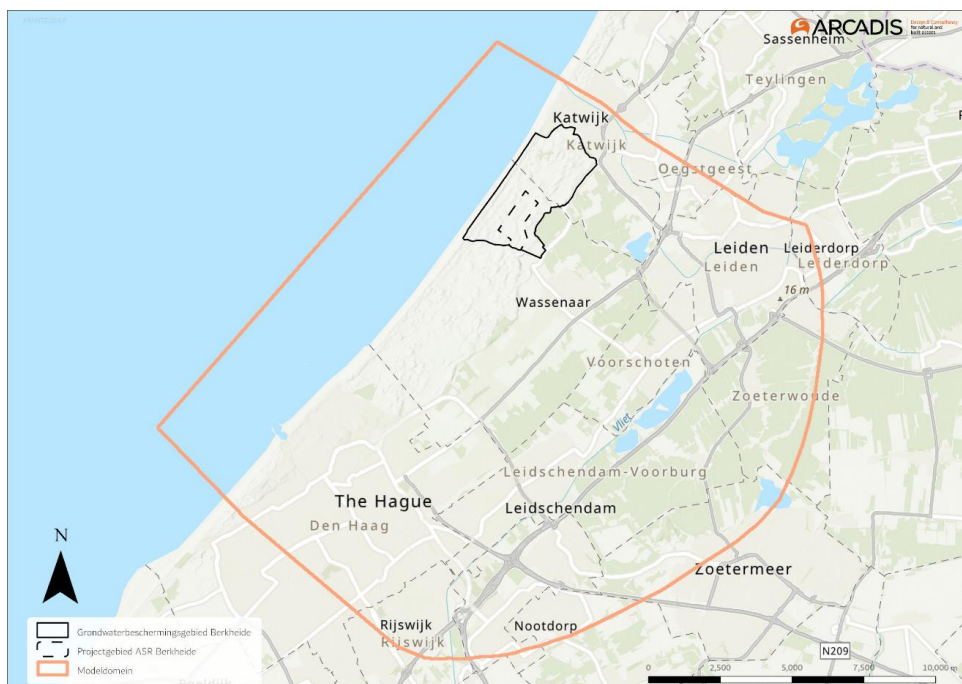
Een belangrijk onderdeel van iedere effectenstudie is dat de modelberekeningen een betrouwbaar beeld dienen te geven van de veranderingen in de freatische grondwaterstand, stijghoogten en chlorideconcentraties in de ondergrond. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het ontwikkelde dynamische iMOD-WQ grondwatermodel om de (dichtheidsafhankelijke) stroming van grondwater te kunnen modelleren (Coastar, 2021). De aanwezigheid van o.a. chloride in het grondwater zorgt voor een verschil in dichtheid van het water. Gezien de focus op diepe winningen, en veranderingen in het zoet-brak grensvlak (en daardoor verziltingrisico's) speelt dichtheidsstroming een grote rol in deze studie.

Om de grondwaterstroming (met dichtheidsstroming) en daarmee de verandering in de chlorideconcentratie correct te kunnen modelleren is het (TRIWACO) model van Dunea in een voorgaand project - in samenwerking met Deltares - overgezet en geactualiseerd naar de modelcode iMOD-WQ. Deze modelcode is ontwikkeld door Deltares, en maakt het o.a. mogelijk om een grondwatermodel met dichtheidsstroming parallel door te rekenen. De onderliggende code is gebaseerd op de modelcode SEAWAT, waarbij de componenten gerelateerd aan zoet- en zout grondwatertransport afkomstig zijn van de *United States Geological Survey* (USGS). Het grondwatermodel wordt aangestuurd en gestart met behulp van de programmeertaal *Python*. Door gebruik te maken van *Python* kunnen aanpassingen transparant en reproduceerbaar worden doorgevoerd.

### 4.2 Modelbeschrijving

#### 4.2.1 Modeldomein

In Figuur 4-1 is het modelgebied weergegeven op een kaart. De gebiedsgrenzen liggen overal verder dan 4 km verwijderd van het projectgebied, dusdanig ver dat er geen randeffecten te verwachten zijn. In deze studie richt het model zich tot het gebied duingebied Berkheide.



Figuur 4-1 | Modeldomein en het grondwaterbeschermingsgebied Berkheide.



In het modelgebied is de ondergrond gediscrètiseerd in driedimensionale (3D) cellen. Deze cellen hebben een horizontale afmeting van 25x25m, en een variabele dikte van 2 tot 10 m. Elke cel representeert het beschikbare volume in de ondergrond voor grondwater om doorheen te stromen.

Alle lagen van het model zijn dus gediscrètiseerd in cellen met een horizontale afmeting van 25 bij 25 m. Dit betekent dat met name scherpe hydraulische gradiënten / verhang – i.e. een relatief grote verandering in de grondwaterstand over een korte afstand (in relatie tot de celgrootte) – in mindere mate overeen zullen komen met metingen. Dit betreft vooral het freatische (win)systeem, waar dichtbij infiltratieplassen, infiltratieputten en onttrekkingsputten een scherp verhang in de grondwaterstand aanwezig kunnen zijn. Op locaties waar een scherp verhang aanwezig zal het model op afstanden kleiner dan de celgrootte (25 m), het verhang niet volledig kunnen nabootsen omdat het niet is gebouwd om op dit schaalniveau te kunnen voorspellen. Hierbij is het goed om op te merken dat ten aanzien van upconing in een voorgaand onderzoek (Arcadis, 2020) is geconcludeerd dat een simulatie met een resolutie van 25 (x) bij 25 (y) bij 5 (z) m een vergelijkbaar beeld geeft van het risico op verzilting als simulaties met fijnere resoluties. Het moment waarop de winput begint te verzilten kan echter nog steeds aanzienlijk verschillen, en bovendien hebben fysische parameters zoals de verticale anisotropie ook een grote invloed op het risico op verzilting.

## 4.2.2 Modelschematisatie

De modelschematisatie van de ondergrond ter plaatse van het ASR-systeem locatie is weergegeven in Tabel 4-1. Zoals in paragraaf 2.1 genoemd heeft er een kennisuitwisseling plaatsgevonden met RHDHV, die het Triwaco model voor Dunea heeft gemaakt. Hierdoor is binnen deze studie een kleine correctie aan de horizontale verspreiding van de Rijnklei in Berkheide uitgevoerd. Dit is overgenomen uit een (recente) aanpassing in het Triwaco-model voor Berkheide (zie Figuur 2-1; RHDHV, 2022).

Tabel 4-1 | Modelschematisatie van de ondergrond t.p.v. het ASR-systeem

Diepte [m+NAP]	Geologische formatie(s)	Horizontale doorlatendheid [m/d]	Verticale doorlatendheid [m/d]
10 tot -2	Holoceen: Naaldwijk	13,2	8,8
-2 tot -4	Holoceen: Naaldwijk + Nieuwkoop (Rijnklei)	6,6	0,00004
-4 tot -18	Holoceen: Naaldwijk	2,0 tot 18,2	1,3 tot 12,1
-18 tot -20	Holoceen: Naaldwijk (incl. basisveen)	16,9	0,02
-20 tot -60	Kreftenheye + Urk + Peize en Waalre (PZWAZ1)	33,9	22,6
-60 tot -65	Peize en Waalre (PZWAZ2) + Waalre (WAK1)	27,1	0,02
-65 tot -85	Peize en Waalre (PZWAZ2)	18,7	12,5
-85 tot -95	Peize en Waalre (PZWAZ3) + Waalre (WAK2)	13,5 tot 14,3	0,008
-95 tot -115	Peize en Waalre (PZWAZ3)	13,5	9,0
-115 tot -125	Waalre (klei): WAK3	12,7 tot 13,5	0,008
-125 tot -130	Peize en Waalre (PZWAZ4)	11,8	7,4
-130 tot -180	Maassluis (MSz1, MSz2, MSz3, MSk1, MSk2)	7,3 tot 8,5	0,003 tot 5,7
-180 tot -230	Maassluis (MSz3 + MSz4 + MSc)	3,6 tot 7,2	0,011
-230 tot -250	Maassluis (MSz4)	5,3	3,5

Evenals in voorgaande onderzoeken (Arcadis, 2020; Coastar, 2021; Arcadis, 2024) is ervoor gekozen om alle scenario's door te rekenen met een (meerlaags) verzadigd grondwatermodel om (numerieke) stabiliteit en werkbare rekentijden te waarborgen. Met andere woorden, verschillen in verzadiging van (model)lagen door veranderingen in de freatische grondwaterstanden zijn niet meegenomen. Bij grote dalingen in de freatische grondwaterstand (i.e. toename van de onverzadigde zone) kan deze aanpak leiden tot een overschatting van de grondwaterstroming. Dit kan resulteren in een overschatting van het berekende invloedsgebied tijdens de overbruggingsperiode, en een onderschatting van de maximale verlaging van de grondwaterstanden dicht bij de winputten. Omdat voor de beoordeling van de effecten op de omgeving vooral de grootte van het invloedsgebied van belang is, kan dit leiden tot een overschatting van de effecten. Dit houdt in dat de berekende effecten op de grondwaterstand en het bijbehorende invloedsgebied waarschijnlijk groter zijn ingeschat dan in werkelijkheid het geval zal zijn.

### 4.2.3 Randvoorwaarden

Bij het doorrekenen van het model is rekening gehouden met de volgende randvoorwaarden:

- Voor de grondwateraanvulling is uitgegaan van het LHM 3.4 (Landelijk Hydrologisch Model), voor de periode 2010 t/m 2018. Dit is de periode voor de start van programma Berkheide (na start programma Berkheide vinden veranderingen plaats in de winningen en plassen plaats in de tijd, wat een complexer beeld geeft). In het LHM 3.4 is deze grondwateraanvulling bepaald met MetaSWAP (modelcode voor de onverzadigde zone). Deze grondwateraanvulling is gemiddeld en niet tijdsafhankelijk.
- De initiële stijghoogte en chlorideverdeling is gelijk aan het eindresultaat van het gekalibreerde niet-stationaire model (periode 1980 – 2018).
- Het peil van de Noordzee is vastgelegd op +0,1 m NAP.
- De peilen en bodemhoogten van de infiltratieplassen zijn overgenomen uit gegevens van Dunea.
- De peilen van de overige watergangen zijn gebaseerd op leggergegevens.
- Voor de freatische en diepe onttrekkingen van Dunea is uitgegaan van de gemiddelde praktijksituatie bij reguliere bedrijfsvoering.
- Tijdens een overbruggingssituatie zijn beheersgebieden Meijndel en Berkheide beide onderhevig aan een onderbreking van rivierwateraanvoer.

Daarnaast zijn de volgende randvoorwaarden variabel, deze worden aangepast om de effecten van verschillende scenario's te beoordelen met modelberekeningen (zie hoofdstuk 1).

- Infiltratiedebieten via infiltratiesystemen: diep (ASR) en freatisch
- Onttrekkingsdebieten:
  - Freatisch                      Bijvoorbeeld freatische drains
  - Diep                              Bijvoorbeeld filters in de zone waar het grondwater brak is

Belangrijk om op te merken is dat in de berekeningen uitgegaan is van een overbruggingsscenario, zowel in Meijndel als in Berkheide.

## 4.3 Controle model

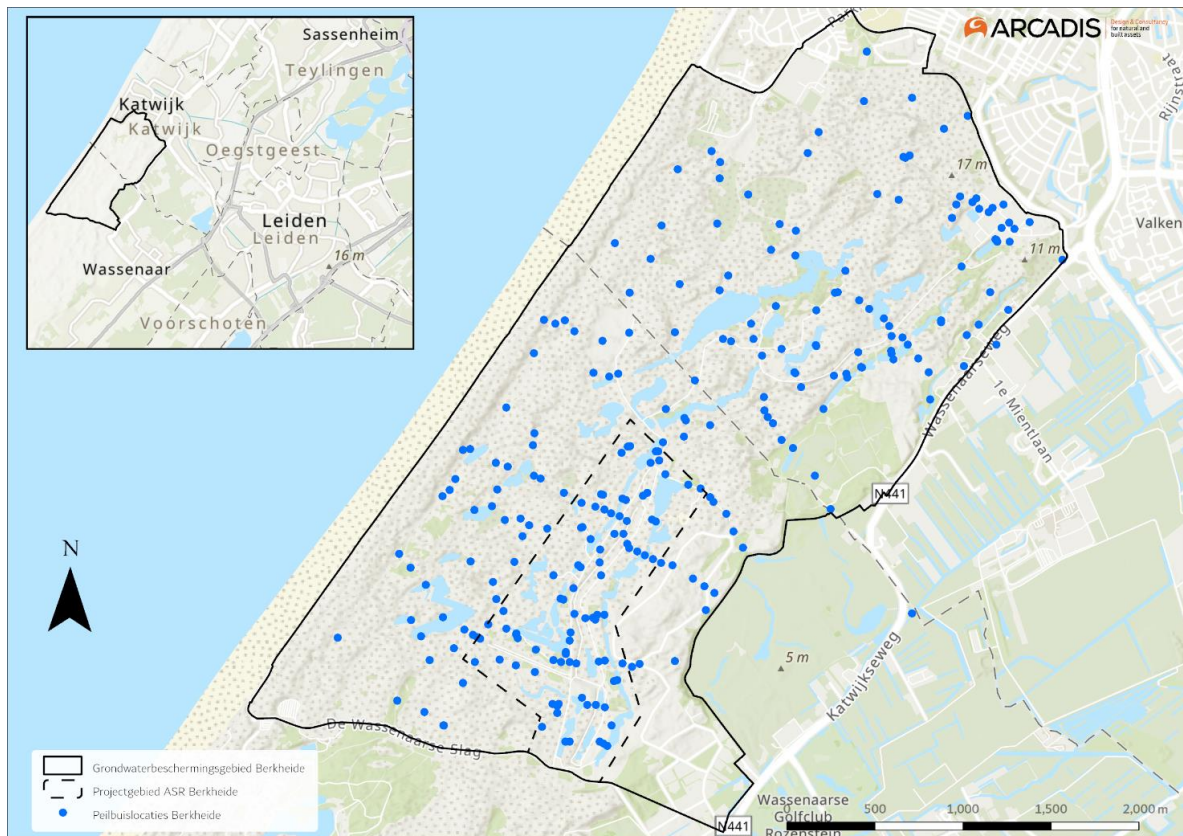
Voor de effectenstudie is het belangrijk dat de berekeningen van de omgevingseffecten door het model betrouwbaar zijn. Daarom is een controle van het model uitgevoerd op basis van meetgegevens in het wingebied Berkheide. Hiervoor is eerst een selectie gemaakt van betrouwbare, representatieve meetpunten waar het model aan getoetst kan worden (paragraaf 4.3.1). De resultaten van de controle zijn in paragraaf 4.3.2 opgenomen.

Het model (zie Figuur 4-1) is in voorgaande studies (Arcadis, 2020; Coastar, 2021) gekalibreerd op basis van meetgegevens in het volledige modelgebied. Omdat de focus in de voorliggende studie op Berkheide ligt is alleen een controle uitgevoerd voor metingen in het wingebied van Berkheide.

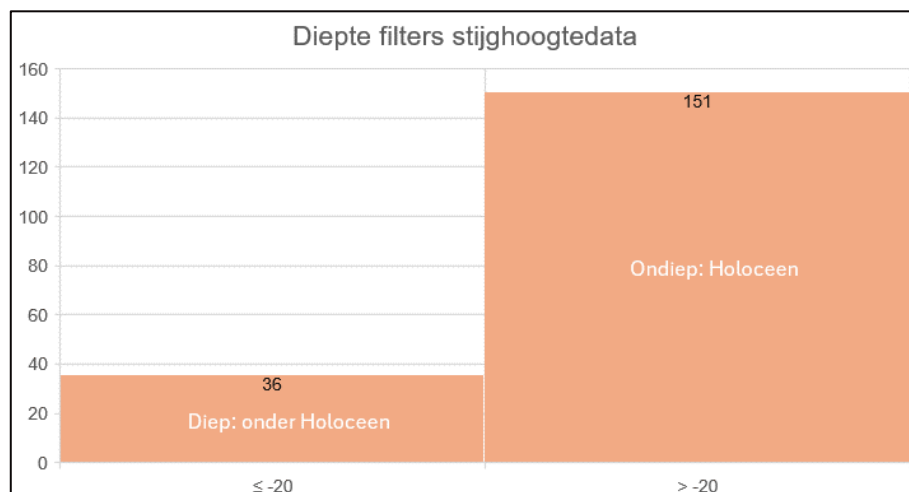
### 4.3.1 Controle dataset

Om het model goed te kunnen toetsen, zijn betrouwbare en representatieve stijghoogtemetingen nodig op verschillende locaties en diepten binnen het wingebied Berkheide. Deze metingen dienen een beeld te geven van de gemiddelde grondwaterstand en stijghoogte in het wingebied Berkheide, over een periode zonder drastische ingrepen

in het duingebied. Net als bij de andere projecten van het Programma Berkheide is de situatie voor de start van het Programma Berkheide als referentiesituatie gekozen (2019).



Figuur 4-2 | Controle dataset stijghoogtes: peilbuislocaties



Figuur 4-3 | Filterdieptes in de validatieset. Diep is hierbij gedefinieerd als in het Holoceen, boven -20m NAP.

Om aan de bovengenoemde eisen te kunnen voldoen, is een selectie uitgevoerd van alle beschikbare peilbuizen:

- Voor de referentiesituatie is gebruik gemaakt van de gemiddelde stijghoogten over de periode 2010 t/m 2018 (Voor start van het programma Berkheide - 2019). Deze stijghoogtemetingen zijn gecorrigeerd met het zoutgehalte (chlorideconcentraties uit het model) naar zoetwater stijghoogtes.
- Peilbuizen die vlakbij infiltratieplassen, infiltratieputten en onttrekkingsputten staan zijn niet meegenomen (zie paragraaf 4.2.1 voor toelichting)

- Dezelfde peilbuizen gebruikt als in het Triwaco-grondwatermodel dat gebruikt wordt voor vergunningsaanvragen van het ondiepe winsysteem binnen het Programma Berkheide.

Zoals vermeld staat in 1.3 zijn er modelaanpassingen doorgevoerd t.a.v. het basismodel:

- Optimalisatie parameterwaarden op basis van recente kennis en aanpassingen in het Triwaco-model door RHDHV (verbreiding kleilagen en parameterwaarden, etc.);
- Controle geschiktheid model (afwijkingen) op basis van gemiddelde stijghoogten uit de periode 2010 tot 2019 (vóór start Programma Berkheide – zie scenario beschrijving). Hierbij zijn (ten minste) dezelfde peilbuizen gebruikt als in het Triwaco-grondwatermodel dat gebruikt wordt voor vergunningsaanvragen van het ondiepe winsysteem binnen het Programma Berkheide.

### 4.3.2 Resultaat controle

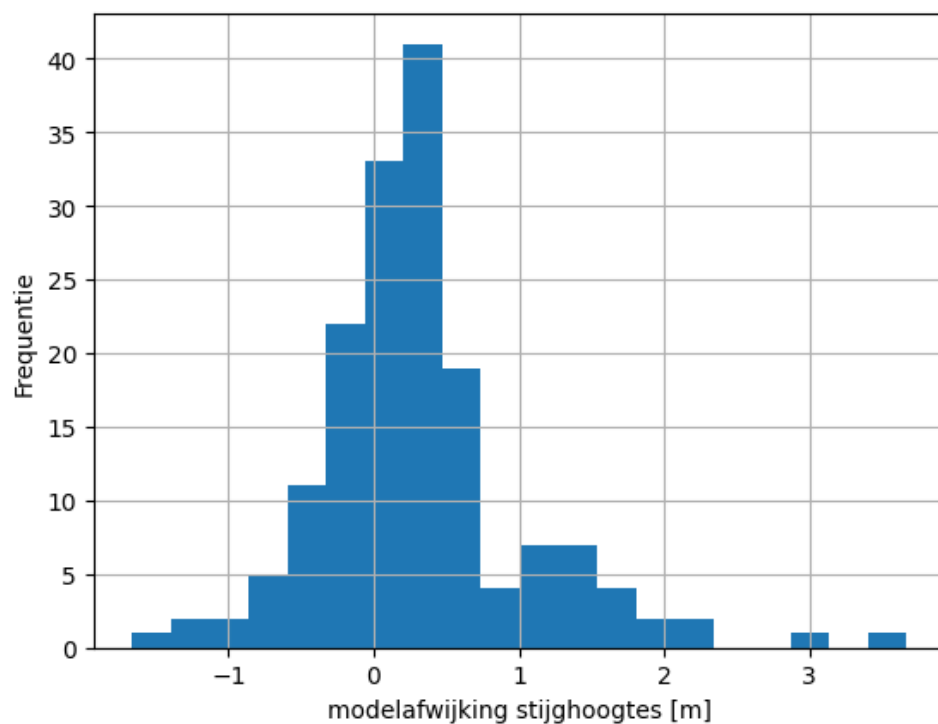
Het model is getoetst op de gemiddelde situatie (stationair) – voor de uitvoering van Programma Berkheide (2019) – over de periode 2010 t/m 2018. De berekende (stationaire) grondwaterstand en stijghoogte is dataset zoals beschreven in paragraaf 4.3.1. Hierbij is de modelafwijking is gedefinieerd als:

$$dh = h_{\text{model op (x,y,z)}} - h_{\text{referentie situatie op (x,y,z)}}$$

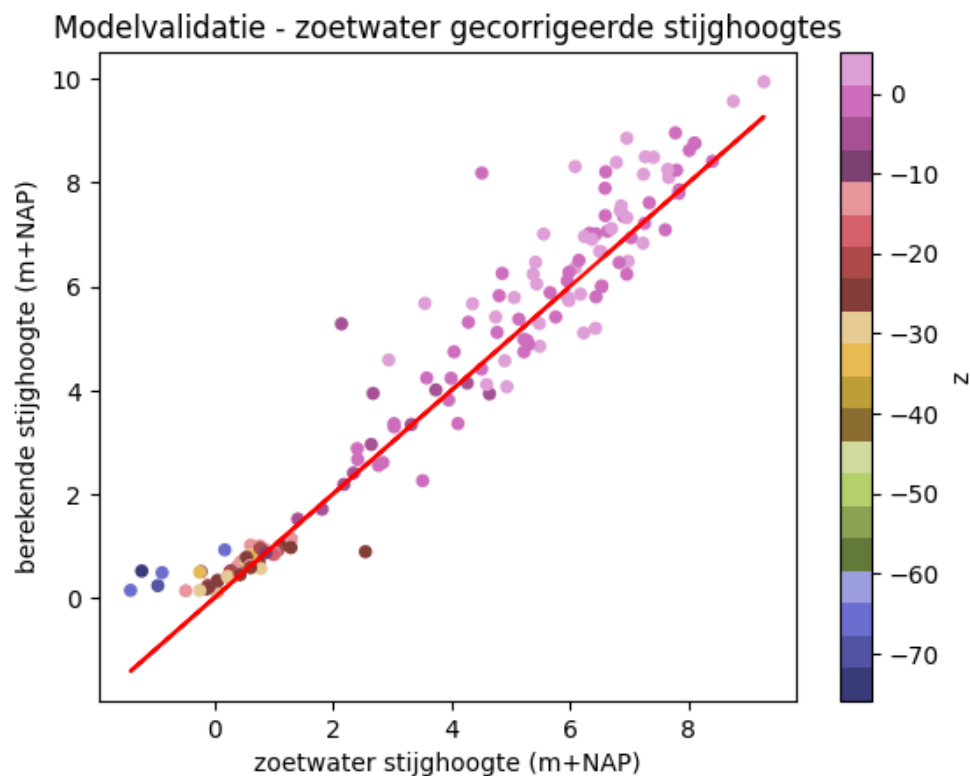
In algemene zin berekent het model een iets hogere gemiddelde stijghoogte dan gemeten. De gemiddelde modelafwijking is 0,31 m. In Figuur 4-4 is een histogram opgenomen van de modelafwijking, en in Figuur 4-5 is de gemeten gemiddelde stijghoogte uitgezet tegen de berekende stationaire stijghoogte. Daarin is te zien dat de spreiding bij diepere filtermetingen (onder -10 m NAP- zie kleurcode z- waarden) kleiner is dan in het freatische systeem. Dit strijkt ook met de verwachting, omdat het freatische systeem complexer is, met grotere variaties in grondwaterstand. Naast de toetsing op de controle dataset (paragraaf 4.3.1) is het model ook getoetst met de controle dataset die gebruikt is voor de kalibratie van het bestaande Triwaco-grondwatermodel (uitgevoerd door RHDHV). De resultaten van deze controle zijn opgenomen in Figuur 4-6. Hier is te zien dat de berekende grondwaterstanden en stijghoogten redelijk goed overeenkomen met de metingen.

Het grondwatermodel is dus getoetst op peilbuismetingen, waar het een gemiddelde modelafwijking van 0,31 m heeft ten opzichte van de metingen. In deze studie wordt het model ingezet voor de berekening van effecten van een overbrugging mét en zónder ASR-systeem. De modelafwijking is van toepassing op de gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogtes, dit is geen reden om de tijdelijke *verandering* in grondwaterstand of stijghoogtes door een overbruggingssituatie in twijfel te trekken. Hier is sprake van een superpositie principe, omdat bij omgevingseffecten gekeken wordt naar de *relatieve veranderingen* in grondwaterstand en niet naar de grondwaterstand zelf (of stijghoogte).

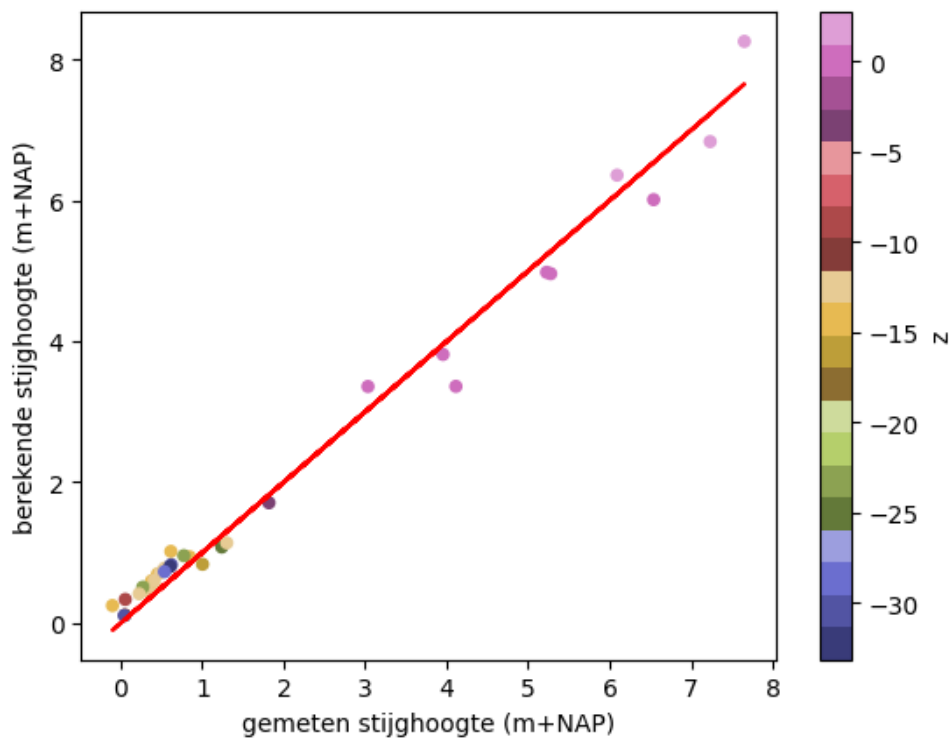
Samenvattend wordt de nauwkeurigheid van het model op basis van de toetsing aan de referentie validatieset en de validatieset van RHDHV als voldoende beschouwd voor de beoordeling van de potentiële (omgevings)effecten van het beoogde ASR-systeem. De vergelijking van het model met zowel de controle dataset van het Triwaco-model, als de nieuwe controle dataset (met een ruimere selectie van peilbuizen) laat zien dat de modelafwijkingen naar benadering evenredig zijn verdeeld, en de gemiddelde afwijking in verhouding tot de variatie in de aanwezige variatie van de grondwaterstand relatief klein is. Dit maakt het model voldoende betrouwbaar voor de beoordeling van potentiële omgevingseffecten, met de kanttekening dat in het freatische systeem een grotere onzekerheid bestaat voor de verandering op specifieke locaties, met name dichtbij de winputten.



Figuur 4-4 | Histogram van modelafwijking bij stijghoogtemetingen in peilbuisfilters.



Figuur 4-5 | Gemeten gemiddelde stijghoogte versus de berekende gemiddelde stijghoogte. De kleurschaal van de meetpunten verwijst naar de diepte van de meting (m+NAP). De gemeten stijghoogtes zijn gecorrigeerd naar zoetwater stijghoogte met de chlorideconcentraties uit het model.



Figuur 4-6 | Modelafwijking bij stijghoogte validatie dataset van modelstudie van RHDHV in Berkheide – waar geselecteerd is op relevante meetpunten. De kleurschaal verwijst naar de diepte van de meting (m+NAP)



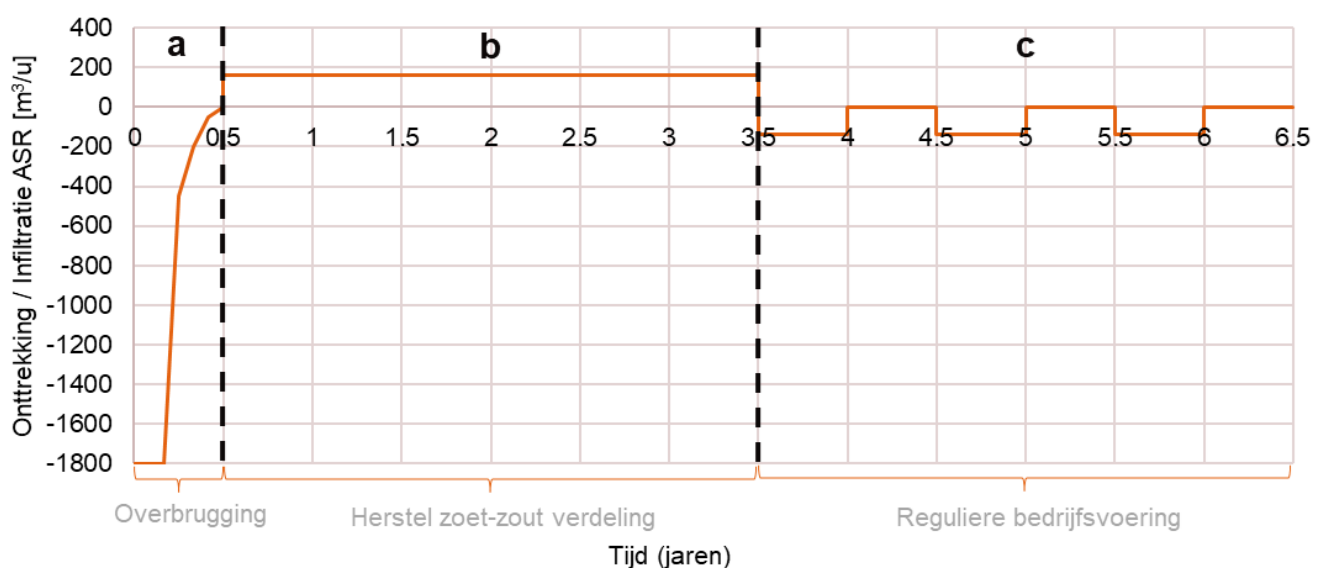
## 5 Effecten op de omgeving

In dit hoofdstuk zijn de effecten van een overbrugging zonder ASR-systeem (referentie) en een overbrugging met ASR-systeem op de omgeving weergegeven en toegelicht. Hierbij zijn de effecten bepaald op basis van de verandering ten opzichte van de situatie bij aanvang van het scenario (op  $t = 0$ ). De fasering en tijdlijn van de scenario's zijn kort toegelicht in Tabel 5-1 en Figuur 5-1, voor het scenario van een overbrugging met ASR-systeem. Voor meer informatie over de scenario's, zie paragraaf 1.3.

Eerst is ingegaan op het effect op de freatische grondwaterstand (paragraaf 5.1). Vervolgens op het effect op de stijghoogte in dieper gelegen watervoerende pakketten en het zoet-brak grensvlak (paragraaf 5.2).

Tabel 5-1 | **Overbrugging met ASR: Momenten in de tijdlijn waarop effecten worden getoond** (zie Figuur 5-1 voor tijdlijn, zie paragraaf 1.3 voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende fases en scenario's).

Tijd / Fase	Beschrijving	Omgevingseffecten
3 maanden (helft fase a)	Einde langdurige onderbreking rivierwateraanvoer. Hierin heeft het ASR-systeem 3 maanden vol aan heeft gestaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freatische grondwaterstand</li> <li>Stijghoogtes in diepe pakketten</li> <li>Zoet-brak grensvlak</li> <li>Zoete grondwatervoorraad</li> </ul>
6 maanden (einde fase a)	Einde overbruggingsperiode: 3 maanden nadat de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer is beëindigd, en waarin de freatische winning is hersteld	
42 maanden (einde fase b)	Einde van de 3 jaar durende herstelperiode, waarin het herstel van het zoet-brak grensvlak en de zoete grondwatervoorraad centraal staat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zoet-brak grensvlak</li> <li>Zoete grondwatervoorraad</li> </ul>
78 maanden (einde fase c)	Einde van een periode van 3 jaar waarin de freatische en diepe winning weer op de reguliere bedrijfsvoering draait	



Figuur 5-1 | **Overbrugging met ASR: Tijdlijn.** Voor een gedetailleerde beschrijving van de verschillende scenario's en fases, zie paragraaf 1.3

Tenslotte zal – in een volgende versie van het rapport – ook de grondwaterafhankelijke omgevingseffecten worden beschreven (paragraaf 5.3). Hierin worden de effecten van een overbrugging met ASR beschouwd, waarbij wordt meegenomen hoe de effecten zich verhouden tot de referentiesituatie (overbrugging zonder ASR-systeem). In het

bijzonder wordt gekeken naar de effecten op (1) kwetsbare (natte) natuurgebieden, (2) (grondwater)verontreinigingen, en (3) open bodemenergiesystemen. Ook voor de overige belangen zoals bebouwing, funderingen (zettingen), archeologie en aardkundige waarden, openbaar groen en landbouw worden beschouwd.

