

# **Bijlage C Bouwsteen 3A Ondergrondse Waterberging**

# Introductie

## Inleiding

### *Deelproject ondergrondse waterberging*

Een manier om boeren te beschermen tegen verzilting en verdroging is om ze minder afhankelijk te maken van het inlaatwater van de waterschappen. In deze bouwsteen is onderzocht in hoeverre boeren zelfvoorzienendheid kunnen worden met betrekking in hun zoetwatervraag: dit middels een systeem voor ondergrondse waterberging..

Watervoorziening middels ondergrondse waterberging kent 3 bouwstenen:

1. Opvang van zoet drainagewater uit het perceel in de periode grofweg van oktober tot april waarin sprake is van een neerslagoverschot;
2. Zuivering en opslag van het opgevangen drainagewater in watervoerende lagen in de ondergrond;
3. Hergebruik van het opgeslagen water gedurende het groeiseizoen middels een irrigatiesysteem.

Naast de beschikbaarheid van water met een zoutgehalte geschikt voor irrigatie van meerdere soorten gewassen, speelt ook het leveren van water dat gewasziektevrij is een rol bij het realiseren van een duurzame watervoorziening. Een meervoudig verticaal puttensysteem kan in die laatste behoefte voorzien.

De landbouwsector in Nederland wordt geraakt door klimaatverandering. Klimaatverandering resulteert in de kustgebieden, maar ook dieper landinwaarts, in toenemende verzilting waardoor grond- en oppervlaktewater niet meer geschikt zijn te dienen als irrigatiewater. Daarnaast wordt de sector geconfronteerd met meer weersextremen: langere droge periodes en periodes met extreme regenval zoals de afgelopen meimaand.

Water vasthouden in plaats van lozen en zelfvoorzienendheid met betrekking tot zoetwater zijn dan ook langere termijn beleidsdoelstellingen van de aan het project deelnemende waterschappen en provincies.

Dit onderzoek betreft de technische haalbaarheid van ondergrondse waterberging. De technische haalbaarheid wordt met name bepaald door de volgende 3 factoren:

- A. De beschikbaarheid van voldoende zoet drainagewater afhankelijk van de eigenschappen van de ondiepe bodem;
- B. De eigenschappen van de watervoerende en afdekkende lagen die de geschiktheid voor ondergrondse opslag bepalen;
- C. De mogelijkheden om water terug te winnen op basis van diezelfde eigenschappen van de ondergrond.

Tot medio 2023 richtte het vooronderzoek zich op landbouwbedrijf Arends in samenwerking met landbouwbedrijf Rispens gelegen in de Bijkerpolder. Zoals gerapporteerd in het voortgangsrapport 2022-2023, was voor genoemde locaties het voorontwerp gereed. In juli/augustus 2023 heeft Landbouwbedrijf Arends zich om een aantal redenen onverwachts terug moeten trekken uit de pilot.

### Alternatieve pilotlocatie

Nadat was vastgesteld dat een alternatieve pilotlocatie gezocht moest worden heeft overleg met HZPC plaatsgevonden om te kijken of via HZPC geïnteresseerde partijen gevonden konden worden. Daarbij zijn de volgende stappen gezet:

- Brede communicatie vanuit HZPC naar aangesloten bedrijven:
- Dit heeft geresulteerd in een 25-tal aanmeldingen van geïnteresseerde bedrijven verspreid over de provincies Friesland en Groningen.

### Quick scan aangemelde bedrijven

Voor alle 25 aangemelde bedrijven is een quick scan uitgevoerd naar de geschiktheid van de locatie voor ondergrondse opslag. Bij deze bureaustudie is gekeken naar:

- Ligging & indeling van de locatie;
- De ondiepe en diepe ondergrond aan de hand van gegevens uit het DINoloket en GeoTOP en indien beschikbaar sondegegevens;
- De te verwachten waterkwaliteit (zoutgehalte) van het watervoerend pakket).

Vervolgens zijn per aangemeld bedrijf alle bevindingen in januari 2024 gerapporteerd (25 rapportages) met daarin de conclusie in welke mate de locatie geschikt geacht wordt voor ondergrondse opslag. Dit aan de hand van:

1. De geschiktheid van de aquifer (dikte, doorlatendheid, storende lagen);
2. Een afsluitende kleilaag om opbarsting van het onder druk geïnfiltreerde water te voorkomen;
3. Een afsluitende kleilaag aan de onderzijde van het watervoerende pakket zodat her geïnfiltreerde water het pakket over de gehele dikte kan verzoeten. Hierdoor ontstaat een meer stabiele zoetwaterbel;
4. Het zoutgehalte van het grondwater in het watervoerende pakket.

Uit deze longlist is een top 3 samengesteld van meest kansrijke locaties. Op elk van deze locaties heeft een locatiebezoek plaatsgevonden en is aanvullend veldwerk uitgevoerd. Tijdens het locatiebezoek is in samenspraak met de beoogde deelnemer gekeken naar zaken als: het voorkeursperceel van ca 10 ha, motivatie om mee te doen, toekomstplannen relevant vanuit een eventuele pilot voor ondergrondse opslag, drainagegegevens met recente aanpassingen, voorkeursysteem voor hergebruik (drip, haspelen, sub-irrigatie) en alle overige mogelijk relevante informatie als sonderingen, teeltplannen, beschikbaarheid van stroom etc..

