



# POMPPROEF KRUISLAND

## SYNTHESERAPPORT

## Syntheserapport pompproef Kruisland

**Postadres**

Postbus 1068  
5200 BC 's-Hertogenbosch

### Colofon

**Auteur**

Jacob Oosterwijk

**Datum**

06-09-2023

**Kenmerk**

230630/oostj2

**Status**

Definitief

**Opdrachtgever**

Jasper Verberk

**Kwaliteitsborger**

Jeroen Castelijns

# Synthesrapport pompproef Kruisland

## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Korte gebiedsbeschrijving</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Beschrijving onderzoeksopzet</b>	<b>11</b>
3.1	Locaties en afstanden .....	11
3.2	Boringen en bodemanalyses .....	13
3.3	Metingen in het boorgat .....	14
3.4	Filterstelling waarnemingsputten en proefput .....	14
3.5	Grondwaterkwantiteitsmetingen .....	15
3.6	Grondwaterkwaliteitsmetingen .....	16
3.7	Temperatuurmetingen .....	16
3.8	Pompproef .....	17
3.9	Samenvattend overzicht beschikbare gegevens.....	19
<b>4.</b>	<b>Samenvatting opgeleverde rapporten en analyses</b>	<b>23</b>
4.1	Eerste overzicht en analyse verkregen ruwe gegevens (Brabant Water, 2022) .....	23
4.2	Boorgatmetingen (Deltares, 2022) .....	28
4.3	Boorbeschrijvingen en steekmonsteranalyses (TNO, 2022) .....	30
4.4	Analyse pompproef Kruisland (Artesia, 2023) .....	31
4.5	Grondwaterkwaliteit: analyse nulmeting en pompproef (KWR, 2023) .....	33
4.6	Thermohydrologische metingen (Bense, 2023) .....	35
4.7	Indicatieve berekeningen herkomst onttrokken water (RHDHV, 2021) .....	36
<b>5.</b>	<b>Synthese en discussie</b>	<b>39</b>
5.1	Samenvatting .....	39
5.2	Discussie .....	40
5.3	Vervolg .....	42
<b>6.</b>	<b>Bronnen</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>47</b>
7.1	Figuren nulmeting op het proefperceel, meting filters proefput en ruwwater pompproef .....	47
7.2	Figuren waarnemingsputten (nulmeting) .....	50
7.3	Resultaten monsternames .....	52
7.4	Vergelijking andere winningen .....	53
7.5	Risico's en vervolgonderzoek.....	53

## Syntheserapport pompproef Kruisland





# 1. INLEIDING

SYNTHE RAPPORT POMPROEF KRUISLAND

## 1. Inleiding

In het kader van het onderzoek naar een nieuwe winning in west Brabant<sup>1</sup> is op een proefperceel in de omgeving van Kruisland geohydrologisch onderzoek gedaan. De uitkomsten van het onderzoek vormen input in de al lopende trajecten en zijn mede bepalend in de besluitvorming over het al dan niet aanvragen van een onttrekkingsvergunning. Diverse onderdelen van het onderzoek zijn uitgewerkt door externe partijen. Voorliggend rapport vormt een samenvatting en synthese van alle uitgevoerde onderzoeken.

In het traject om te komen tot een zoekgebied<sup>2</sup> voor de nieuwe winning is een grondwatermodel opgesteld (RHDHV, 2021), wat in het m.e.r. traject verder wordt verbeterd en definitief gemaakt. Parallel aan het onderzoek op het proefperceel zijn voor de (mogelijk) relevante natuurgebieden landschapsecologische systeemanalyses uitgevoerd (LESA's) (RHDHV, 2022).

### Vorbereidende rapporten

Aan de basis van het onderzoek ligt een rapport van Artesia waarin de opzet van de pompproef en de monitoring is uitgewerkt (Artesia, 2020). Verder heeft KWR gekeken naar de geohydrochemie van de ondergrond, met de nadruk op chloride (KWR, 2020). Ook is een plan van aanpak voor de pompproef opgesteld (Oosterwijk, 2021) en een begroting. Toen de eerste waterkwaliteitsgegevens bekend waren, is een korte beschrijvende memo opgesteld (Oosterwijk, 2022).

### Rapportages (onderdelen) pompproef

De basisgegevens zijn door Brabant Water verzameld en gerapporteerd. Ook zijn er externe partijen op het proefperceel geweest om metingen uit te voeren. De gegevens vormen input voor analyse en rapportage door externe partijen:

- Rapport geochemie: de eerdere rapportage van KWR over de geochemie samen met de nieuwe monsternames zijn gebruikt voor het beschrijven van de waterkwaliteit te Kruisland.
- Rapport geohydrologie: de pompproef zelf is geanalyseerd en gerapporteerd door Artesia.
- De twee boorbeschrijvingen en analyse van de steekmonsters zijn uitgevoerd en gerapporteerd door TNO
- De uitgevoerde temperatuurmetingen zijn middels een kort briefrapport gerapporteerd door de WUR
- De boorgatmetingen zijn middels een briefrapport gerapporteerd door Deltares.

De diverse rapportages én de LESA's vormen input voor de aanpassing van en berekeningen met het grondwatermodel door RHDHV.

Gedurende het onderzoek is regelmatig een vlog op LinkedIn verschenen die een indruk geeft van de uitgevoerde werkzaamheden en eerste resultaten ([Oosterwijk, 2022](#)).

---

<sup>1</sup> [Onderzoek nieuwe drinkwaterbron Kruisland | Brabant Water | bewust. natuurlijk.](#)

<sup>2</sup> Wat dus vooraf ging aan het besluit om een (proef)perceel in Kruisland aan te kopen





## 2. KORTE GEBIEDSBESCHRIJVING

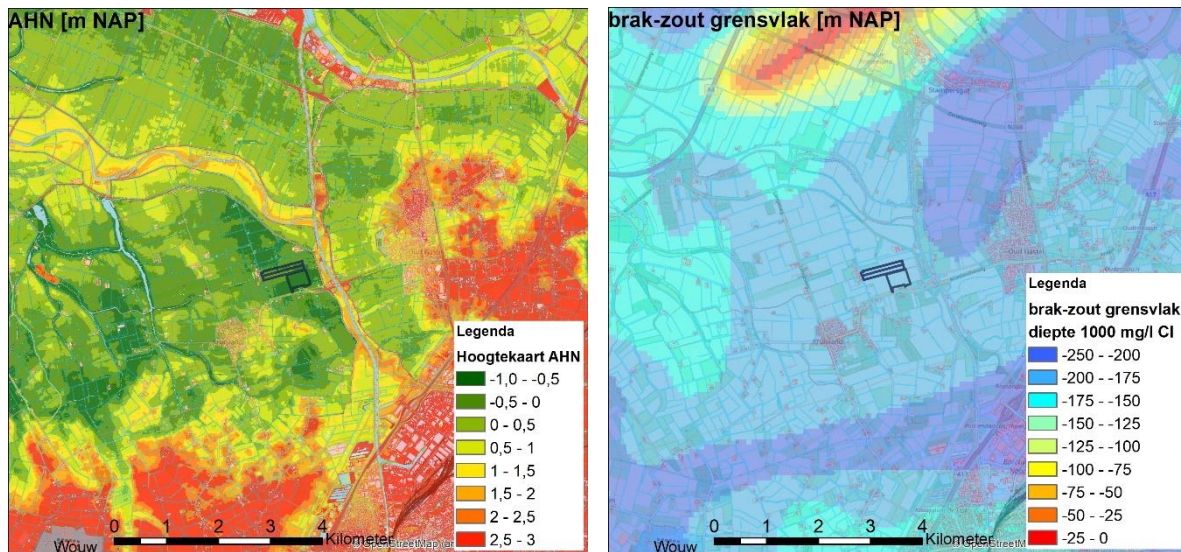
SYNTHE RAPPORT POMPROEF KRUISLAND



## 2. Korte gebiedsbeschrijving

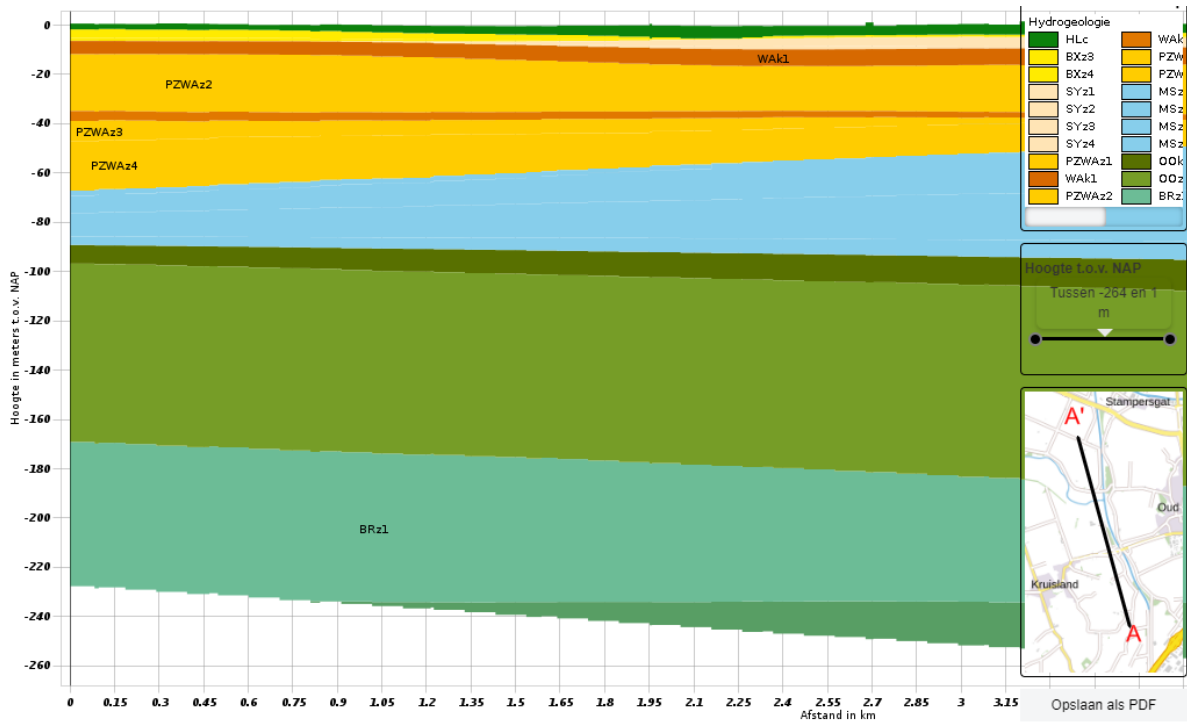
De polder waarin het proefperceel ligt, de Kruislandse Polder, bevindt zich tussen Roosendaal en Steenberg, min of meer op de overgang van de vrij afwaterende zandgronden naar het peilgestuurde (polder)kleilandschap.

De locatie van het proefperceel is (binnen de zoekcirkel) zodanig gekozen dat er een optimum is tussen effecten aan maaiveld (hoe noordelijker de locatie, hoe minder effect) en het risico op verzilting (hoe zuidelijker de locatie, hoe minder risico). Het perceel ligt ten noordoosten van Kruisland, tussen de Engelseweg en het Mark-Vlietkanaal, geheel in het peilgestuurde gebied.

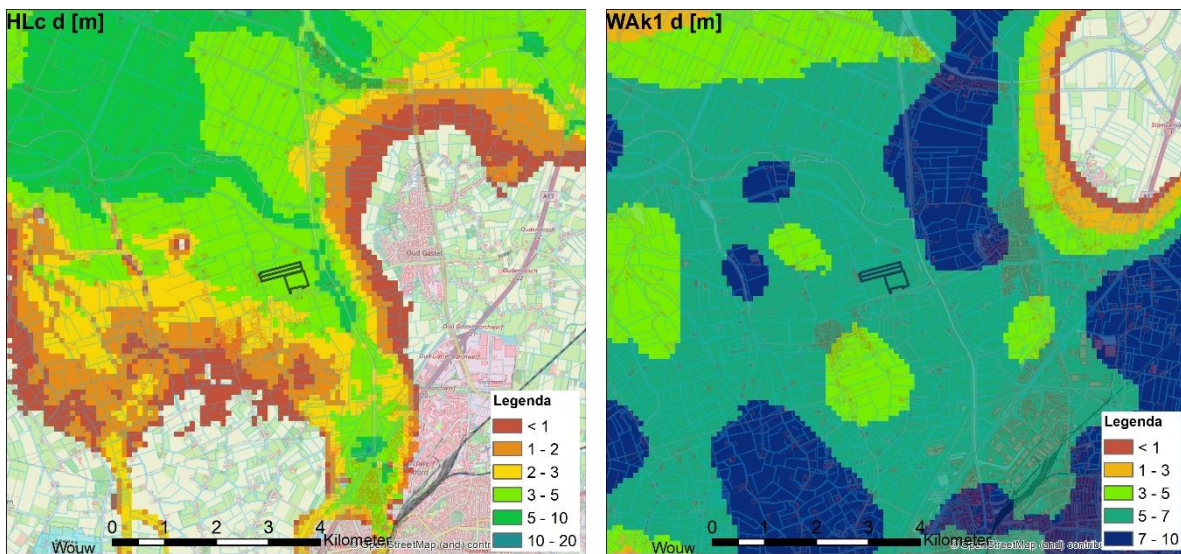


Figuur 1 Hoogtekaart (AHN, links) en diepte brak-zout grensvlak (TNO, rechts). Zwart omlijnd de aangekochte percelen.