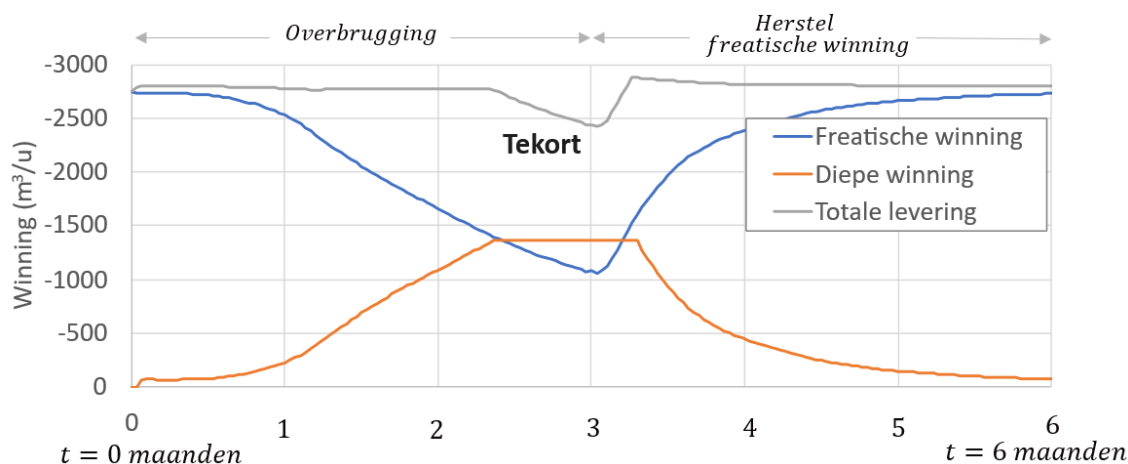
## 5.1 Freatisch pakket

### 5.1.1 Overbrugging zonder ASR (2025)

In dit scenario is onderzocht wat de invloed is van een overbrugging in de huidige situatie (i.e. referentie), zonder inzet van het ASR-systeem (zie ook paragraaf 1.3.1). Hierbij wordt in deze paragraaf ingegaan op de invloed op de freatische grondwaterstand in de overbruggingsperiode (**fase a**) en herstelperiode (**fase b**). De overbruggingsperiode (**fase a**) bestaat uit een periode van 6 maanden, die direct begint met een onderbreking van de rivierwateraanvoer van 3 maanden en wordt gevolgd door een periode van 3 maanden waarin de freatische winning herstelt. Na de overbruggingsperiode volgt een periode van 3 jaar (**fase b**), waarin het herstel van het zoet-brak grensvlak centraal staat.

#### Fase a

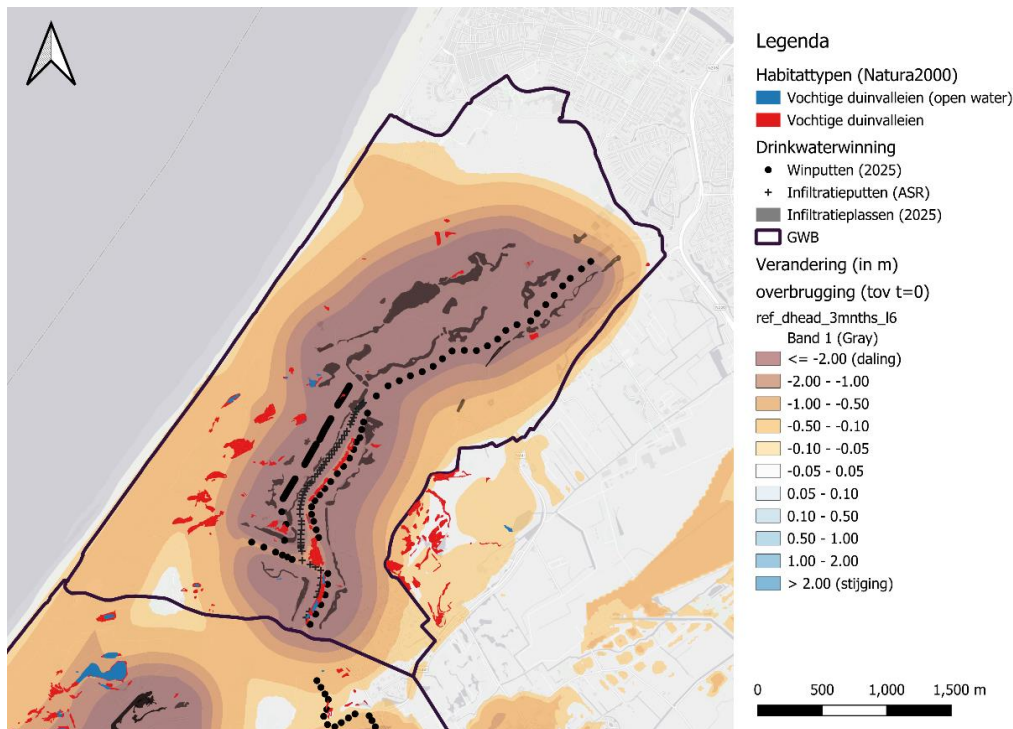
In Figuur 5-2 is de berekende freatische winning (blauw), diepe winning (oranje) en totale levering van drinkwater (grijs) tijdens fase a (overbrugging + herstel freatische/reguliere winning) van het referentiescenario weergegeven. De eerste 3 maanden (0 tot 3 maanden) beslaan de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (overbrugging), de laatste 3 maanden (3 tot 6 maanden) is het herstel van de freatische winning. Hieruit volgt dat aan het einde van de onderbreking van de rivierwateraanvoer niet kan worden voldaan aan het leveringsdebiet van 2800 m<sup>3</sup>/u. In de 3<sup>e</sup> maand wordt de maximale capaciteit van de diepe winning bereikt, en treedt een tekort op ten opzichte van het benodigde leveringsdebiet, omdat de freatische winning door de innamestop steeds verder daalt.



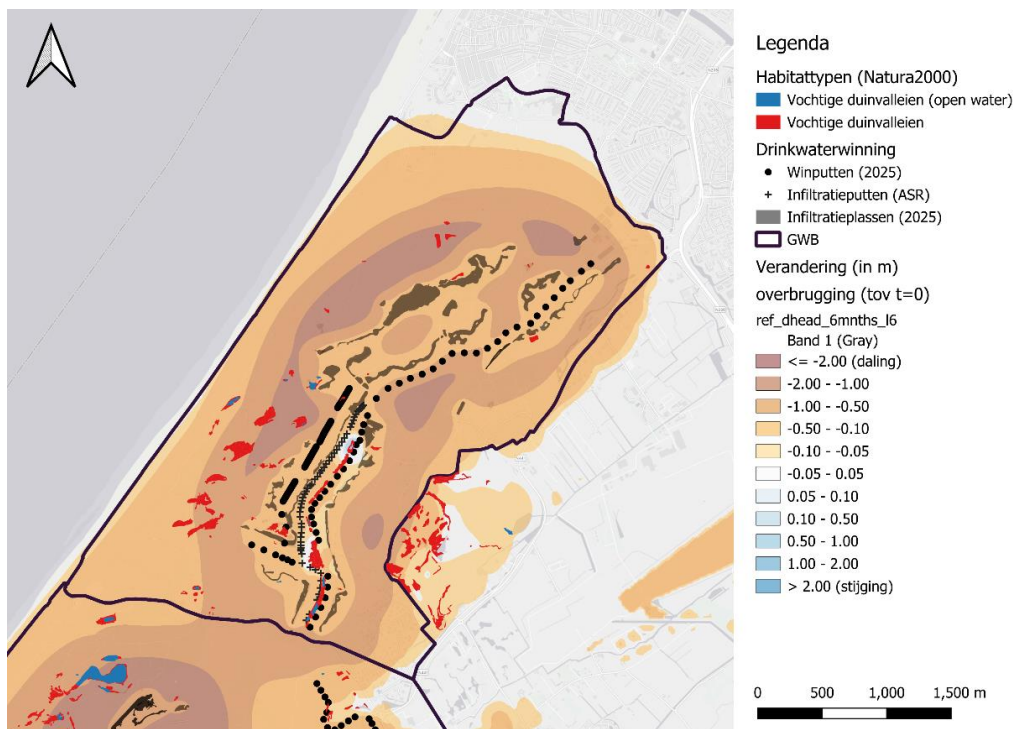
Figuur 5-2 | Freatische, diepe en totale winning (m<sup>3</sup>/u) tijdens de overbrugging zonder ASR, **fase a** (=resultaat modelberekening)

Aan het einde van de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (na 3 maanden) is in Berkheide een sterke daling van de grondwaterstand nabij de infiltratieplassen en winmiddelen opgetreden (Figuur 5-3), en deze daling straalt uit naar de rest van het duingebied. Aan het einde van de herstelperiode van de freatische winning (na 6 maanden) zijn de plaspeilen van de infiltratieplassen hersteld, en is ook de freatische grondwaterstand op korte afstand van de infiltratieplassen en winmiddelen vrijwel hersteld (Figuur 5-4). Op grotere afstand van de infiltratieplassen herstellen de grondwaterstanden zich langzamer, omdat de snelheid van het herstel in grotere mate afhankelijk is van de grondwateraanvulling. Hier bevindt de grondwaterstand zich nog enkele tot meerdere tientallen decimeters lager dan bij aanvang van de overbrugging (t=0 maanden).





**Figuur 5-3 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op  $t = 3$  maanden (Overbrugging zonder ASR), na 3 maanden zonder rivierwateraanvoer, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer ( $t=0$  maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – halverwege fase a).** Voor de leesbaarheid is de maximale grondwaterstandsverandering op 2,0 m gezet; grotere veranderingen ( $>2$  m) komen alleen voor nabij de infiltratieplassen en winputten en beïnvloeden de effectbeoordeling niet verder. De maximale verandering (daling) van de grondwaterstand is -5,9 m.



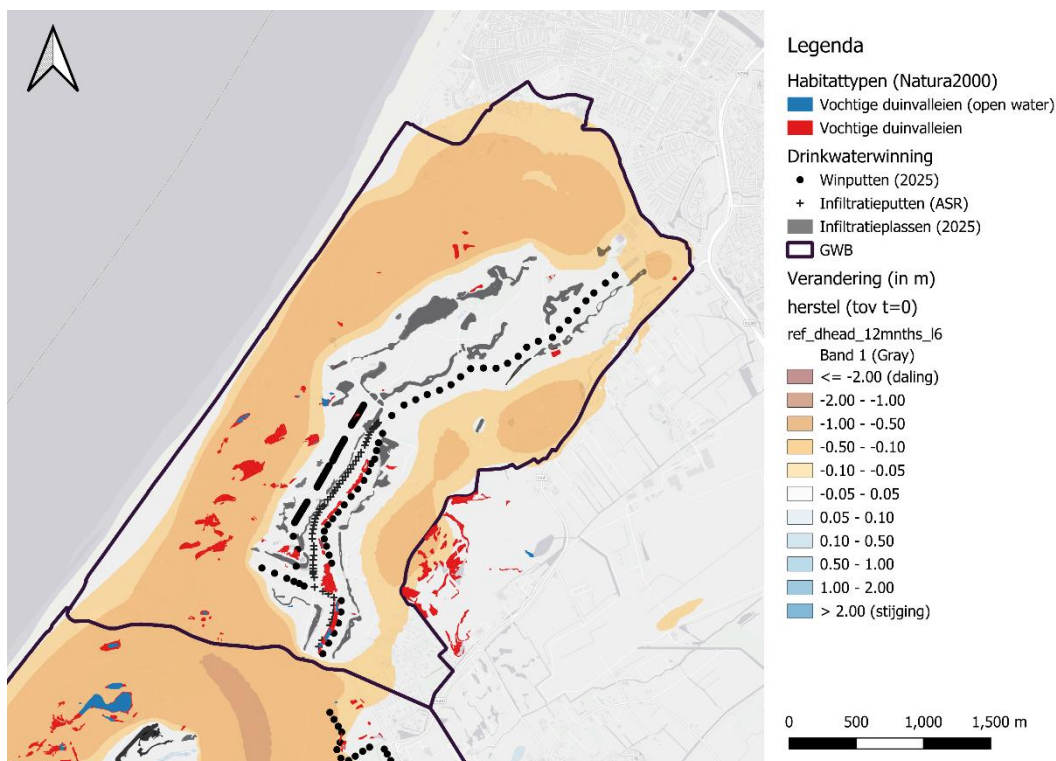
**Figuur 5-4 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op  $t = 6$  maanden (Overbrugging zonder ASR), aan het eind van de overbruggingsperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer ( $t=0$  maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn- einde fase a)**

## Fase b

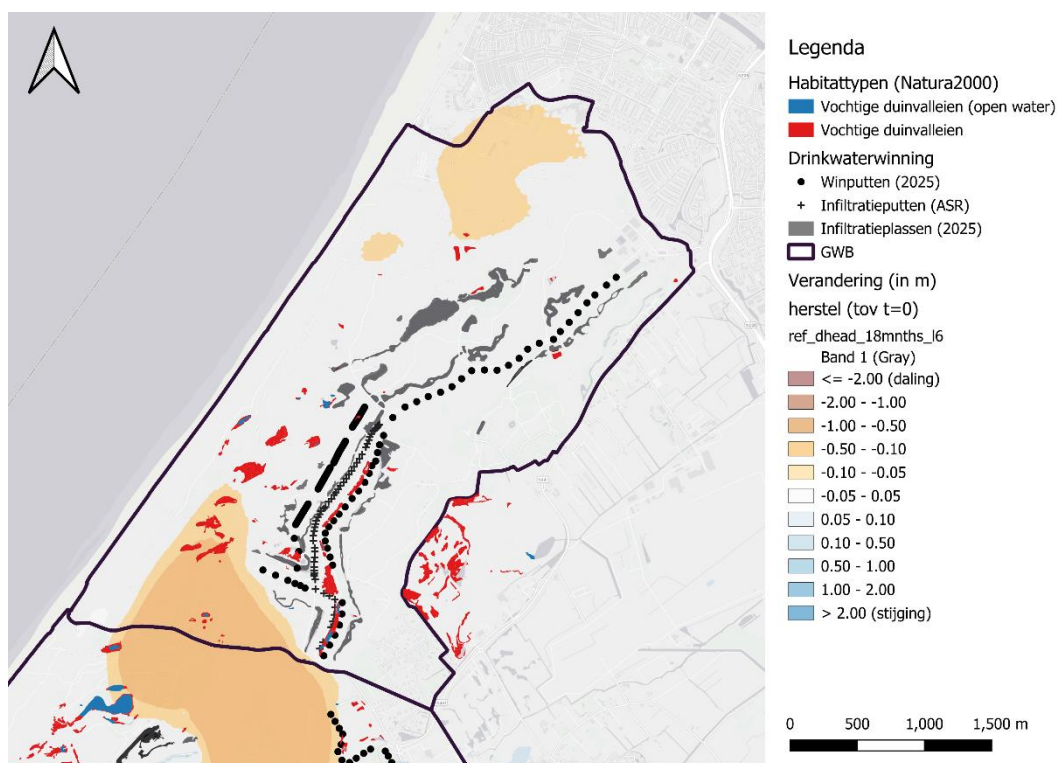
Na de overbruggingsperiode (**fase a**) start de herstelperiode (zie Figuur 5-1 - **fase b**), die is gericht op het herstel van het zoet-brak grensvlak en de zoete grondwatervoorraad. Bij aanvang van de herstelperiode is de freatische winning hersteld – i.e. het peil van de infiltratieplassen en de freatische winning zijn weer op het niveau van voor de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer. Echter, de freatische grondwaterstand is nog niet volledig hersteld.

In deze periode vindt gedurende 3 jaar geen diepe winning plaats (in alle scenario's). Tijdens deze periode herstellen de freatische grondwaterstanden zich ook langzaam tot het niveau van voor de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer. In Figuur 5-5 is het herstel van de grondwaterstanden te zien na 12 maanden – 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 6 maanden na de start van de herstelperiode, en in Figuur 5-6 het herstel van de grondwaterstanden na 18 maanden - 12 maanden na het einde van de overbruggingsperiode, en 12 maanden na de start van de herstelperiode.

In Figuur 5-5 is te zien dat vanwege het herstel van de plaspeilen in de infiltratieplassen, de grondwaterstand in de nabije omgeving van deze plassen als eerst volledig hersteld is. In die delen van Berkheide die op grotere afstand van de infiltratieplassen liggen is het herstel langzamer, omdat de snelheid van het herstel in grotere mate afhankelijk is van de grondwateraanvulling. Na 18 maanden zijn de grondwaterstanden in Berkheide grotendeels hersteld (Figuur 5-6), met uitzondering van een gebied in het zuidwesten van Berkheide. Deze daling is echter ook mede het gevolg van de doorwerking van dezelfde langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer – en de bijbehorende inzet van de freatische en diepe winning – in Meijendel. Namelijk: zoals vermeld in paragraaf 4.2.3, vindt ook in Meijendel tegelijk met Berkheide een langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (en daaropvolgend herstel) plaats.



**Figuur 5-5 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op t = 12 maanden (overbrugging zonder ASR) - 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 6 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – fase b)**



*Figuur 5-6 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op **t = 18 maanden** (overbrugging zonder ASR) – 12 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 12 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – fase b)*

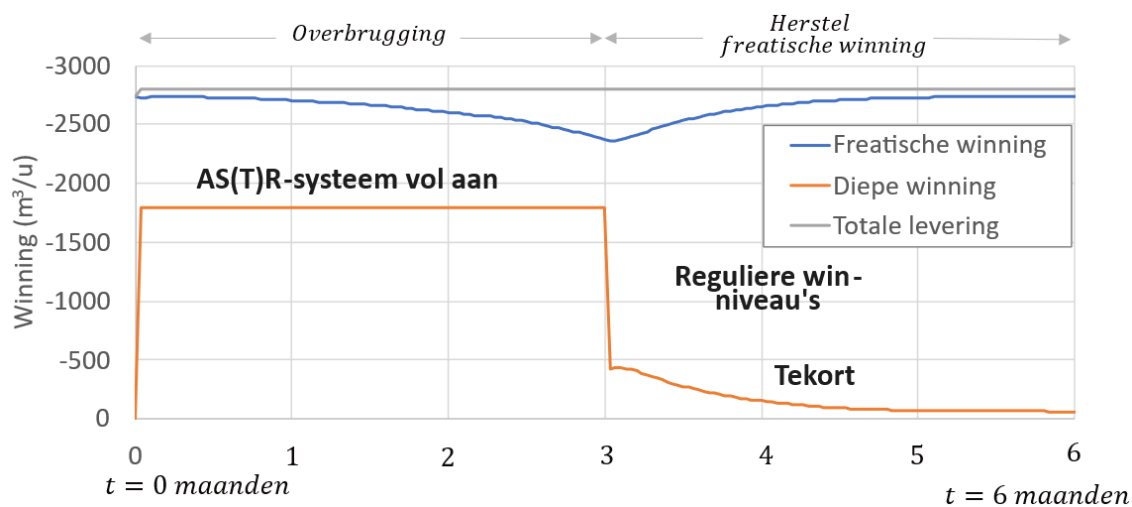
## 5.1.2 Overbrugging met ASR (2030)

In dit scenario is onderzocht wat de invloed is van een overbrugging in de toekomstige situatie (2030), met het beoogde ASR-systeem (zie ook paragraaf 1.3.2). Hierbij wordt in deze paragraaf ingegaan op de invloed op de freatische grondwaterstand in de overbruggingsperiode (**fase a**) en herstelperiode (**fase b**). De overbruggingsperiode (**fase a**) bestaat uit een periode van 6 maanden, die direct begint met een onderbreking van de rivierwateraanvoer van 3 maanden, waarin het ASR-systeem op volle capaciteit wordt ingezet ( $1800 \text{ m}^3/\text{u}$ ). Deze periode wordt gevolgd door een periode van 3 maanden waarin de freatische winning herstelt. Na de overbruggingsperiode volgt een periode van 3 jaar (**fase b**), waarin het herstel van het zoet-brak grensvlak centraal staat.

In paragraaf 5.1.3 is een **vergelijking tussen het scenario zonder en met ASR** opgenomen.

### Fase a

In Figuur 5-7 is de berekende freatische winning (blauw), diepe winning (oranje) en totale levering van drinkwater (grijs) tijdens fase a (overbrugging + herstel freatische/reguliere winning) van de ontwerpsituatie (met ASR) weergegeven (zie Figuur 1-1 voor een overzichtskaart van de winningen). De eerste 3 maanden (0 tot 3 maanden) beslaan de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (overbrugging), de laatste 3 maanden (3 tot 6 maanden) is het herstel van de freatische winning. Hieruit volgt dat in dit scenario gedurende de volledige periode kan worden voldaan aan het leveringsdebiet van  $2800 \text{ m}^3/\text{u}$ . Ook is te zien dat gedurende de overbrugging meer water wordt gewonnen dan de totale levering. Dit 'overtollige' water wordt in dit scenario volledig gerecirculeerd op de infiltratieplassen met de intentie om de impact op o.a. (kwetsbare) natuur te minimaliseren.

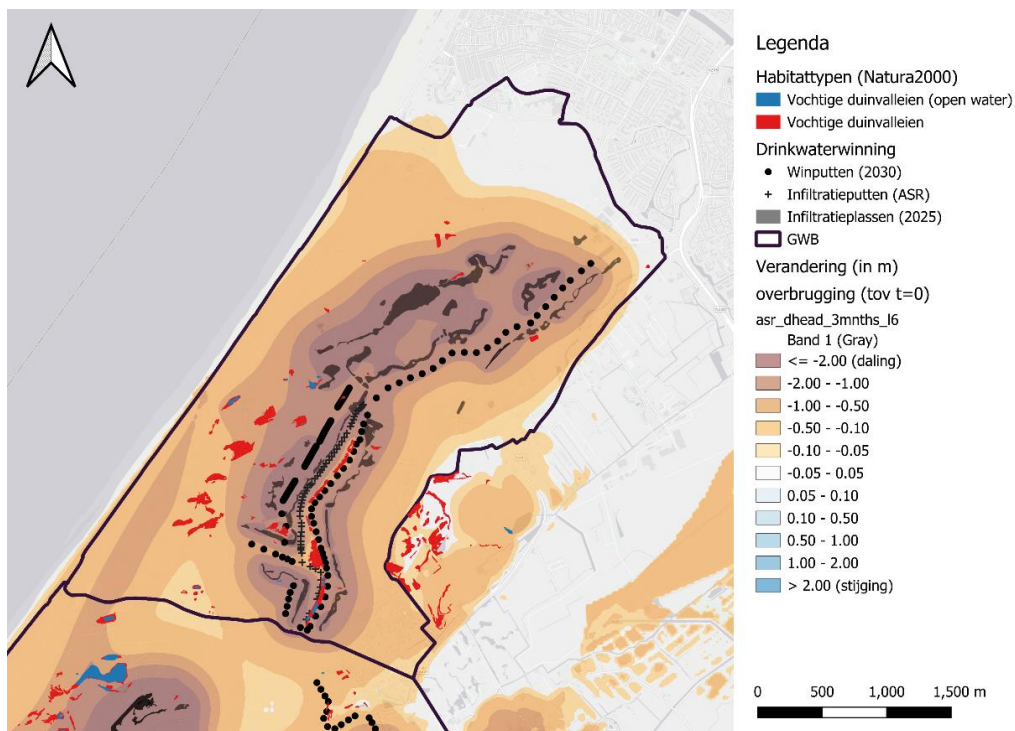


Figuur 5-7 | Freatische, diepe en totale winning ( $\text{m}^3/\text{u}$ ) tijdens de overbrugging in de **overbrugging met ASR** (=resultaat modelberekening)

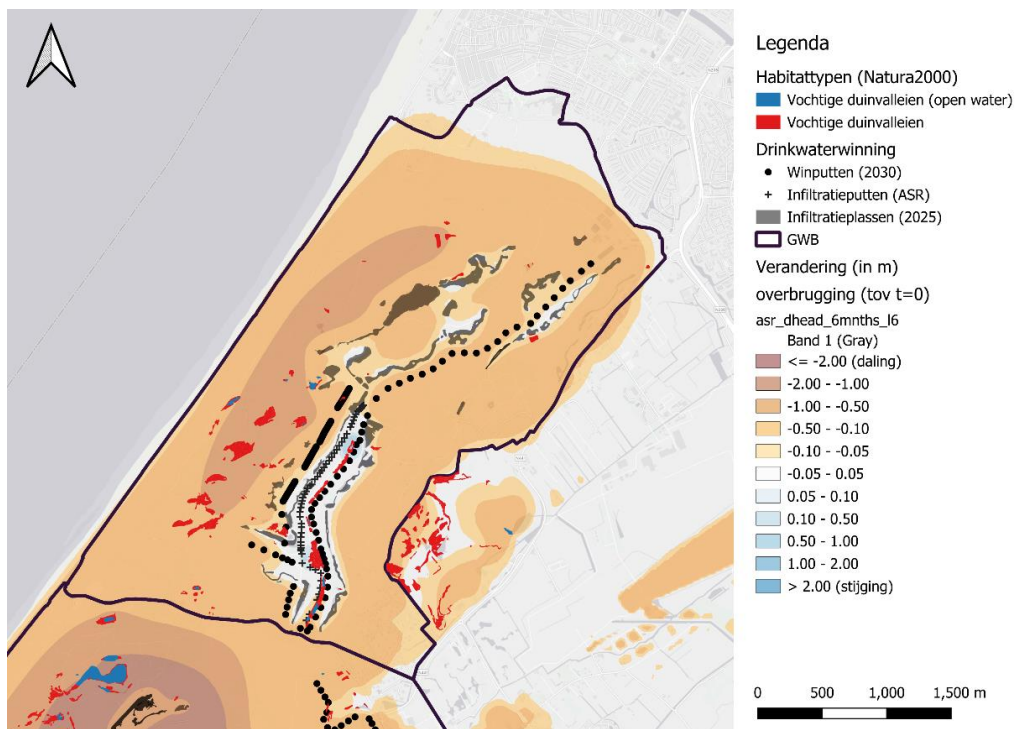
Aan het einde van de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (na 3 maanden) is in Berkheide een sterke daling van de grondwaterstand nabij de infiltratieplassen en winmiddelen opgetreden (Figuur 5-8), en deze daling straalt uit naar de rest van het duingebied. Aan het einde van de herstelperiode van de freatische winning (na 6 maanden) zijn de plaspeilen van de infiltratieplassen hersteld, en is ook de freatische grondwaterstand op korte afstand van de infiltratieplassen en winmiddelen vrijwel hersteld (Figuur 5-9). Op grotere afstand van de infiltratieplassen herstellen de grondwaterstanden zich langzamer, omdat de snelheid van het herstel in grotere mate afhankelijk is van de grondwateraanvulling. Hier bevindt de grondwaterstand zich nog enkele tot meerdere tientallen decimeters lager dan bij aanvang van de overbrugging ( $t=0$  maanden).

Met andere woorden, in 3 maanden zijn de grondwaterstanden ter plaatse van de infiltratieplassen en winmiddelen hersteld, maar in het merendeel van Berkheide is de grondwaterstand nog niet terug is op het niveau van voor de overbrugging. Ook bij een overbrugging met ASR zijn grondwaterstandsverlagingen buiten het duingebied te zien (in de resultaten in Figuur 5-8 en Figuur 5-9), net als bij de overbrugging zonder ASR.





Figuur 5-8 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op **t = 3 maanden (overbrugging met ASR)**, nadat het ASR-systeem 3 maanden vol aan heeft gestaan, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – **halverwege fase a**). Voor de leesbaarheid is de maximale grondwaterstandsverandering op 2,0 m gezet; grotere veranderingen (>2 m) komen alleen voor nabij de infiltratieplassen en winputten en beïnvloeden de effectbeoordeling niet verder. De maximale verandering (daling) van de grondwaterstand is -4,1 m.



Figuur 5-9 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op **t = 6 maanden (overbrugging met ASR)**, aan het eind van de overbruggingsperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – **eind fase a**)



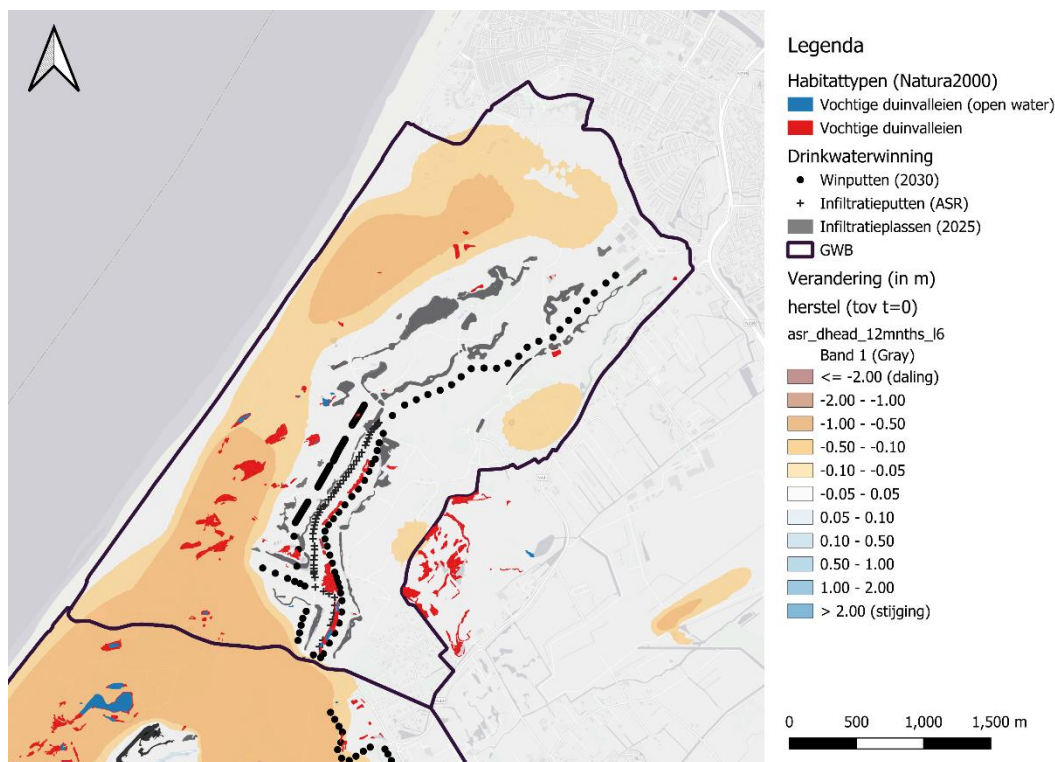
## Fase b

Na de overbruggingsperiode (**fase a**) start de herstelperiode (zie Figuur 5-1 - **fase b**), die is gericht op het herstel van het zoet-brak grensvlak en de zoete grondwatervoorraad. Bij aanvang van de herstelperiode is de freatische winning hersteld – i.e. het peil van de infiltratieplassen en de freatische winning zijn weer op het niveau van voor de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer. Echter, de freatische grondwaterstand is nog niet volledig hersteld.

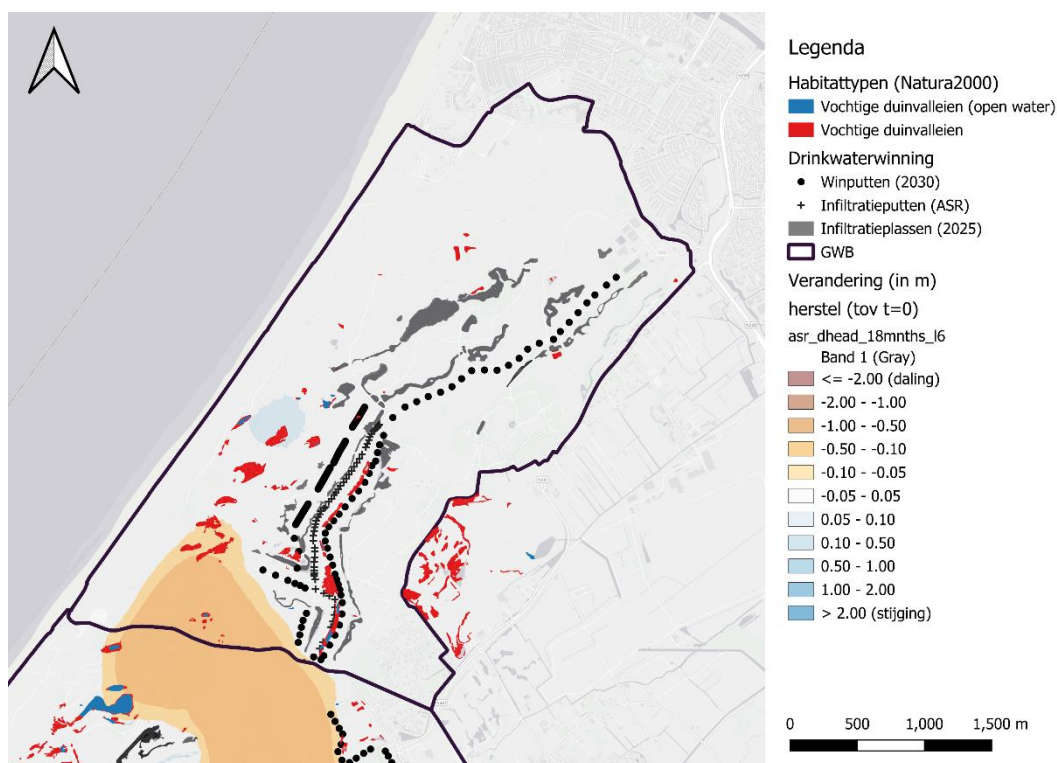
In deze periode vindt gedurende 3 jaar geen diepe winning plaats (dit geldt voor alle scenario's), en wordt continue 162,5 m<sup>3</sup> per uur in het watervoerend pakket geïnfiltreerd via het ASR-systeem. Tijdens deze periode herstellen de freatische grondwaterstanden zich ook langzaam tot het niveau van voor de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer. In Figuur 5-10 is het herstel van de grondwaterstanden te zien na 12 maanden - 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 6 maanden na de start van de herstelperiode, en in Figuur 5-11 het herstel van de grondwaterstanden na 18 maanden - 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 12 maanden na de start van de herstelperiode.