Uiteindelijk heeft het stapsgewijs uitgevoerde onderzoek geresulteerd in de keuze voor het perceel van Landbouwbedrijf Slim aan de Baamsum 3 in Termunten in de provincie Groningen.

Samengevat:

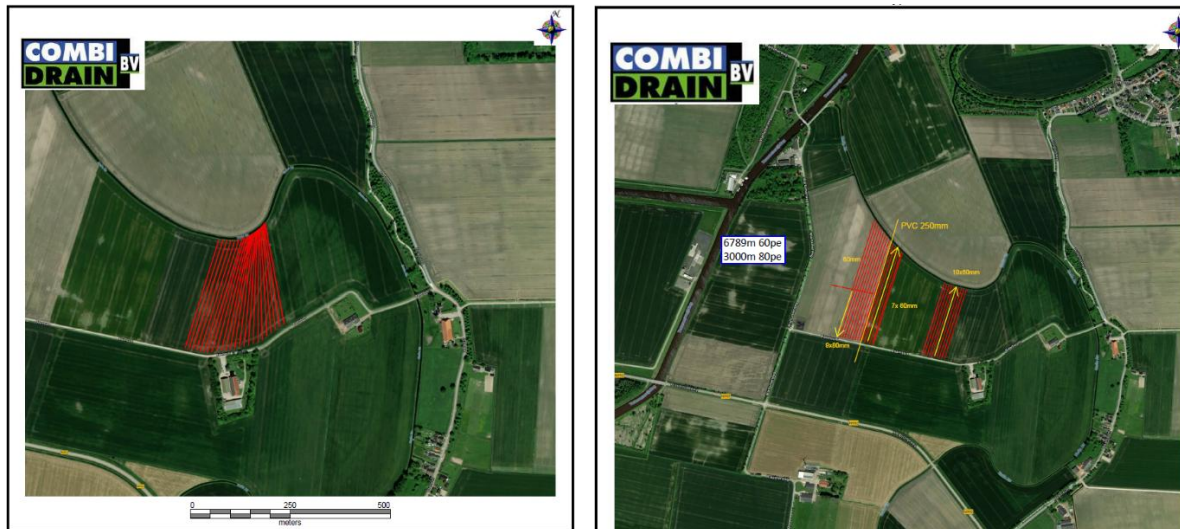
De aanwezigheid van een voldoende dikke zandige aquifer, met afsluitende lagen erboven en eronder, bevordert het injecteren en onttrekken van opgevangen zoet water. De EC-waarde van het water in het watervoerend pakket bedraagt ca 12 mS/cm. Op basis van de ervaringen opgedaan op Texel met wateropslag in een aquifer met een EC-waarde van 25mS/cm, moet opslag bij Slim mogelijk zijn met een beduidend hoger rendement dan op Texel.

<b>Slim</b>	<b>+ / ..... / +++++</b>
Geschikte aquifer	++++
Afsluitende kleilaag	++++
Opbarstingsrisico	++++
Waterkwaliteit aquifer	+++

## Voortgang 2<sup>e</sup> helft 2025

Nadat de uiteindelijke keuze op de locatie bij Jaap Slim is gevallen, is de 2<sup>e</sup> helft van 2024 een systeem voor ondergrondse waterberging ontworpen en is gestart met de aanleg van het systeem. Met uitzondering van het aansluiten van de drainage, door de weersomstandigheden eind 2024, is de aanleg volledig afgerond begin 2025. Daarna is tijdens het voorjaar 2025 de in verschillende stappen nieuw aangelegde nieuwe drainage, daadwerkelijk aangesloten op het systeem.

Onderstaand wordt in figuur 1 een overzicht van het uiteindelijke (in opdracht van Slim) in stappen gerealiseerde drainagesysteem weergegeven.



Figuur 1 Overzichtstekening gerealiseerde drainagesysteem locatie Slim Termunten

In aanvulling op bovenstaande nieuw gedraineerde (op de installatie aangesloten) percelen, is door Slim ook nog op 2 andere percelen nieuwe drainage aangelegd. Deze percelen worden onderstaand weergegeven. Het is de intentie om deze systemen volgend jaar tijdens de vervolgfase aan te sluiten om de opslagcapaciteit te vergroten.



Figuur 2 Overzichtstekening nog niet aangesloten nieuwe drainage locatie Slim Termunten

Voor alle tot medio 2025 uitgevoerde werkzaamheden en projectresultaten wordt verwezen naar de eerder verschenen voortgangsrapportages. In deze bijlage worden de werkzaamheden en resultaten vanaf medio 2025 toegelicht.

Sinds medio 2025 zijn voordat de installatie op 30 oktober 2025 is opgestart, de volgende werkzaamheden verricht:

1. Vastleggen 0-situatie van het zoutgehalte van de ondergrond met behulp van CVES-metingen om de formatiegeleidbaarheid van de ondergrond vast te stellen. Door de 0-situatie vast te leggen voordat de ondergrondse waterberging is gestart, kan door het herhalen van de CVES-metingen op dezelfde locaties, in de toekomst de toe- en afname van de zoetwaterbel goed worden gevolgd;
2. De grondwaterkwaliteit van het watervoerend pakket;
3. Stijghoogtemetingen met behulp van divers geplaatst in peilfilter op meerdere dieptes in de deklaag en ook bovenin en onderin het watervoerende pakket net boven de afsluitende kleilaag.