Onder een holocene deklaag liggen de Formaties van Peize Waalre en Maasluis (met daarin in ieder geval één, wellicht twee kleilagen van de formatie van Waalre), tot ongeveer 90 m-NAP. Dan volgt een scheidende en beschermende laag (de Oosterhout klei). De zanden van de Formatie van Oosterhout daar onder liggen grofweg tussen 100 en 170 m-NAP, dit is het pakket waar we uit willen onttrekken. Onder deze formatie ligt de Formatie van Breda. Daar weer onder de Formatie van Rupel met de Boomse Klei als geohydrologische basis.

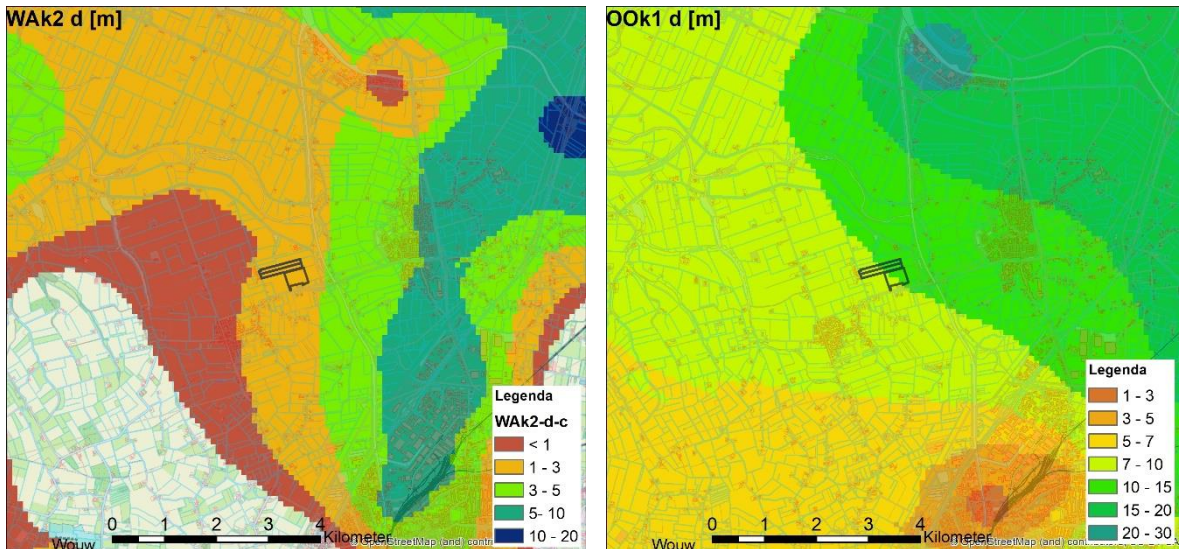


Figuur 2 Zuid-Noord doorsnede in REGIS ter hoogte van het proefperceel ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)).



Figuur 3 Dikte holocene deklaag (links) en Waalre klei (WAK1, rechts) uit REGISII





Figuur 4 Dikte Waalre klei (Wak2, links) en Oosterhout klei (rechts) uit REGISII

De Formatie van Oosterhout is grotendeels zoet, alleen aan de noordrand is sprake van brakke invloed. De bovenliggende Formatie van Maassluis vertoont grotere zoute invloed, maar lijkt zoet in het zoekgebied zelf. De onderliggende Formatie van Breda is licht brak, ook in het zoekgebied. Aan de noordkant van het zoekgebied is sprake van inversies: onder een zoute laag (F. v. Maassluis) is zoet water aanwezig, zout en zoet worden van elkaar gescheiden door de klei van de Formatie van Oosterhout (KWR, 2020).



# 3. ONDERZOEKSOPZET

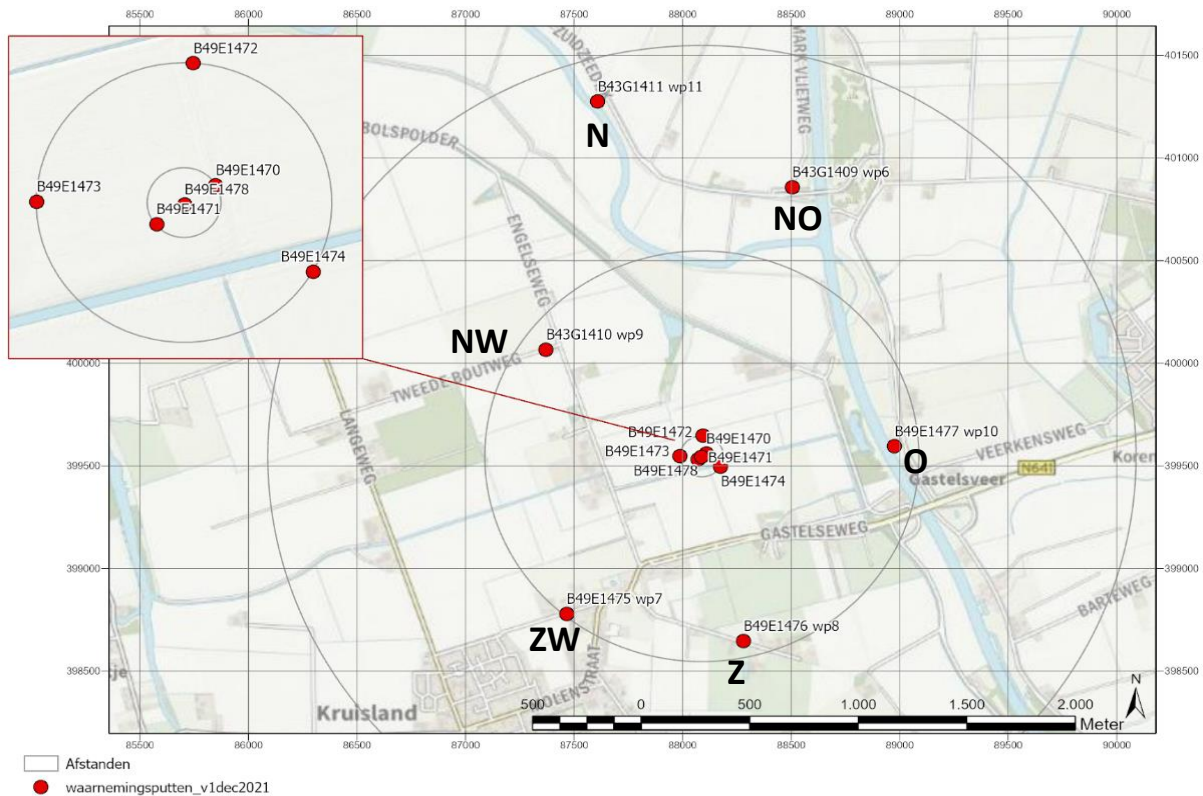
SYNTHESE RAPPORT POMPPROEF KRUISLAND

### 3. Beschrijving onderzoekopzet

Het onderzoek bestond uit het boren van een proefput en 11 waarnemingsputten in de periode januari tot ongeveer mei 2022 op en om een proefperceel aan de Engelseweg te Kruisland. De aangetroffen bodemopbouw is door Brabant Water beschreven én TNO heeft analyse uitgevoerd op enkele genomen bodemonsters. Vervolgens heeft in november een proefonttrekking van één maand plaatsgevonden. De effecten van deze onttrekking zijn gemeten in de waarnemingsputten die op diverse afstanden van de proefput zijn geboord. Naast het meten van de effecten op grondwaterstanden en stijghoogten, is direct na het boren ook gekeken naar de waterkwaliteit door monsternamen op de verschillende peilfilters in de bodemlagen waar de waarnemingsputten in zijn geboord (ongeveer 12 peilfilters per waarnemingsput).

#### 3.1 Locaties en afstanden

Op het proefperceel aan de Engelseweg te Kruisland is een proefput gerealiseerd, met op diverse afstanden en verdeeld over de vier windrichtingen waarnemingsputten. De putten op 25 en 100 meter afstand bevinden zich op eigen grond (het proefperceel). De putten op grotere afstand waren gepland op 1000m en één op 2000m afstand, deze zijn op iets andere afstanden gekomen omdat toestemming nodig was van perceeleigenaren. De meest noordelijke waarnemingsput is geplaatst vanwege de behoefte aan inzicht in de waterkwaliteit, hier worden geen effecten van de pomproef verwacht.

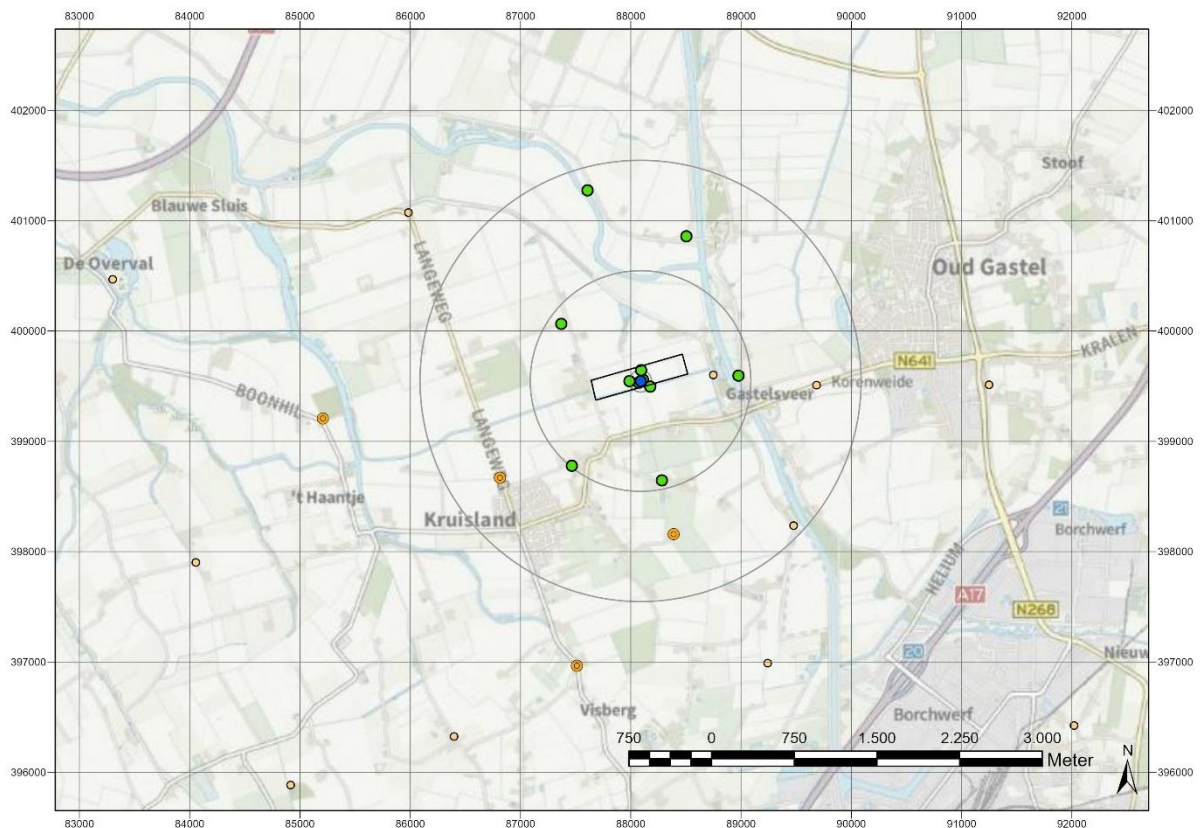


Figuur 5 Locaties waarnemingsputten Kruisland, inzet links: proefperceel. Afstanden tov. proefput, eerste ring: 25 meter, tweede ring: 100 meter (op proefperceel); vervolgens 1000 meter en 2000 meter (buitenring). De waarnemingsputten in de buitenring hebben een aanduiding voor de richting tov. de proefput (bijv. NO = noordoost)