In Figuur 5-10 Figuur 5-5 is te zien dat vanwege het herstel van de plaspeilen in de infiltratieplassen, de grondwaterstand in de nabije omgeving van deze plassen als eerst volledig hersteld is. In die delen van Berkheide die op grotere afstand van de infiltratieplassen liggen is het herstel langzamer, omdat de snelheid van het herstel in grotere mate afhankelijk is van de grondwateraanvulling. Na 18 maanden zijn de grondwaterstanden in Berkheide grotendeels hersteld (Figuur 5-11), met uitzondering van een gebied in het zuidwesten van Berkheide. Deze daling is echter ook mede het gevolg van de doorwerking van dezelfde langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer – en de bijbehorende inzet van de freatische en diepe winning – in Meijendel. Namelijk: zoals vermeld in paragraaf 4.2.3, vindt ook in Meijendel tegelijk met Berkheide een langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (en daaropvolgend herstel) plaats.

Ook is te zien dat het herstel van de grondwaterstanden in grote delen van Berkheide sneller verloopt in vergelijking met het scenario 'Overbrugging zonder ASR (2025)'. Dit is verder uitgelicht in paragraaf 5.1.3.



**Figuur 5-10 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op t = 12 maanden (overbrugging met ASR) - 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 6 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – fase b)**



*Figuur 5-11 | Daling van de freatische grondwaterstand (m) op  $t = 18$  maanden (overbrugging met ASR) - 12 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 12 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer ( $t=0$  maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn – fase b)*

### 5.1.3 Mitigerende werking ASR tijdens overbrugging

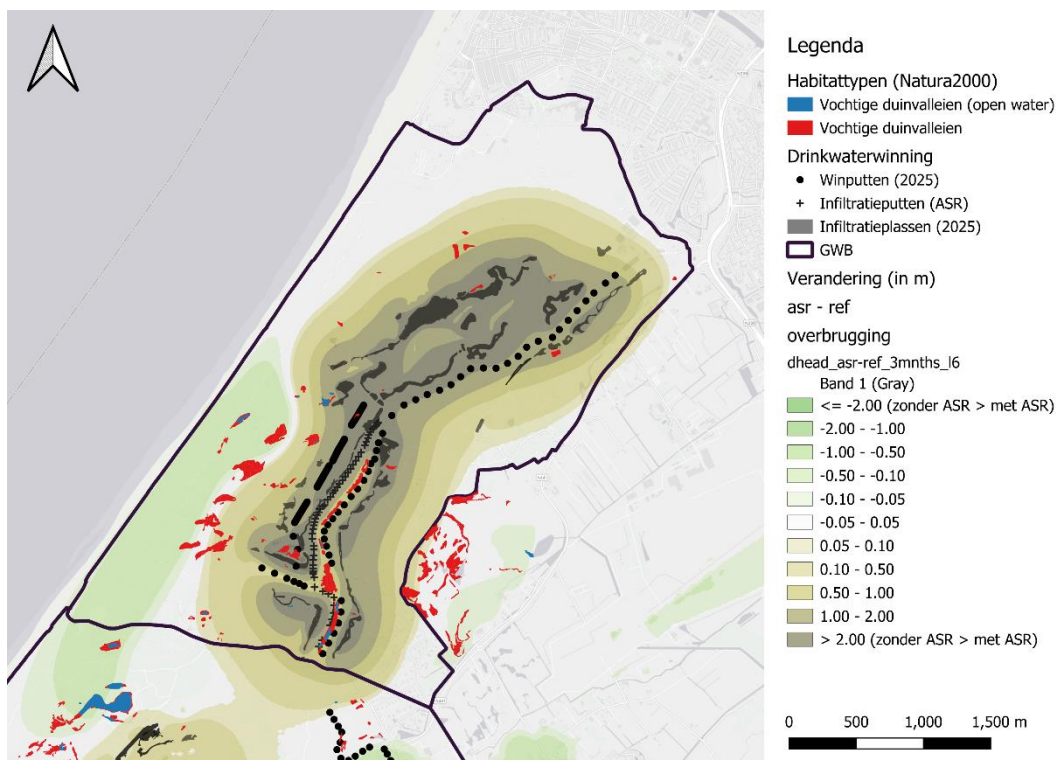
Om inzichtelijk te maken in hoeverre de inzet van het ASR-systeem leidt tot een minder grote daling van de grondwaterstand tijdens de overbrugging, is de daling van de grondwaterstand in beide scenario's met elkaar vergeleken: Overbrugging met ASR (2030) vs. Overbrugging zonder ASR (2025). **Om deze analyse duidelijker te maken, zijn beide scenario's in deze paragraaf afgekort tot: 'OVB met ASR' en 'OVB zonder ASR'.**

In de onderstaande kaarten is het verschil in de freatische grondwaterstand tussen scenario's 'OVB met ASR' en 'OVB zonder ASR' weergegeven voor de volgende momenten (allen ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer, t=0 maanden):

- 3 maanden: einde periode waarin geen rivierwateraanvoer beschikbaar is (Figuur 5-12)
- 6 maanden: eind van de overbruggingsperiode, waarin de freatische winning weer is hersteld (Figuur 5-13)
- 12 maanden: 6 maanden na het eind van de overbruggingsperiode / start van de herstelperiode (Figuur 5-14)
- 18 maanden: 12 maanden na het eind van de overbruggingsperiode / start van de herstelperiode (Figuur 5-15)

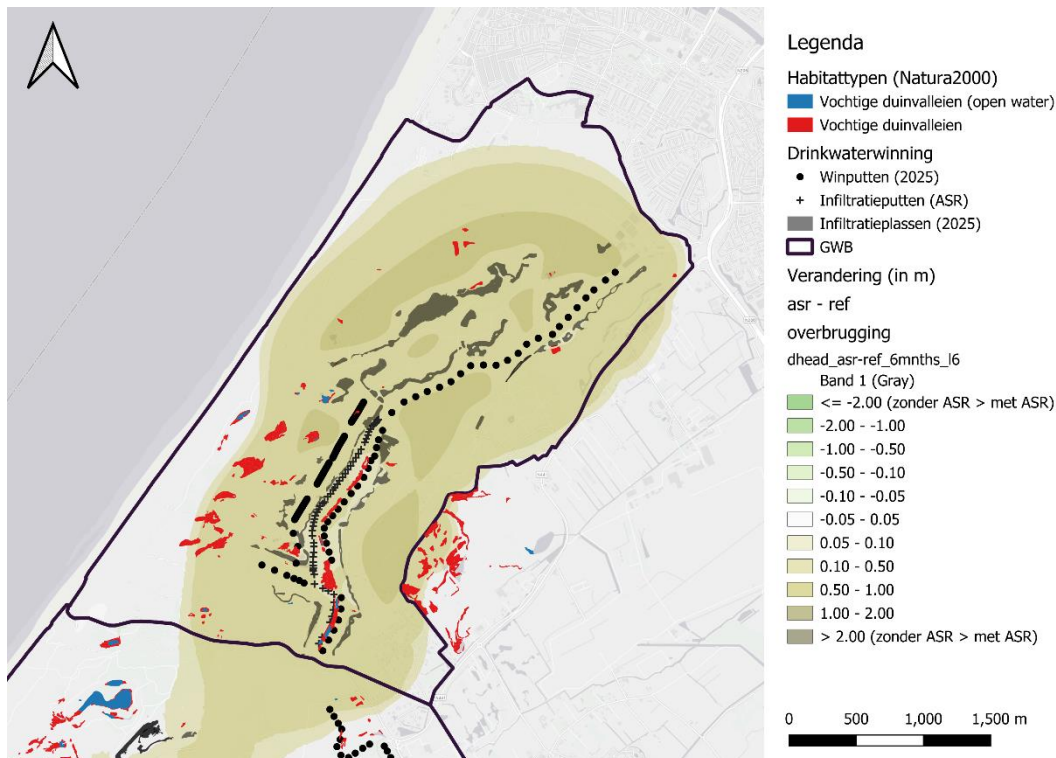
Uit de verschilkaarten volgt dat de freatische grondwaterstand in de nabije omgeving van de winmiddelen en infiltratieplassen bij OVB zonder ASR meters verder uitzakt dan bij OVB met ASR (Figuur 5-12). Alleen in het zuidwestelijke deel van Berkheide is de freatische grondwaterstand lager bij OVB met ASR dan in bij OVB zonder ASR. In dit deel van Berkheide is de weerstand van de (zeer) slecht doorlatende Rijnklei lager (Figuur 2-1), waardoor de invloed van de grotere onttrekking uit het dieper gelegen waterpakket – via het ASR-systeem, ook op de freatische grondwaterstand doorwerkt.

In de daaropvolgende figuren (Figuur 5-13, Figuur 5-14 en Figuur 5-15) is te zien dat bij OVB zonder ASR de freatische grondwaterstand aanzienlijk lager is dan bij OVB met ASR. Dit laat zien dat de inzet van het ASR-systeem tijdens een overbrugging in grote delen van Berkheide leidt tot een kleinere uitzakking en een sneller herstel van de freatische grondwaterstand.

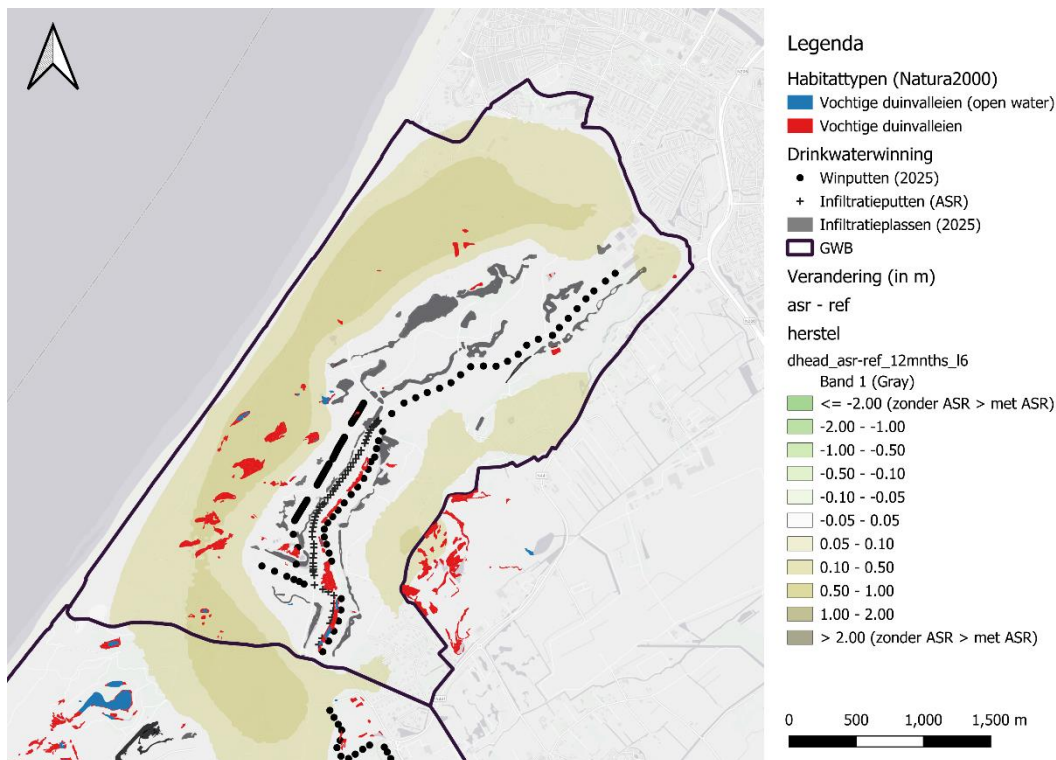


**Figuur 5-12 | Verskil in de freatische grondwaterstand (m) bij een OVB met ASR vs. OVB zonder ASR, na 3 maanden overbrugging (halverwege fase a) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn).**

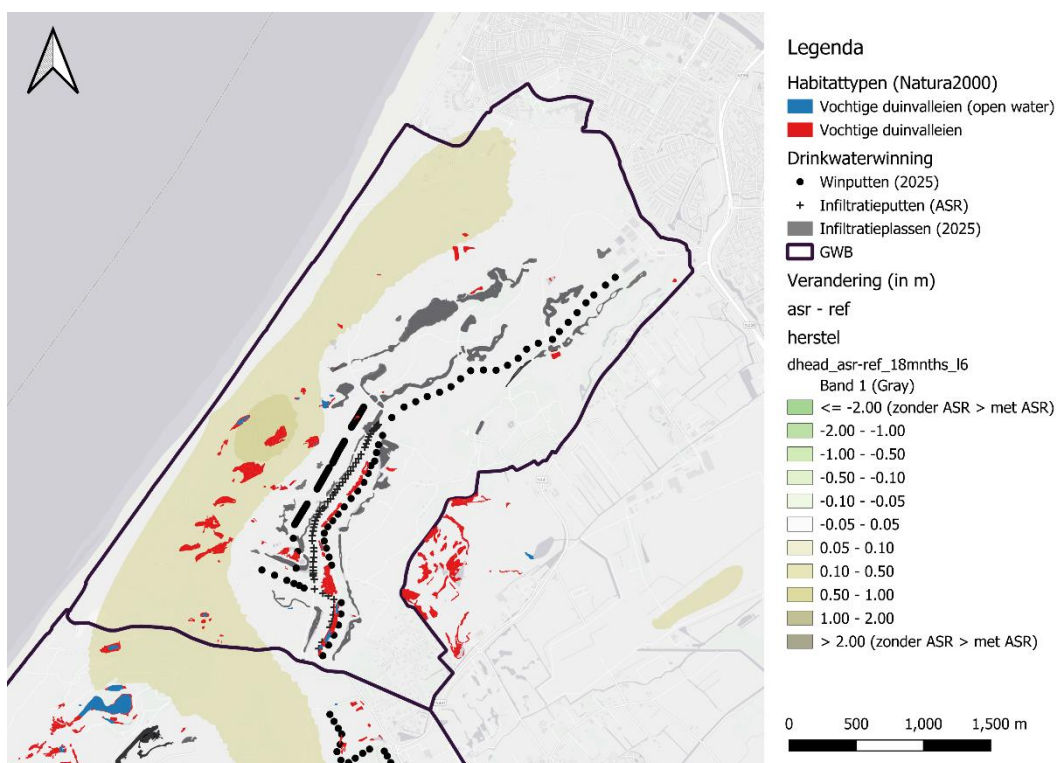




**Figuur 5-13 | Verskil in de freatische grondwaterstand (m) bij een OVB met ASR vs. OVB zonder ASR na 6 maanden (einde fase a) - aan het eind van de overbruggingsperiode (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn).**



**Figuur 5-14 | Verskil in de freatische grondwaterstand (m) bij een OVB met ASR vs. OVB zonder ASR na 12 maanden (fase b) - 6 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 6 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn).**



**Figuur 5-15 | Verschil in de freatische grondwaterstand (m) bij een OVB met ASR vs. OVB zonder ASR na 18 maanden (fase b) - 12 maanden na het einde van het overbruggingsperiode, en 12 maanden na de start van de herstelperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn).**

#### 5.1.4 Alternatieve inzet ASR bij overbrugging

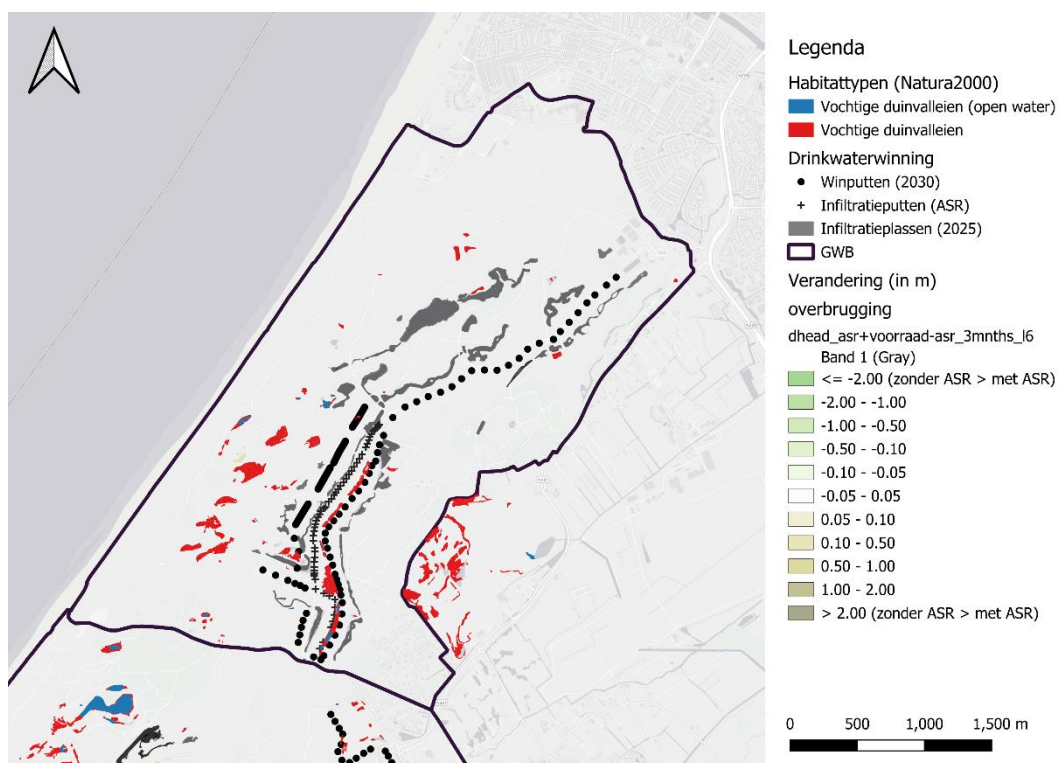
Het scenario Overbrugging met ASR (paragraaf 0) start direct met een overbruggingsperiode – waarin de rivierwateraanvoer langdurig is onderbroken, en de freatische winning vervolgens wordt hersteld. Daarna volgt een (herstel)periode van 3 jaar (met actieve continue infiltratie – fase b) met als doel om het zoet-brak grensvlak en de zoete grondwatervoorraad te herstellen. Een alternatief scenario is dat niet direct een overbruggingsperiode plaatsvindt, maar dat er door infiltratie met het ASR-systeem eerst een extra grondwatervoorraad van zoet water wordt opgebouwd (zie paragraaf 1.3.3). In deze paragraaf wordt het effect van dit alternatieve scenario – het opbouwen van een extra grondwatervoorraad van zoet water **voorafgaand aan** een overbruggingsperiode met ASR – in het freatische pakket beschreven. Voor de opbouw van deze extra grondwatervoorraad is uitgegaan van een periode van 3 jaar, waarin continu 162,5 m<sup>3</sup>/u wordt geïnfiltriseerd (gelijk aan fase b in Overbrugging met ASR).

Om de invloed van deze alternatieve inzet van het ASR-systeem op de grondwaterstand inzichtelijk te maken, is de daling van de grondwaterstand vergeleken met het scenario 'Overbrugging met ASR'. In de onderstaande kaarten is het verschil in de freatische grondwaterstand weergegeven voor de volgende momenten (allen ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer, t=0 maanden):

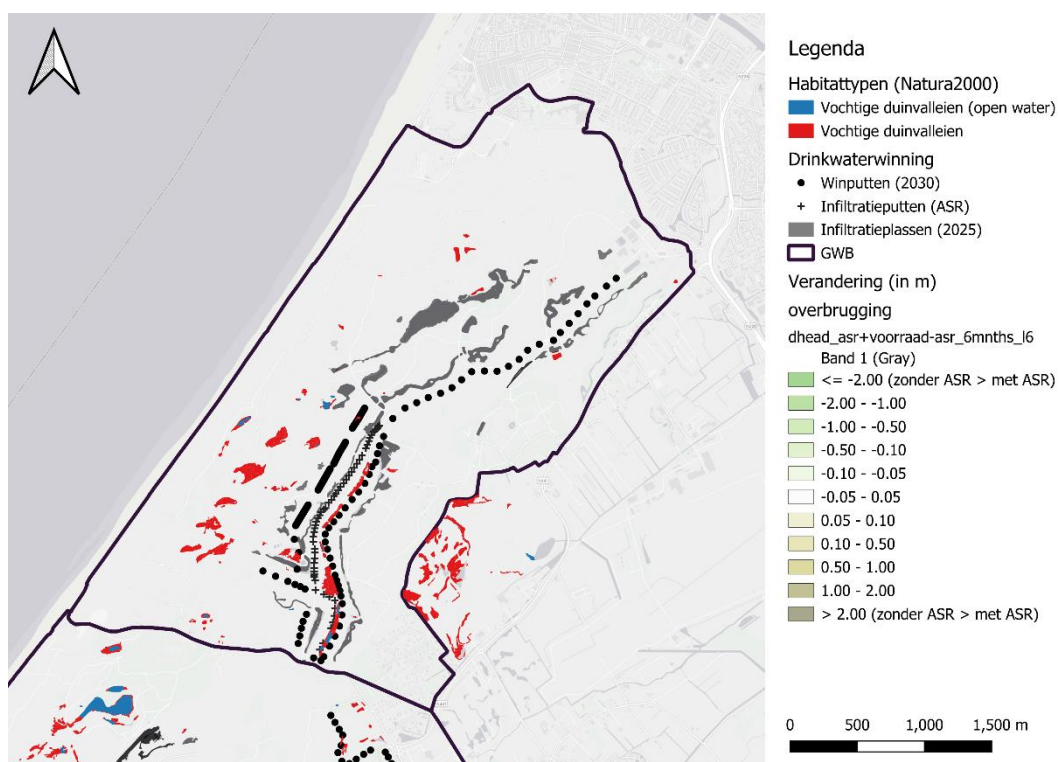
- 3 maanden: einde periode waarin geen rivierwateraanvoer beschikbaar is (Figuur 5-16)
- 6 maanden: eind van de overbruggingsperiode, waarin de freatische winning weer is hersteld (Figuur 5-17)

Op beide van de weergegeven momenten is te zien dat het eerst opbouwen van zoete grondwatervoorraad (i.e. infiltreren) voorafgaand aan een overbrugging, tot geen verschil in grondwaterstanden leidt ten opzichte van het scenario Overbrugging met ASR (waar eerst een overbrugging plaatsvindt). Met andere woorden: **van tevoren diep infiltreren, of pas diep infiltreren na een overbrugging, leidt tot een gelijke impact op het freatische systeem.**





Figuur 5-16 | Verschil in de freatische grondwaterstand (m) tussen “voorraad voor overbrugging” en “herstel na overbrugging” na **3 maanden** overbrugging (fase a) (zie Figuur 5-1 voor de tijdlijn).



Figuur 5-17 | Verschil in de freatische grondwaterstand (m) tussen “voorraadopbouw voor overbrugging” en “herstel na overbrugging” na **6 maanden**, aan het eind van de overbruggingsperiode (fase a) (zie Figuur 5-1 voor de tijdlijn).

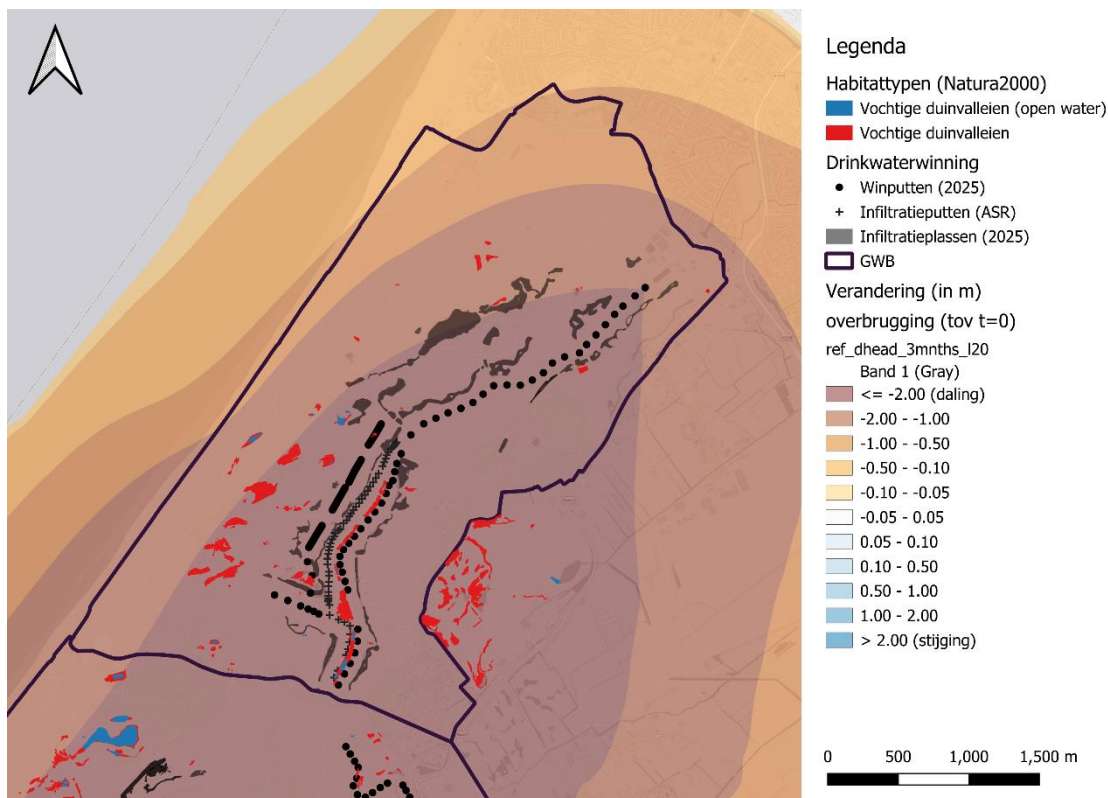
## 5.2 Dieper gelegen watervoerende pakketten

### 5.2.1 Overbrugging zonder ASR (2025)

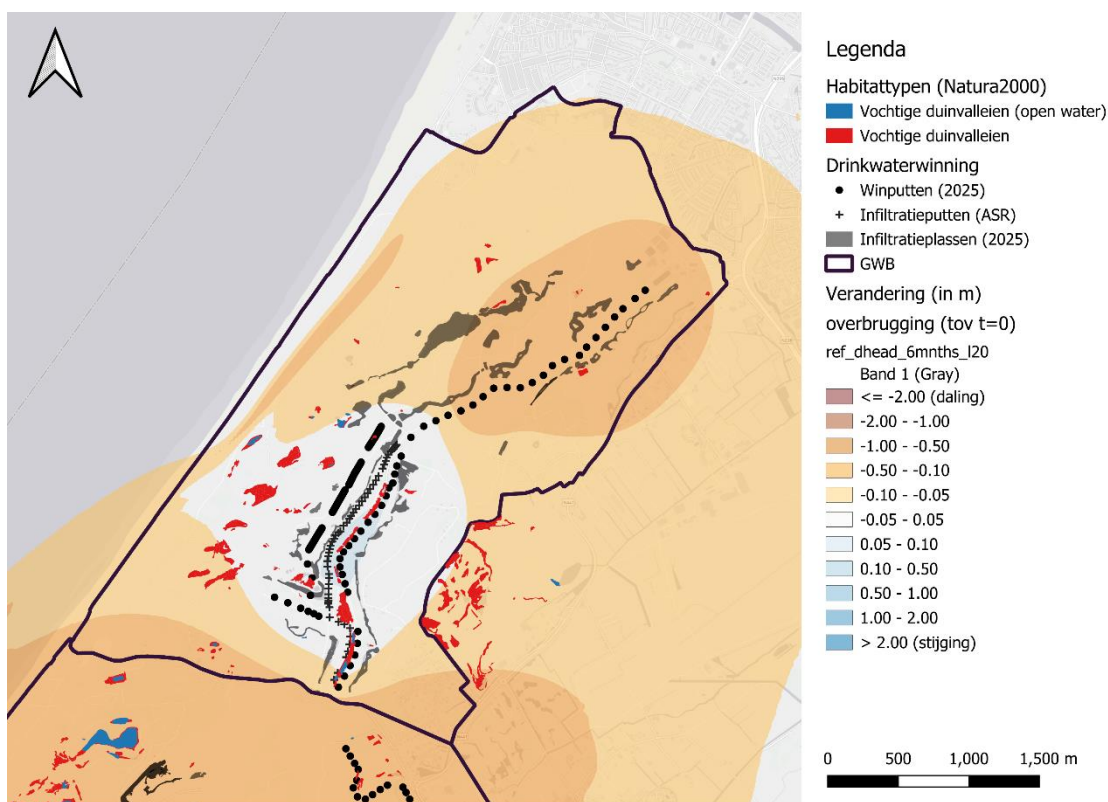
Zoals beschreven in paragraaf 1.3.1, worden tijdens een overbrugging (zonder inzet van het ASR-systeem) de diepe winningen ingezet om tekorten uit het freatische systeem op te vangen, volgens de reguliere bedrijfsvoering. In deze paragraaf worden de effecten van deze overbrugging zonder ASR op het diepe systeem (stijghoogtes, zoet-brak grensvlak en zoet grondwater voorraad) beschreven. In de bijlage zijn dwarsdoorsneden van de chlorideconcentraties van het grondwater uit het model (langs puttenprofielen) opgenomen, zie Bijlage A.

#### 5.2.1.1 Stijghoogtes

In Figuur 5-18 is de daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket weergegeven, als gevolg van de overbrugging zonder ASR. Dit is hetzelfde pakket waarin het beoogde ASR gerealiseerd wordt, tussen ca. NAP -20 tot -60 m, onder de Holocene deklaag. Aan het einde van de overbrugging (na 3 maanden) is in Berkheide een sterke daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket opgetreden (Figuur 5-18), die ook uitstraalt buiten het duingebied. Aan het einde van de overbruggingsperiode (6 maanden na start overbrugging) zijn de stijghoogten op korte afstand van de infiltratieplassen en winmiddelen deels hersteld (Figuur 5-19). Op grotere afstand herstelt de stijghoogte zich langzamer en bevinden zich nog enkele tot meerdere tientallen decimeters lager dan bij aanvang van de overbrugging (t=0 maanden).



Figuur 5-18 | Daling van de stijghoogte (m) na 3 maanden (Overbrugging zonder ASR), na 3 maanden zonder rivierwateraanvoer, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn- fase a).



Figuur 5-19 | Daling van de stijghoogte (m) na **6 maanden (Overbrugging zonder ASR)**, aan het eind van de overbruggingsperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn, **einde fase a**)

### 5.2.1.2 Zoet-brak grensvlak

De effecten van een overbrugging zonder ASR-systeem op het zoet-brak grensvlak ( $150 \text{ mg Cl L}^{-1}$ ) zijn in deze paragraaf besproken voor de verschillende fases binnen het scenario (fases a t/m c, zie Figuur 1-3). Voor een uitleg van het zoet-brak grensvlak concept, zie paragraaf 2.4.1.

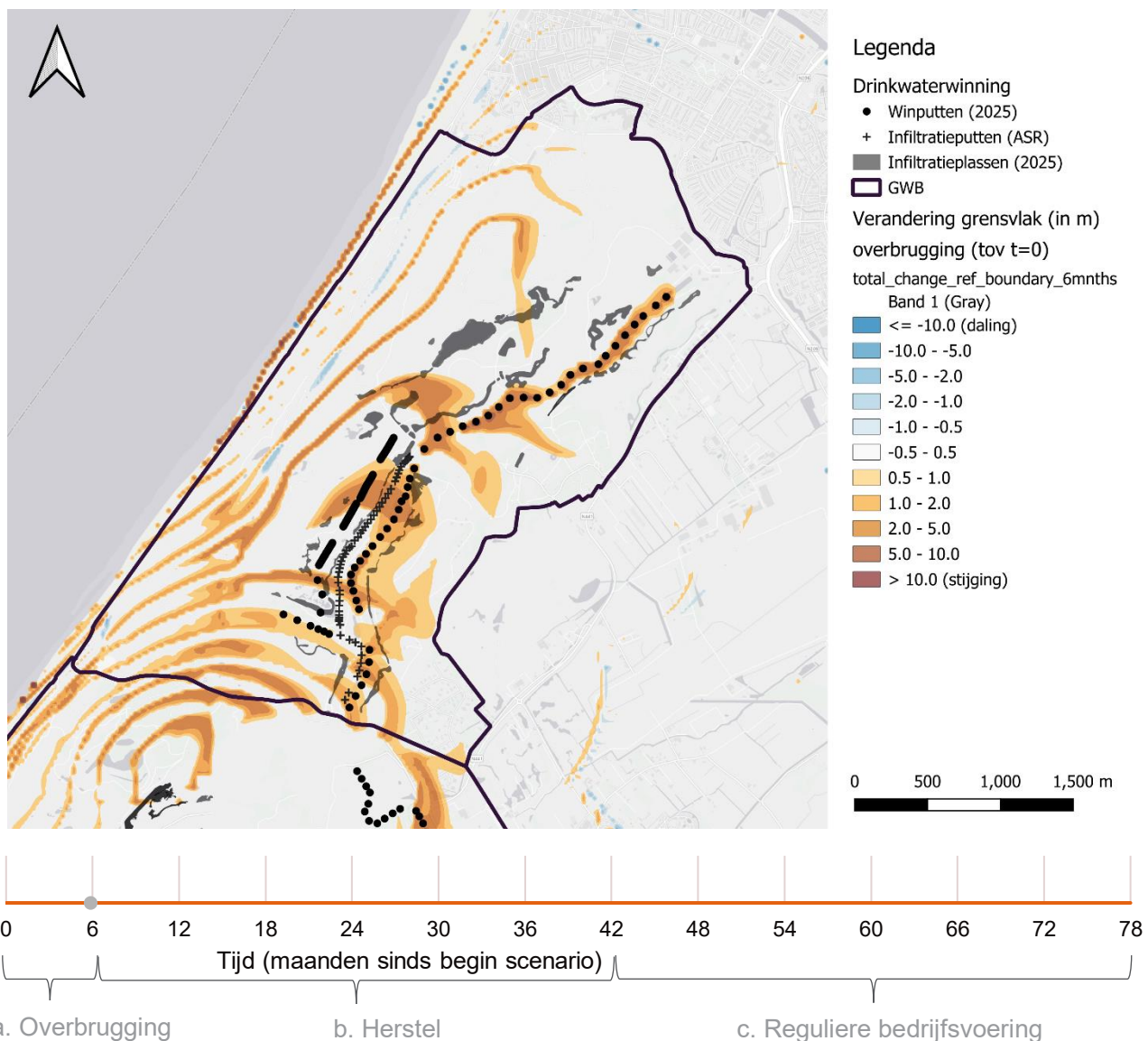
Hierbij zijn een aantal kenmerkende momenten uit de tijdlijn van het scenario gekozen (na 6 maanden, na 3,5 jaar en na 6,5 jaar). De verplaatsing van het zoet-brak grensvlak is ten opzichte van de chlorideverdeling bij de start van het scenario (t=0).