### Formatiegeleidbaarheid watervoerend pakket-CVES-metingen

Eind augustus zijn een drietal CVES-profielen gelopen nabij de installatie, zie onderstaande figuur.

Profiel 1 loopt door het hart van het puttenveld in een N-Z richting. Profiel 2 loopt evenwijdig aan de weg langs het puttenveld en profiel 3 in een min of meer diagonale richting schuin langs de installatie en het waterbassin. Met deze configuratie kan in combinatie met de EC-metingen in de monitoringspeilbuizen, een goed inzicht worden verkregen in de opbouw van de zoetwaterbel in zowel horizontale als verticale richting.



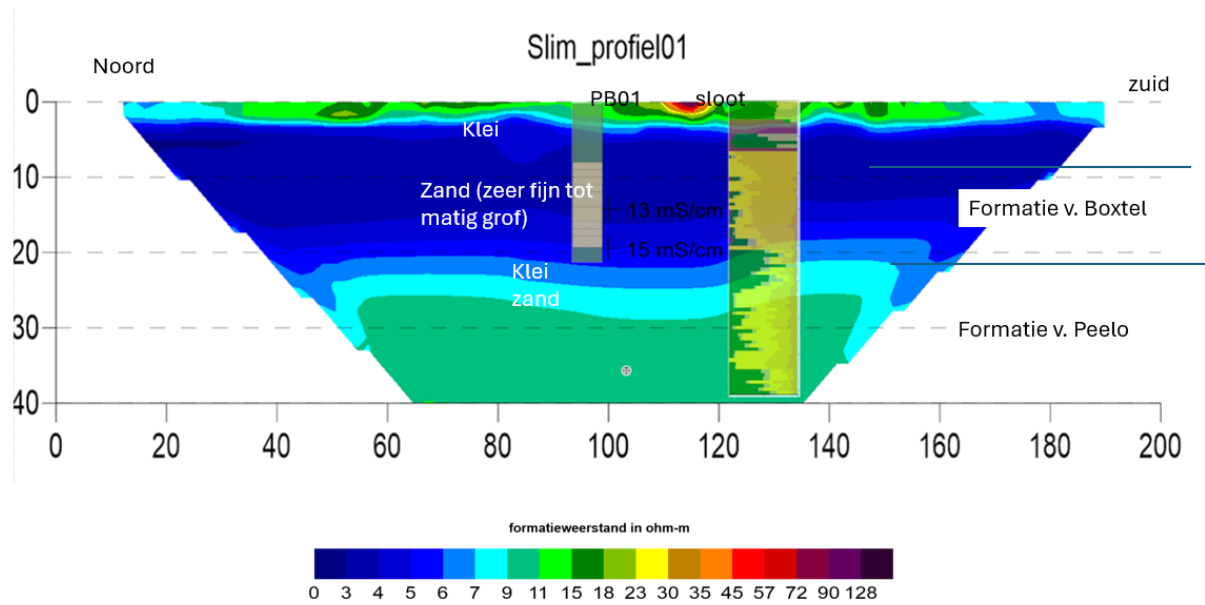
*Figuur 3 Overzicht CVES profielen Slim*

De resultaten van de 3 profielen worden in onderstaande figuren weergegeven. De verschillende kleuren geven een indicatie van de zogenaamde formatiegeleidbaarheid wat de optelsom is van het type bodem en het zoutgehalte van het grondwater. De lengtes van de gelopen CVES-profielen bedragen:

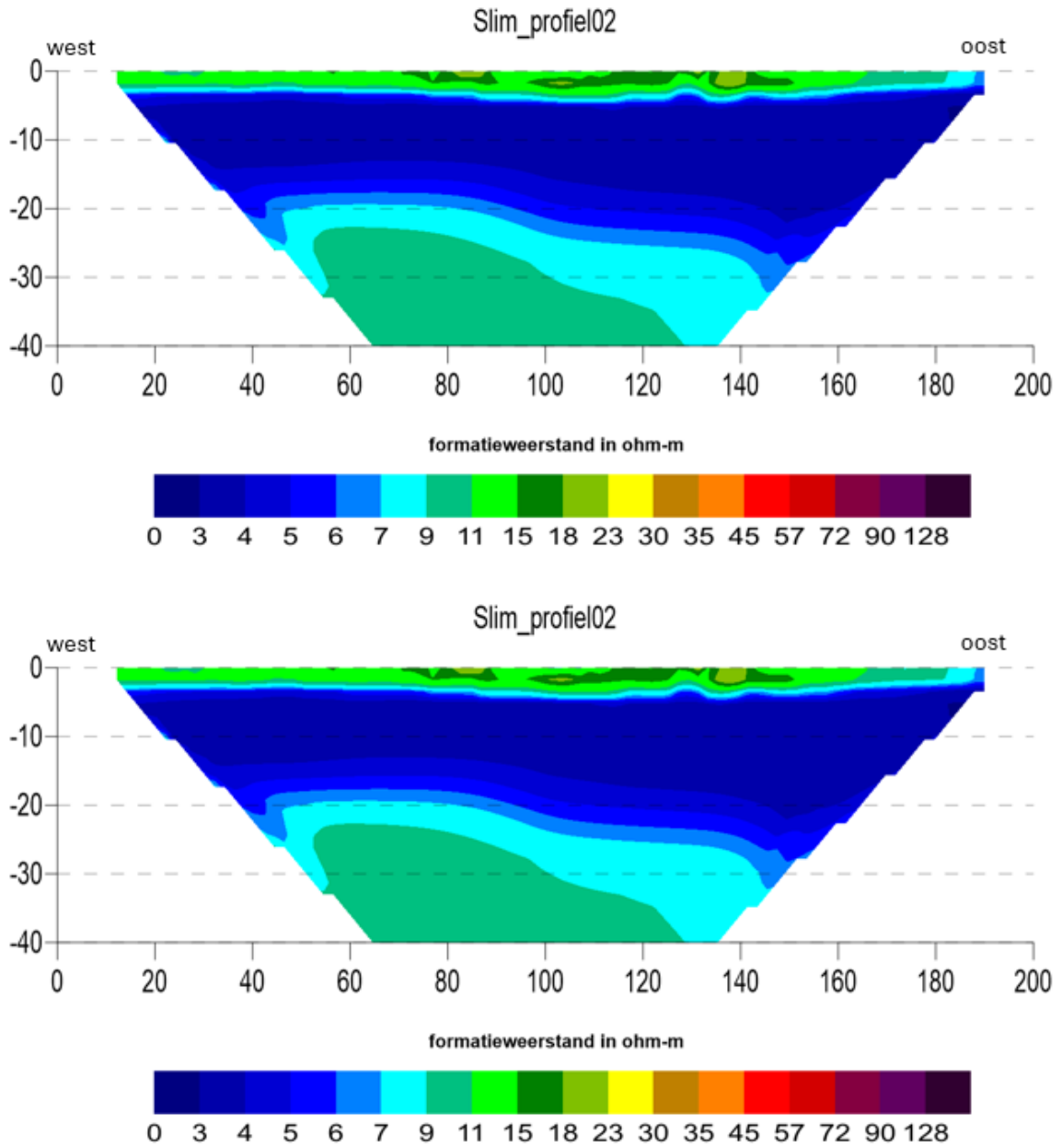
- Profiel 1 en 2: 200m
- Profiel 3: 240m.



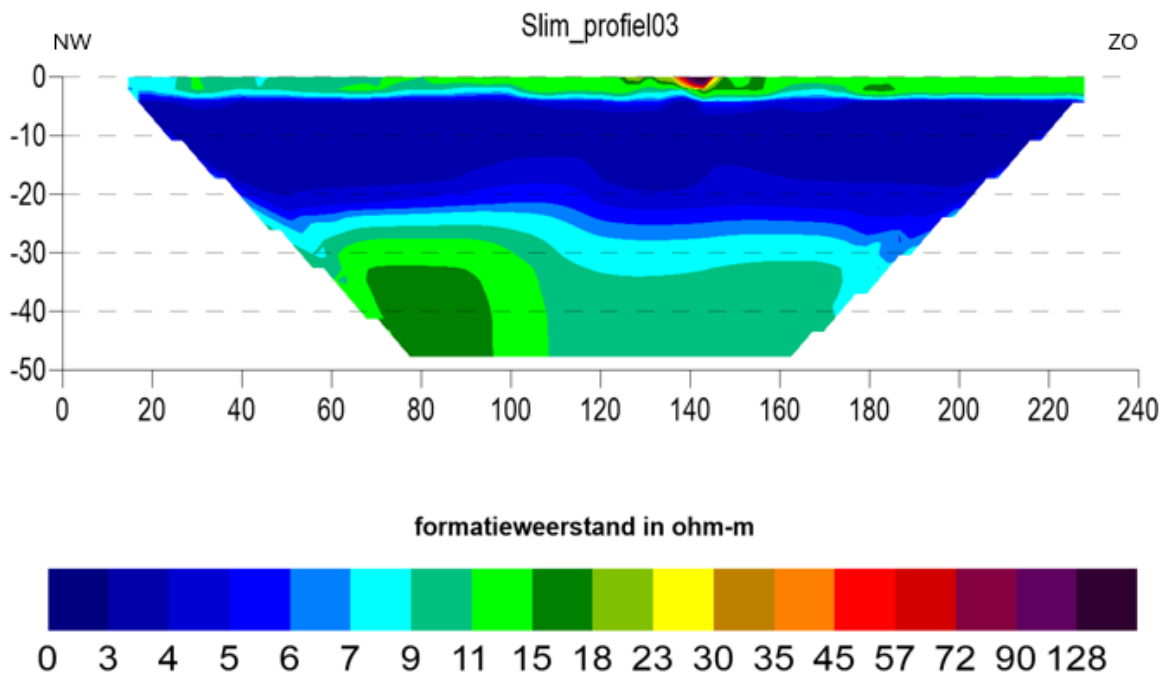
Figuur 4 Overzicht CVES profielen Slim



Figuur 5 CVES-metresultaat dwarsprofiel 01 Slim



Figuur 6 CVES-meetresultaat dwarsprofiel 02 Slim



Figuur 7 CVES-meetresultaat dwarsprofiel 03 Slim

Uit de metingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het watervoerend pakket (de blauwe kleur) is duidelijk zichtbaar tussen ca. 8 – 19,5 m-mv met formatieweerstand tussen de 3,5 – 5 Ohm-m;
2. Meer ten oosten lijkt het watervoerend pakket dikker te worden met de onderzijde op ca 25m-mv;
3. De afsluitende onderste Peelo-kleilaag(licht blauw/groene kleur) laat hoge weerstanden zien en is ca 5m dik. Deze laag voorkomt dat het geïnfilterde water zich verticaal kan verspreiden.