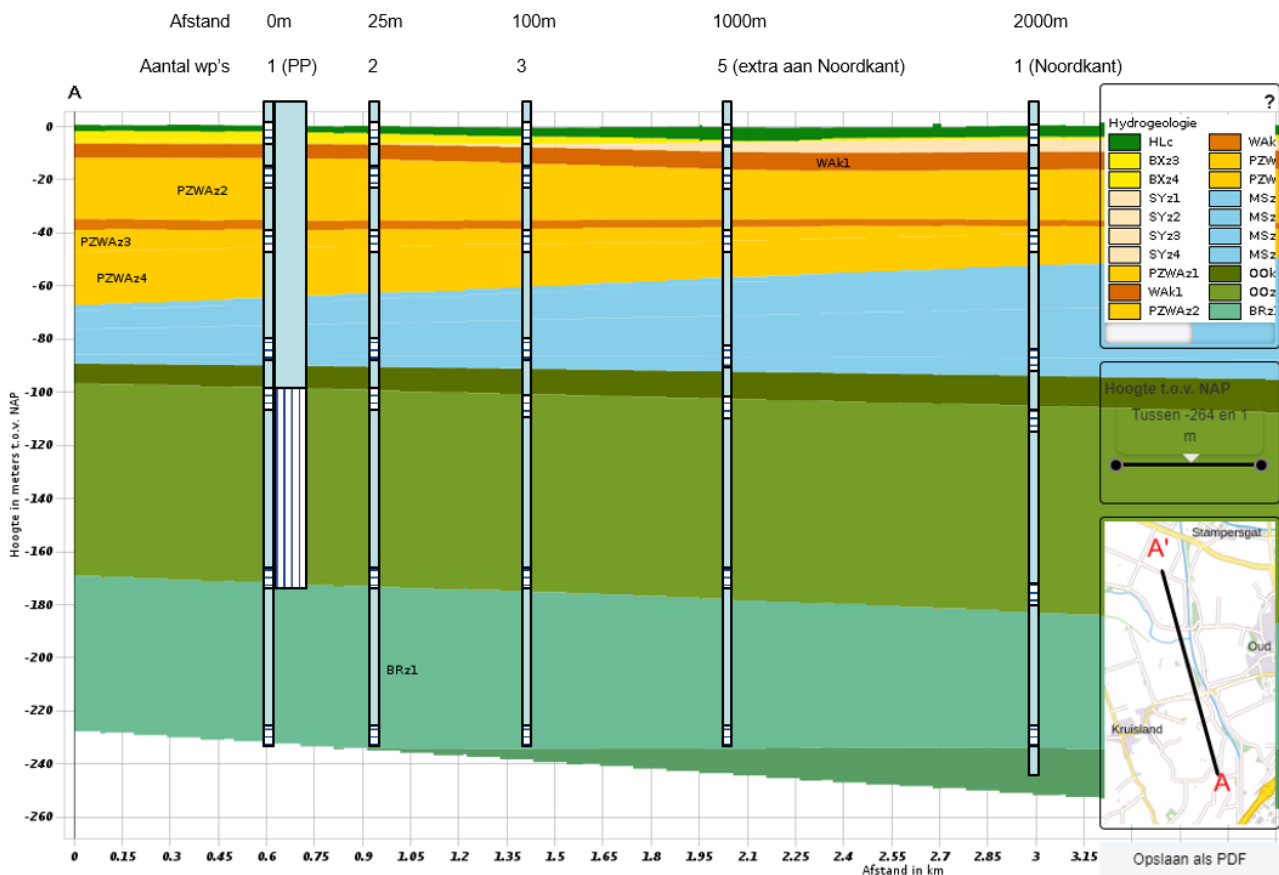


Tabel 1 Koppeltabel NITG codes, tijdelijke codes boringen/waarnemingsputten en richting t.o.v. proefput

NITG code	Tijdelijke code	Richting	NITG code	Tijdelijke code	Richting
B43G1409	wp06	NO	B49G1473	wp04	
B43G1410	wp09	NW	B49G1474	wp05	
B43G1411	wp11	N	B49G1475	wp07	ZW
B49G1470	wp01		B49G1476	wp08	Z
B49G1471	wp02		B49G1477	wp10	O
B49G1472	wp03		B49G1478	cp01 (proefput)	



Figuur 6 Waarnemingsputten omgeving pomproef. In groen de diepe putten geboord tbv de pomproef (gelijk aan vorige figuur), in oranje de putten die al eerder geboord zijn (meest fretatisch tot max. 25 meter; de grotere rondjes zijn diepere putten, tot ongeveer 80 meter).



Figuur 7 Schematische weergave van de opzet en monitoring van de pompproef in combinatie met de bodemopbouw (REGIS II).

### 3.2 Boringen en bodemanalyses

De boringen zijn uitgevoerd tot op de geohydrologische basis, de Boomse- of Rupelklei. Deze lag rond de 230 m-mv. Bijna alle boringen zijn beschreven door onze eigen medewerkers<sup>3</sup>. De gegevens van de eerste geboorde waarnemingsput (B49E1471) zijn gebruikt om te bepalen op welke diepte de steekmonsters in B49E1470 moesten worden genomen. TNO heeft hiervoor op basis van de boorbeschrijving door Brabant Water een eerste analyse en inschatting van de geologische opbouw gedaan. Bij het afronden van de eerste boring is nog contact geweest met TNO of de aangetroffen klei werkelijk behoort tot de geohydrologische basis. Uiteindelijk zijn van twee boringen (B49E1470 op het proefperceel en de meest noordelijke B43G1411) de boormonsterbakken opgestuurd naar TNO voor een gedetailleerde boorbeschrijving. De steekmonsters in B49E1470 zijn geanalyseerd op doorlatendheid en weerstand door TNO en Deltares.

<sup>3</sup> B49E1476 is beschreven door Haitjema, de boorfirma.





Figuur 8 Boven: boorstelling en gebruikte boorkoppen. Onder: gevulde boormonsterbak en opgeboorde Boomse klei.

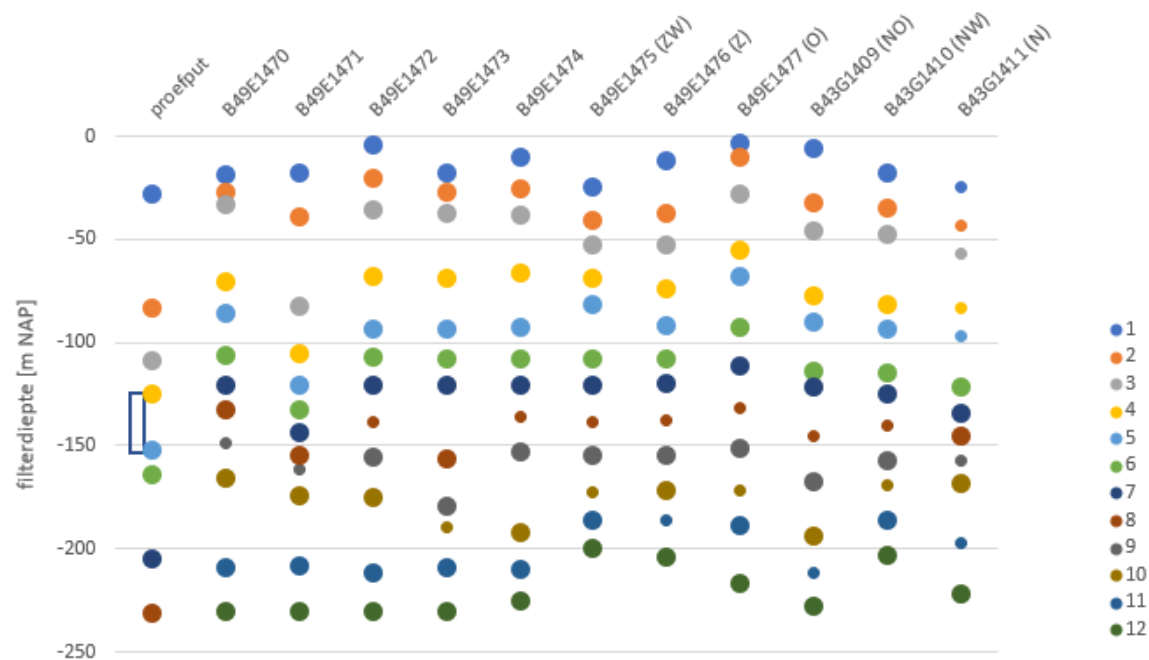
### 3.3 Metingen in het boorgat

Na het bereiken van de maximale boordiepte is bij iedere boring een open boorgatmeting uitgevoerd door Deltares. Daarnaast is later nog een meting uitgevoerd om de klei-aanvulling in de waarnemingsputten te controleren.

Ook is na het ontwikkelen van de put een flowmeting uitgevoerd waarin zichtbaar wordt of bepaalde filterdelen meer water geven dan andere.

### 3.4 Filterstelling waarnemingsputten en proefput

Peilfilters zijn in overleg met Deltares op basis van de boorbeschrijving en de boorgatmeting geplaatst in de relevante zandlagen. Elk diepste peilfilter is voorzien van een 2inch peilbuis in plaats van de gebruikelijke 1inch, om boorgatmetingen mogelijk te maken. Het doel van de peilfilters was tweeledig: het kunnen meten van de optredende effecten van de pompproef én het kunnen bemonsteren van de waterkwaliteit op diverse dieptes.



Figuur 9 Gerealiseerde filterstelling peilfilters in de waarnemingsputten en de proefput (het onttrekkingsfilter van de proefput zit tussen de 124 en 153 m-NAP, de blauwe rechthoek), in de met dickere bolletjes gemarkeerde peilfilters hangt een druksensor

### 3.5 Grondwaterkwantiteitsmetingen

In het grootste deel van de gerealiseerde waarnemingsfilters is een sensor gehangen (zie Figuur 9). Voor de waarnemingsfilters dieper dan 100 meter was daarvoor op meerdere locaties een overdrukvoorziening nodig omdat de stijghoogte daar (op basis van indicatieve berekeningen met het Brabantmodel) een deel van het jaar boven de bovenkant van de buis uitkomt. De sensoren dieper dan 100 meter zijn (op basis van dezelfde indicatieve berekeningen) voorzien van 8 meter kabel, de ondiepere sensoren van een kabel van 5 meter.

#### Verstoring stijghoogten

Op enkele momenten voor, tijdens en na de pompproef zijn temperatuurmetingen en metingen voor de controle van de klei-afdichting uitgevoerd in het diepste peilfilter van waarnemingsputten en proefput. Ook zijn de peilfilters van de proefput nog bemonsterd toen de pomp uit was (de overige peilfilters zijn bemonsterd vóór start van de monitoring). Bij het uitlezen van de sensoren zijn ook handpeilingen uitgevoerd. Op 22 december is de pomp uitgehaald. Al deze momenten leveren een (korte) verstoring op.

Tabel 2 Mogelijke verstoringsmomenten

Datum / tijd	Actie
Diverse momenten	Temperatuurmeting
12 en 13 december	Bemonstering peilfilters proefput
	Gesloten boorgatmeting kleiafdichting
22 december	Uithalen pomp

### 3.6 Grondwaterkwaliteitsmetingen

De peilfilters zijn na realisatie en schoonpompen bemonsterd op een groot aantal parameters. Eén waarnemingsput, op het proefperceel, is in het geheel bemonsterd (B49E1471), inclusief pf 1 op antropogene stoffen. De overige peilfilters zijn vooral vanaf ca. 75 meter diepte (Formatie van Maassluis) tot het diepste filter (onderin de Formatie van Breda) bemonsterd.