- In Figuur 5-20 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven aan het einde van de overbruggingsperiode – i.e. de langdurige onderbreking rivier- wateraanvoer (3 maanden) + herstel freatische winning (3 maanden). In deze periode stijgt het zoet-brak grensvlak in het diepe pakket enkele meters, met name in de nabije omgeving van de diepe winputten. Zoals beschreven in paragraaf 1.3.1 onttrekken de diepe winputten tijdens een overbrugging meer.
- In Figuur 5-21 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven na 3,5 jaar (na de overbruggingsperiode van 6 maanden + 3 jaar herstel). Tijdens de herstelperiode van 3 jaar staan de diepe winningen uit. Als gevolg hiervan herstelt het zoet-brak grensvlak zich deels – met name in het midden van Berkheide. In het zuidwesten van Berkheide is een verdere stijging van het zoet-brak grensvlak te zien. Dit is echter grotendeels het gevolg van de berekende autonome ontwikkeling van het grensvlak.
- In Figuur 5-22 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven na 6,5 jaar (na de overbruggingsperiode van 6 maanden + 3 jaar herstel + 3 jaar reguliere bedrijfsvoering). Gedurende de reguliere bedrijfsvoering worden de diepe winning weer ingezet, met een gemiddeld volume van ca.  $600,000 \text{ m}^3$  per jaar. Als gevolg van de inzet van de diepe winning stijgt het zoet-brak grensvlak rondom de puttenreeksen tijdelijk.

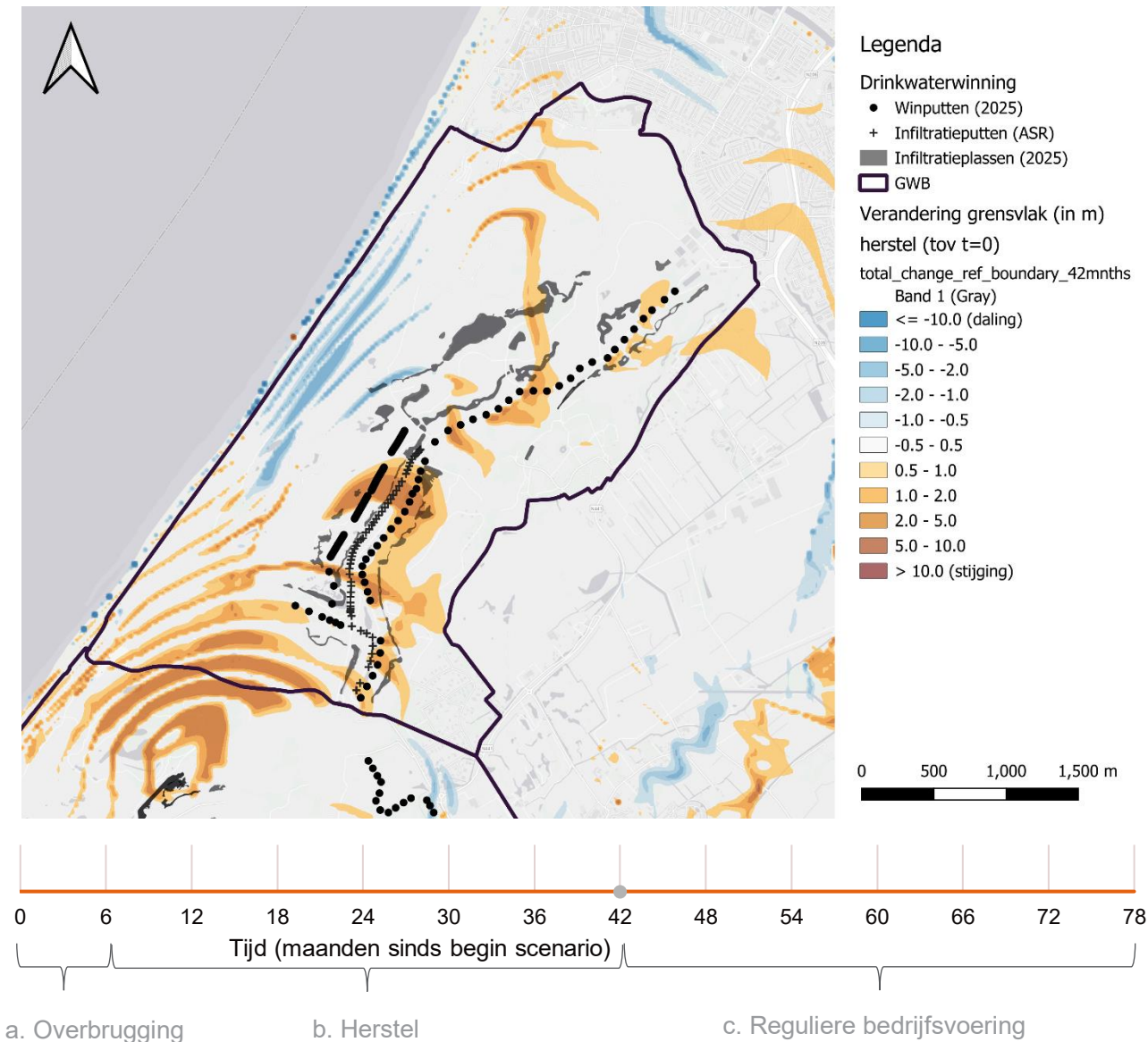


### Toelichting getrapt verloop in de verschuiving van het zoet-brak grensvlak

In de kaarten die de veranderingen van het zoet-brak grensvlak tonen, is een getrapt patroon te zien in de stijging of daling van dit grensvlak. Dit getrapte verloop ontstaat als een gevolg van de manier waarop de ondergrond in het model in lagen is verdeeld (discretisatie). Zo hebben de modellagen tussen een diepte van NAP -20 m en NAP -120 m een uniforme dikte. Met name aan de zeezijde van Berkheide – bij de overgang van zout naar zoet grondwater – leidt deze discretisatie tot een getrapt verloop van het zoet-brak grensvlak, zoals te zien is in Figuur 2-5. Met andere woorden, de gebruikte discretisatie van de modellagen leidt – in sommige delen van het modelgebied, vooral nabij de kust – er toe dat de chlorideconcentratie zich in een kunstmatig getrapt patroon verspreidt. Dit patroon is kunstmatig, en is ook zichtbaar in berekeningen waarin de autonome ontwikkeling (i.e. bij reguliere bedrijfsvoering zonder overbrugging en zonder ASR-systeem) van het grensvlak gesimuleerd is. De verwachting is dat dit verloop in de praktijk minder getrapt en vloeiender zal zijn.

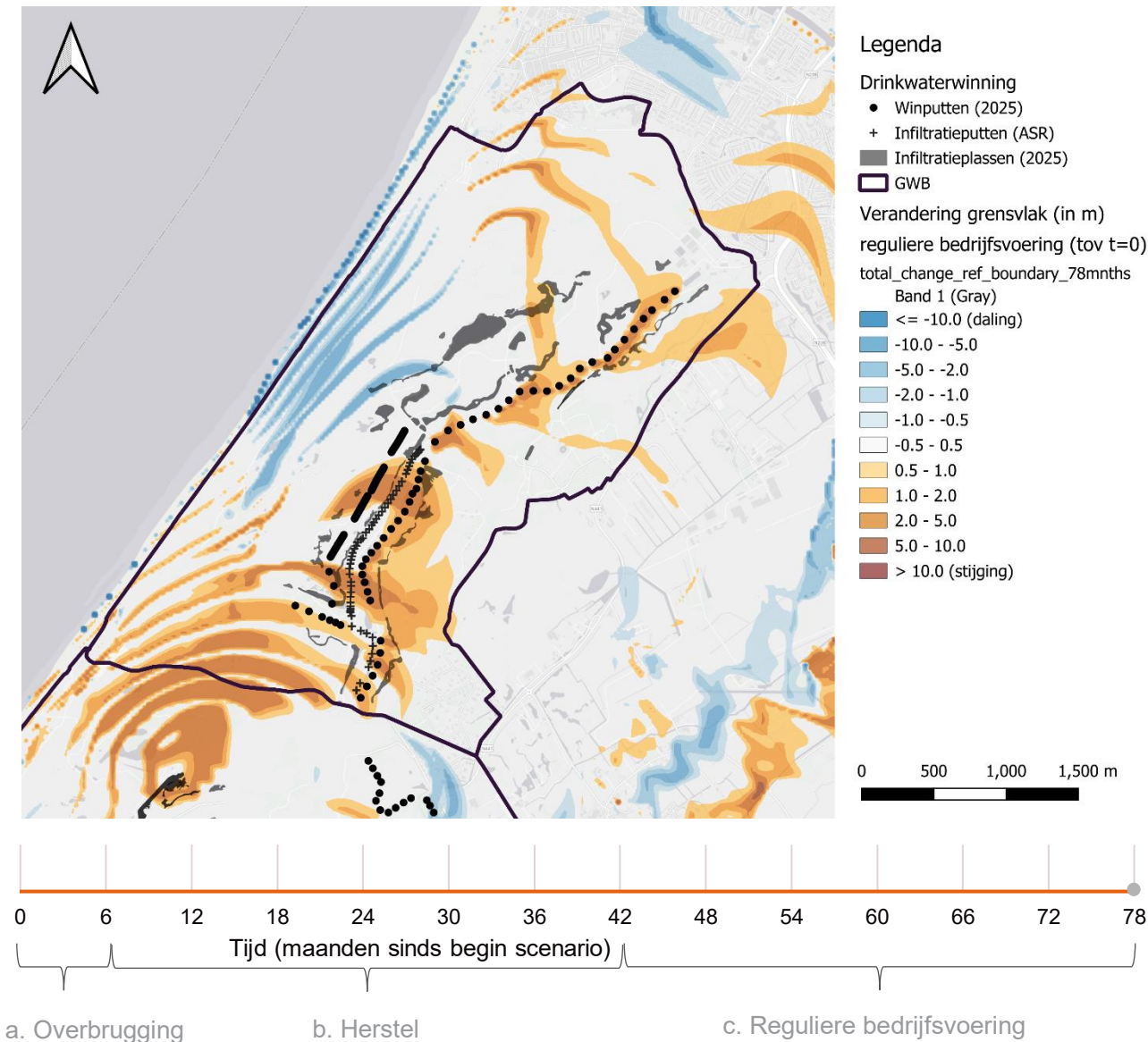


Figuur 5-20 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij het scenario **Overbrugging zonder ASR**, op  $t = 6$  maanden ten opzichte van  $t=0$  (fase a). Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.



Figuur 5-21 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij het scenario **Overbrugging zonder ASR op  $t = 42$  maanden (3,5 jaar) ten opzichte van  $t=0$ . (fase b)**. Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.



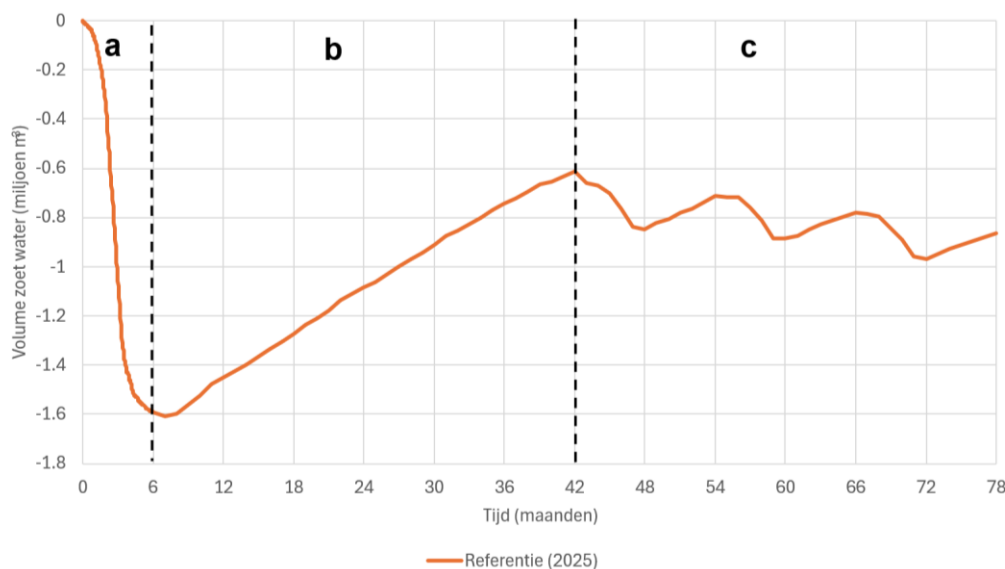


**Figuur 5-22 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij het scenario *Overbrugging zonder ASR* op  $t = 78$  maanden (na 6,5 jaar) ten opzichte van  $t=0$  (fase c). Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.**

### 5.2.1.3 Zoete grondwatervoorraad

Voor het referentiescenario is de verandering in het volume zoet grondwater – in het grondwaterbeschermingsgebied van Berkheide – berekend (Figuur 5-23). De getoonde verandering is alleen de verandering in het volume zoet grondwater als gevolg van grensvlakverplaatsing ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ). Oftewel, veranderingen door verlagingen van de freatische grondwaterstand zijn niet meegenomen in de onderstaande figuur. De verandering in zoete grondwatervoorraad die wordt weergegeven geldt dus alleen voor het diepe systeem.

- **a (overbrugging):** tijdens de eerste 6 maanden vindt de grootste verandering plaats, waar als gevolg van de 3 maanden onderbreking van rivierwateraanvoer en aansluitende herstelperiode van 3 maanden, ca. 2,5 miljoen  $m^3$  aan diep grondwater wordt onttrokken (Tabel 5-2). Hoofdzakelijk als gevolg van deze diepe winning neemt het volume zoet grondwater (in het diepe pakket) met ca. 1,6 miljoen  $m^3$  af in deze periode.
- **b (herstel zoet-brak grensvlak):** tijdens de herstelperiode (maand 6 t/m 42) wordt geen diep grondwater gewonnen in Berkheide, waardoor het volume met ca. 1 miljoen  $m^3$  herstelt tot ca. -0,6 miljoen  $m^3$  ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ).
- **c (reguliere bedrijfsvoering):** in de laatste drie jaar is de reguliere bedrijfsvoering (maand 42 t/m 78) hervat, waarin gemiddeld ca. 0,6 miljoen  $m^3$  per jaar wordt gewonnen. Doordat de inzet van de diepe winning plaatsvindt binnen 6 maanden, en in de overige 6 maanden vrijwel geen diepe winning plaatsvindt, is in deze periode een fluctuatie te zien in het volume zoet grondwater. Uit de modelberekeningen volgt dat bij een winning van 0,6 miljoen  $m^3$  per jaar een gestage afname van de zoete grondwatervoorraad plaatsvindt.



Figuur 5-23 | Berekende verandering volume zoet grondwater in Berkheide over de gehele tijdlijn van het project. De verandering/groei is berekend ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ).

Tabel 5-2 | Freatische en diepe windebieten ( $m^3/u$ ) tijdens de overbruggingsperiode in de referentiesituatie (i.e. langdurige onderbreking rivierwateraanvoer van 3 maanden + herstel freatische winning over 3 maanden)

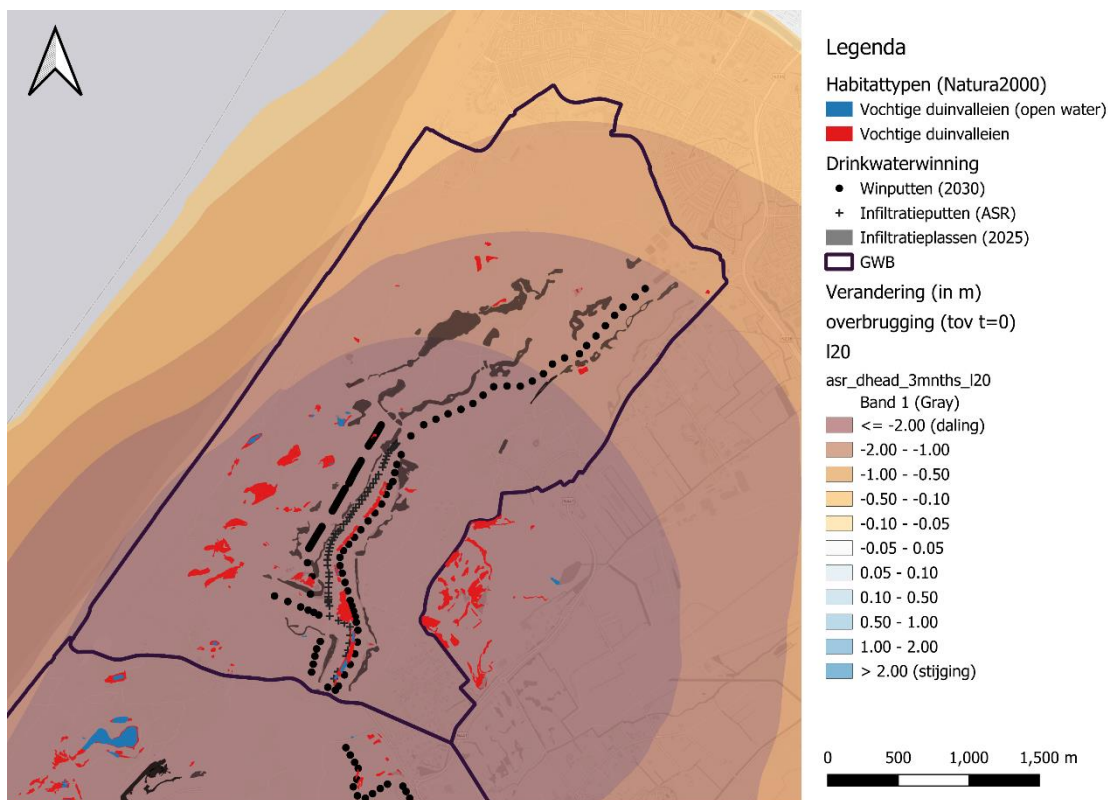
Tijd (maand)	Freatische winning ( $m^3/u$ )	Diepe winning ( $m^3/u$ )	Totale levering ( $m^3/u$ )
1	-2687	-117	-2804
2	-2065	-717	-2782
3	-1339	-1321	-2660
4	-1878	-910	-2788
5	-2569	-247	-2816
6	-2711	-99	-2810
<b>Totaal</b>	<b>-9,623,495 <math>m^3</math></b>	<b>-2,495,759</b>	<b>-12,119,254</b>

## 5.2.2 Overbrugging met ASR (2030)

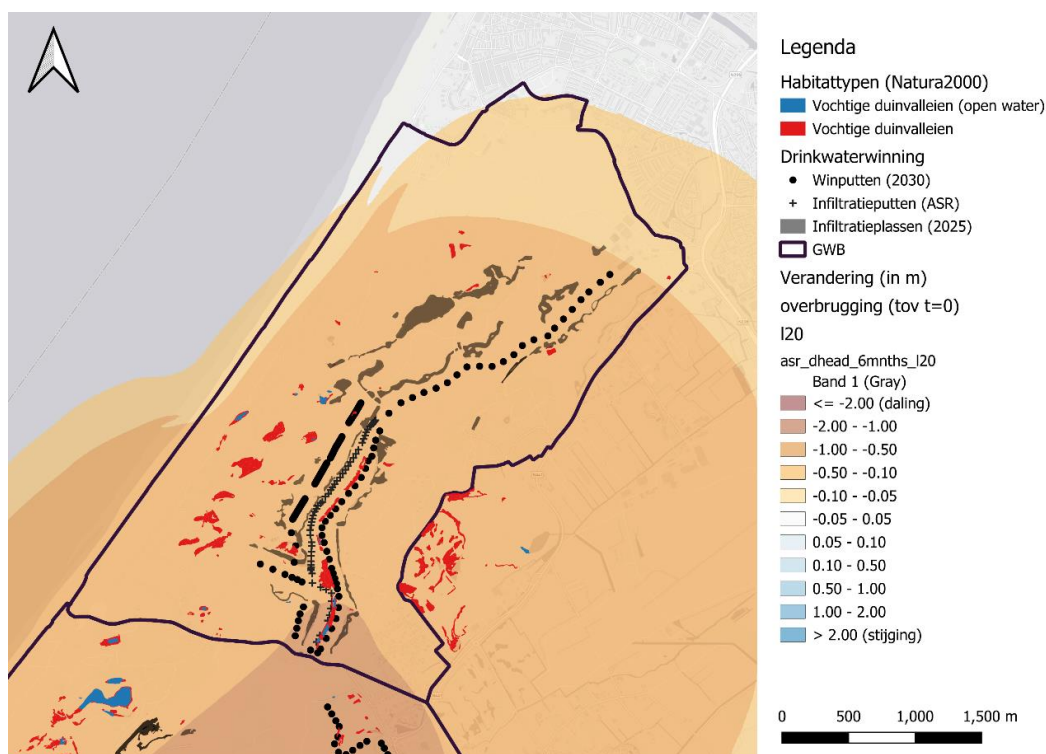
Zoals beschreven in paragraaf 1.3.2, worden tijdens een overbrugging met ASR-systeem, de diepe winningen van het ASR-systeem ingezet om het freatische systeem te ontzien en de effecten van een overbrugging deels te mitigeren. Daarmee is te verwachten dat de effecten in het diepe systeem groter zijn bij een overbrugging mét ASR, versus een overbrugging zónder ASR. In deze paragraaf worden de effecten van deze overbrugging met ASR op het diepe systeem (stijghoogtes, zoet-brak grensvlak en zoet grondwater voorraad) beschreven.

### 5.2.2.1 Stijghoogtes

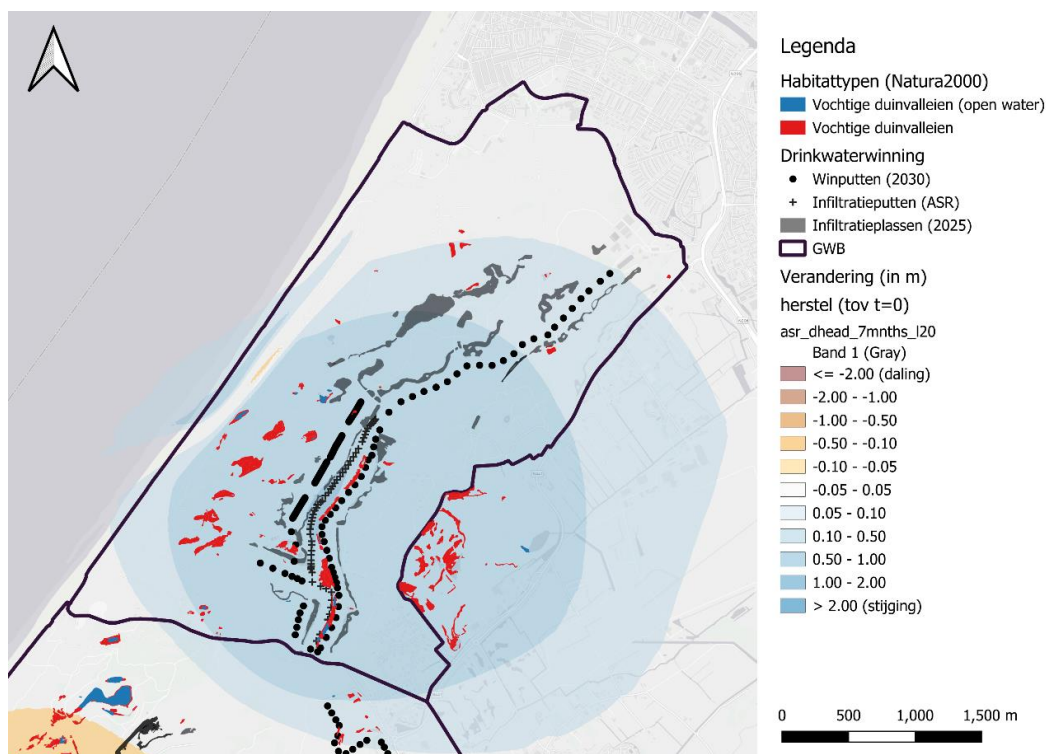
In Figuur 5-24 is de daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket als gevolg van de overbrugging met ASR-systeem weergegeven. Dit is hetzelfde pakket waarin het beoogde ASR gerealiseerd wordt, tussen ca. NAP -20 tot -60 m, onder de Holocene deklaag. Aan het einde van de langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (na 3 maanden) is in Berkheide een sterke daling van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket opgetreden (Figuur 5-24), die ook uitstraalt buiten het duingebied. Aan het einde van de overbrugging (fase a, zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn) van de freatische winning (na 6 maanden) is de daling van de stijghoogten afgenomen, maar nog niet volledig hersteld (Figuur 5-25). Dit herstel treedt echter wel snel op in de herstelperiode, als gevolg van de continue infiltratie die plaatsvindt (Figuur 5-26).



Figuur 5-24 | Daling van de stijghoogte (m) na 3 maanden (overbrugging met ASR), na 3 maanden zonder rivierwateraanvoer, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn).



Figuur 5-25 | Daling van de stijghoogte (m) op **t = 6 maanden (overbrugging met ASR)**, aan het eind van de overbruggingsperiode, ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (**einde fase a**, zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn)



Figuur 5-26 | Daling van de stijghoogte (m) op **t = 7 maanden (overbrugging met ASR)** - 1 maand na de start van de herstelperiode (fase b), ten opzichte van het begin van de onderbreking van de rivierwateraanvoer (t=0 maanden) (**fase b**, zie Figuur 5-1 voor de volledige tijdlijn)



### 5.2.2.2 Zoet-brak grensvlak

De effecten van een overbrugging met ASR-systeem in de verschillende fases van het ontwerpscenario (a t/m c, zie Figuur 1-5 en Figuur 5-1) op het zoet-brak grensvlak ( $150 \text{ mg Cl L}^{-1}$ ) zijn in deze paragraaf besproken. Voor een uitleg van het zoet-brak grensvlak concept, zie 2.4.1.

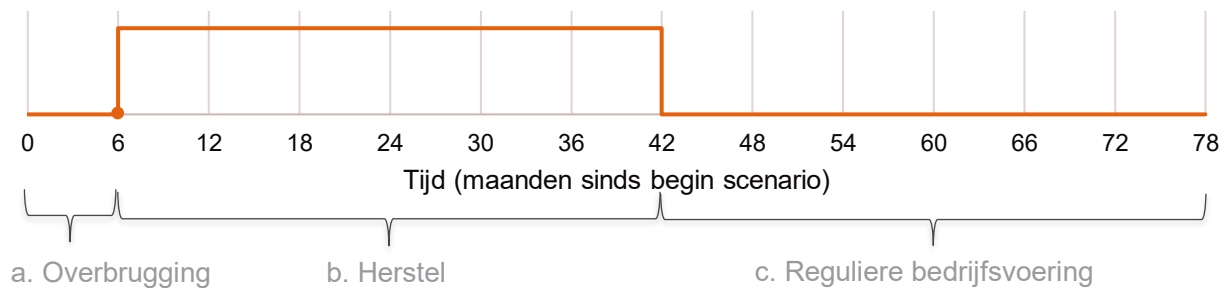
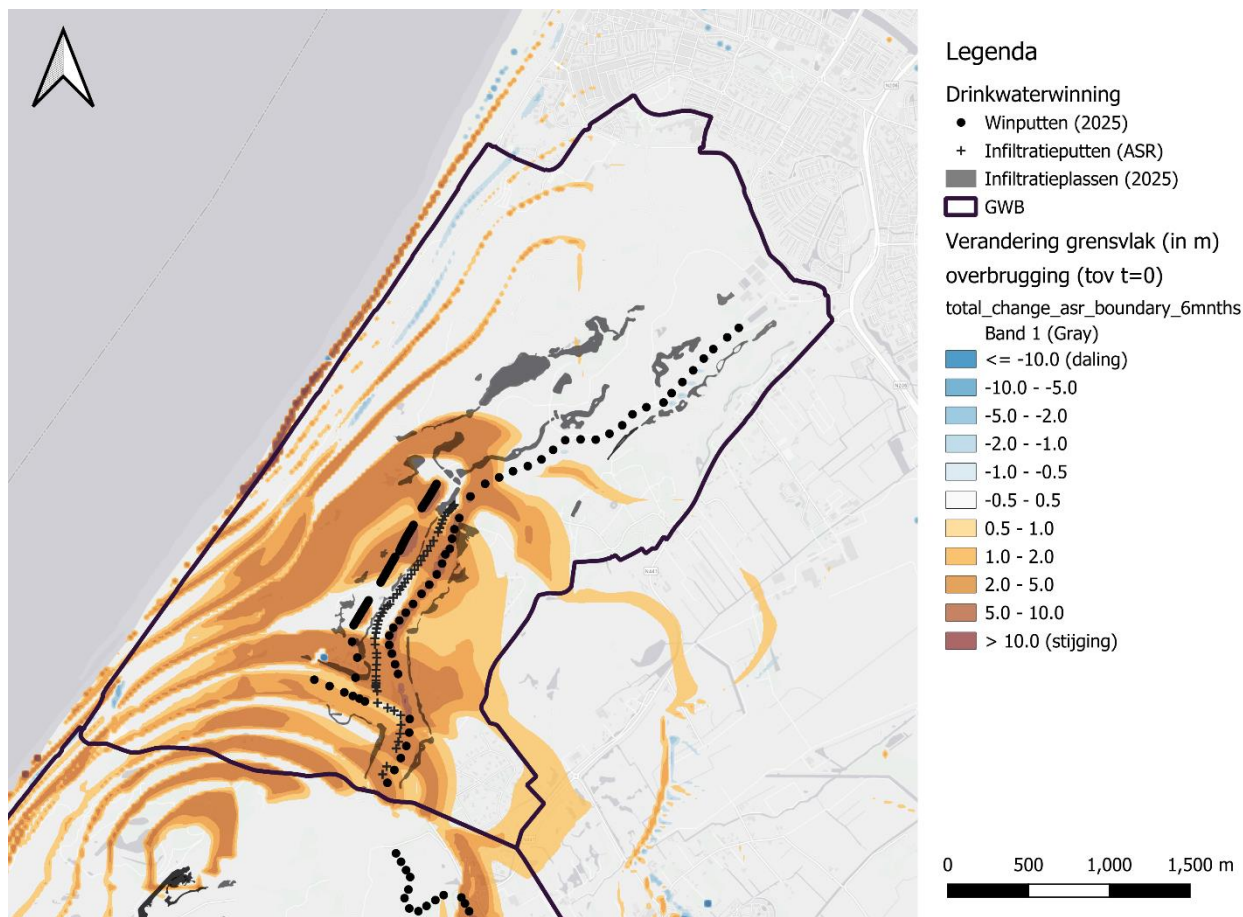
Hierbij zijn een aantal kenmerkende momenten uit de tijdlijn van het scenario gekozen (na 6 maanden, na 3,5 jaar en na 6,5 jaar). De verplaatsing van het zoet-brak grensvlak is ten opzichte van de chlorideverdeling bij de start van het scenario ( $t=0$ ). In dit scenario wordt het ASR-systeem ingezet, waardoor het diepe systeem zwaarder belast wordt dan in de referentie.

- In Figuur 5-27 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven aan het einde van de overbruggingsperiode – i.e. de langdurige onderbreking van de rivier-wateraanvoer (3 maanden) + herstel freatische winning (3 maanden). In deze periode stijgt het zoet-brak grensvlak in het diepe pakket sterker in de referentiesituatie (Figuur 5-20). Dit komt doordat het ASR-systeem volledig wordt ingezet gedurende de langdurige onderbreking van de rivier-wateraanvoer, en de hoeveelheid die diep wordt gewonnen in vergelijking met de referentie aanzienlijk meer is: (zonder ASR wordt max  $1365 \text{ m}^3/\text{u}$  diep gewonnen; met ASR continu  $1800 \text{ m}^3/\text{u}$ , zie Figuur 5-2 en Figuur 5-7)
- In Figuur 5-28 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven na 3,5 jaar (na de overbruggingsperiode van 6 maanden + 3 jaar herstel). In het ontwerp staan tijdens de herstelperiode de diepe winningen uit, en wordt vindt er continu infiltratie plaats met ca.  $163 \text{ m}^3/\text{u}$  (via het ASR-systeem). Als gevolg van de uitschakeling van de diepe winputten en de continue infiltratie herstelt het zoet-brak grensvlak zich in de nabije omgeving van de infiltratieputten – bovendien daalt het zoet-brak grensvlak door de infiltratie zelfs tot onder de initiële situatie. Ook in andere delen herstelt het zoet-brak grensvlak zich, met name in het midden en noorden van Berkheide. Echter, in de figuur is ook te zien dat in sommige delen het zoet-brak grensvlak niet volledig is hersteld. Tenslotte, is ook in het ontwerp een stijging van het zoet-brak grensvlak in het zuidwesten van Berkheide te zien is. Dit is grotendeels het gevolg van de berekende autonome ontwikkeling.
- In Figuur 5-29 is de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak weergegeven na 6,5 jaar (na de overbruggingsperiode van 6 maanden + 3 jaar herstel + 3 jaar reguliere bedrijfsvoering). ). Gedurende de reguliere bedrijfsvoering worden de diepe winning weer ingezet, met een gemiddeld volume van ca.  $600,000 \text{ m}^3$  per jaar. Als gevolg van de inzet van de diepe winning stijgt het zoet-brak grensvlak bij de winningen. Rondom het ASR-systeem, waar water geïnfiltreerd is, blijft het grensvlak lager dan de initiële situatie ( $t=0$ , voor de aanvang van de langdurige onderbreking van de rivier-wateraanvoer).