De CVES-metingen bevestigen het uit de boringen en sonderingen verkregen beeld dat de ondergrond geschikt is voor ondergrondse waterberging.

### 0-situatie grondwaterkwaliteit

Voordat de infiltratie in Termunten is gestart, is de 0-situatie van het grondwater in kaart gebracht. We hebben hiervoor de chemische waterkwaliteit geanalyseerd op het gebied van nutriënten en andere anionen of kationen, ijzer, mangaan en gewasbeschermingsmiddelen. Hierdoor hebben we allereerst een vergelijkingskader voor de invloed van de ASR-activiteiten. Daarnaast biedt het een eerste inzicht in de risico's op putverstopping.

Hoewel er door Waterschap Hunze en Aa's is aangegeven dat er geen vergunningsplicht bestaat, en diensgevolge ook geen monitoringsverplichting, is vanwege het onderzoeks karakter van het deelproject een zuivering en een monitoringsnetwerk aangelegd. Met deze voorzieningen kan binnen deze pilot, worden vastgesteld of de kwaliteit van het te infiltreren water na zuivering voldoet aan de eisen voor infiltratie zoals vastgelegd in het Besluit Kwaliteit Leefomgeving (Bkl) bijlage XIX.

Met deze toetsing wordt waardevolle informatie verkregen over de opschaalbaarheid van het zuiveringssysteem tegen de achtergrond van het Bkl wat in principe als leidraad gehanteerd moet worden door de verschillende waterschappen binnen af te geven vergunningen voor ondergrondse waterberging.

## Monitoringspeilbuizen

Voor deze analyse, en de verdere monitoring van het grondwater, zijn er drie peilbuizen bemonsterd. Peilbuis 1 staat in het hart van de infiltratie- en onttrekkingsbronnen (Figuur 8) en bestaat uit 3 peilfilters op drie verschillende dieptes:

Tabel 1. Peilbuis 1 filterstellingen

Peilbuisfilter	Filterdiepte
<b>F1</b>	Ca. 3.3 – 3.5 m-mv deklaag
<b>F2</b>	Ca. 14 – 17 m-mv bovenin wvp
<b>F3</b>	Ca. 22 – 22.5 m onderin wvp

Van peilbuis 1 is F1 (filter 1) en F2 (filter 2) bemonsterd. Peilbuis 2 is iets ten oosten van de infiltratiebronnen geplaatst; hiervan is enkel F2 bemonsterd. Peilbuis 3 staat verder van de bronnen af (ca. 600 m) naast de boerderij (niet in Figuur 8 te zien); hiervan is ook alleen filter F2 bemonsterd.

## Nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen

Drainagewater wat geïnfiltreerd wordt bevat meestentijds verhoogde concentraties aan nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Een risico van ondergrondse waterberging is daarom verontreiniging van het grondwater indien geen zuivering plaatsvindt. Daarom zijn er verschillende filterstappen ontworpen en geïnstalleerd om het infiltratiewater te zuiveren voordat het geïnfiltreerd wordt. De zuivering bestaat uit:

- een slow sand filter voor de gedeeltelijke verwijdering van nitraat en zwevend materiaal;
- een laag actief kool voor de adsorptie van gewasbeschermingsmiddelen;
- een laag ijzerzand voor de adsorptie van fosfaat.

De monitoring van de effectiviteit van de filterinstallatie zal in 2026 en de jaren daarna worden doorgezet. Daarnaast zal ook de kwaliteit van het grondwater gemonitord worden, om inzicht te krijgen in hoe het infiltratiewater deze al dan niet verandert. Hiervoor is het belangrijk te weten wat de 0-situatie is.

Voor de gewasbeschermingsmiddelen is peilbuis 1 F2 bemonsterd, zowel in mei 2024 als in oktober 2025. In beide gevallen zijn geen gewasbeschermingsmiddelen in het grondwater gevonden. In oktober 2025 is een zeer lage concentratie AMPA gevonden (0,02 µg/L), wat een afbraakproduct van glyfosaat is.

Voor de nutriënten zijn peilbuis 1 F1, peilbuis 1 F2, peilbuis 2 F2 en peilbuis 3 F2 bemonsterd. In alle peilbuizen worden zeer lage concentraties tot geen nitraat gemeten, wat laat zien dat er vrijwel zeker sprake is denitrificatie. Dit duidt op een reducerende toestand, wat betekent dat indien nitraat geïnfiltreerd wordt, naar alle waarschijnlijkheid afgebroken zal worden. Op basis van onderzoek naar denitrificatie op andere onderzoekslocaties voor ondergrondse waterberging, kan worden geconcludeerd dat halfwaardetijden tussen de 6 –10 dagen verwacht mogen worden.