Tabel 3 Analysepakket meest uitgebreide bemonstering

Aluminium, gefiltreerd (ICP-MS)	Magnesium, gefiltreerd (ICP-MS)
Ammonium, gefiltreerd	Mangaan, gefiltreerd (ICP-MS)
Arseen, gefiltreerd (ICP-MS)	Methaan
Barium, gefiltreerd (ICP-MS)	Molybdeen, gefiltreerd (ICP-MS)
Boor, gefiltreerd (ICP-MS)	Natrium, gefiltreerd (ICP-MS)
Bromide	Nikkel, gefiltreerd (ICP-MS)
Calcium, gefiltreerd (ICP-MS)	Nitraat, gefiltreerd
Carbonaat, gefiltreerd	Nitriet, gefiltreerd
Chloride, gefiltreerd	Opgelost organisch koolstof (DOC)
Chroom, gefiltreerd (ICP-MS)	Orthofosfaat, gefiltreerd mg/l P
Elektrisch geleidingsvermogen, 20°C (veld)	Strontium, gefiltreerd (ICP-MS)
Fluoride, gefiltreerd	Sulfaat, gefiltreerd
IJzer, gefiltreerd (ICP-MS)	Waterstofcarbonaat, gefiltreerd
Ionenbalans	Zuurgraad (veld)
Kalium, gefiltreerd (ICP-MS)	Zuurstof (veld)

### 3.7 Temperatuurmetingen

Voorafgaand aan de pompproef, tijdens de pompproef en na de pompproef zijn door Victor Bense van de WUR<sup>4</sup> temperatuurmetingen uitgevoerd in het diepste (2inch) peilfilter van de waarnemingsputten op het proefperceel. De temperatuurgradiënt en -verschuiving geeft een indruk van de grondwaterstroming: de temperatuur van het grondwater neemt toe met de diepte. Een toename van de temperatuur duidt op een toestroom van dieper water, een afname op een toestroom van ondieper water.

Tabel 4 Uitgevoerde temperatuurmetingen

Datum / tijd	Locatie
29-08	B43G1409 pf 12
29-08 en 08-11	B43G1410 pf 12
29-08	B43G1411 pf 12
07-09, 08-11 en 22-11	B49E1470 pf 12
24-08, 08-11 en 22-11	B49E1471 pf 12
24-08 en 08-11	B49E1472 pf 12
07-09 en 08-11	B49E1473 pf 12
07-09 en 08-11	B49E1474 pf 12
07-09 en 08-11	B49E1475 pf 12
07-09 en 08-11	B49E1476 pf 12
29-08 en 08-11	B49E1477 pf 12
08-11	B49E1478 pf 8
24-08	B49E1478 pf 7

<sup>4</sup> [dr. VF \(Victor\) Bense - WUR](#)

### 3.8 Pompproef

De boringen waren juli 2022 gereed. Eind augustus zijn de sensoren ingehangen en is gestart met meten van de grondwaterstanden en stijghoogten. De pompproef is uitgevoerd in november 2022. Startmoment van de pomp was 1 november 2022 om 9:04. Stopmoment van de pomp was 30 november 2022 om 12:07 uur.

#### 3.8.1 Debiet

Gedurende 1 maand is met een debiet van 100 m<sup>3</sup>/uur onttrokken via een onttrekkingsfilter tussen de 124 en 153 m-NAP. De debietmeter was niet voorzien van online-registratie, daarom is wekelijks de watermeterstand gecontroleerd. Daarnaast stond er een alarm op onderbreking van de voeding (staat de pomp aan) en was er verbinding met een camera die gericht staat op de lozing. De debieten op basis van de watermeter waren gedurende de pompproef maximaal 2% lager dan een onttrekking van exact 100m<sup>3</sup>/uur. Dus de onttrekking was minimaal 98 m<sup>3</sup>/uur gedurende de gehele pompproef.

Tabel 5 Uitlezing debietmeter gedurende de pompproef, rechts de debietmeter bij start van de proef

Datum	Meterstand [m <sup>3</sup> ]	Cumulatief [m <sup>3</sup> ]	Stand watermeter tov 100 m <sup>3</sup> /u
1 november 9:04	72461	0	
7 november 13:00	86991	14530	-1,8%
14 november 8:30	103032	30571	-1,9%
21 november 9:00	119602	47141	-1,8%
28 november 9:00	136141	63680	-1,7%
30 november 12:07	141171	68710	-1,7%



#### 3.8.2 Stijghoogte metingen

Vóór start van de pompproef zijn de meetfrequenties van de sensoren verhoogd (zie onderstaand schema). In de proefput en twee waarnemingsputten (B49E1470 en B49E1473) waren de sensoren voorzien van telemetrie, zodat realtime de veranderingen konden worden gevolgd.

Tabel 6 Tijdschema meetfrequenties sensoren tbv pompproef

Datum	Actie	Meetfrequentie
25-aug	inhangen druksensoren	1x / uur
31-okt	aanpassen meetfrequenties:	
	peilfilters proefput	1x / sec
	peilfilters proefperceel (25m en 100m)	1x / min
	peilfilters buitenring	1x / 5 min
1-nov	9:04u start pomp	
2-nov	aanpassen meetfrequenties:	
	peilfilters proefput	1x / min
30-nov	aanpassen meetfrequenties:	
	peilfilters proefput	1x / 5 sec
	12:07 stop pomp	
	peilfilters proefput	1x / min
19-dec	aanpassen meetfrequenties:	
	peilfilters proefput	1x / uur
	peilfilters proefperceel (25m en 100m)	1x / uur
	peilfilters buitenring	1x / uur

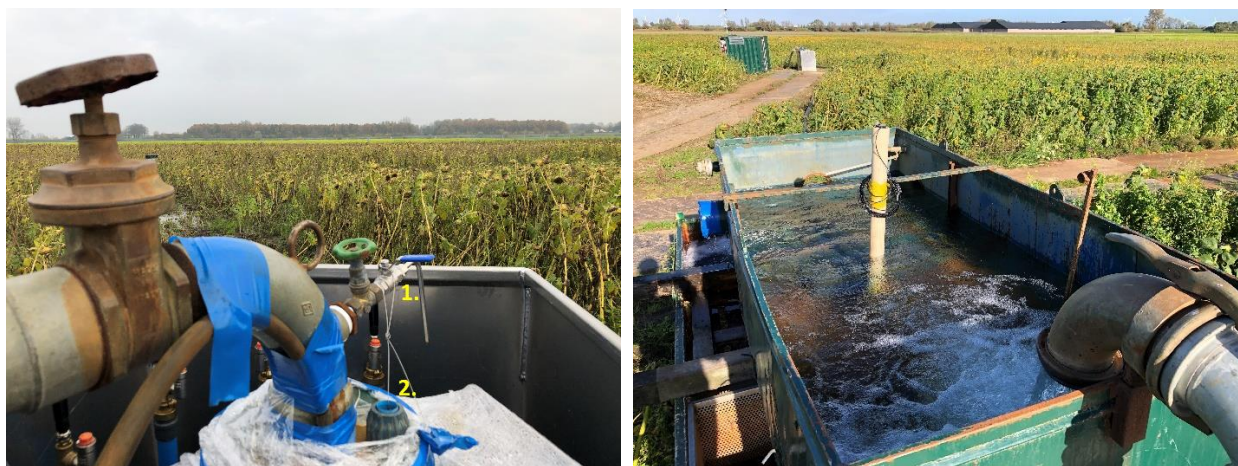


### 3.8.3 Waterkwaliteit

Onder de pomp (pf 0) hing een CTD Diver (druk, EGV en temperatuur) en in de uitstroom van de lozing hing een ElliTrack EC sensor met telemetrie (EGV en temperatuur). Alle peilfilters van de waarnemingsputten zijn bemonsterd direct na realisatie. Zowel direct na realisatie als na de pompproef zijn ook de peilfilters van de proefput bemonsterd. Het onttrokken water van proefput zelf (pf0) is gedurende de pompproef regelmatig bemonsterd op dezelfde parameters als bij de waarnemingsputten (Tabel 3).

Tabel 7 Tijdschema bemonstering proefput

Datum	Tijd	Actie
1 april		Bemonstering peilfilters proefput
21 april		Bemonstering ruwwater (pf0) bij oplevering proefput
<b>1 november</b>	<b>9:04u</b>	<b>Pomp aan</b>
	10:00u	Bemonstering pf0
	12:00u	Bemonstering pf0
	14:00u	Bemonstering pf0
2 november	Ochtend	Bemonstering pf0
3 november	Begin middag	Bemonstering pf0
4 november	Begin middag	Bemonstering pf0
9 november		Bemonstering pf0
16 november		Bemonstering pf0
23 november		Bemonstering pf0
<b>30 november</b>	Ochtend	Bemonstering pf0
	<b>12:07u</b>	<b>Pomp uit</b>
12 en 13 december		Bemonstering peilfilters proefput

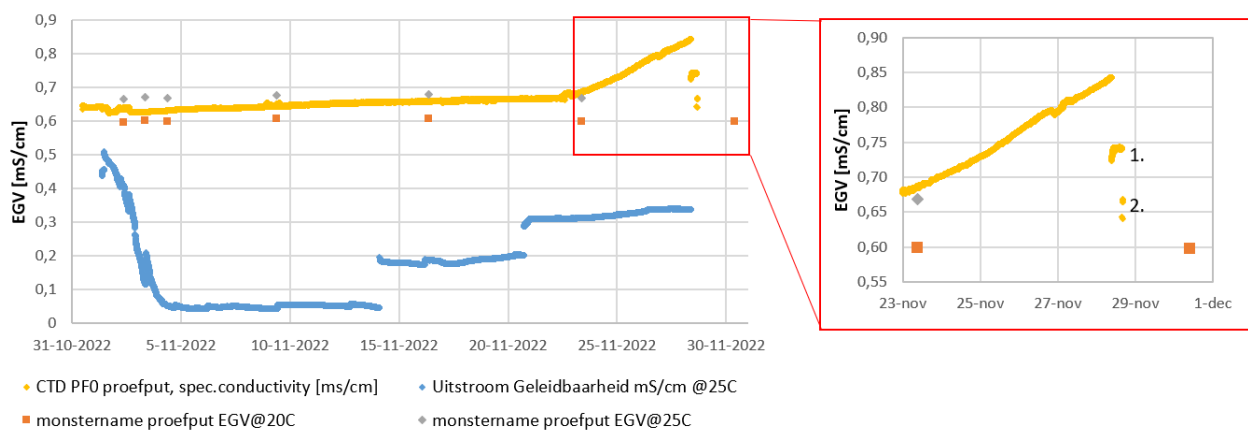


Figuur 10 Links: monsterkraantje op putkop/pf0 van de proefput (1.) en inhang CTD diver in pf 0 (2.). Rechts: lozing via overstortcontainer op container met strobed. EC sensor in geperforeerde filterbuis in het midden van de bovenste container.

De geleidbaarheidsmetingen met CTD Diver onder de pomp en met EC meter in de uitstroom verschilden flink: de gemeten geleidbaarheid in de uitstroom lag tussen de 10 en 80% van de gemeten geleidbaarheid met de CTD Diver. De geleidbaarheid gemeten in de proefput liep heel langzaam op en begon snel te stijgen vanaf de avond van 22 november. Dit bleek bij uitlezen op maandagochtend 28 november. In de middag is de sensor geïnspecteerd en bleek een pvc deeltje op de sensor te zitten. Ook is de sensor schoongemaakt met reinigingsvloeistof.



De ElliTrack EC sensor in de uitstroom is een keer gecheckt met ijkvloeistof<sup>5</sup>: de meting van de EC sensor bleek op 78% van de ijkvloeistof te zitten. De afwijking met de monsternames is echter zodanig dat we er van uit gaan dat de EC sensor in de uitstroom niet representatief is. Mogelijk speelt hier oxidatie van ijzer op de elektroden een rol (door het overstorten komt er zuurstof in het water). Zelfs voor de CTD in de proefput is dat mogelijk (ondanks de veronderstelde zuurstofloosheid) mede oorzaak van de afwijkingen.



Figuur 11 Geleidbaarheidsmetingen CTD Diver proefput (geel), ElliTrack EC meting uitstroom (blauw) en resultaten monstername proefput (oranje en grijs). Inzet rechts: resultaten schoonmaken CTD sensor proefput, 1. Na verwijderen pvc deeltje, 2. Na toepassen reinigingsvloeistof.