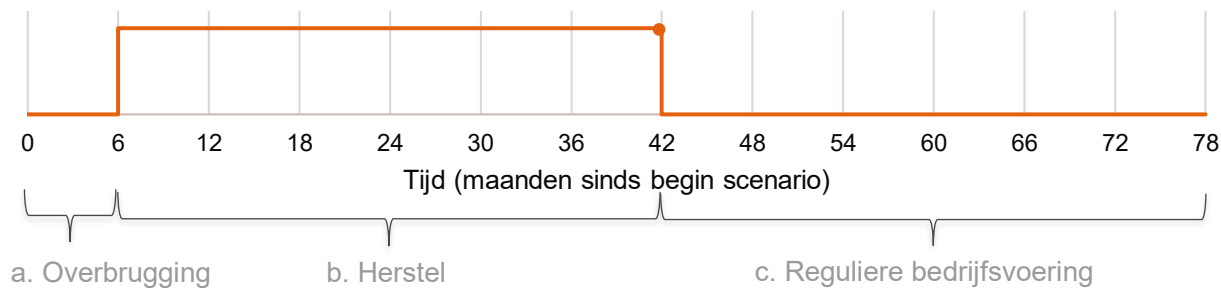
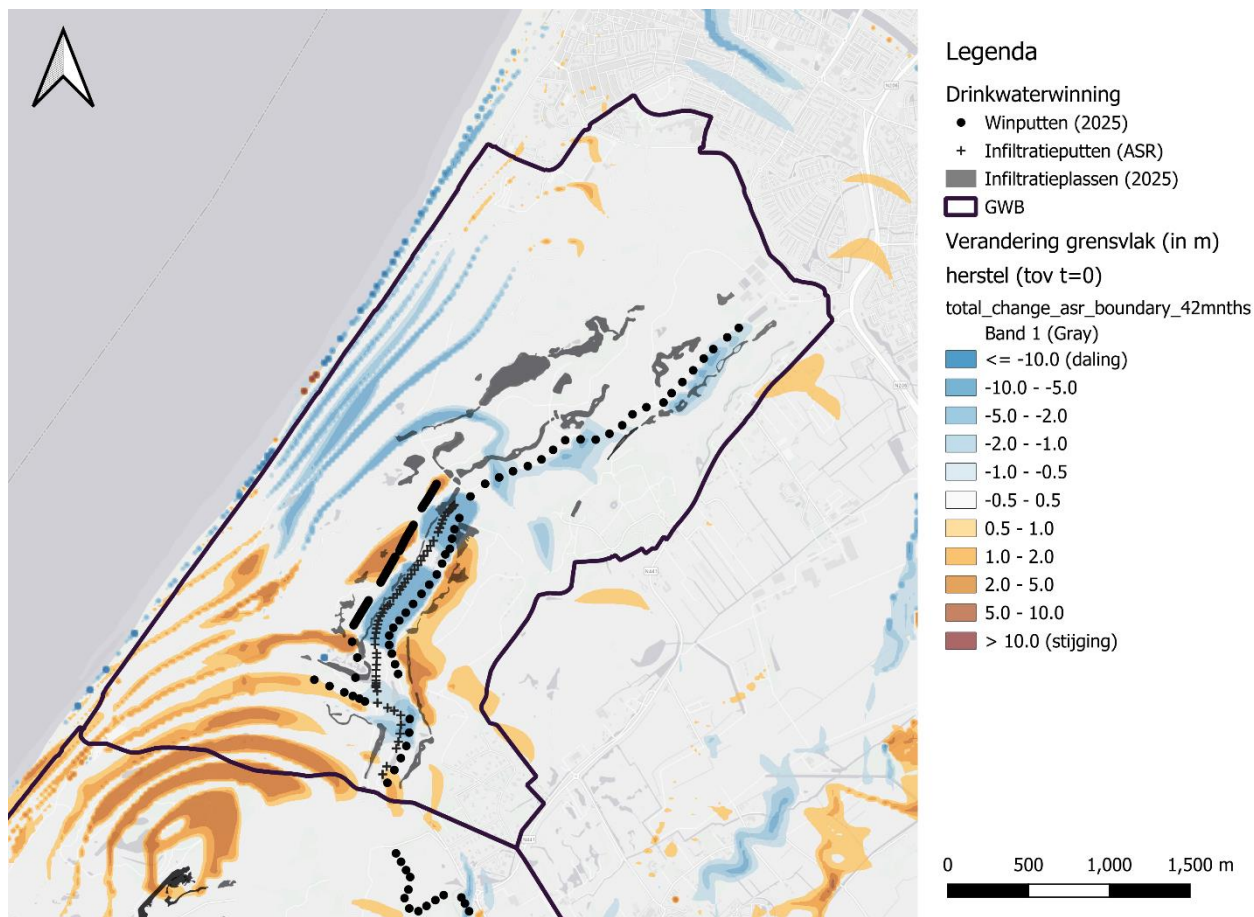
#### Toelichting getrappt verloop in de verschuiving van het zoet-brak grensvlak

*In de kaarten die de veranderingen van het zoet-brak grensvlak tonen, is een getrappt patroon te zien in de stijging of daling van dit grensvlak. Dit getrapte verloop ontstaat als een gevolg van de manier waarop de ondergrond in het model in lagen is verdeeld (discretisatie). Zo hebben de modellen tussen een diepte van NAP -20 m en NAP -120 m een uniforme dikte. Met name aan de zeezijde van Berkheide – bij de overgang van zout naar zout grondwater – leidt deze discretisatie tot een getrappt verloop van het zoet-brak grensvlak, zoals te zien is in Figuur 2-5. Met andere woorden, de gebruikte discretisatie van de modellen leidt – in sommige delen van het modelgebied, vooral nabij de kust – er toe dat de chlorideconcentratie zich in een kunstmatig getrappt patroon verspreidt. Dit patroon is kunstmatig, en is ook zichtbaar in berekeningen waarin de autonome ontwikkeling (i.e. bij reguliere bedrijfsvoering zonder overbrugging en zonder ASR-systeem) van het grensvlak gesimuleerd is. De verwachting is dat dit verloop in de praktijk minder getrappt en vloeiender zal zijn.*

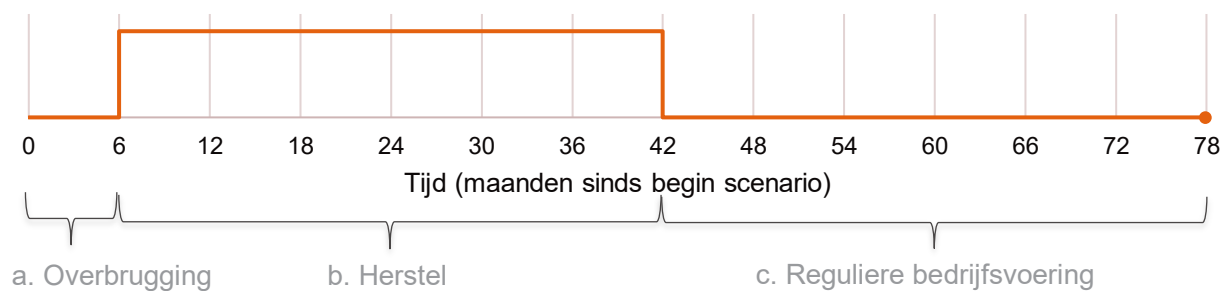
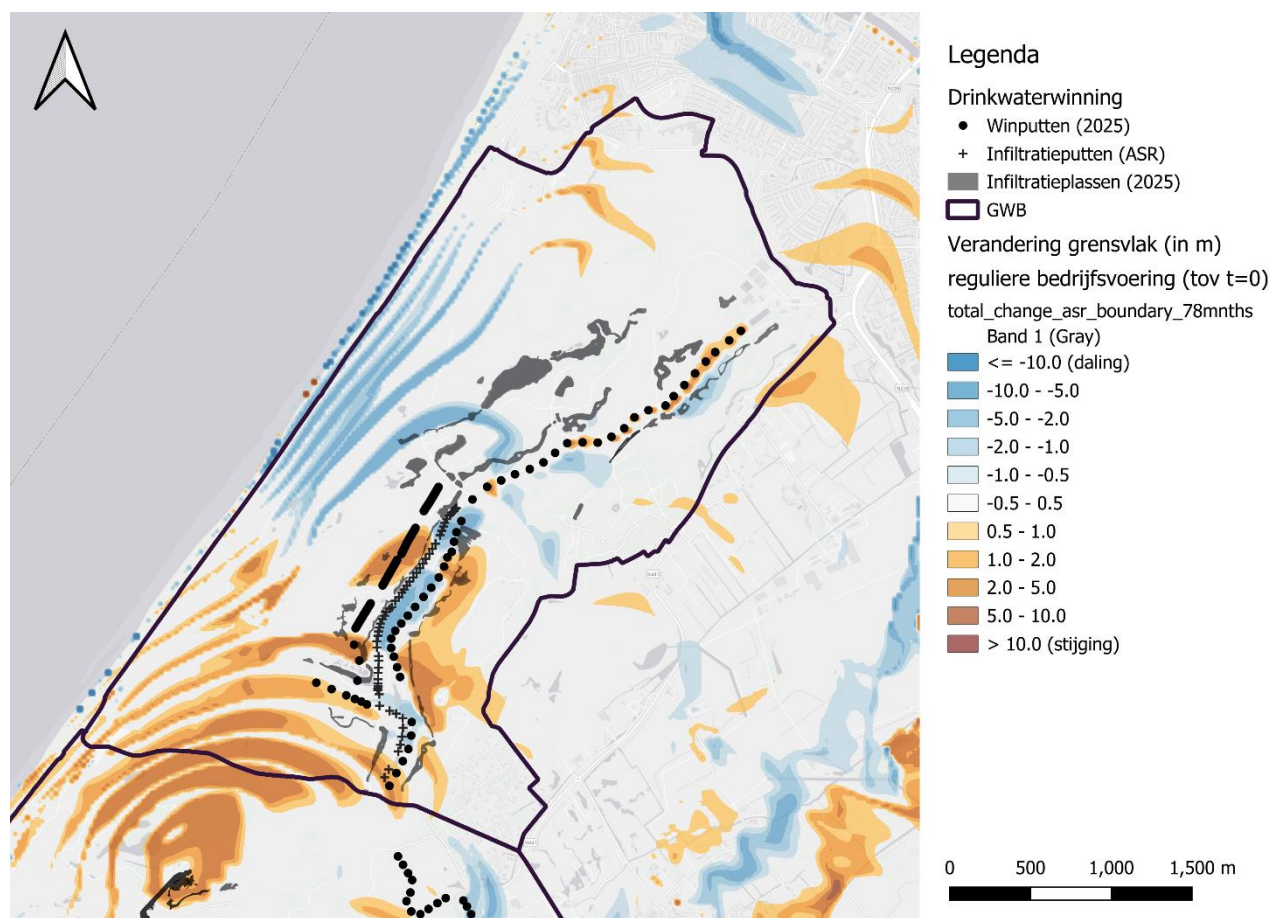




**Figuur 5-27 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij een **Overbrugging met ASR** op  $t = 6$  maanden ten opzichte van  $t=0$  (fase a). Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.**



**Figuur 5-28 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij een **Overbrugging met ASR** op  $t = 42$  maanden (na 30 maanden herstel/infiltratie) ten opzichte van  $t=0$  (fase b). Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.**

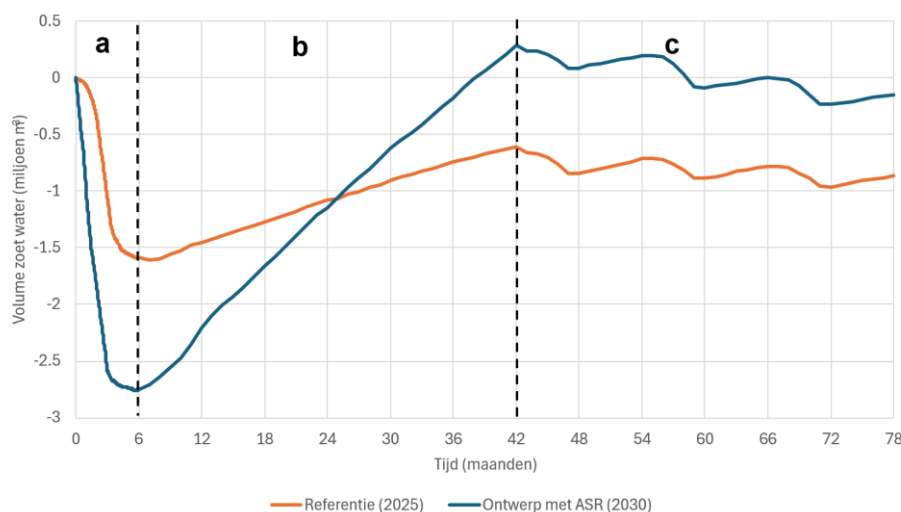


**Figuur 5-29 | Verandering van de diepte van het zoet-brak grensvlak ( $0,15 \text{ g Cl L}^{-1}$ ) bij een **Overbrugging met ASR** op  $t = 78$  maanden ten opzichte van  $t=0$  (fase c). Oranje: grensvlak is gestegen, Blauw: grensvlak is gedaald.**

### 5.2.2.3 Zoete grondwatervoorraad

Voor het ontwerpscenario is de verandering in het volume zoet grondwater – in het grondwaterbeschermingsgebied van Berkheide – berekend (Figuur 5-30). De getoonde verandering is alleen de verandering in het volume zoet grondwater als gevolg van grensvlakverplaatsing ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ). Oftewel, veranderingen door verlagingen van de freatische grondwaterstand zijn niet meegenomen in de onderstaande figuur. De verandering in zoete grondwatervoorraad die wordt weergegeven geldt dus alleen voor het diepe systeem.

- **a (overbrugging):** tijdens de eerste 6 maanden vindt de grootste verandering plaats, waar als gevolg van de 3 maanden onderbreking van rivierwateraanvoer en aansluitende herstelperiode van 3 maanden, ca. 4,2 miljoen  $m^3$  aan diepe grondwater wordt onttrokken (Tabel 5-3). Hoofdzakelijk als gevolg van deze diepe winning neemt het volume zoet grondwater (in het diepe pakket) met ca. 2,8 miljoen  $m^3$  af in deze periode (door grensvlak verplaatsing).
- **b (herstel zoet-brak grensvlak):** tijdens de herstelperiode (maand 6 t/m 42) wordt geen diep grondwater gewonnen in Berkheide, waardoor het volume met ca. 3 miljoen  $m^3$  herstelt tot ca. +0,2 miljoen  $m^3$  ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ).
- **c (reguliere bedrijfsvoering):** in de laatste drie jaar is de reguliere bedrijfsvoering (maand 42 t/m 78) hervat, waarin gemiddeld ca. 0,6 miljoen  $m^3$  per jaar wordt gewonnen. Doordat de inzet van de diepe winning plaatsvindt binnen 6 maanden, en in de overige 6 maanden vrijwel geen diepe winning plaatsvindt, is in deze periode een fluctuatie te zien in het volume zoet grondwater. Uit de modelberekeningen volgt dat bij een winning van 0,6 miljoen  $m^3$  per jaar een gestage afname van de zoete grondwatervoorraad plaatsvindt.



Figuur 5-30 | Berekende verandering volume zoet grondwater in Berkheide over de gehele tijdlijn van het project. De verandering/groei is berekend ten opzichte van de initiële situatie ( $t=0$ ).

Tabel 5-3 | Freatische en diepe windebieten ( $m^3/u$ ) tijdens de overbruggingsperiode in de ontwerpsituatie (i.e. langdurige onderbreking rivierwateraanvoer van 3 maanden + herstel freatische winning over 3 maanden). Het overschot vanuit de freatische winningen wordt op de plassen gerecirculeerd in dit scenario.

Tijd (maand)	Freatische winning ( $m^3/u$ )	Diepe winning ( $m^3/u$ )	Totale levering ( $m^3/u$ )
1	-2723	-1800	-2800
2	-2659	-1800	-2800
3	-2513	-1800	-2800
4	-2522	-287	-2788
5	-2703	-99	-2816
6	-2733	-67	-2810
<b>Subtotaal</b>	<b>-11,477,495</b>	<b>-4,236,512</b>	<b>-12,160,512</b>



## 5.3 Omgevingsbelangen

### 5.3.1 Bestaande onttrekkingen

De open bodemenergiesystemen in de omgeving van Berkheide zijn weergegeven in Figuur 3-1. Hieronder wordt de invloed op dit omgevingsbelang opgesomd zonder en met ASR-systeem.

#### Overbrugging zonder ASR (2025)

- Tijdens de overbrugging is de verlaging van stijghoogte in de dieper gelegen watervoerende pakketten het hoogste. Na 3 maanden overbrugging zijn deze ter plaatse van de onttrekkingen met 1 tot 2 m verlaagd ten opzichte van voor de overbrugging. Na 6 maanden zijn de stijghoogteverlagingen ter plaatse van de onttrekkingen afgenomen tot 0 tot 0,5 m ten opzichte van de situatie vóór de overbrugging.
- Door de convexe intrekkegel (zie Tabel 1-1) ten gevolge van de overbrugging ontstaat een grondwaterstroming ter plaatse van de open bodemenergiesystemen. De grootte van deze verplaatsing (worst case benadering) is te berekenen aan de hand van het maximale verhang dat optreedt:
  - 0,5 m over een horizontale afstand van 800m. De doorlatendheid van het meest doorlatende zand (25 m/d). Dit leidt tot een stroming van 0,05 m/d. Als deze maximale stroming plaatsvindt gedurende 3 maanden, treedt er een afstroming van 4,7m op ten gevolge van de overbrugging.
  - Zoals besproken in 3.1 is dat de regionale stroming in de dieper gelegen watervoerende pakketten landinwaarts, hier worden de open bodemenergiesystemen op ontworpen.
- De overige onttrekkingen ondervinden geen hinder van een overbruggingssituatie zonder ASR-systeem. Er vindt geen verzilting plaats ter plaatse van de filterstellingen van de onttrekkingen. Deze kunnen ongehinderd zoet water blijven onttrekken.

#### Overbrugging met ASR (2030)

- Tijdens de overbrugging is de verlaging van stijghoogte in de dieper gelegen watervoerende pakketten het hoogste. Na 3 maanden overbrugging zijn deze ter plaatse van de onttrekkingen met 1 tot meer dan 2 m verlaagd ten opzichte van voor de overbrugging. Na 6 maanden zijn de stijghoogteverlagingen ter plaatse van de onttrekkingen afgenomen tot 0,1 tot 0,5 m ten opzichte van vóór de overbrugging.
- De afstroming is gelijk bij een overbrugging met ASR als bij een overbrugging zonder ASR is. De afstroming die plaatsvindt is in tegenovergestelde richting van de regionale stromingsrichting waarop de open bodemenergiesystemen worden ontworpen.
- De overige onttrekkingen ondervinden geen hinder van een overbruggingssituatie zonder ASR-systeem. Er vindt geen verzilting plaats ter plaatse van de filterstellingen van de onttrekkingen. Deze kunnen ongehinderd zoet water blijven onttrekken.

Omdat de verlagingkegel – vooral ter plaatse van de open bodem energiesystemen – in beide situaties vergelijkbaar is, geldt dat voor zowel de situatie van een overbrugging zonder en met ASR-systeem een kleine afstroming plaats kan vinden (binnen de orde van grootte van meters). Deze is echter wel in tegenovergestelde richting van de regionale en permanente afstroming landinwaarts, waarop de open bodemenergiesystemen zijn ingericht.

### 5.3.2 Grondwaterverontreinigingen

Grondwaterverontreinigingen kunnen verplaatsen als er sprake is van verlaging van de grondwaterstanden ter plaatse van de verontreiniging. De grondwaterverontreiniging ter plaatse van Pompstation Katwijk is gesaneerd, de grondwaterverontreiniging in aan de Ommedijkseweg, Leiden ligt mogelijk binnen de invloedssfeer van de overbrugging, waar grondwaterstandsverlagingen van tot 5 cm kunnen optreden. Bij inzet van het ASR-systeem treedt er geen grondwaterstandsverlaging op bij deze verontreiniging.

### 5.3.3 Natuurwaarden

In en nabij het duingebied Berkheide zijn grondwaterafhankelijke natuurwaarden aanwezig (zie Figuur 3-2). Bij verlaging van de grondwaterstand kan deze kwetsbare, grondwaterafhankelijke natuur schade oplopen. Hieronder wordt de invloed op dit omgevingsbelang opgesomd zonder en met ASR-systeem.

#### Overbrugging zonder ASR (2025)

- Ter plaatse van de vochtige duinvalleien treden tijdens een overbrugging zonder ASR-systeem maximale grondwaterstandsverlagingen van meer dan 2 m op (na 3 maanden overbrugging waarin het freatische systeem vol belast wordt. (zie Figuur 5-3).
- Na 3 maanden overbrugging wordt de rivierwateraanvoer hervat. 6 maanden na de overbrugging zijn de grondwaterstandsverlagingen ter plaatse van de vochtige duinvalleien deels hersteld tot maximale verlagingen van 2m (zie Figuur 5-4).

#### **Overbrugging met ASR (2030)**

- Ter plaatse van de vochtige duinvalleien treden tijdens een overbrugging met ASR-systeem maximale grondwaterstandsverlagingen van meer dan 2m op (na 3 maanden overbrugging waarin het freatische systeem vol belast wordt. (zie Figuur 5-8).
- Na 3 maanden overbrugging wordt de rivierwateraanvoer hervat. 6 maanden na de overbrugging zijn de grondwaterstandsverlagingen ter plaatse van de vochtige duinvalleien deels hersteld tot maximale verlagingen van 1 m (zie Figuur 5-9).

Door de inzet van het ASR-systeem tijdens een overbrugging worden de grondwaterstandsverlagingen tijdens een overbruggingssituatie sterk beperkt ten opzicht van een overbrugging situatie zonder ASR. De impact op de grondwaterstandsafhankelijke natuurwaarden wordt in een zogenaamde Passende Beoordeling apart beschouwd.

### **5.3.4 Bebouwing en infrastructuur**

In de omgeving van het duingebied vinden (plaatselijk) grondwaterstandsverlagingen plaats tijdens de overbrugging van 0,10 tot 0,50 m. Dit geldt zowel voor een overbrugging met ASR-systeem, als een overbrugging zonder een ASR-systeem. Door de inzet van het ASR-systeem is vooral de maximale verlaging van de grondwaterstand kleiner dan in de situatie zonder ASR-systeem, maar het totale invloedsgebied waar de verlagingen plaatsvindt blijft vergelijkbaar. Voor zowel de situatie zonder en met ASR-systeem geldt dat afhankelijk van de plaatselijke bodemopbouw, de grondwaterstandsverlaging en het funderingstype van de bebouwing geldt een risico op zettingen bestaat tijdens de overbrugging.

### **5.3.5 Archeologie waarden**

Ter plaatse van de gewaardeerde archeologische terreinen treden tijdens een overbruggingssituatie weinig tot geen grondwaterstandsverlagingen op. Ten gevolge van de overbrugging worden geen negatieve effecten verwacht op de conservering van deze archeologische waarden, bij zowel een overbrugging met ASR-systeem als zonder ASR-systeem.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

De onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de getoonde modelberekeningen in hoofdstuk 5, waarbij ook expert kennis en literatuur (o.a. voorgaande studies, zie referenties) zijn meegenomen. De onderzoeksvragen uit paragraaf 1.2 worden hier beantwoord.

### **Wat zijn de effecten van een overbrugging op de omgeving en de zoete grondwatervoorraad in Berkheide, zonder inzet van het ASR-systeem?**

- Een langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (i.e. overbrugging) leidt bij de huidige bedrijfsvoering tot een zware belasting van het freatische systeem. In grote delen van Berkheide treden grondwaterstandsverlagingen tot meer dan 2 meter op.
- Nadat de rivierwateraanvoer hervat is, stijgen de plaspeilen en de grondwaterstanden bij de plassen geleidelijk. 12 maanden na het begin van de overbruggingsperiode zijn de grondwaterstanden nabij de infiltratieplassen hersteld. Op grotere afstand van de infiltratieplassen is de grondwaterstand in grote delen van Berkheide op dit moment nog 10 tot 50 cm lager dan initieel. Hier duurt het herstel van de grondwaterstanden langer, de grondwaterstanden zijn meer afhankelijk zijn van de grondwateraanvulling (neerslag – verdamping).
- Ten gevolge van de overbrugging stijgt het zoet-brak grensvlak en neemt de zoete grondwatervoorraad in Berkheide in het diepe pakket af met 1,6 miljoen m<sup>3</sup>. In de daaropvolgende herstelperiode van 3 jaar – waarbij zonder ASR, ook geen infiltratie plaatsvindt – herstelt dit volume zich gedeeltelijk met ca. 1 miljoen m<sup>3</sup> tot ca. -0,6 miljoen m<sup>3</sup> ten opzichte van de initiële situatie

### **Welk (mitigerend) effect heeft de inzet van het ASR-systeem op de omgeving en de zoete grondwatervoorraad in Berkheide bij een overbrugging?**

- Ook de inzet van het ASR-systeem tijdens een langdurige onderbreking van de rivierwateraanvoer (i.e. overbrugging) leidt tot grote grondwaterstandsverlagingen. Echter, in vergelijking met een overbrugging zonder ASR-systeem (referentie) is de grondwaterstand op hetzelfde moment is de uitzakking van de grondwaterstand nabij de infiltratieplassen meters lager. De inzet van het ASR-systeem resulteert dus in een kleinere daling van de grondwaterstand in vergelijking met de referentiesituatie en daarmee (kleine) mitigatie van de negatieve effecten van een overbrugging op het freatische systeem.
- Door tijdens een overbrugging direct over te schakelen op het ASR-systeem (i.e. diepe winning), wordt het freatische systeem in grotere mate ontzien dan in de huidige situatie (Overbrugging zonder ASR). In het pompde watervoerende pakket leidt deze grotere inzet van de diepe winning echter tot een grotere verlaging van de stijghoogte, en daarmee tot een grotere optrekking (omhoog) van het zoet-brak grensvlak. Ook de voorraad zoet grondwater in Berkheide neemt sterker af dan bij een overbrugging zonder ASR-systeem (tot 2,8 miljoen m<sup>3</sup>). Echter, door actief op diepte zoet water te infiltreren met het ASR-systeem, is de zoete grondwatervoorraad aan het einde van de herstelperiode (3 jaar na het einde van de overbruggingsperiode) weer volledig hersteld.
- De opbouw van een extra voorraad zoet grondwater in Berkheide met het ASR-systeem voordat een overbrugging plaatsvindt, leidt tot niet significante verschillen in de freatische grondwaterstand.

### **Aanbevelingen**

- Bij uiteindelijke uitvoering wordt geadviseerd om het bestaande meetnetwerk uit te breiden, zodat negatieve effecten vroegtijdigesignaleerd worden en door middel van sturing gemitigeerd kunnen worden. In het project is reeds een uitbreiding van het bestaande meetnet met zowel zoutwachters als waarnemingsfilters voorzien.

Uit de modelberekeningen volgt bijvoorbeeld dat:

- (1) bij de maximale inzet van het ASR-systeem bij enkele diepe onttrekkingsputten het zoet-brak grensvlak omhoog kan worden getrokken tot de onderzijde van het filter,
- en (2) dat door autonome ontwikkeling zowel in het grensgebied van Berkheide en Meijendel, als in Berkheide zelf, verplaatsing van het zoet-brak grensvlak optreedt.

Voor beide punten raden we aan om tijdens / na de realisatie van het ASR-systeem actief de situatie te monitoren, met name wanneer het ASR-systeem wordt of is ingezet, zodat actief sturing kan plaatsvinden. Hierbij kan gedacht worden aan een andere verdeling van zowel de infiltratie- en onttrekkingsdebieten. Voor het herstel van zoet-brak grensvlak kan bijvoorbeeld ook gedacht worden aan een langere herstelperiode, of een hoger infiltratiedebiet tijdens de herstelperiode.

## 7 Referenties

Arcadis (2020) Onderzoeksproject overbruggingsvermogen. Deelrapport Berkheide (rapport)

Arcadis (2021) Interferentie AS(T)R Berkheide (memo)

Arcadis (2024) Overbrugging en Brakwaterwinning. Volhoudbare strategische watervoorraad (rapport)

Coastar (2021) Coastar case A2: Brakwaterwinning kust: Voorstudie en aanzet tot pilot voor toepassing brakwater als derde drinkwaterbron (rapport)

Dunea (2023) Procesvoeringbeschrijving Voorzuivering en Diepinfiltratie PSK (OCE PK14)

DZH (2003) Calibratie grondwatermodel Zuid-Holland west (rapport)

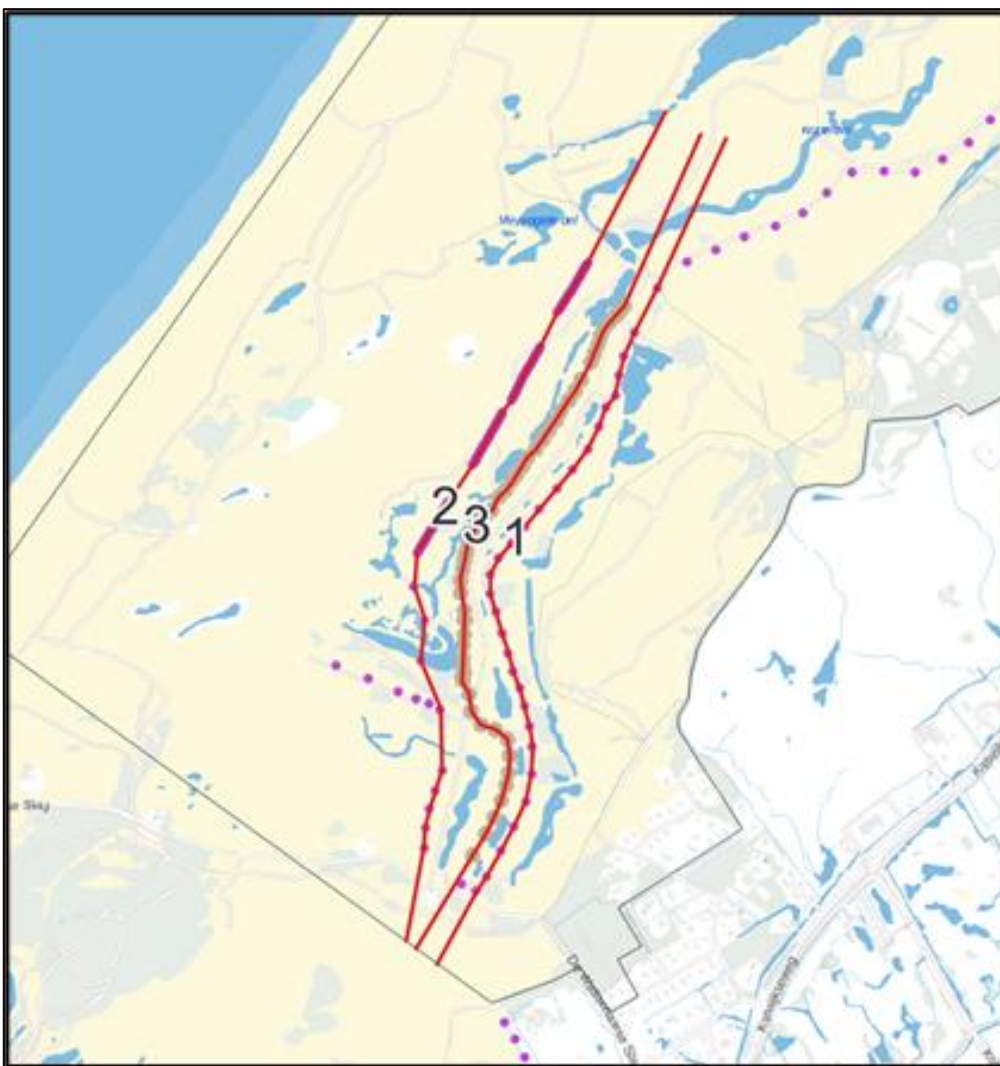
RHDHV (2022) Beschrijving model en modelprestaties Berkheide 2022 (memo)



## Bijlage A Dwarsdoorsnede chlorideverdeling langs putten

De impact van de inzet van het ASR-systeem op het zoet-brak grensvlak verschilt per locatie, en per fase van het ASR-systeem. Onder de infiltratieputten (indien actief) zal het zoet-brak grensvlak bijvoorbeeld naar beneden gedrukt worden, bij onttrekkingen wordt het zoet-brak grensvlak omhooggetrokken (upconing). Ook al is in dit scenario (Overbrugging zonder ASR), het ASR-systeem niet actief, worden hier de chlorideconcentraties *ter plaatse van* de verschillende puttenseries weergegeven om het effect van de inzet van het ASR-systeem te onderzoeken.

Om inzicht te geven in de berekende veranderingen van het zoet-brak grensvlak ter plaatse van de onttrekkings- en infiltratieputten van het ASR-systeem zijn drie doorsneden over de verschillende puttenreeksen getekend (Figuur A-1). Langs deze lijnen is de verandering van het zoet-brak grensvlak in de tijd weergegeven in deze bijlage voor de verschillende scenario's.