De fosfaatconcentraties in het grondwater zijn van nature iets verhoogd (hoger dan de infiltratielimiet uit BKL-bijlage XIX), net als de ammoniumconcentraties.

## Putverstopping

In het kader van putverstopping hebben is naar de concentraties van Fe<sup>2+</sup> en Mn<sup>2+</sup> gekeken. Wanneer deze zich in hoge concentraties in het grondwater bevinden, is er een risico dat deze

zullen neerslaan in de vorm van ijzeroxiden en mangaanoxiden wanneer hier zuurstofrijk drainagewater aan wordt toegevoegd. Als operationele richtlijn wordt 0.01 tot 0.1 mg/L Fe<sup>2+</sup> of Mn<sup>2+</sup> aangegeven als weinig risico op putverstopping. Dat zijn hele lage concentraties en in alle vier de peilbuismonsters komen we voor beide stoffen hogere concentraties tegen, wat betekent dat er een risico op putverstopping is en dit goed in de gaten moet worden gehouden. Indien noodzakelijk kan het pompregime worden aangepast door intermitterend te onttrekken en te infiltreren.

Op 30 oktober is de installatie in werking gesteld. Om de opbouw van de zoetwaterbel te optimaliseren is een opstartprotocol ontwikkeld waarbij de verschillende infiltratieputten stap voor stap opgestart worden.

De volgende parameters worden online bijgehouden:

- Debieten naar de drie infiltratiebronnen in m<sup>3</sup>/uur;
- Totale opgeslagen hoeveelheden/bron in m<sup>3</sup>;
- EC-waarde van het inkomende drainagewater en het water wat opgeslagen wordt;
- Infiltratiedrukken in de infiltratiebronnen
- Stijghoogte in drie monitoringspeilbuizen:
  - Peilbuis 1: in de deklaag + bovenin en onderin het watervoerend pakket
  - Peilbuis 2: idem
  - Peilbuis 4: deklaag en bovenin het watervoerend pakket

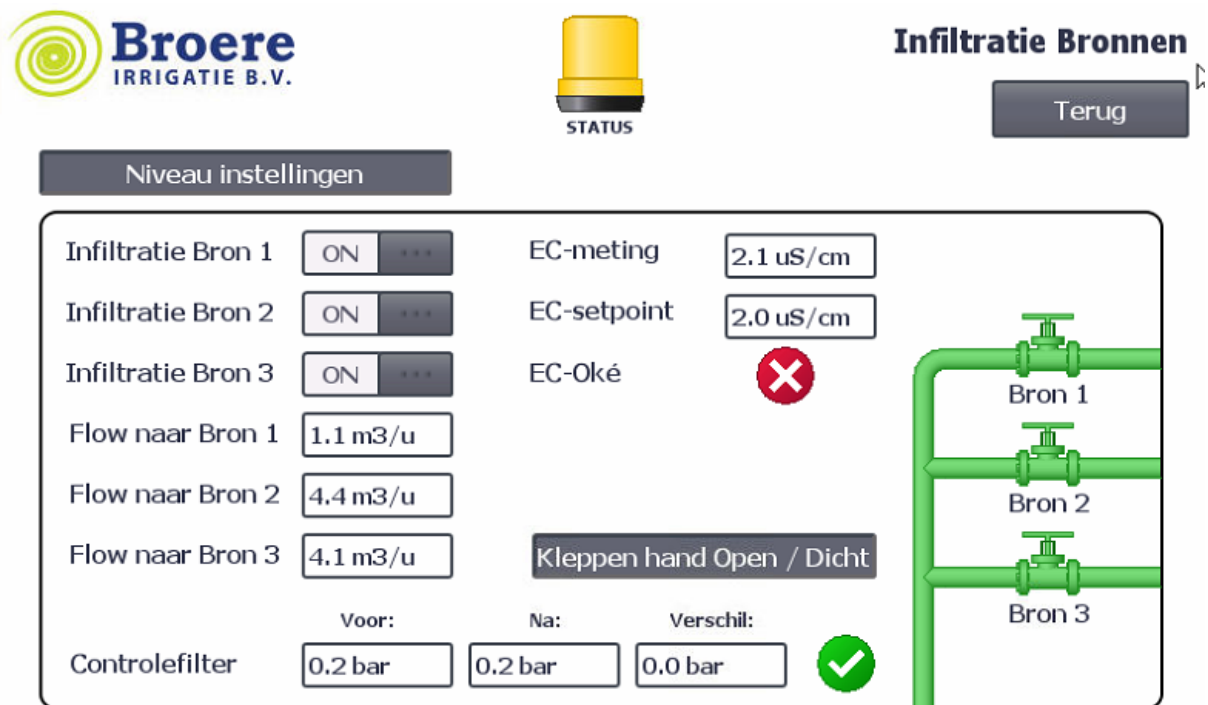
Monitoringspeilbuis 3 is op ca 600m afstand van het puttenveld gelegen tegenover de boerderij aan de Baamsum 3 en wordt als referentiepeilbuis periodiek gemonitord.

Onderstaand een overzicht van het puttenveld en de monitoringspeilbuizen.



Figuur 8 Overzicht puttenveld en monitoringspeilbuizen.

Alle monitoringsdata uit zowel de installatie als de monitoringspeilbuizen wordt geüpload naar online dashboards. Onderstaand een voorbeeld van een dashboard met data uit de installatie.