### 3.9 Samenvattend overzicht beschikbare gegevens

Tabel 8 Overzicht beschikbare gegevens

Wat	wie	bijzonderheden
<b>Boringen</b>		
boorbeschrijvingen	BW	
boorbeschrijvingen	TNO	2 wp's, beschrijvingen en foto's én briefrapport
boorgatmetingen	Deltares	.las files én briefrapport
analyse steekmonsters	TNO/Deltares	foto's, tabel én briefrapport
aanvulstaten, inbouwstaten (revisie) wp's	BW	
<b>Waterkwaliteit</b>		
monsternames wp's	BW	
monstername onttrekking	BW	
EC metingen sensoren onttrekking/lozing	BW	geringe betrouwbaarheid
<b>Waterkwantiteit</b>		
stijghoogtemetingen wp's	BW	
standsmetingen proefput (pf0)	BW	
flowmeting proefput	BW	
<b>Overige</b>		
Temperatuurmetingen wp's	WUR	
Temperatuurregistratie drukmetingen	BW	

<sup>5</sup> Hanna Instruments, 12880  $\mu$ S/cm conductivity standard

<b>Rapportages</b>		
Pompproef winning West, voorbereiding	Artesia, 2020	Vooronderzoek
Verziltingscondities en grondwaterkwaliteit winning West	KWR, 2020	Vooronderzoek
PVA Pompproef	Oosterwijk, 2021	Plan van aanpak
Waterkwaliteit Kruisland, update augustus	Oosterwijk, 2022	Update
Pompproef Kruisland, analyse	Artesia, 2023	Analyse van metingen
Grondwaterkwaliteit bij de nieuwe waterwinlocatie in Kruisland: analyse van de nulmeting en pompproef	KWR, 2023	Analyse van metingen
Thermohydrologische metingen potentiële grondwaterwinning Kruisland	Bense, 2023	Analyse van metingen
Uitwerking boorgatmetingen project Kruisland en omgeving	Deltares, 2022	Briefrapport
Geohydrologisch onderzoek Kruisland e.o. Boorbeschrijvingen en monsteranalyses	TNO, 2022	Briefrapport





## 4. SAMENVATTING RAPPORTEN

SYNTHESERAPPORT POMPROEF KRUISLAND

#### **4. Samenvatting opgeleverde rapporten en analyses**

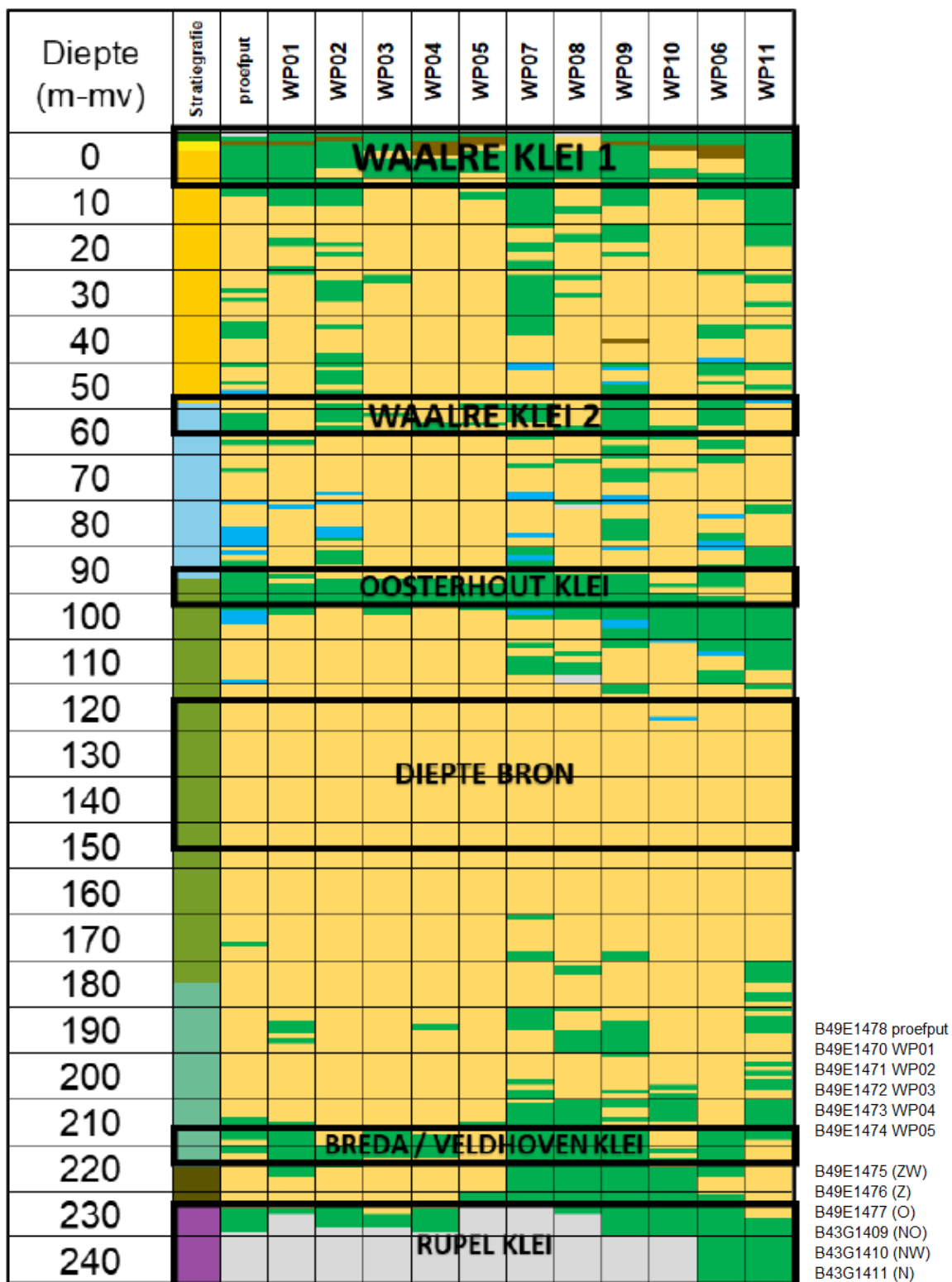
Diverse partijen hebben een deel van de analyse van de resultaten uitgevoerd, of hebben een rapportage opgeleverd naar aanleiding van zelf uitgevoerde metingen. Dit hoofdstuk start met een overzicht en weergave van de verkregen ruwe gegevens. Deze gegevens zijn vervolgens gebruikt door de diverse partijen in de verdere analyse. Per onderzoek volgt een korte samenvatting en hoofdconclusies. Het betreft een copy-paste-edit uit betreffende rapporten en/of een weergave van de belangrijkste zaken en conclusies.

##### **4.1 Eerste overzicht en analyse verkregen ruwe gegevens (Brabant Water, 2022)**

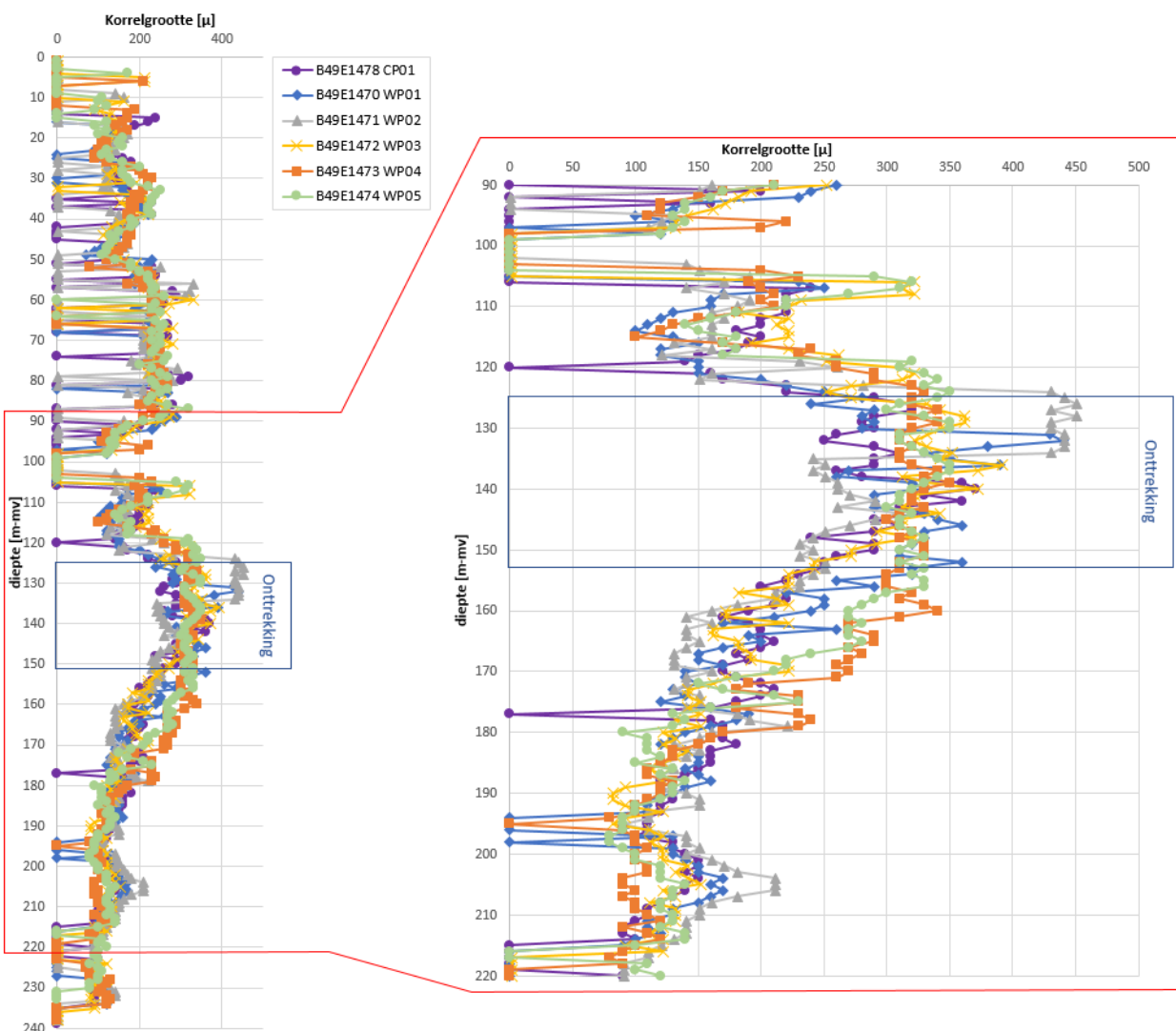
###### **4.1.1 Boorbeschrijvingen**

Alle boringen zijn beschreven door Brabant Water. De korrelgrootteverdeling is bepaald op basis van nat materiaal, en voor het traject bovenin de Formatie van Oosterhout na drogen. De boorbeschrijvingen van Brabant Water zijn ook gebruikt in voorgaande beschrijving van de opbouw van de ondergrond door Deltares. Boring B49E1470 en de noordelijker gelegen boring B43G1411 zijn ook door TNO beschreven (zie latere paragraaf).





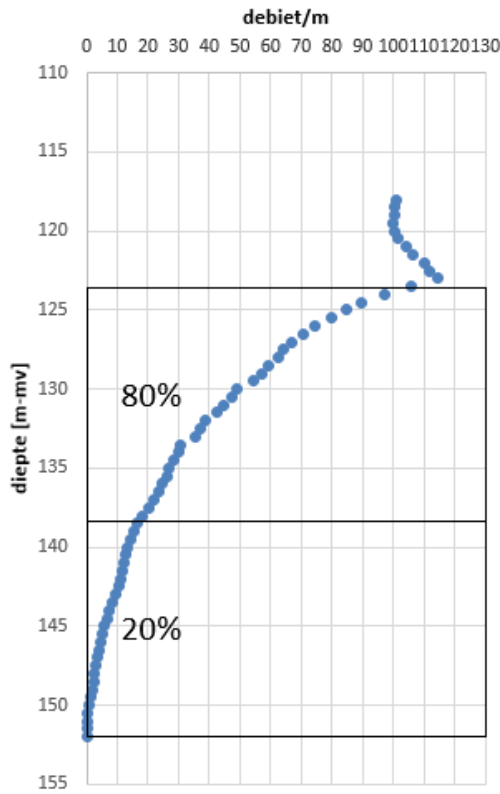
Figuur 12 Boorbeschrijvingen op hoofdklasse, proefput en waarnemingsputten Kruisland. De linkerkolom bevat de stratigrafische opbouw, zoals door TNO bepaald op basis van de boring WP02, op 25 m van de proefput. De kleurstelling van deze kolom is gelijk aan die van het REGISII model. Bron: KWR, 2023. (voor nummering zie Tabel 1 Koppeltabel NITG codes, tijdelijke codes boringen/waarnemingsputten )



Figuur 13 Korrelgrootte [μ] boringen op het proefperceel zoals bepaald uit de boormonsters. Voor het traject tussen grofweg 100 en 160 m-mv is deze na drogen bepaald, voor de overige dieptes nat (korrelgrootte = 0 = klei of 'schelpen').