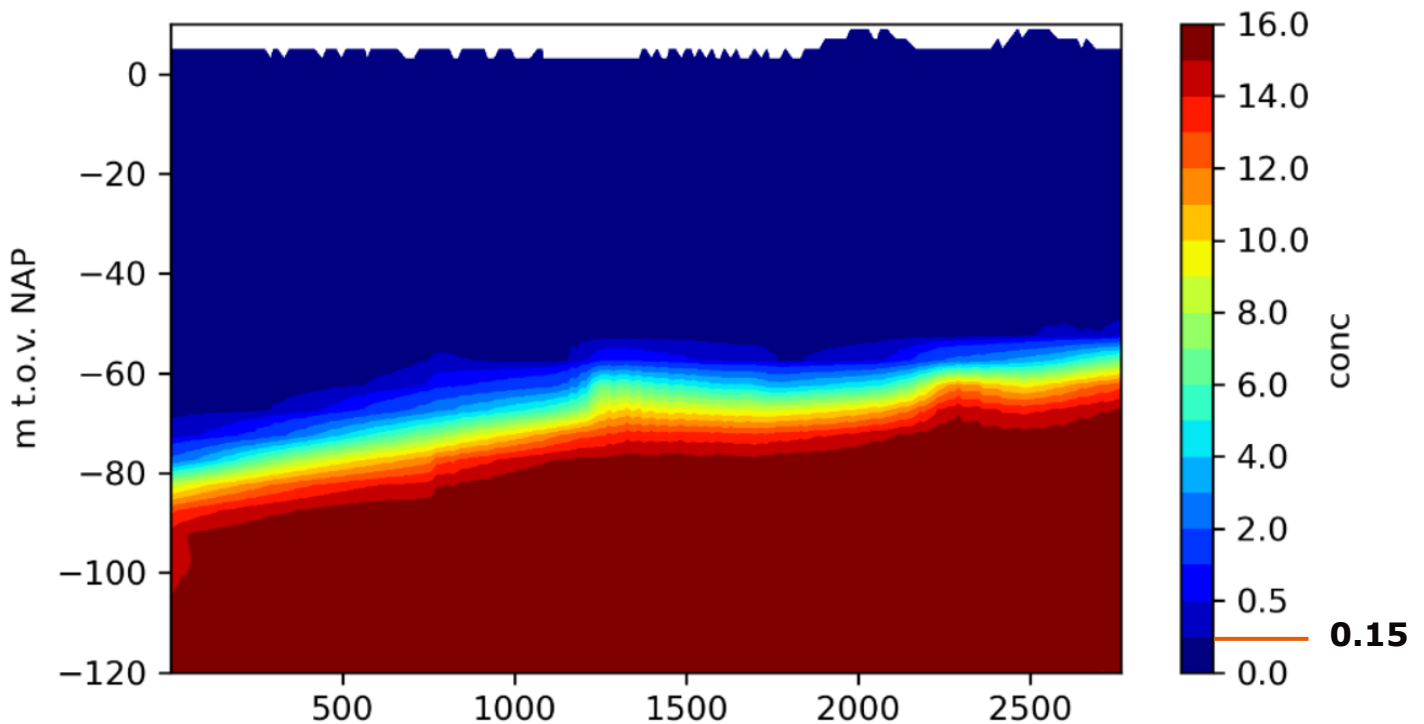


Figuur A-1 | Overzicht doorsneden over puttenreeksen van het beoogde ASR-systeem in Berkheide.

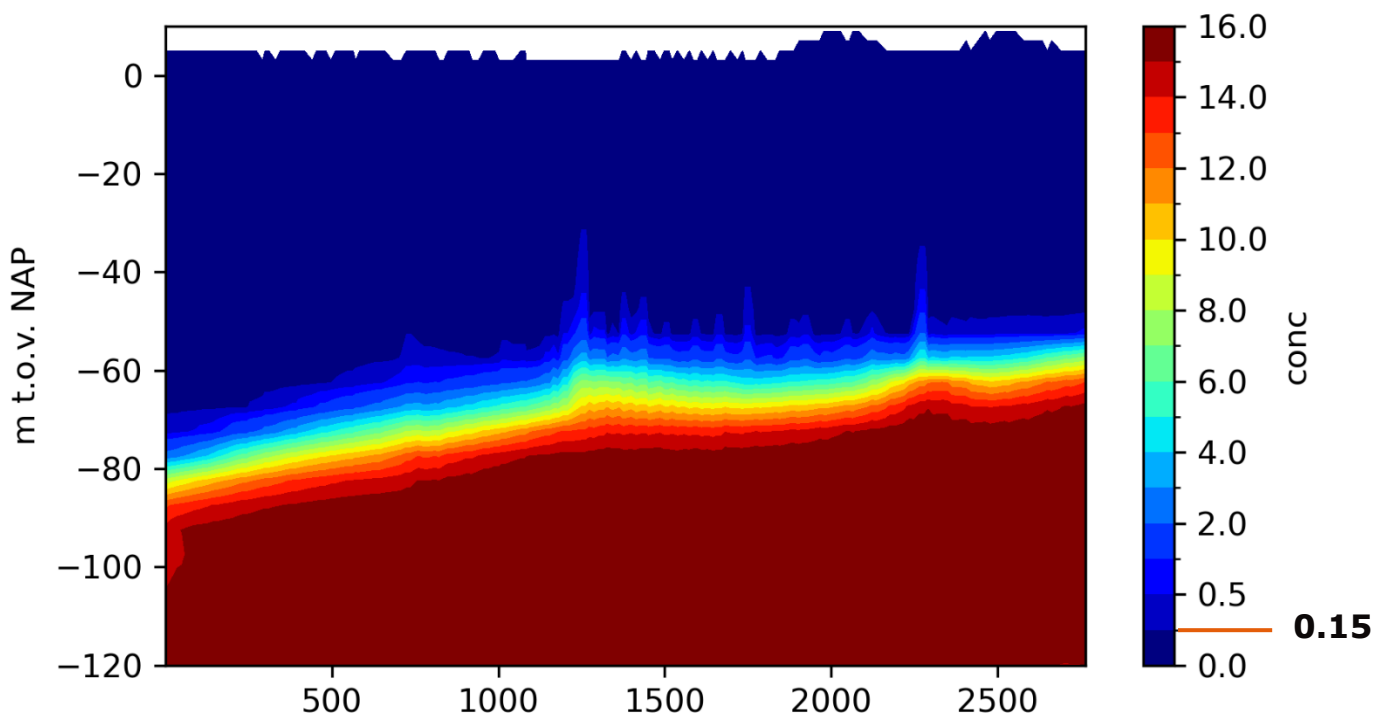
In de doorsneden over de putreeksen is hetzelfde effect te zien als bij de verplaatsing van het zoet-brak grensvlak (5.2.1.2 en 5.2.2.2) en verandering in de zoete grondwatervoorraad (5.2.1.3, 5.2.2.3). De grootste veranderingen vinden plaats na de 3 maanden durende onderbreking van de rivierwateraanvoer. Op dit moment is langs de oostelijke onttrekkingsputten de grootste upconing te zien, langs de westelijke onttrekkingsputten is ook upconing te zien, onder de infiltratieputten is vrijwel geen upconing te zien (enkele meters) tijdens de overbrugging. Tijdens de herstelperiode beweegt het zoet-brak grensvlak het sterkst naar beneden onder de infiltratieputten.

### Overbrugging zonder ASR (2025)

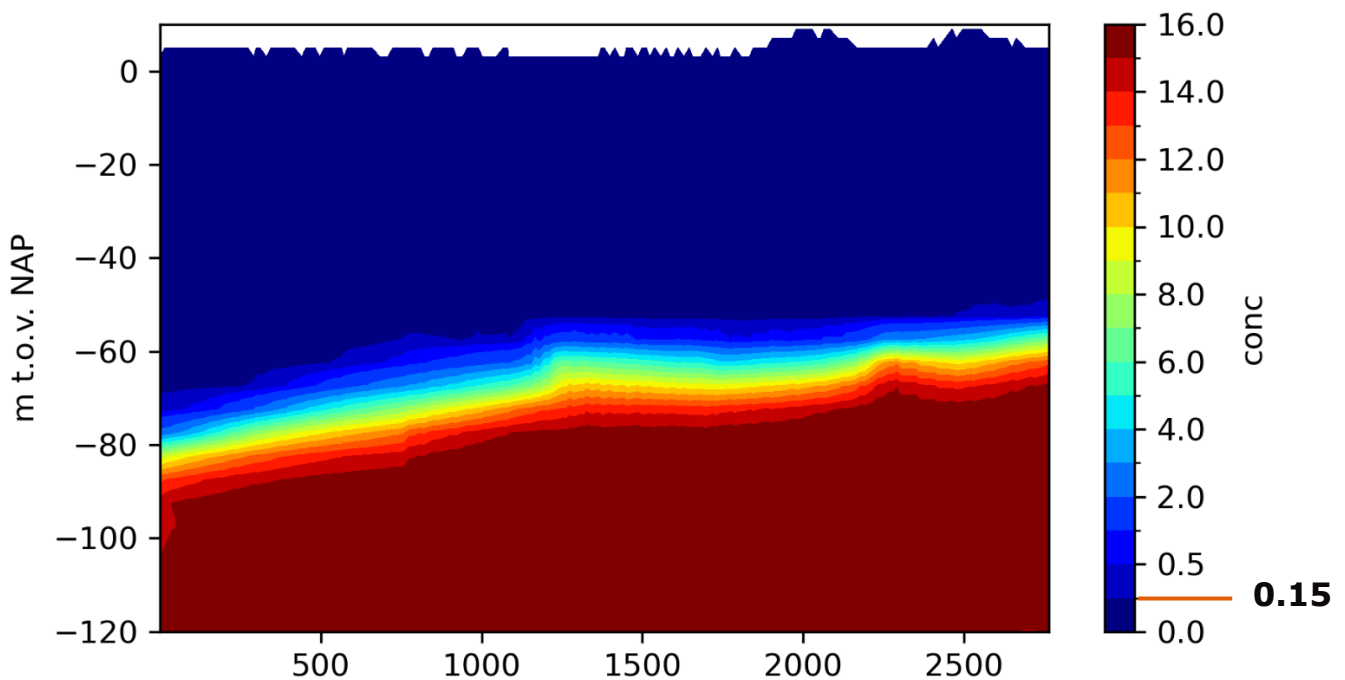
#### Doorsnede 1 – Onttrekkingsputten Oost



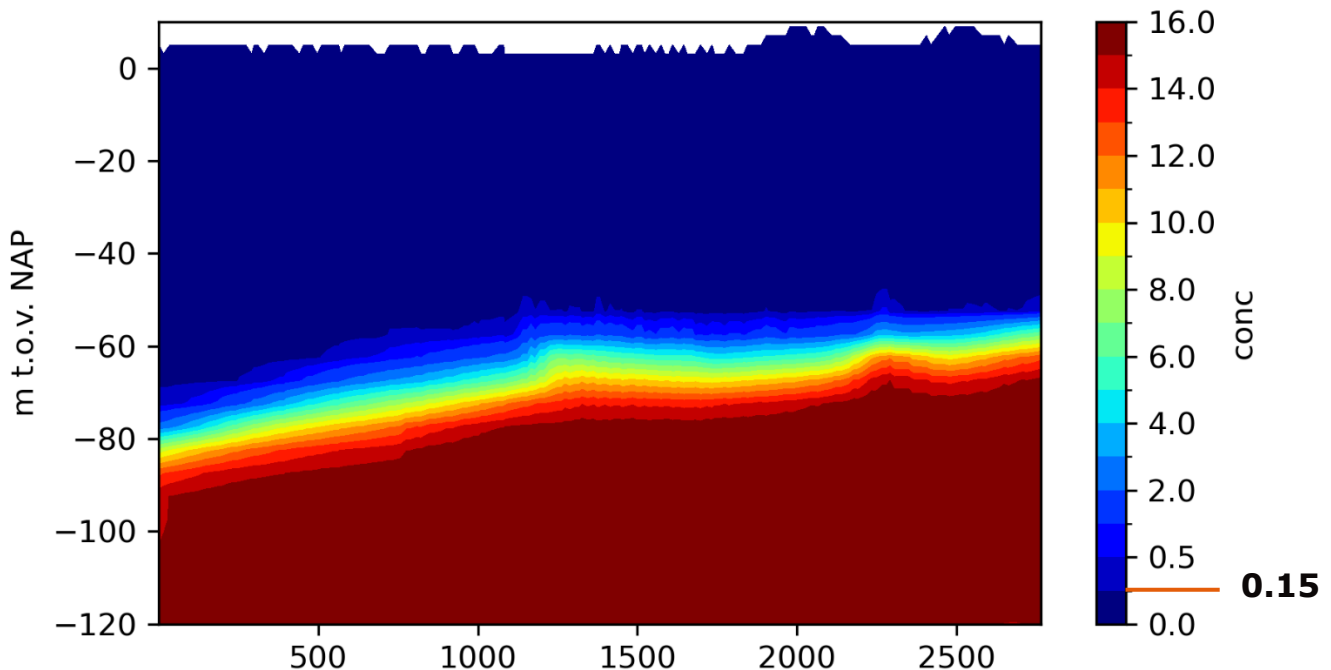
Figuur A-2 | Initiële situatie ( $t = 0$  maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 0$  maanden in Figuur 5-1). **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord



Figuur A-3 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord

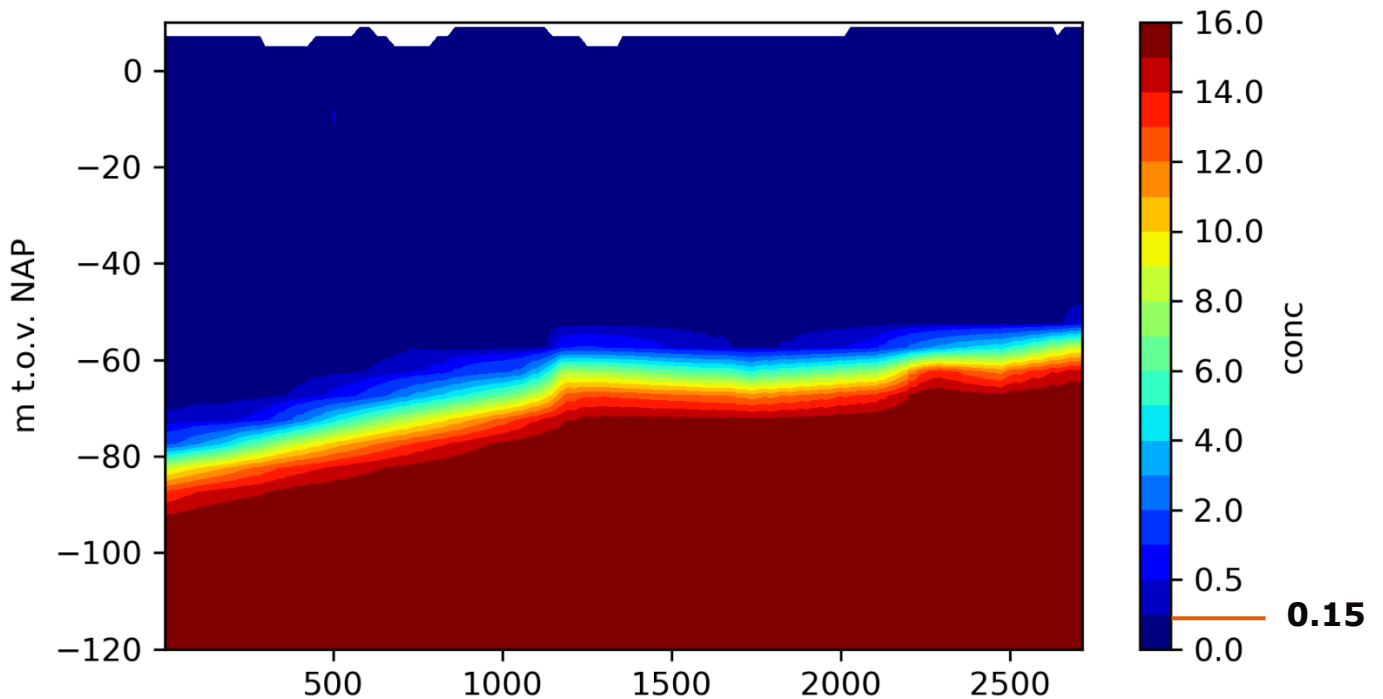


Figuur A-4 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord

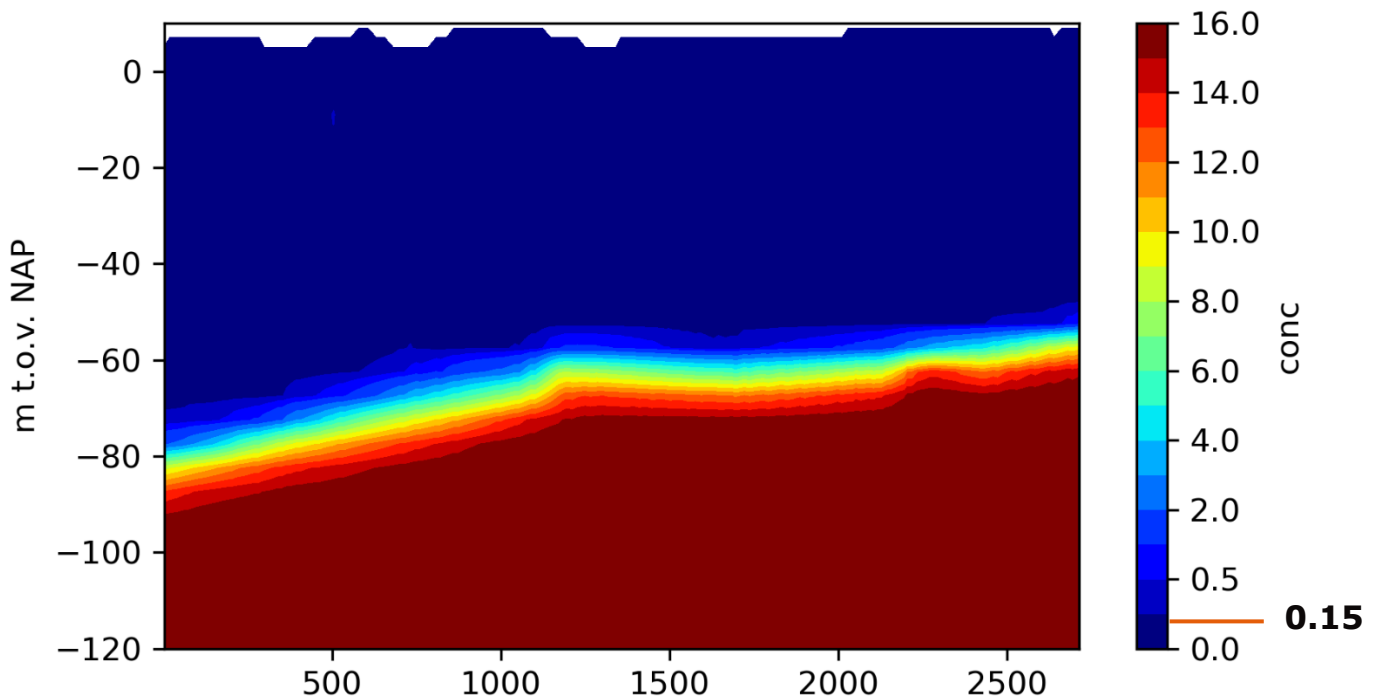


Figuur A-5 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 78$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord

## Doorsnede 2 – Onttrekkingsputten West

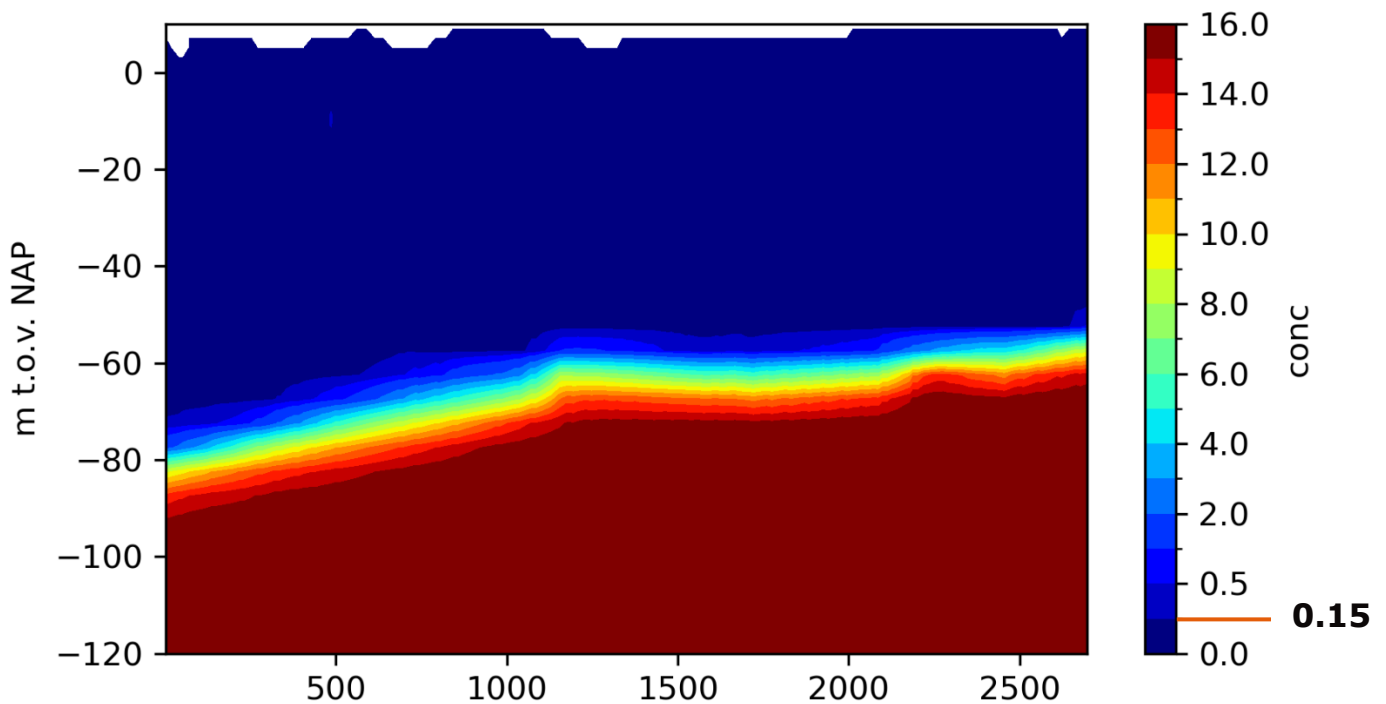


Figuur A-6 | Initiële situatie ( $t = 0$  maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord

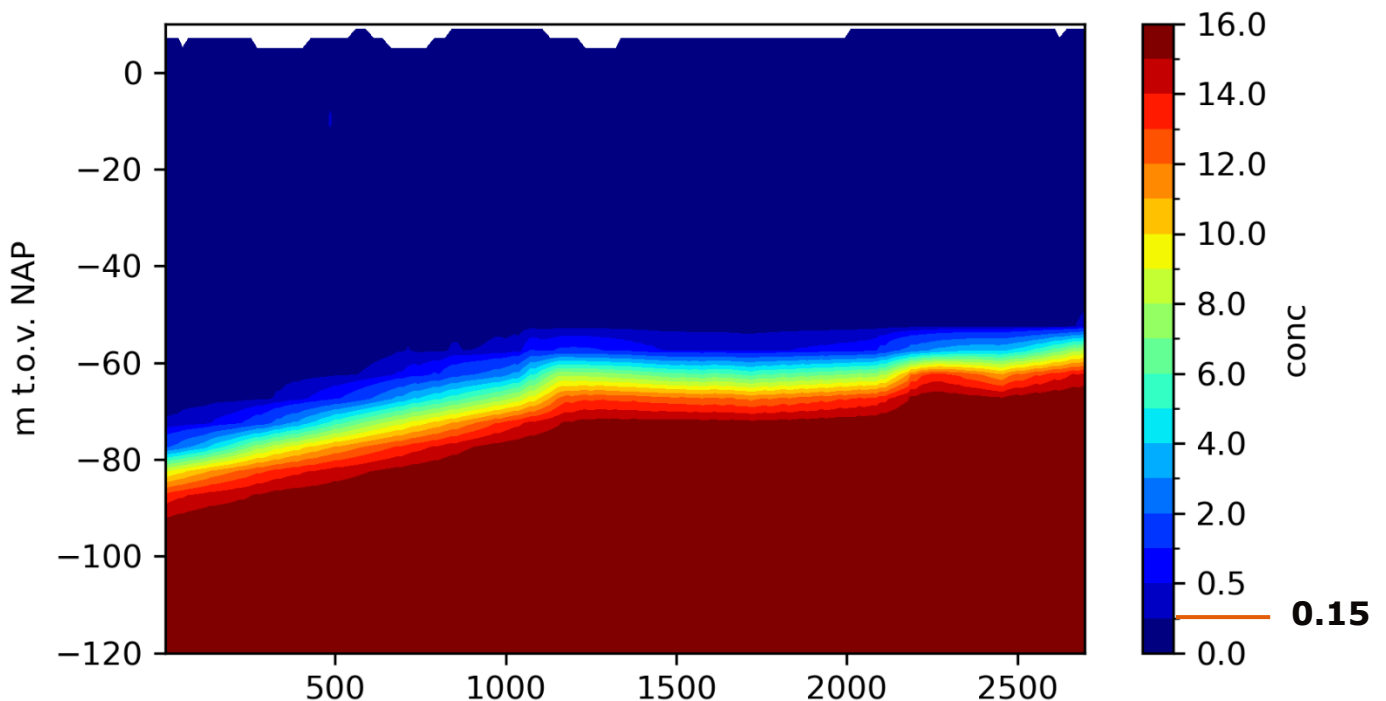


Figuur A-7 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord



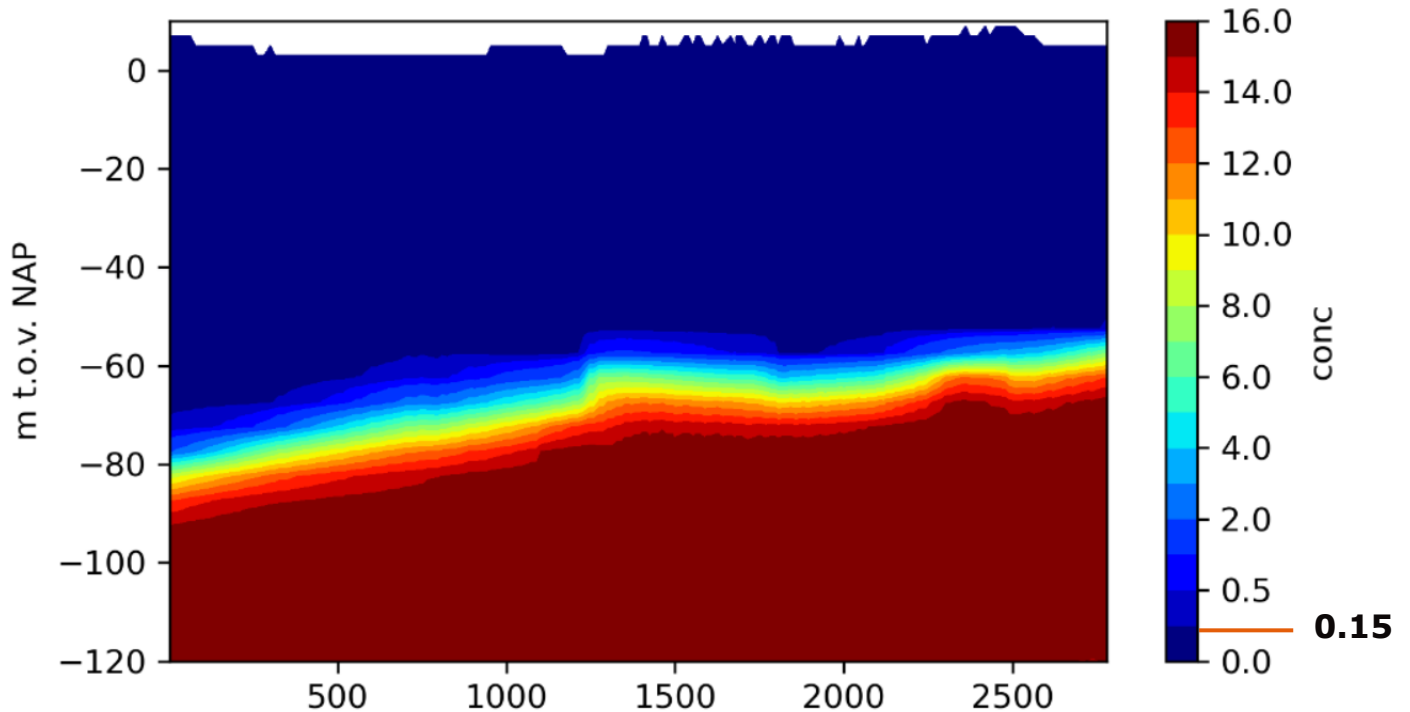


Figuur A-8 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

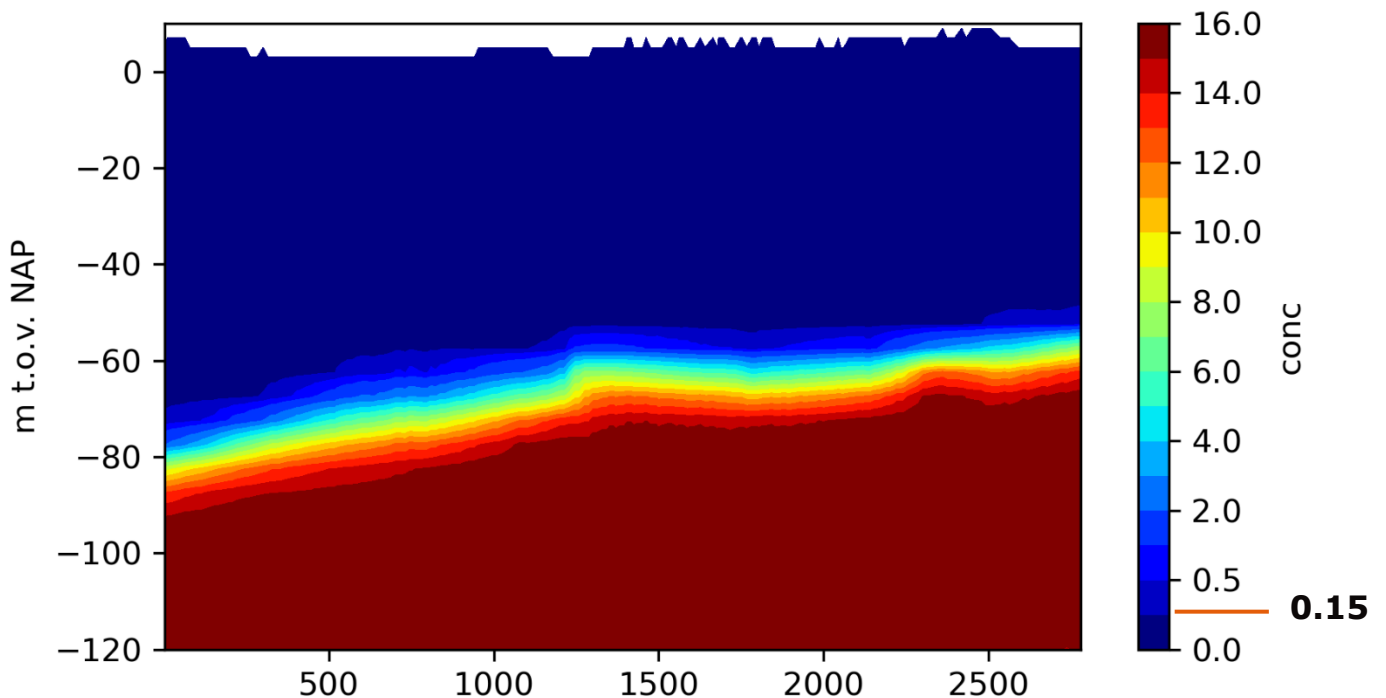


Figuur A-9 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 78$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

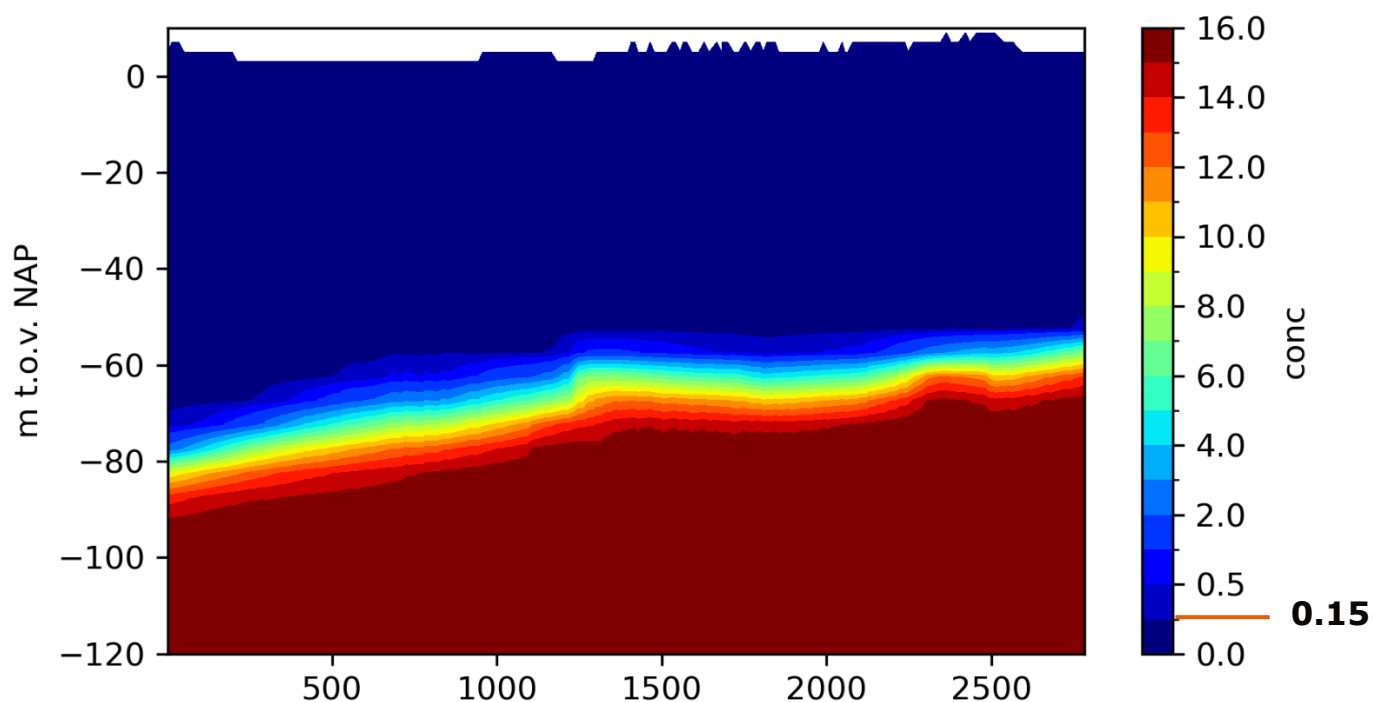
### Doorsnede 3 – Infiltratieputten



Figuur A-10 | Chlorideverdeling op  $t = 0$  maanden: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 0$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.