Figuur 9. Dashboard met data over de werking van de installatie

## Resultaten

Tussen 30 oktober en 4 december zijn de volgende resultaten bereikt:

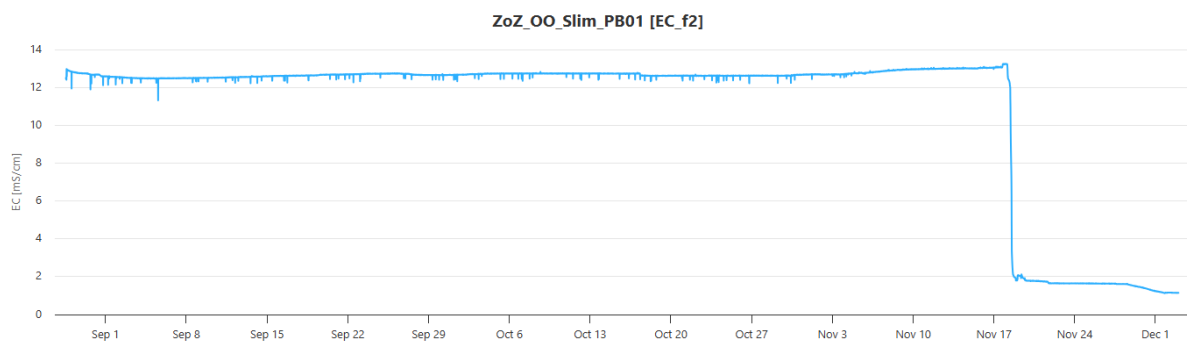
1. In totaal is er ca 5.500 m<sup>3</sup> water opgeslagen;
2. Verdeeld over de drie infiltratieputten bedraagt het infiltratiedebiet ca 9 –10 m<sup>3</sup>/uur;
3. Het watervoerend pakket in het hart van het puttenveld is in een maand nagenoeg volledig verzoet, de EC van het grondwater is gedaald van ca 13,0mS/cm naar ca 1,5 mS/cm;
4. Gedurende perioden met neerslag daalt de EC-waarde van het drainagewater naar ca 1,6 mS/cm. Door bijmenging van neerslag uit het waterbassin in het drainagewater, kan water worden geïnfiltreerd met EC-waarden rond de 1,0mS/cm
5. Bij te weinig neerslag loopt de EC-waarde van het drainagewater door kweldruk op naar ca 1,8-2,0 mS/cm. Door de berging in het perceel met behulp van de geïnstalleerde 6 Emondsbakken te vergroten, kan meer tegendruk worden gecreëerd tegen de zoute kwel. Hiermee kan duurzaam de zoetwaterlens in het perceel worden vergroot. Dit effect wordt versterkt door het feit dat de drainage h.o.h.. op 10m afstand ligt op een diepte van ca 1,2 m-mv. Zie onderstaande figuur voor de geïnstalleerde Emondsbakken.



Figuur 10 Emondsbak met in hoogte verstelbare overstortpijp

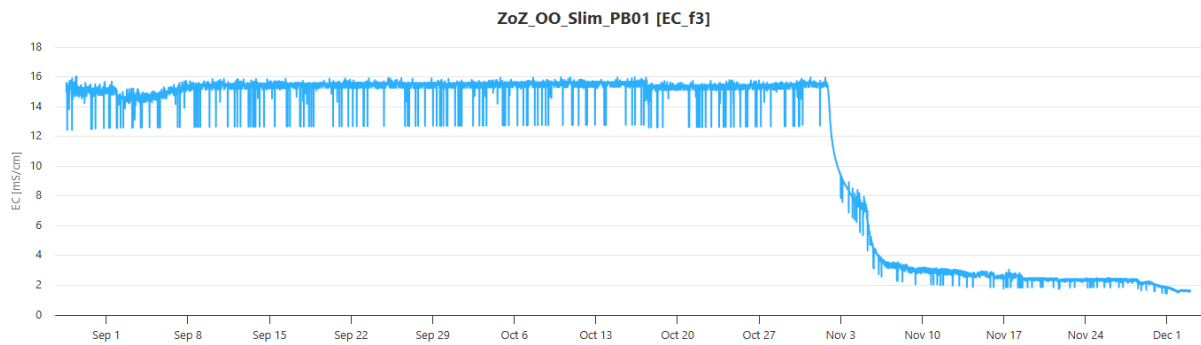
Onderstaand worden de EC-metingen in peilbuis 1 weergegeven:

- EC-f2 betreft de EC-waarde bovenin het watervoerend pakket;
- EC-f3 betreft de EC-waarde onderin het watervoerend pakket.