#### 4.1.2 Flowmeting (Q-flow)

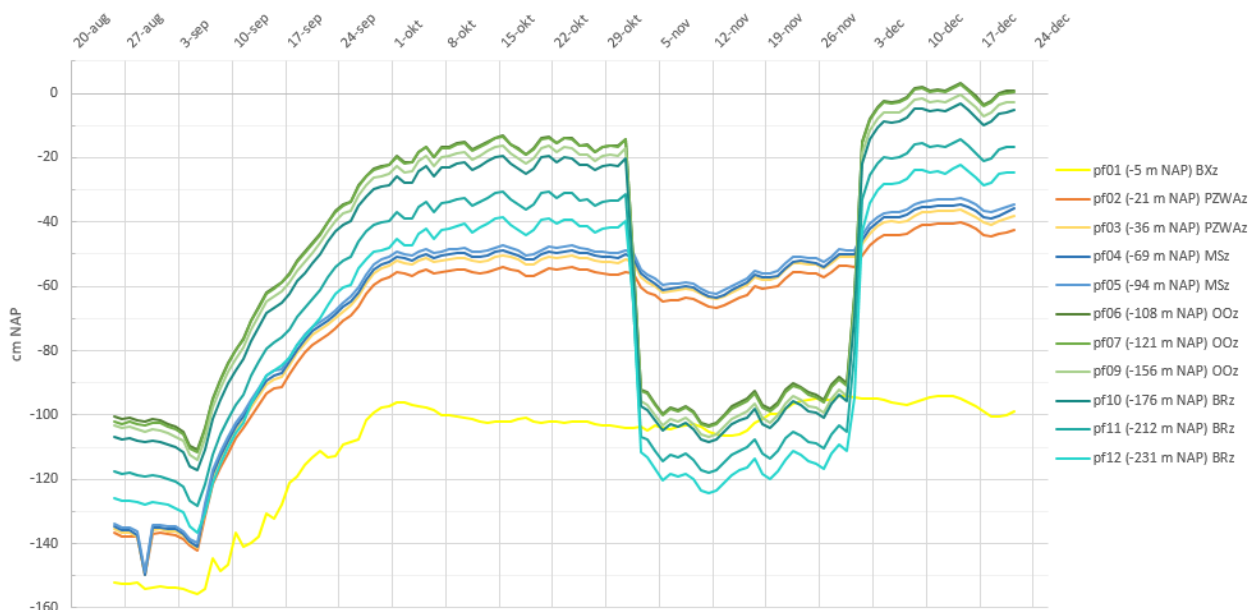
De flowmeting bij oplevering van de proefput leverde een verdeling van het debiet over het onttrekkingsfilter waarbij 80% van het water afkomstig is uit de bovenste helft (124 – 138 m-mv). Het specifiek debiet (aantal kuub per uur bij één meter verlaging in de put) lag op 40,5 m<sup>3</sup>/m/h.



Figuur 14 Resultaat flowmeting bij oplevering proefput: cumulatief debiet per meter diepte, in zwart de diepte van het onttrekkingsfilter (124-152 m-mv), in twee gelijke delen verdeeld (midden is 138 m-mv).

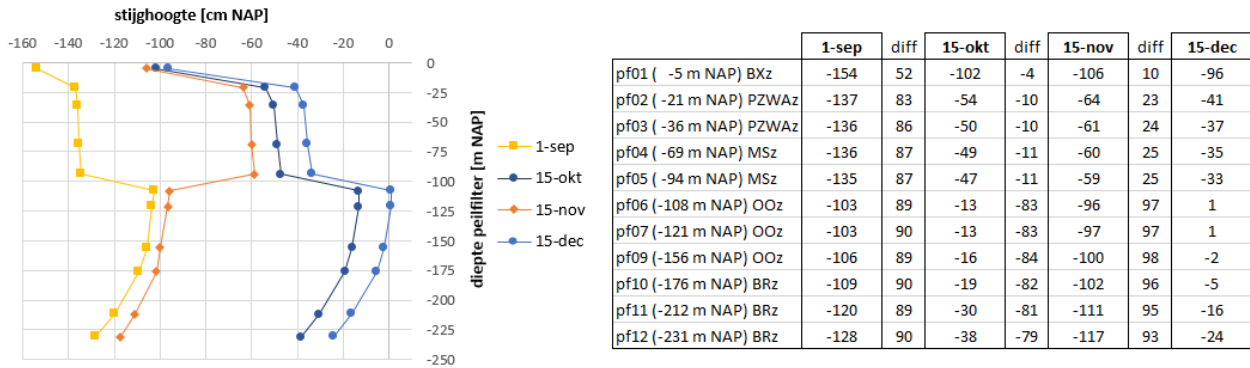
### 4.1.3 Grondwaterstanden en stijghoogten

In de droge zomerperiode tot 5 september liep het neerslagtekort in Nederland op tot ongeveer 320 mm (knmi.nl), daarna begon het te regenen en nam het neerslagtekort af. In de stijghoogtemetingen van de waarnemingsputten is dit zichtbaar in een toename van de standen van begin september tot begin oktober. Daarna zijn de standen vrij stabiel tot de pompproef begint op 1 november. Na de pompproef zijn de standen iets hoger dan ervoor.



Figuur 15 Daggemiddelden verloop grondwaterstand en stijghoogten in B49E1472 (op 25 meter van de proefput)

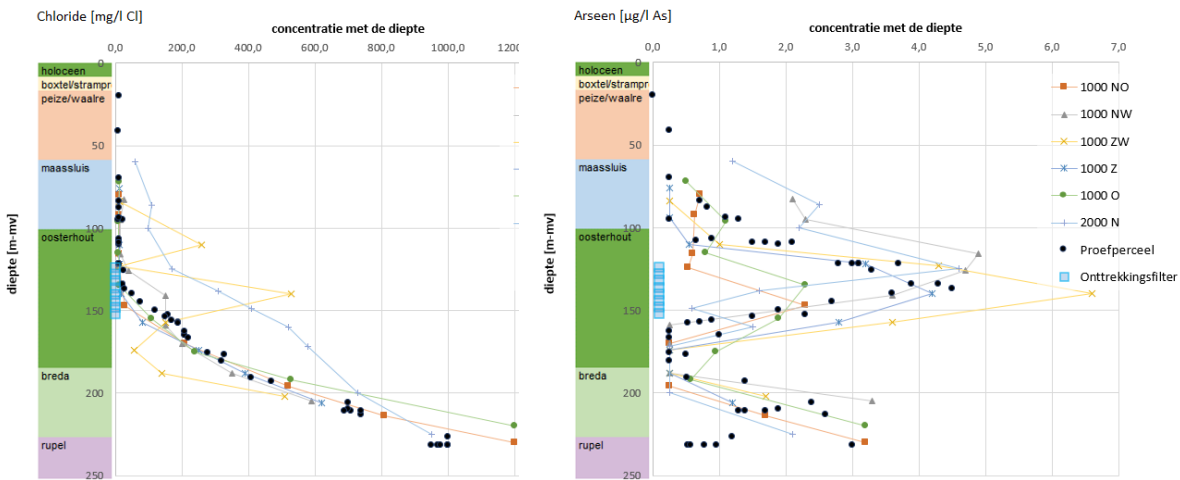
De freatische grondwaterstand ligt half oktober, min of meer bij start van de pompproef, rond de 100 cm – NAP, terwijl de stijghoogten in de Formaties van Peize-Waalre en Maassluis rond de 50 cm – NAP liggen. Direct onder de klei van de Formatie van Oosterhout liggen de stijghoogten rond 10 cm – NAP en nemen daarna met de diepte af tot zo’n 40 cm – NAP in de Formatie van Breda. In de zomerperiode (voor 5 september) liggen de standen lager én zijn de onderlinge verschillen veel kleiner.



Figuur 16 Gemiddelde stand in B49E1472 op 1 september (einde zomer), 15 oktober (voor), 15 november (tijdens pompproef) en 15 december (na) met de diepte en het verschil (diff in de tabel).

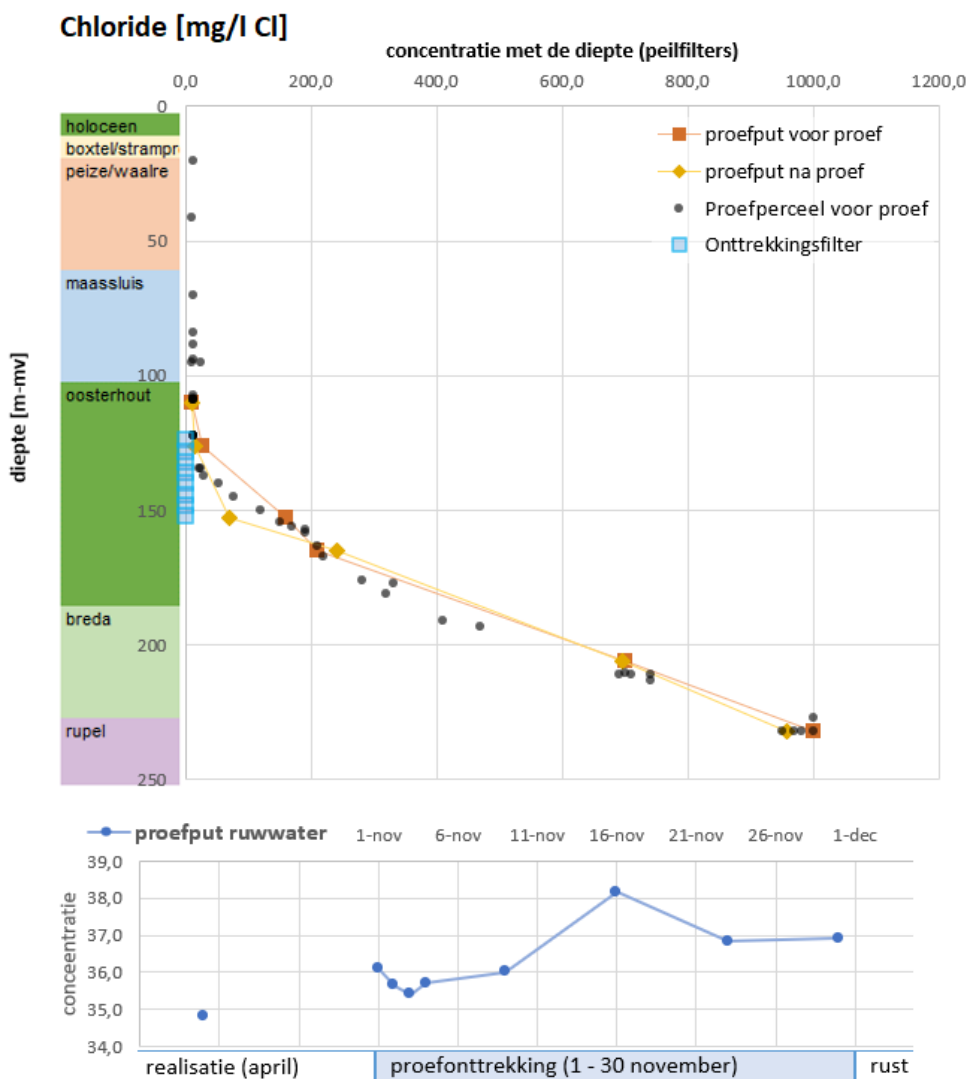
#### 4.1.4 Metingen grondwaterkwaliteit

De monsternames in de waarnemingsputten leveren een concentratieprofiel met de diepte én een overzicht van verschillen tussen de locaties. De resultaten zijn geanalyseerd door KWR (zie volgende paragraaf), maar worden onderstaand samenvattend gevisualiseerd.



Figuur 17 Gemeten concentraties in waarnemingsputten op het proefperceel (gecombineerd in ‘donkerblauw’) en waarnemingsputten in de buitenring. Links chloride [mg/l], rechts arseen [µg/l]. Zie ook Oosterwijk, aug. 2022.