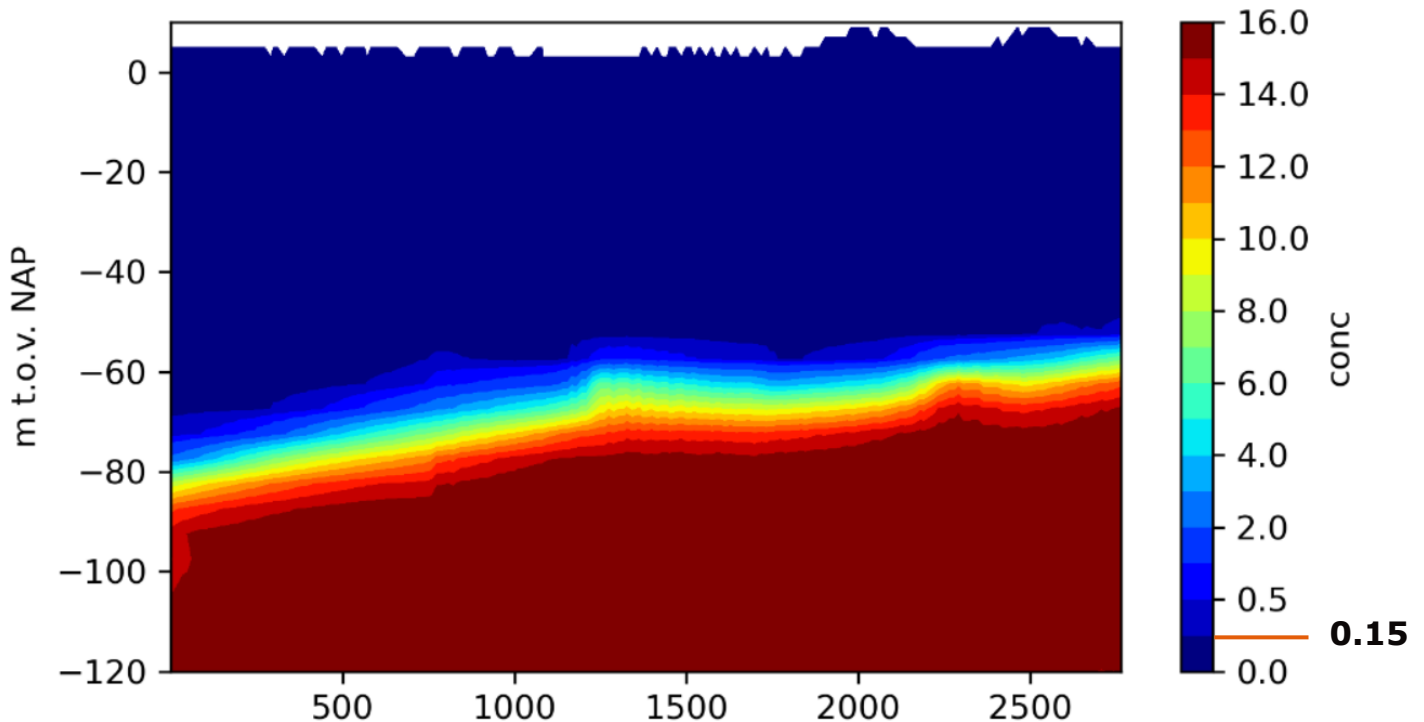
Figuur A-11 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.



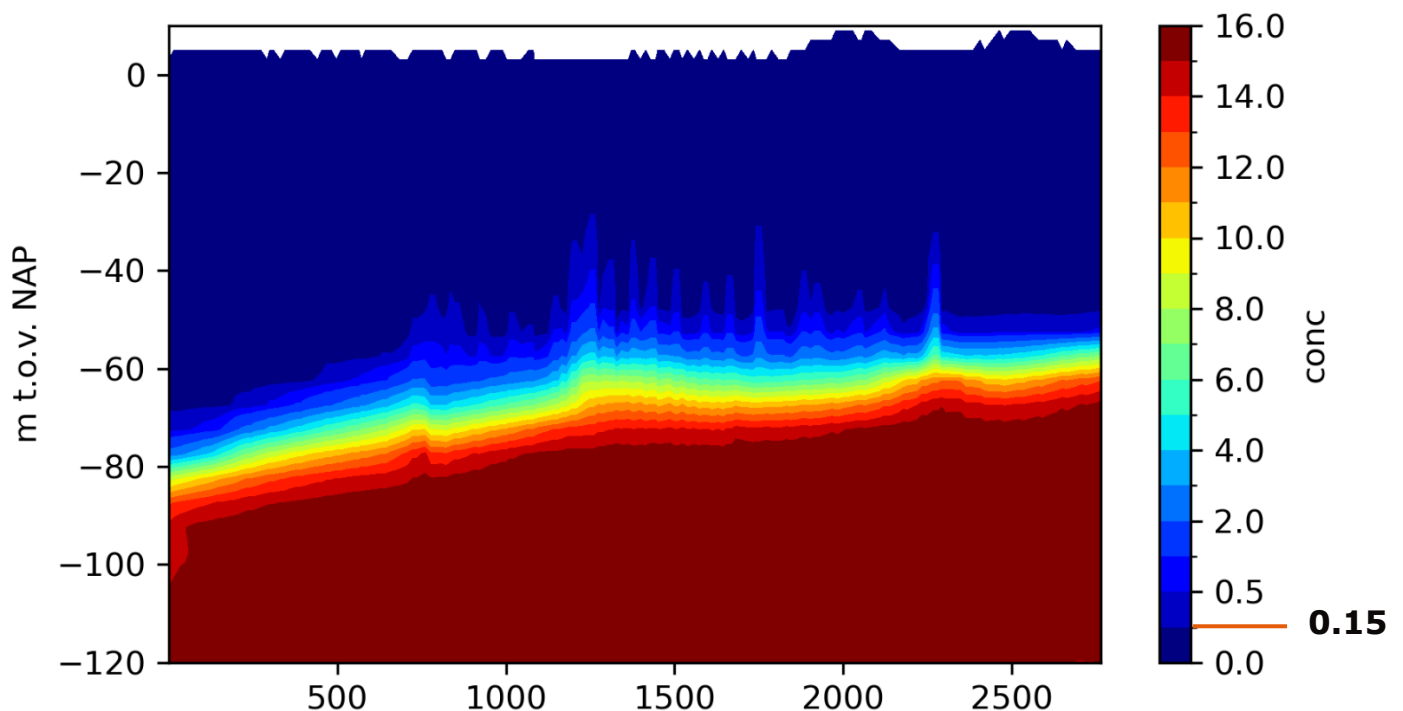
Figuur A-12 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes zie  $t = 78$  maanden in Figuur 5-1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

## Overbrugging met ASR (2030)

### Doorsnede 1 – Onttrekkingsputten Oost

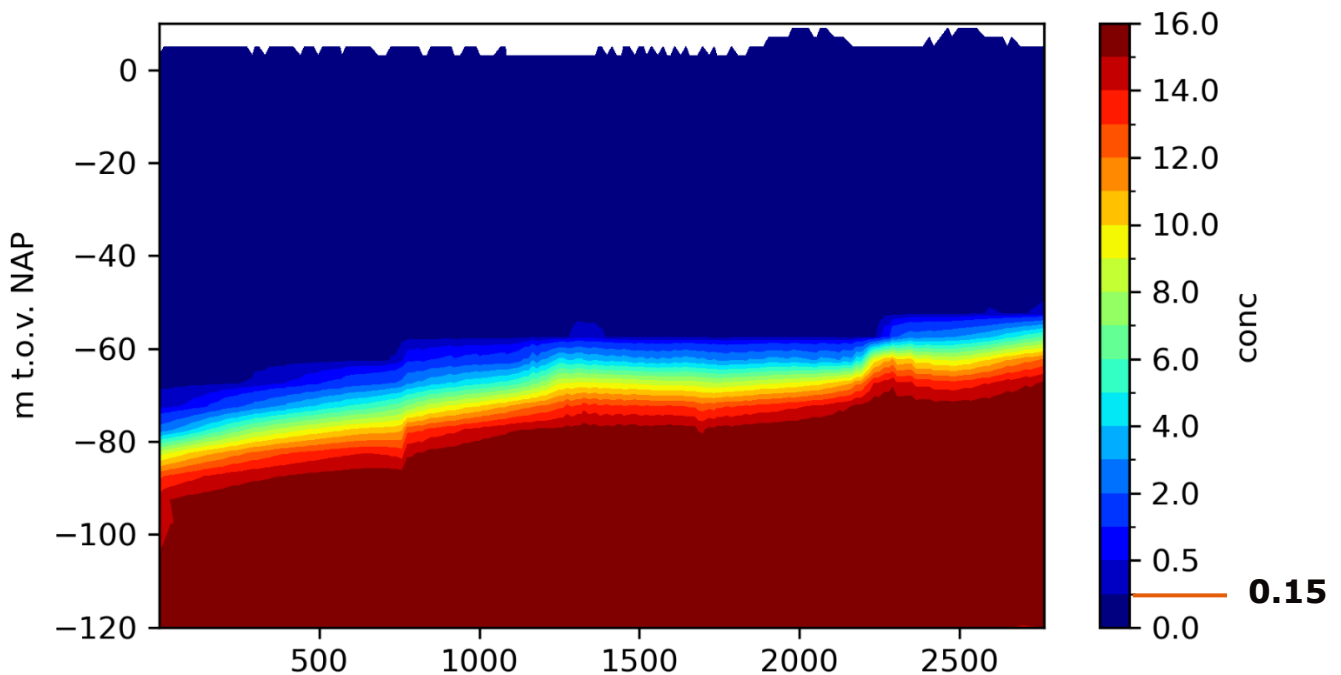


*Figuur A-13 | Initiële situatie (t = 0 maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie t = 0 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

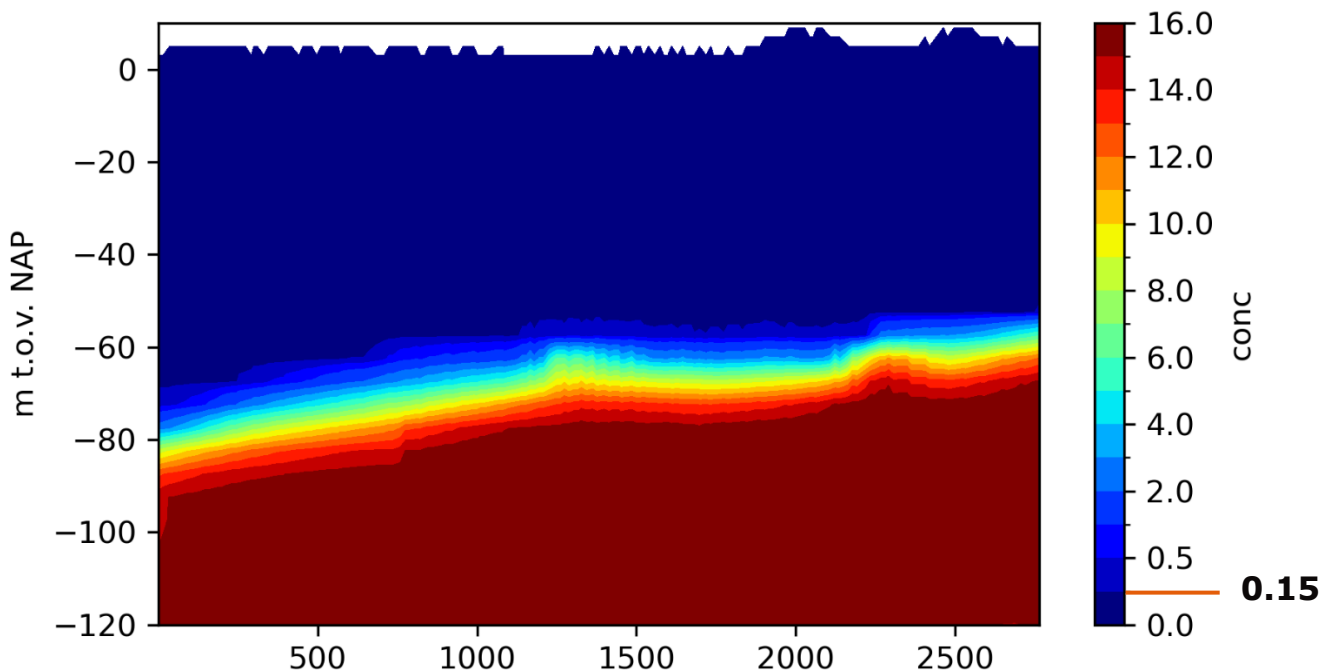


*Figuur A-14 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie t = 6 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



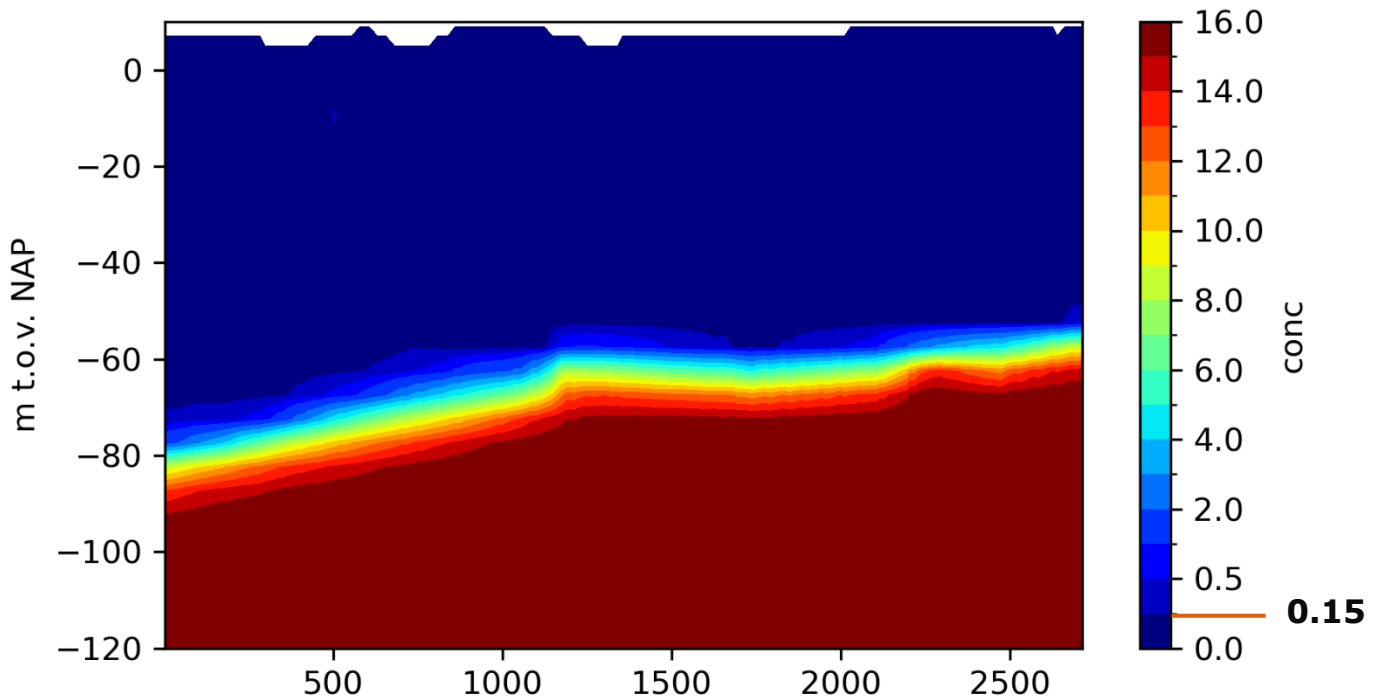


*Figuur A-15 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie t = 42 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

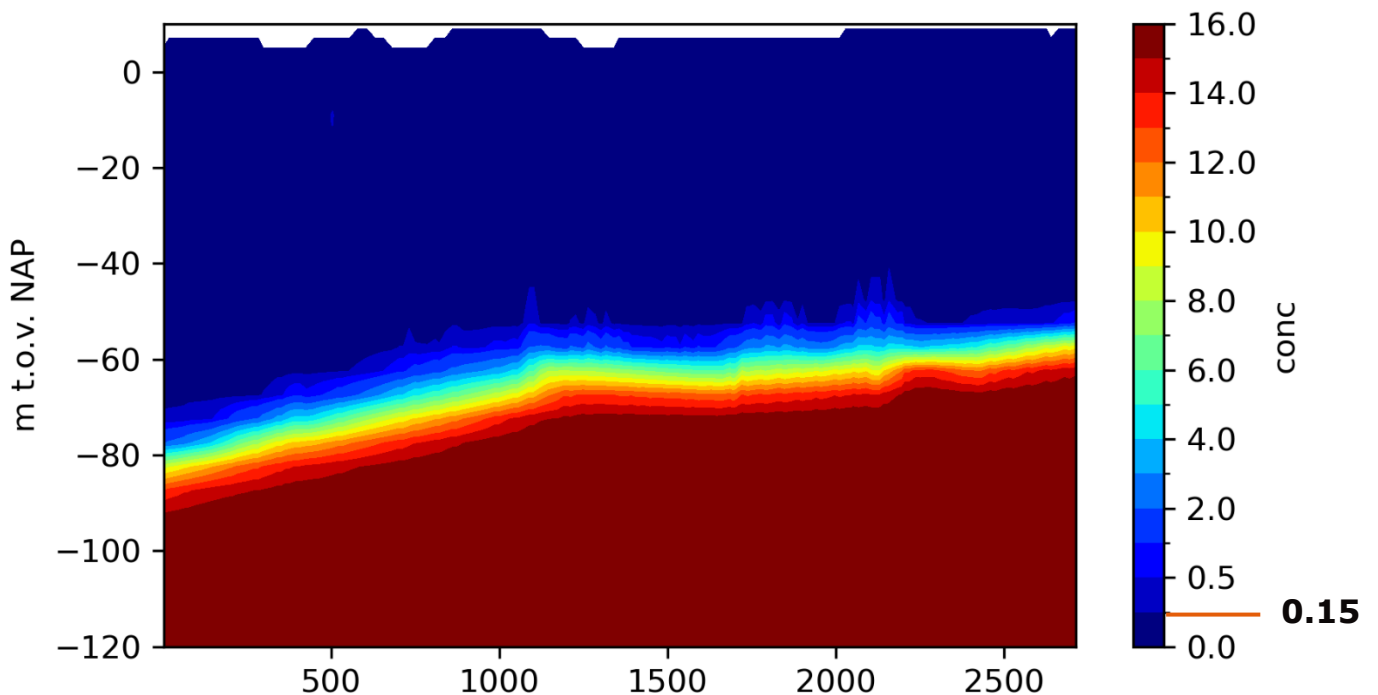


*Figuur A-16 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie t = 78 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

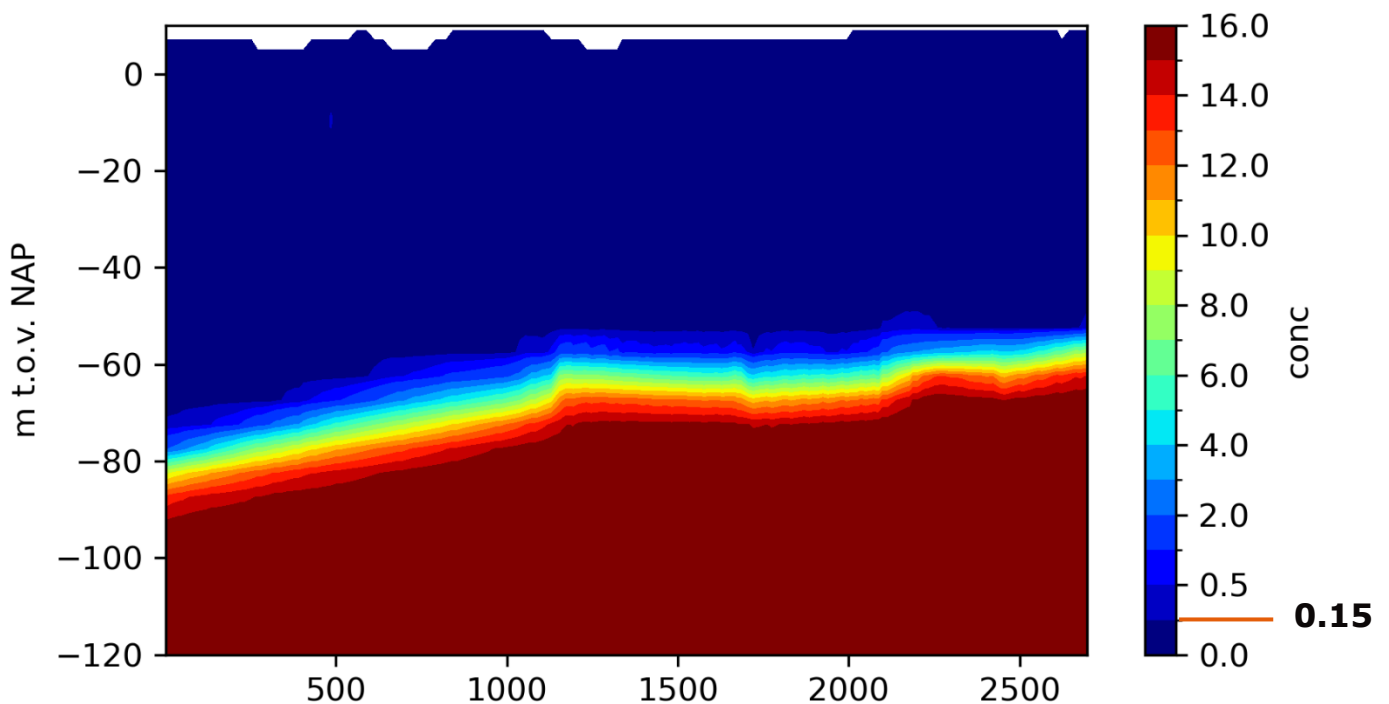
## Doorsnede 2 – Onttrekkingsputten West



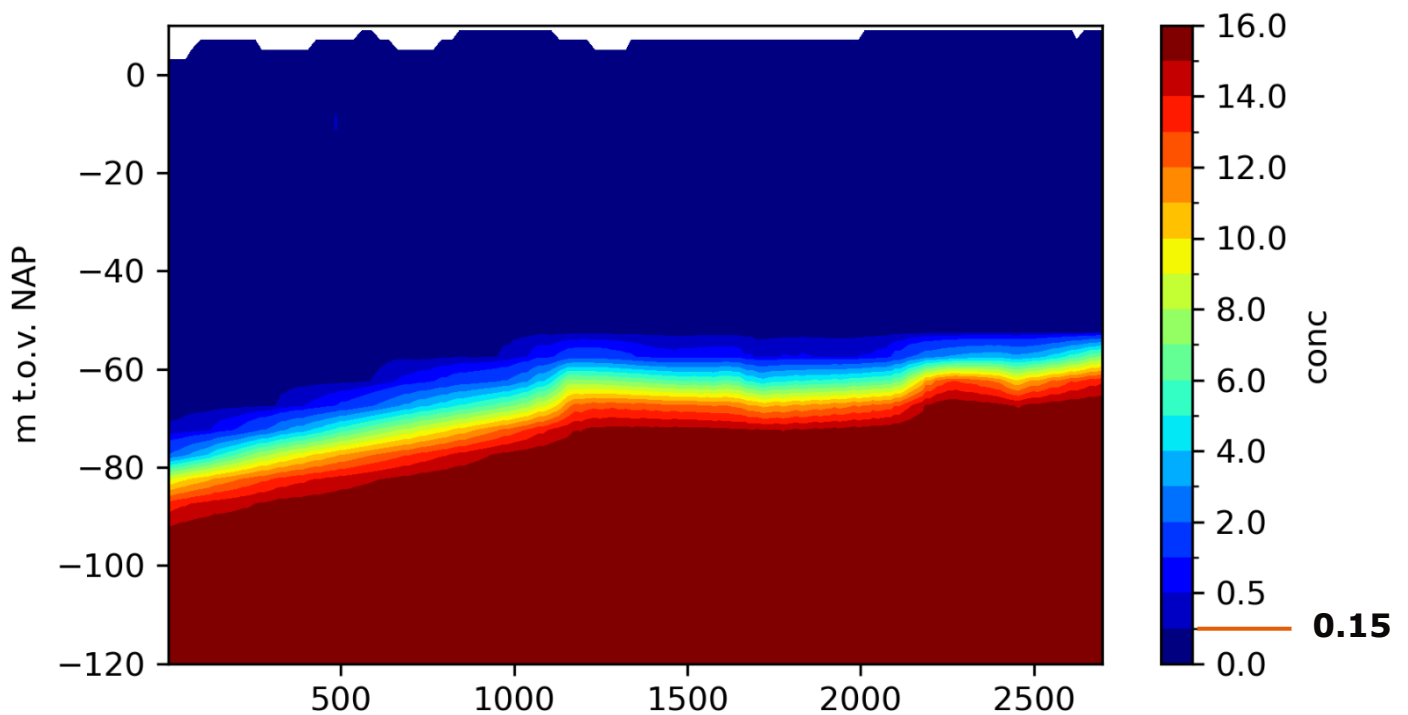
*Figuur A-17 | Initiële situatie ( $t = 0$  maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 0$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



*Figuur A-18 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

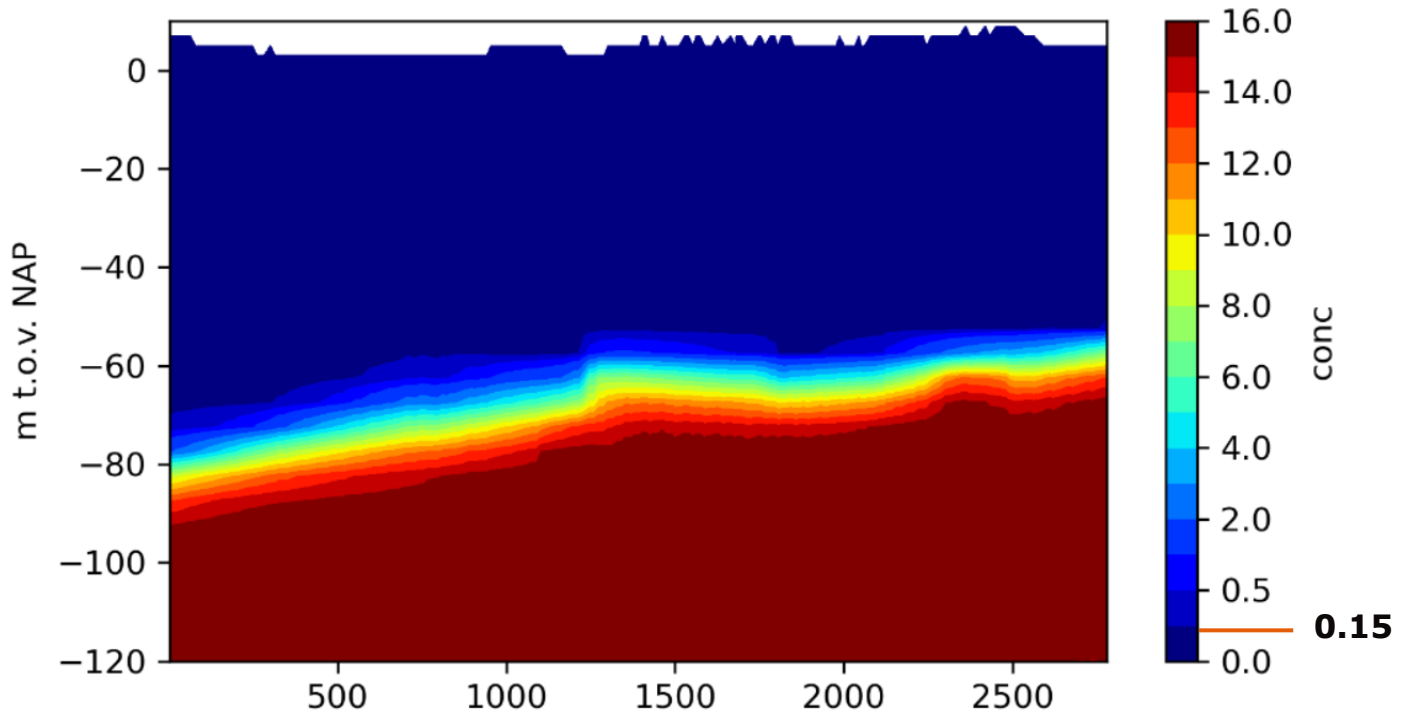


*Figuur A-19 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

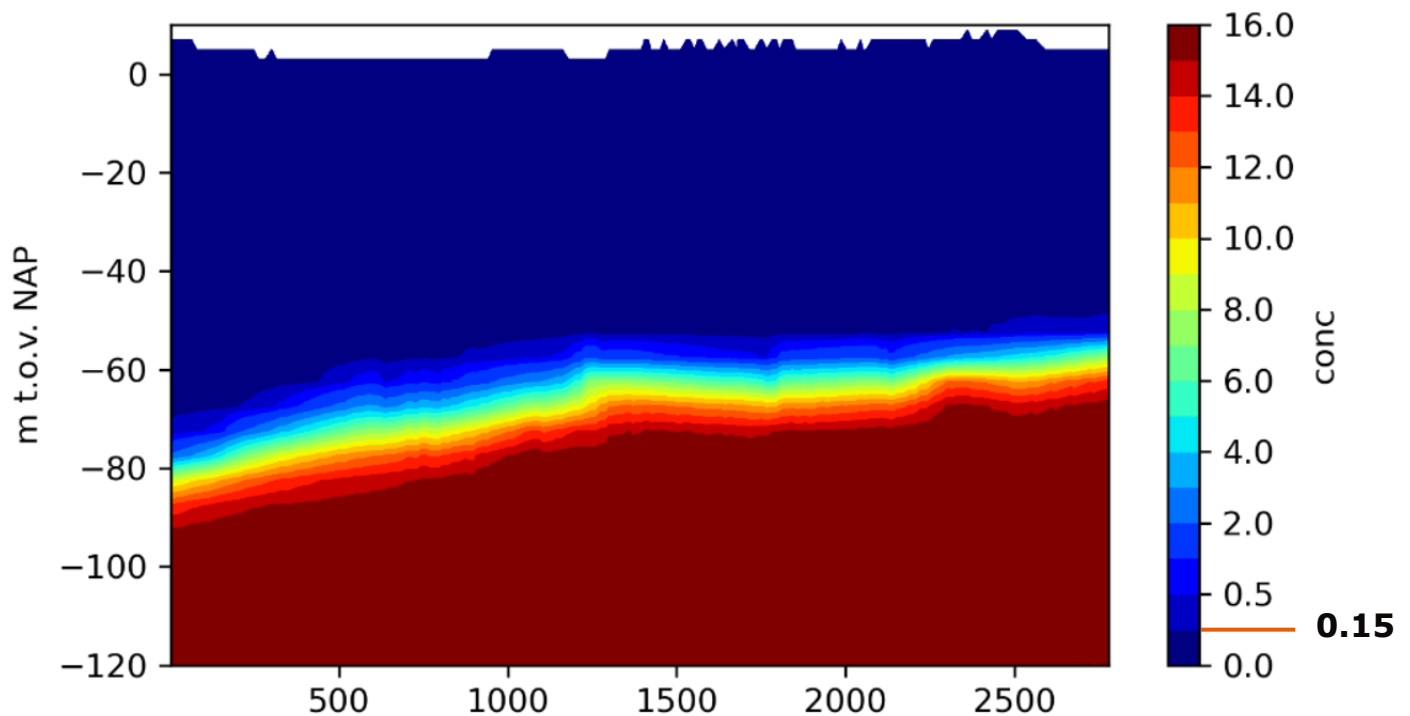


*Figuur A-20 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 78$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

### Doorsnede 3 – Infiltratieputten

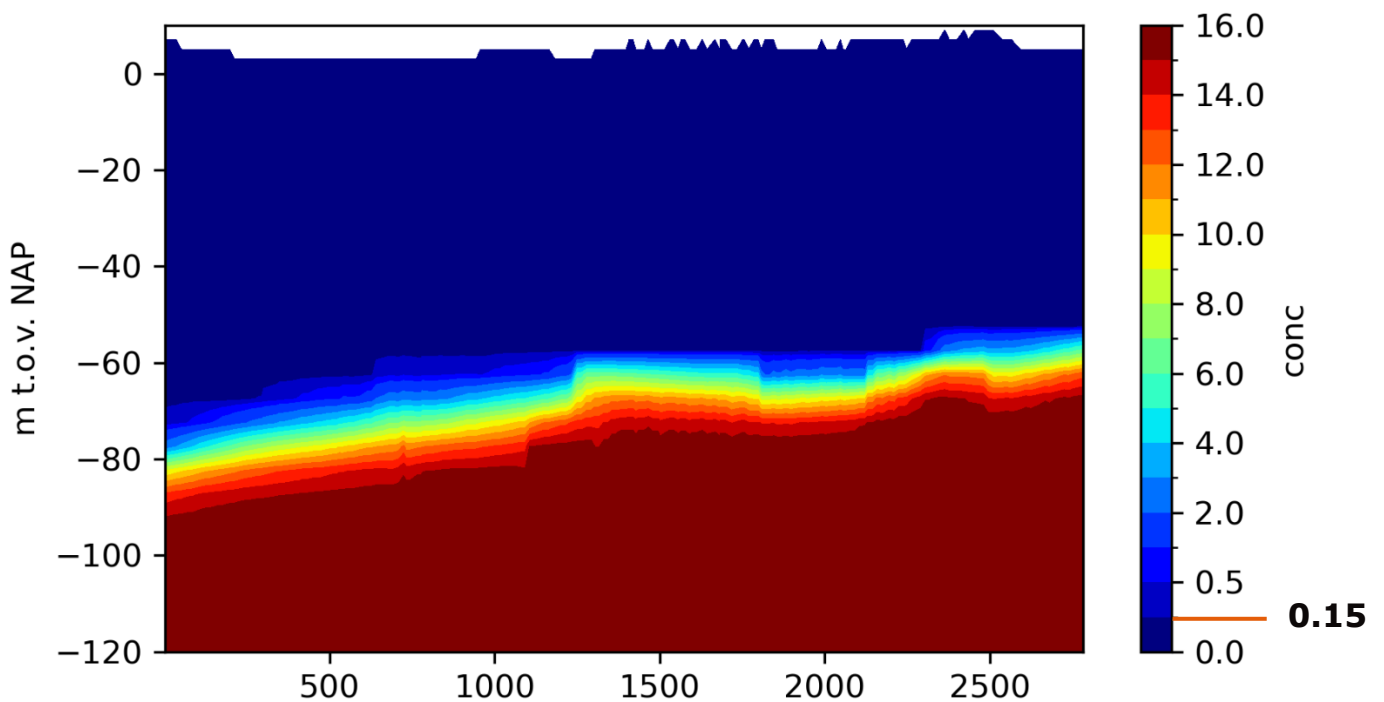


Figuur A-21 | Initiële situatie ( $t = 0$  maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 0$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

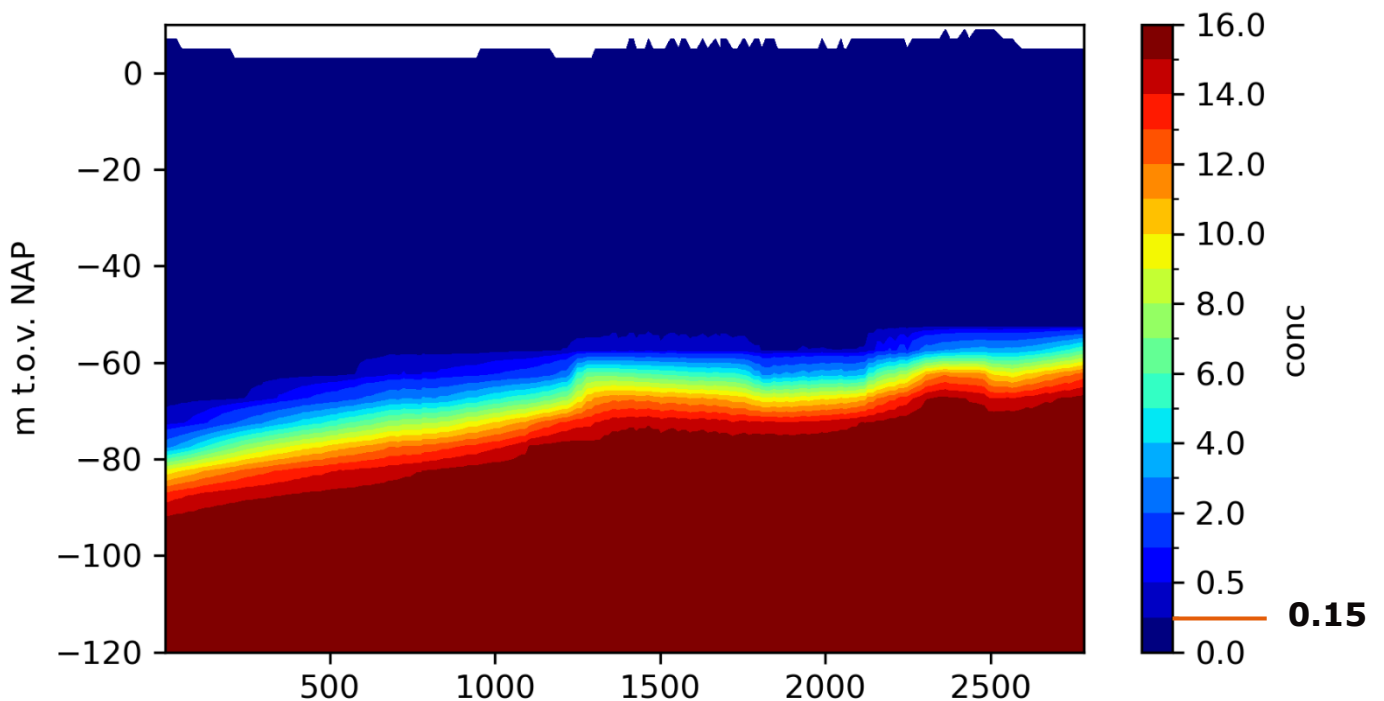


Figuur A-22 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.