Figuur 11. EC-waarde pb 1 bovenin het watervoerend pakket

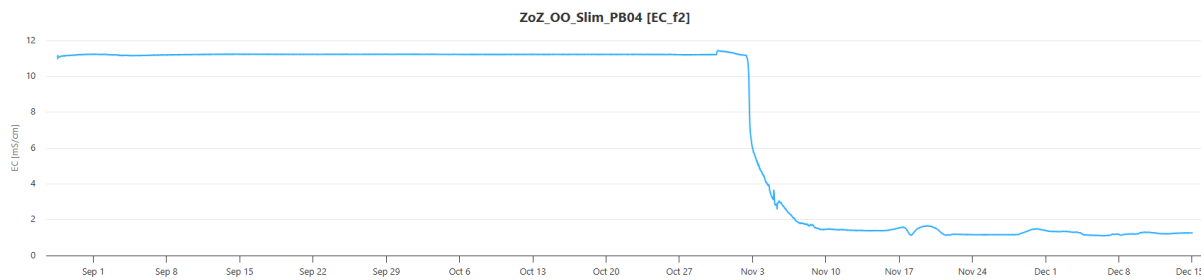
Duidelijk zichtbaar is dat rond 18 november, na ca 2,5 week opslag, het zoetwaterfront de peilbuis passeert waarna er een scherpe daling van de EC-waarde plaatsvindt.



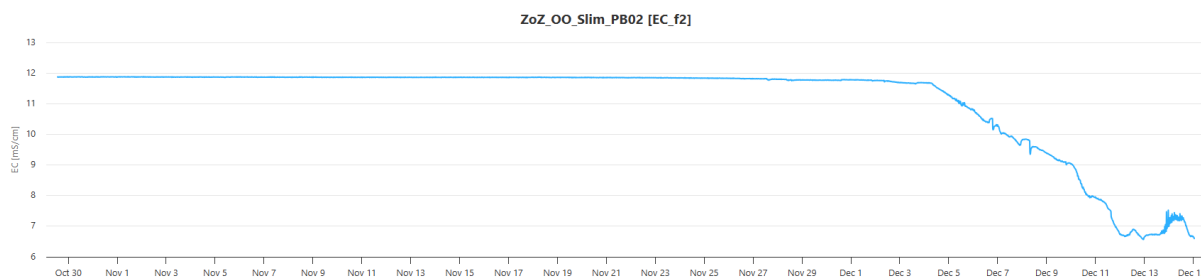
Figuur 12. EC-waarde pb 1 onderin het watervoerend pakket

Ook onderin het watervoerend pakket is sprake van min of meer volledige verzoeting. Het watervoerend pakket is over het onderste deel beter doorlatend dan het bovenste deel waardoor de verzoeting onderin beduidend eerder is opgetreden.

Ook in de andere monitoringspeilbuizen is het passeren van het zoetwaterfront goed zichtbaar.



Figuur 13. EC-waarde pb 4 bovenin het watervoerend pakket



Figuur 14. EC-waarde pb 2 bovenin het watervoerend pakket

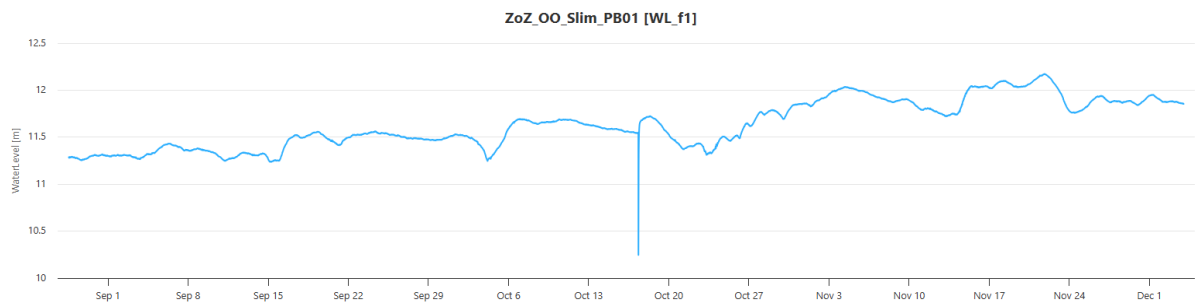
Ter plaatse van de drie infiltratieputten bedraagt de infiltratiedruk ca 0,2bar hetgeen overeenkomt met ca. 2m waterdruk. In de monitoringspeilbuizen wordt ook de waterdruk gemeten om het gevaar van opbarsting te voorkomen.



*Figuur 15 Pb 1: stijghoogte in het watervoerend pakket in het hart van het puttenveld*

Duidelijk zichtbaar is de sprong in stijghoogte rond 30 oktober, de stijghoogte in het watervoerend pakket neemt met ca 1,0 m toe. In het hart van het puttenveld bedraagt de toename van de stijghoogte dus nog ca 50% van die ter plaatse van de infiltratieputten zelf.

Ook in de deklaag neemt de stijghoogte toe, zie onderstaande figuur 16.



*Figuur 16 Pb1: stijghoogte in de deklaag*

In het ondiepe filter in de deklaag in het hart van het puttenveld neemt vanaf 30 oktober de stijghoogte met ca 0,15 tot 0,25m toe hetgeen, op basis van de modelberekeningen min of meer in de lijn der verwachting ligt.

Gegeven het feit dat de afsluitende deklaag uit ca 8m vaste klei bestaat, is de kans op opbarsting met deze infiltratiedruk erg klein.

### Samengevat

Eind 2025 is het systeem volledig operationeel, de 0-situatie is vastgelegd, er is meer dan 5500m<sup>3</sup> water opgeslagen en de werking van het systeem kan gemonitord worden. Daarmee is een succesvolle basis gelegd onder het continueren van de ondergrondse waterberging en het verder volgen en optimaliseren op bedrijfsniveau.