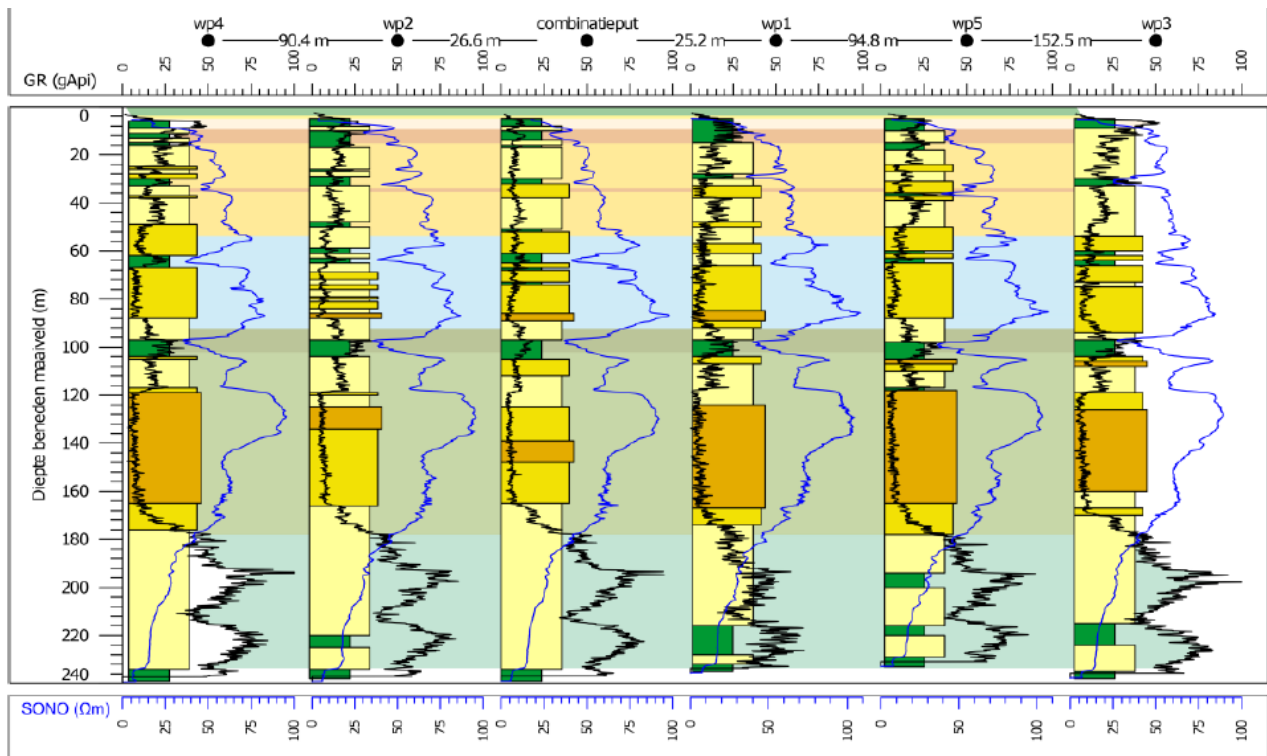


Figuur 18 Chlorideconcentraties peilfilters proefput vóór (donker oranje) en na de pompproef (licht oranje), chlorideconcentraties peilfilters overige waarnemingsputten op het proefperceel (voor de proef, grijs) en de chlorideconcentratie van het ruwwater tijdens de pompproef (onder)

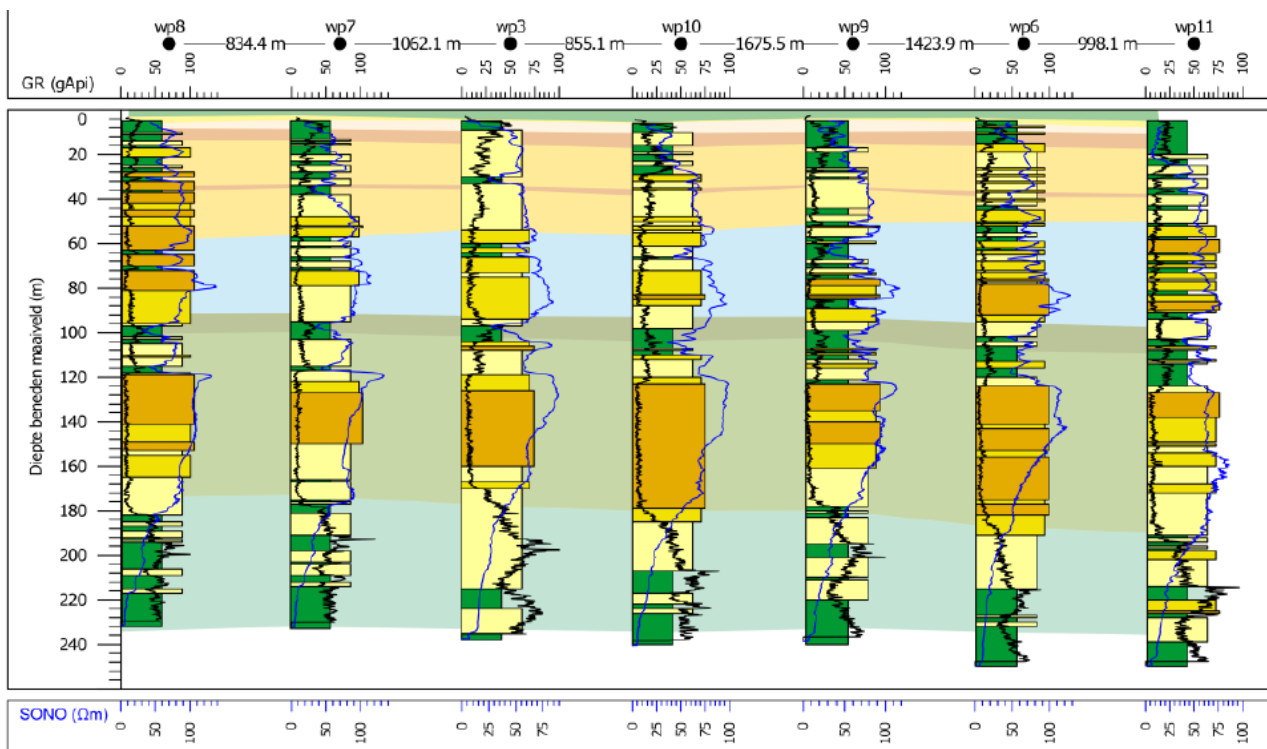
## 4.2 Boorgatmetingen (Deltares, 2022)

Na het zetten van de boringen heeft Deltares geofysische boorgatmetingen uitgevoerd in de open boorgaten. De resultaten van de boorgatmeting en de boorbeschrijving van het boorbedrijf zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de lithologische opbouw van de ondergrond en de kwaliteit van het grondwater. Met deze informatie is advies gegeven over de filterstelling van de put en de peilbuizen. Tevens is er advies gegeven over het aanvullen van het boorgat, met name het afdichten van de kleilagen.

Voor de boorgatmeting is gebruik gemaakt van de Multitool sonde van het Duitse bedrijf Antares. Met deze sonde zijn de volgende metingen verricht: Gamma Ray (GR) meting, Short Normal (SONO) meting, Long Normal (LONO) meting, Single Point Resistance (SPR) meting.



Figuur 19 Overzicht van boorgatmetingen en de geïnterpreteerde lithologie voor het proefperceel. De zwarte lijnen zijn de gamma metingen en de blauwe lijnen de SONO metingen. Symbolen en kleuren van de lithologische kolommen komen overeen met de legenda's zoals vermeld in de appendices. Achtergrondkleuren zijn gebaseerd op REGIS (Deltares, 2022) (voor nummering zie Tabel 1 Koppeltabel NITG codes, tijdelijke codes boringen/waarnemingsputten )



Figuur 20 Overzicht van boorgatmetingen en de geïnterpreteerde lithologie voor de buitenring (Deltares, 2022) (voor nummering zie Tabel 1 Koppeltabel NITG codes, tijdelijke codes boringen/waarnemingsputten )

De bovenste tien meter afzettingen zijn lithologisch divers en bestaan onder andere uit veen, zand en klei. Tussen een diepte van 10 m en respectievelijk 50 m (proefperceel) tot maximaal 60 m (zuidelijke boringen in de buitenring) bevinden zich zandige afzettingen van de Formatie van Peize en Waalre. Deze

afzettingen van fijn tot matig grof zand laten relatief grote variaties zien in de verticale zand/klei opbouw tussen de verschillende locaties. De aanwezigheid van schelpenresten vanaf ongeveer 50 m diep vormt de top van de Formatie van Maassluis en valt in veel gevallen samen met de eerste aanwezigheid van grovere zanden. Op een diepte van 95 m (tot maximaal 120 m voor de meest noordelijke boringen wp6/B43G1409 en wp11/B43G1411) bevindt zich een 10 m tot 34 m dik pakket met voornamelijk kleien. Deze kleien zijn zwak zandig tot zeer zandig en kunnen spoorhoeveelheden tot zeer veel schelpenresten bevatten. Binnen dit pakket kunnen zich ook fijn zandige zandlagen bevinden tot een dikte van maximaal 9 m (in wp11/B43G1411). In REGIS wordt dit kleiige pakket beschreven als de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Oosterhout. Fijn zandige afzettingen aan de onderkant van dit kleiige interval gaan op een diepte van 120 – 130 m abrupt over op grove zanden met zeer veel tot uiterst veel schelpenresten. Dit zijn de hoogste sedimenten in een coarsening upwards opeenvolging vanuit fijn zand op een diepte van ongeveer 170 – 190 m (Formatie van Oosterhout). Deze zanden zijn matig heterogeen tot zeer heterogeen en vooral het bovenste deel van dit interval bevat matig veel tot uiterst veel schelpenresten en weinig tot zeer veel verkittingen. Vanaf ongeveer 180 m diepte kunnen de sedimenten glauconiethoudend zijn (Formatie van Breda). Glauconiet blijft aanwezig in de sedimenten tot bijna de maximale boordiepte, waarbij de hoeveelheid glauconiet toeneemt met de diepte. De variabele glauconiet component bepaalt voor een groot deel de gamma-ray meetwaarden in dit interval, waardoor interpretatie van lithologie aan de hand van de boorgatmetingen minder eenvoudig is. Vanuit de boorbeschrijvingen is daarentegen duidelijk dat dit interval voornamelijk bestaat uit matig homogeen tot homogeen (zeer) fijn zand tot (zeer) zandige klei. Een abrupte afname in de weerstandsmetingen in alle boorgaten (met uitzondering van wp6) op een diepte van rond de 230 m valt samen met een hernieuwde afwezigheid van glauconiet. In de zuidelijke boringen van de buitenring (e.g. wp7 en wp8) vind deze afname plaats op een diepte van 215 m, terwijl in de meest noordelijke boringen dit gebeurt op een diepte van 246 m (wp11/B43G1411). Deze sedimenten met een lage gemeten weerstand worden gevormd door uiterst vaste donkergrijze kleien van de Boom Formatie. Met uitzondering van boring wp6 bevindt de maximale boordiepte zich in dit pakket.

#### *Grondwaterkwaliteit*

Uit de monsternames op peilfilters blijkt dat een geleidelijke toename van de chlorideconcentratie in wp2/B49G1471 begint vanaf een diepte van ongeveer 145 m. Dit valt samen met een nadrukkelijke trend richting lagere LONO meetwaarden. Een vergelijkbare trend is zichtbaar in de LONO metingen van alle bestudeerde boorgaten. De lagere LONO meetwaarden rond dieptes van 30, 60, en 100 m -mv zijn beïnvloed door de aanwezigheid van klei.

### **4.3 Boorbeschrijvingen en steekmonsteranalyses (TNO, 2022)**

De uitgevoerde werkzaamheden<sup>6</sup> zijn:

- Een lithostratigrafische interpretatie van de resultaten van een boorgatmeting en veldboorbeschrijving uitgevoerd bij boring B49E1471 (wp2), en het op basis daarvan adviseren over de diepte van steektrajecten in een daarna uit te voeren boring in de directe nabijheid van deze boorgatmeting (B49E1470, wp1);
- Het maken van boorbeschrijvingen op basis van zowel luchtlift- als steekmonsters uit boring B49E1470, en op basis van alleen luchtliftmonsters uit een noordelijker gelegen tweede boring (B43G1411/wp11);
- Monsternames uit kleiige en zandige boorintervallen van boring B49E1470, voor doorlatendheids- en korrelgroottebepalingen;
- Het uitvoeren van metingen van de verzadigde waterdoorlatendheid op de voornoemde monsters.