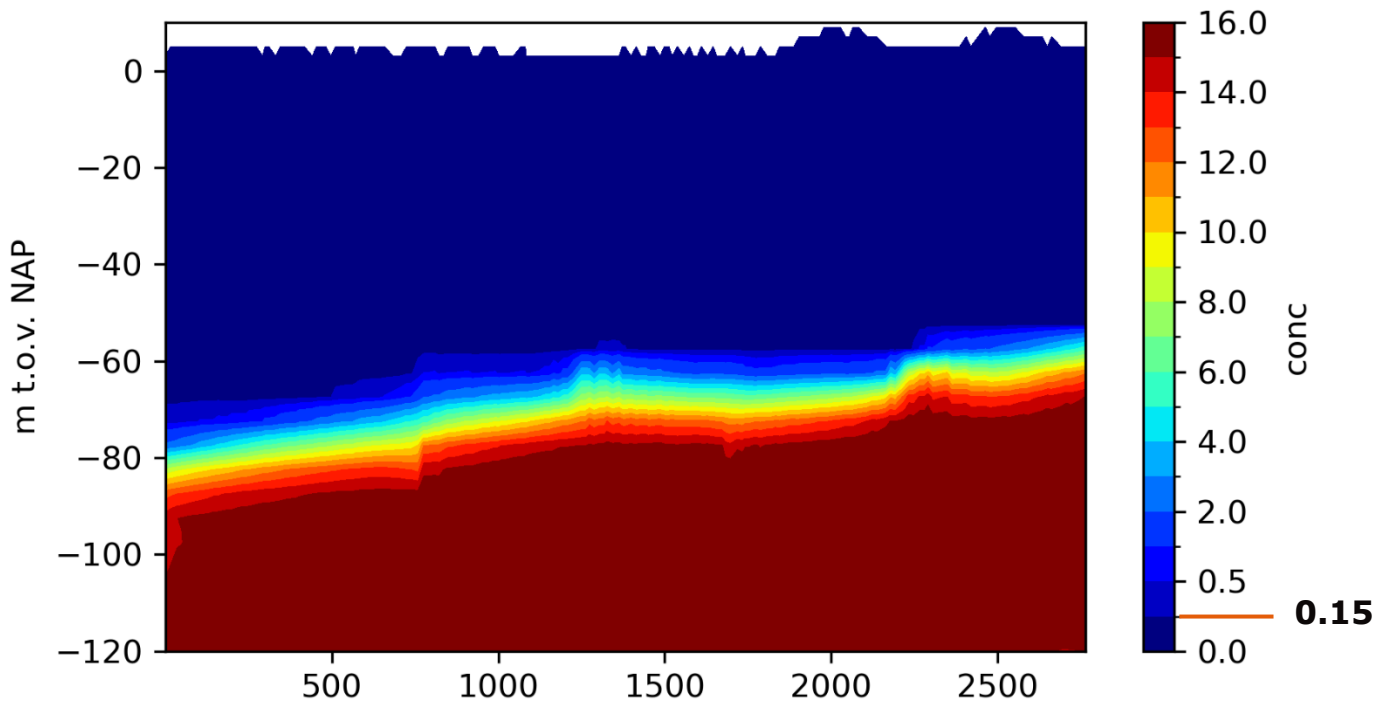
*Figuur A-23 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



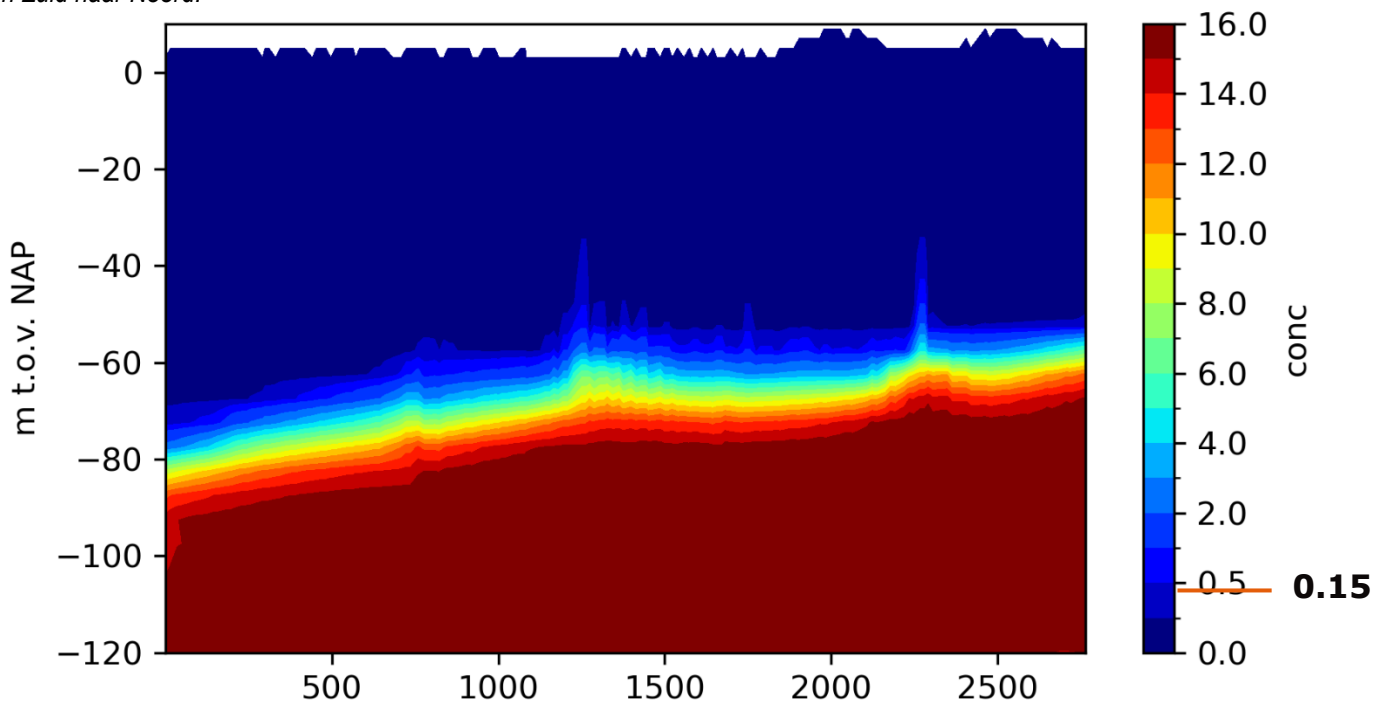
*Figuur A-24 | Na 3 jaar reguliere bedrijfsvoering: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie  $t = 78$  maanden in Figuur 5-1Figuur 5-30). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

## Alternatieve inzet ASR bij overbrugging

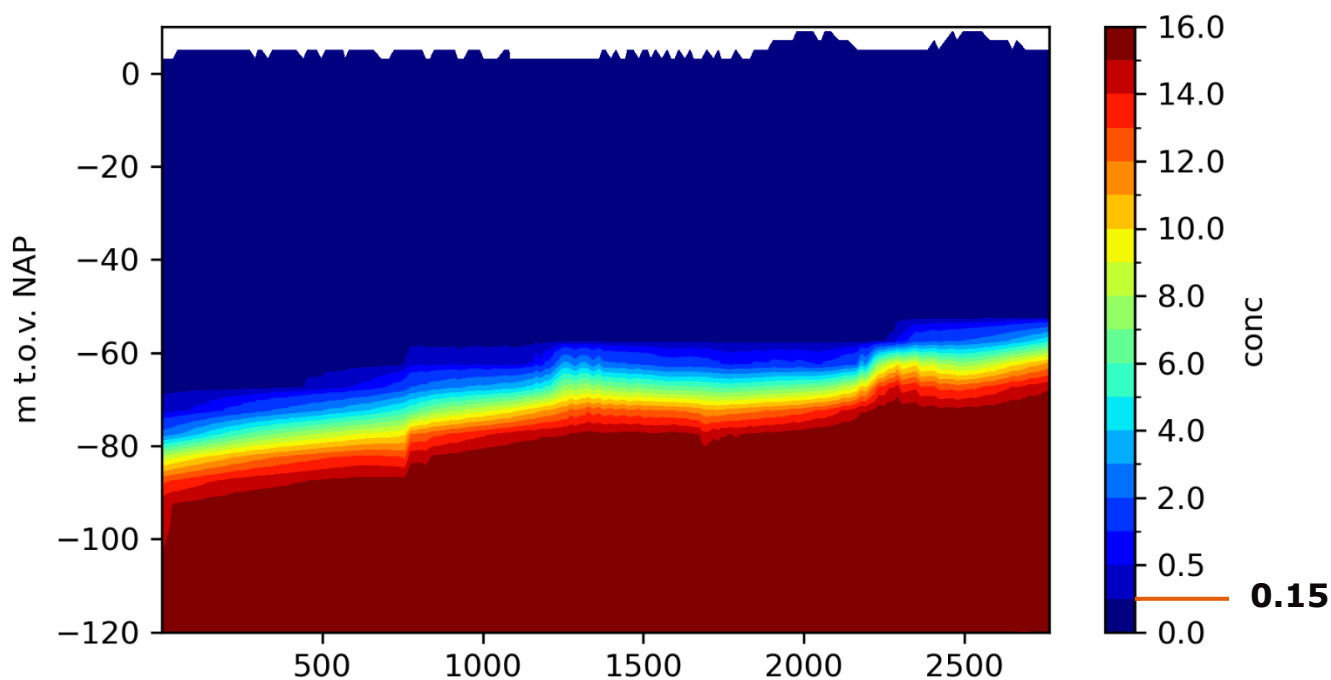
### Doorsnede 1 – Onttrekkingsputten Oost



Figuur A-25 | Initiële situatie ( $t = 0$  maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 0$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Na 3 jaar voorraad opbouwen, op  $t = 36$  maanden. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

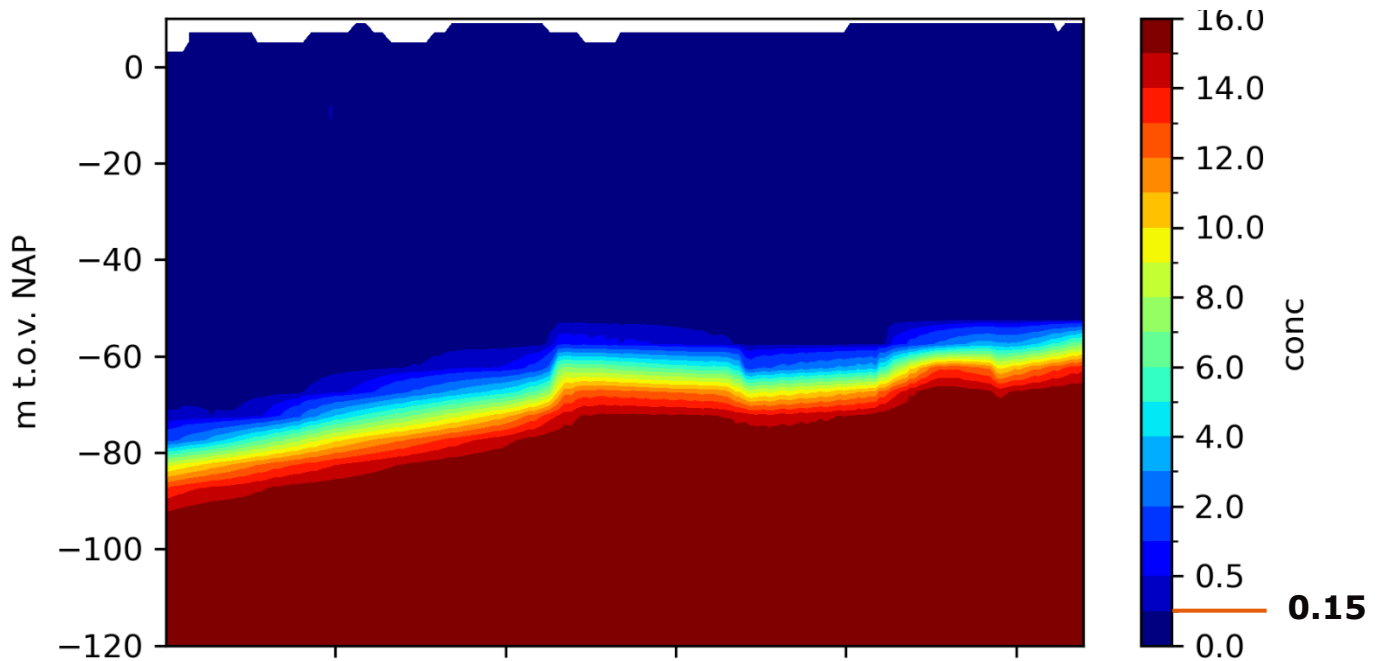


Figuur A-26 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 6$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.

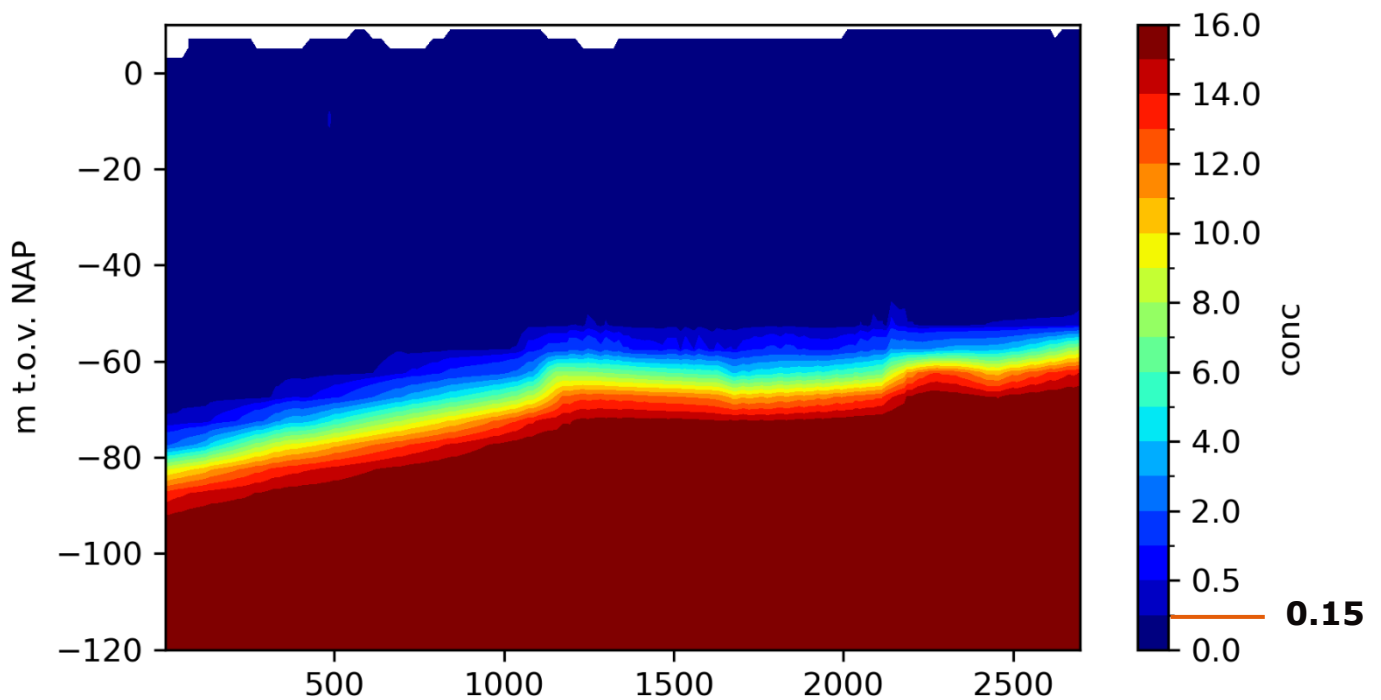


*Figuur A-27 | Na 3 jaar herstel: Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

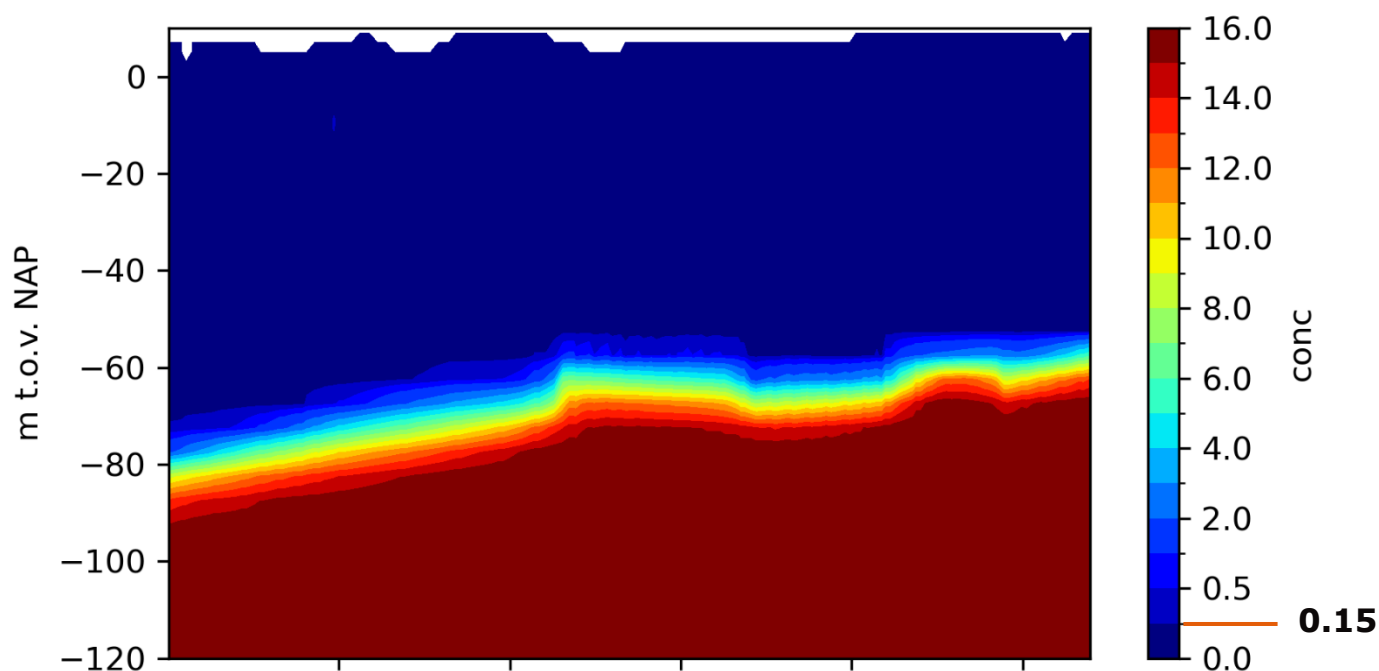
## Doorsnede 2 – Onttrekkingsputten West



*Figuur A-28 | Initiële situatie (t = 0 maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie t = 0 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Na 3 jaar voorraad opbouwen, op t = 36 maanden. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



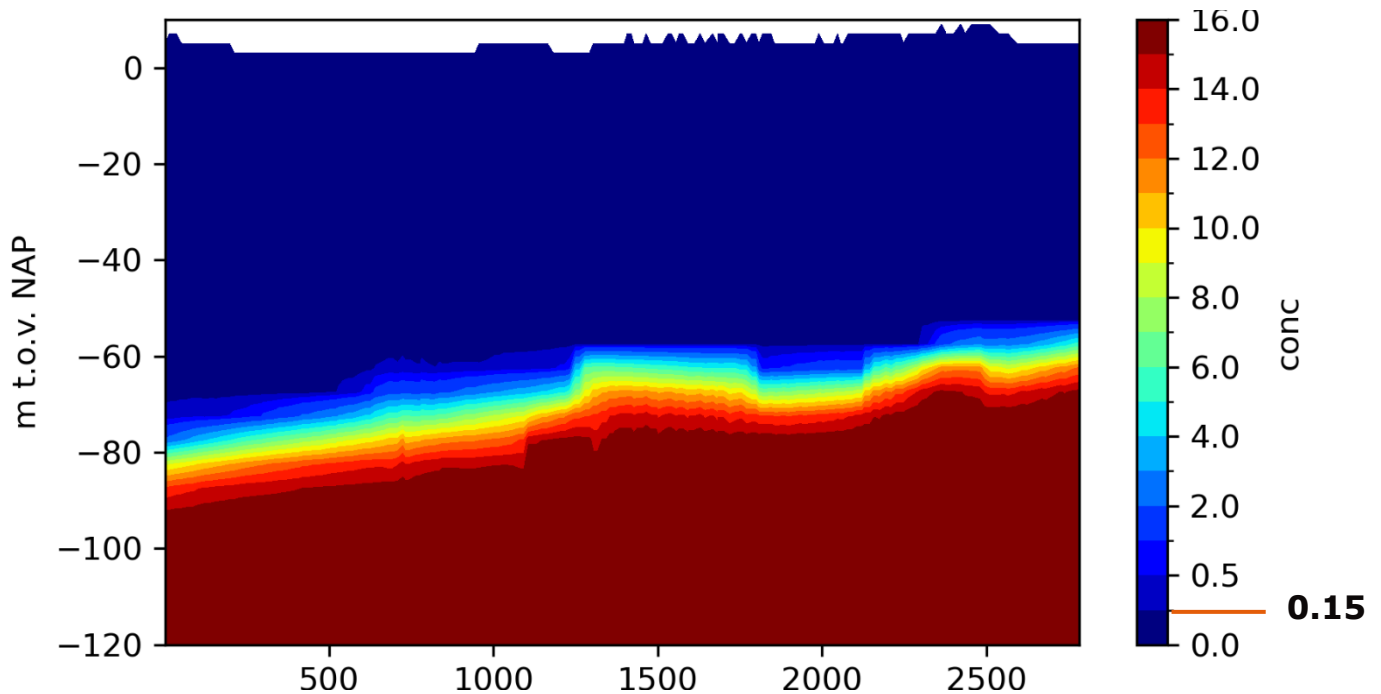
*Figuur A-29 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie t = 6 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



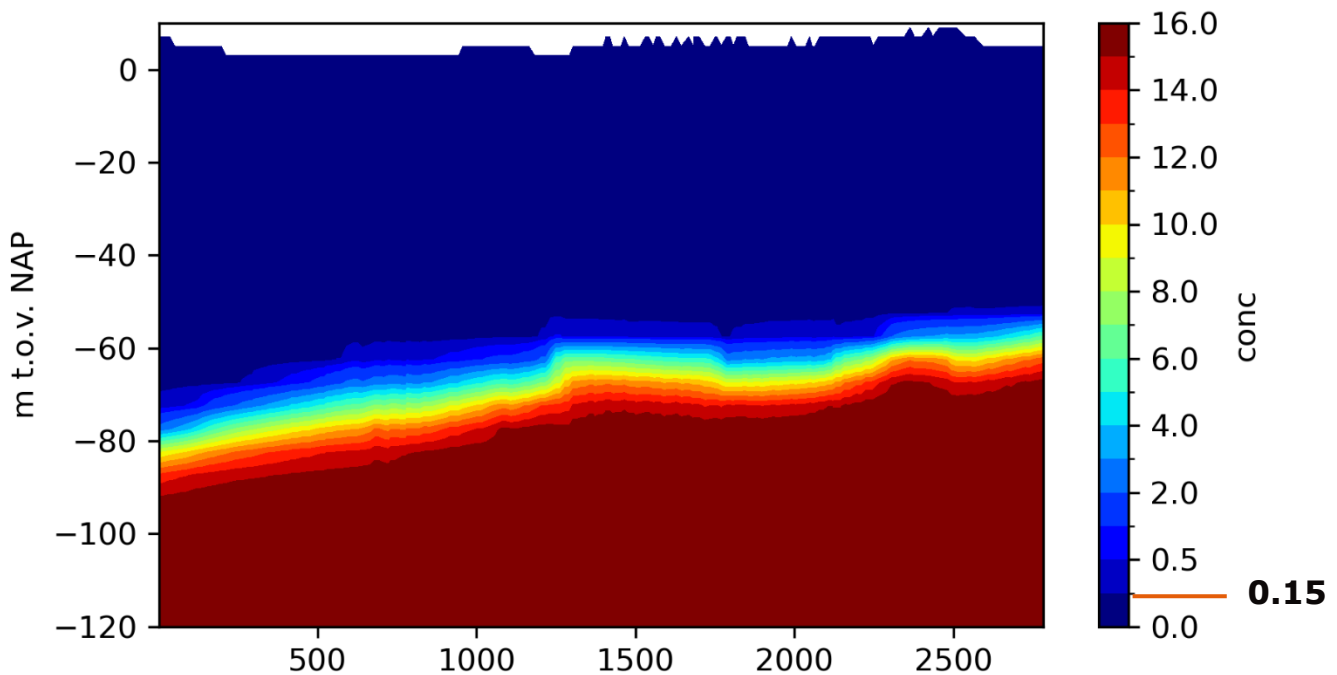
*Figuur A-30 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de westelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie t = 42 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



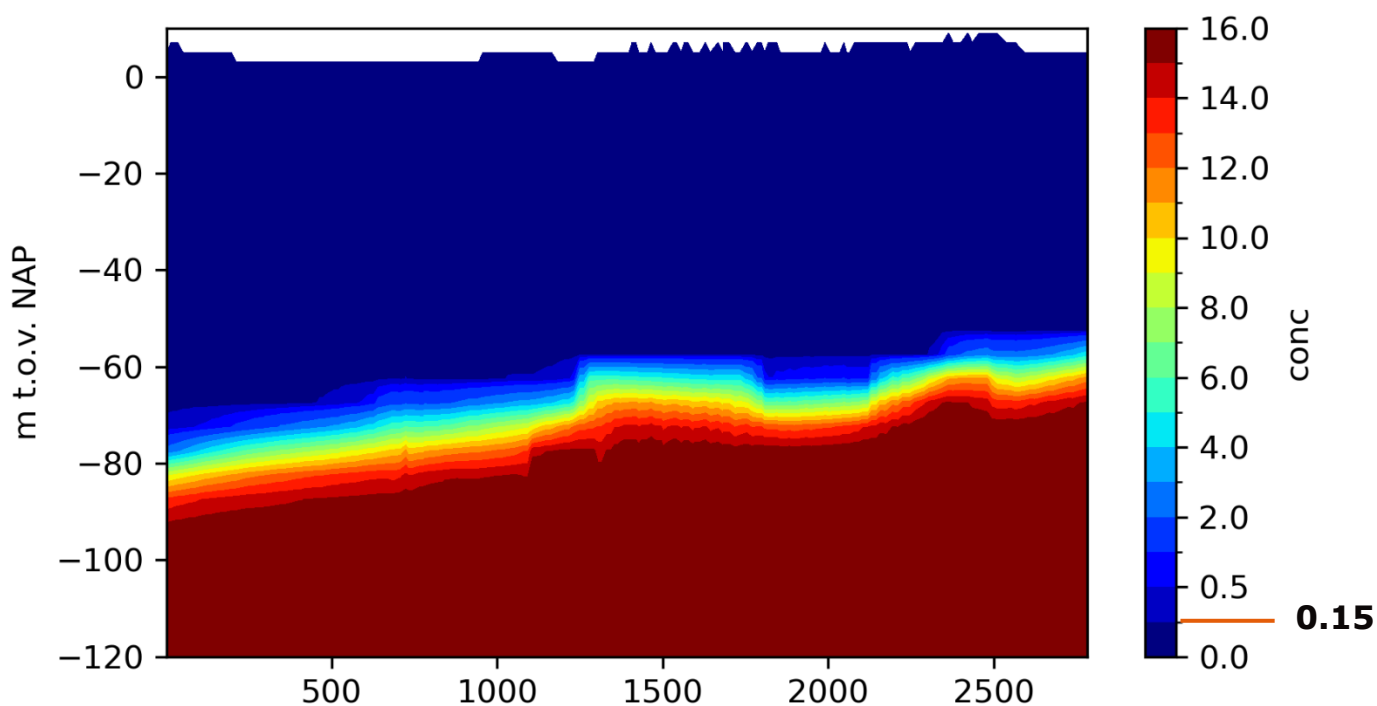
### Doorsnede 3 – Infiltratieputten



*Figuur A-31 | Initiële situatie (t = 0 maanden): Chlorideverdeling (g/l) over de oostelijke onttrekkingsputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie t = 0 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Na 3 jaar voorraad opbouwen, op t = 36 maanden. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



*Figuur A-32 | Na 6 maanden overbrugging: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsneden, zie t = 6 maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*



*Figuur A-33 | Na 3 jaar herstelperiode: Chlorideverdeling (g/l) over de infiltratieputten van het beoogde ASR-systeem (zie Figuur A-1 voor overzicht doorsnedes, zie  $t = 42$  maanden in Figuur 5-1). Op de kleurschaal is met 0.15 g/l de concentratie van het zoet-brak grensvlak aangegeven. Van links naar rechts: van Zuid naar Noord.*

## Colofon

VERGUNNING ONDERBOUWEND GEOHYDROLOGISCH RAPPORT  
PROJECT "OVERBRUGGING", PROGRAMMA BERKHEIDE. CONCEPT, VERSIE 3

KLANT  
Dunea

AUTEUR

[REDACTED]

PROJECTNUMMER  
30263223

ONZE REFERENTIE  
<DocId>:3.0

DATUM  
16 oktober 2025

STATUS  
Concept

GECONTROLEERD DOOR

[REDACTED]

Specialist geohydrologie

## Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

### Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

**Arcadis.** Improving quality of life

**Volg ons op**



[Arcadis](https://www.arcadis.com)