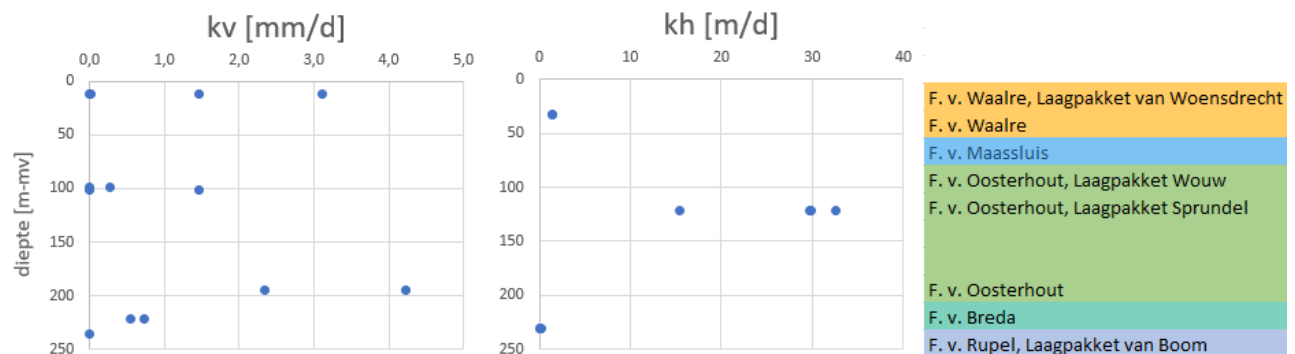
---

<sup>6</sup> Zie ook ['Aflevering 7: een kijkje in het TNO lab'](#)



Er konden geen doorlatendheidsbepalingen worden uitgevoerd aan het zeer schelprijke Laagpakket van Sprundel van de Formatie van Oosterhout tussen 126 en 127 m - mv. Gezien de aanwezigheid van veel schelpmateriaal is het aannemelijk om te veronderstellen dat de doorlatendheid van dit sediment hoger is dan van de wel succesvol bemeeten monsters uit hetzelfde laagpakket, enkele meters hoger (121 tot 122 m - mv), met doorlatendheden tussen 15 en 33 m/d. De gerapporteerde doorlatendheden voor het Laagpakket van Sprundel zijn daarom waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke, gemiddelde doorlatendheid van dit laagpakket ter plaatse van de boring.

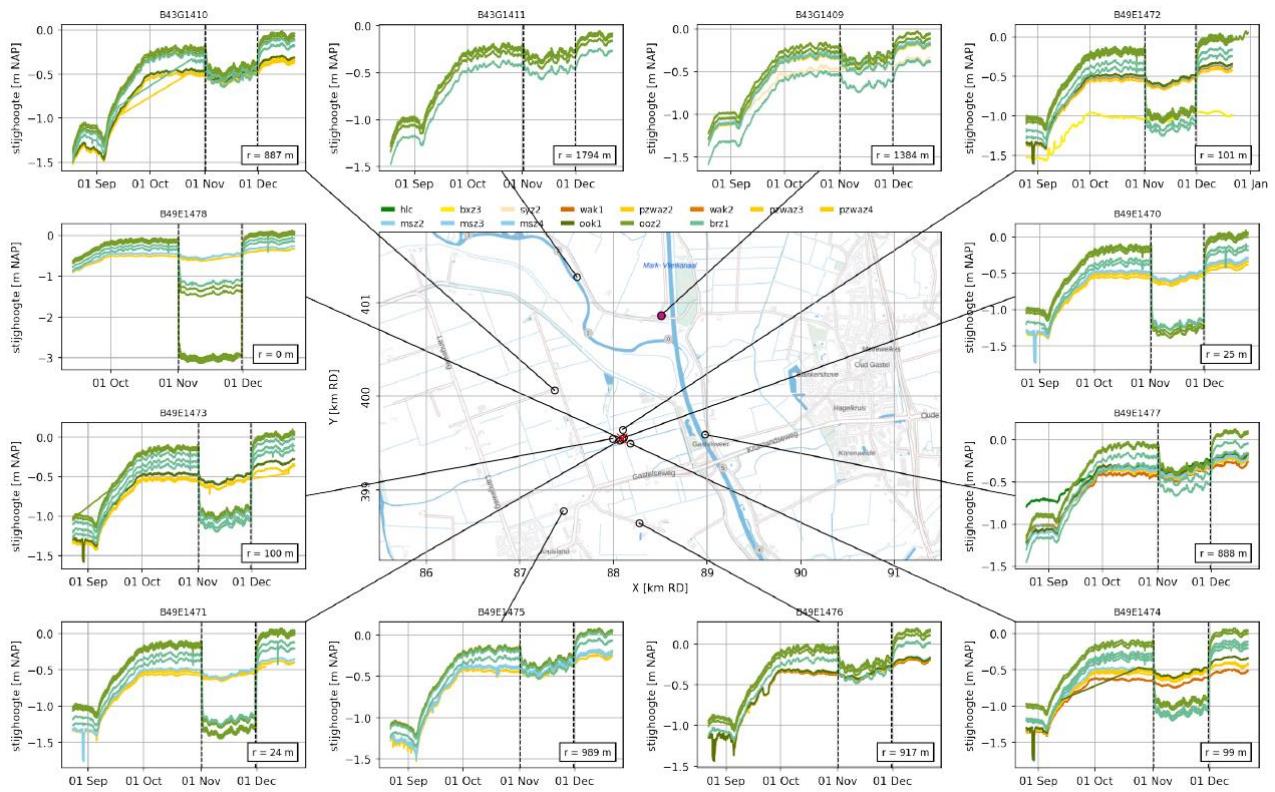
Vanwege diverse, in het briefrapport benoemde, invloedsfactoren adviseert TNO om een onzekerheidsmarge van +/- 30% rond de gerapporteerde doorlatendheden in acht te nemen.



Figuur 21 Resultaten doorlatendheidsmetingen klei(steek)monsters (links) en zand(steek)monsters (rechts). De geadviseerde onzekerheidsmarge is 30% (naar TNO, 2023)

#### 4.4 Analyse pompproef Kruisland (Artesia, 2023)

Het effect van de pompproef is met behulp van tijdreeksanalyse volgens de stambuis-methode geïsoleerd uit de metingen in de waarnemingsputten rondom de proefput. Alle tijdreeksmodellen hebben een hele goede fit. Per meetpunt is voor iedere modellaag maximaal één filter gebruikt bij de kalibratie. De pompproef is uitgewerkt met een tijdsafhankelijk analytisch elementen grondwatermodel (TTIM) met 6 homogene lagen. Het model is gekalibreerd door de horizontale doorlatendheid en de bergingscoëfficiënten van de watervoerende lagen en de weerstanden van de slecht doorlatende lagen te optimaliseren.



Figuur 22 Locaties en stijghoogtemetingen pompproef. De kleuren van de lijnen komen overeen met de REGIS kleurcode van de laag waarin de peilbuis meet. De locatie van de referentiepeilbuis is met paars weergegeven (Artesia, 2023).

De snelheid waarmee de eindverlaging wordt bereikt als gevolg van de pompproef verschilt per locatie en met de diepte van het filter. De lengte van die tijdsafhankelijke en stationaire periodes is per peilbuis anders. Het gewicht tussen het tijdsafhankelijke deel van de verlaging en het stationaire deel van de verlaging varieert dus sterk. Daarom zijn gewichten toegekend aan de verlagingen. Daarbij is een factor geïntroduceerd waarmee het gewicht van de tijdsafhankelijke periode ingesteld kan worden ten opzichte van de stationaire periode. In de kalibratie is die factor aangepast om te onderzoeken wat het effect was van een verschuiving in dat gewicht.

De kalibraties met verschillende weegfactoren presteren vergelijkbaar waardoor geen resultaat als meest waarschijnlijk aangeduid kan worden. Er zijn meerdere parametercombinaties mogelijk die een vergelijkbare verlaging opleveren. Over het algemeen kunnen de modelparameters van het pompde pakket nauwkeurig geschat worden, de parameters van het bovenliggende watervoerende pakket tonen meer variatie en zijn lastiger om te schatten.

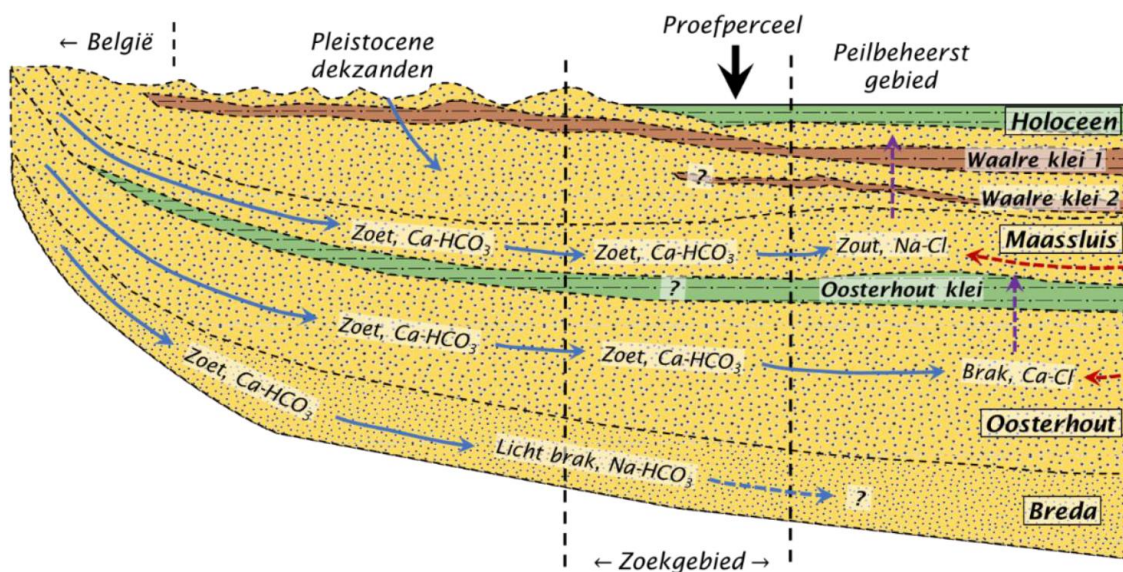
Tabel 9 Belangrijkste parameters uit analyse pompproef (Artesia, 2023)

Parameter	Laag	Range
Horizontale doorlatendheid, kh	F.v.Oosterhout	22 – 23 m/d
Horizontale doorlatendheid, kh	F.v.Breda	0,5 m/d
Weerstand, c	Deklaag (Holoceen + Waalreklei 1)	1200 – 1600 d
Weerstand, c	Oosterhoutklei	2800 – 4200 d
Weerstand, c	Totaal boven pompte pakket (F.v.OH)	4400 – 5700 d

Voor het kiezen voor de waarde van de parameters in toekomstige modelleringen wordt aanbevolen om de range van parameters per modellaag te beschouwen, en of meerdere parameter combinaties door te rekenen, of een afgewogen keuze te maken welke waarde wordt geselecteerd.

#### 4.5 Grondwaterkwaliteit: analyse nulmeting en pompproef (KWR, 2023)

De analyse bouwt voort op het eerdere verkennende onderzoek uitgevoerd door KWR voorafgaand aan de boring van de proefput (KWR, 2020) en maakt gebruik van de resultaten van monsternamen voor, tijdens en na de pompproef. De zoet-zout verdeling van het grondwater laat zien dat het grondwater geleidelijk zouter wordt naar het noorden en westen als gevolg van toestromend zoet grondwater vanuit het zuiden en oosten, hetgeen goed overeenkomt met de bevindingen uit het eerdere onderzoek. De meest noordelijke waarnemingsput (wp11/B43G1411) heeft over het gehele dieptebereik gezien dan ook duidelijk hogere chloride concentraties dan de overige putten, die juist weinig van elkaar verschillen in termen van chlorideconcentraties. Op de diepte van het onttrekkingsfilter nemen chloride concentraties toe van ongeveer 30 mg/l tot 150 mg/l. Toch is de chloride concentratie van het uit de proefput onttrokken water slechts 35 mg/l, wat suggereert dat er aanzienlijk meer grondwater wordt onttrokken uit het bovenste gedeelte van het watervoerend pakket, wat dus gunstig zou zijn voor de kwaliteit van het onttrokken grondwater.

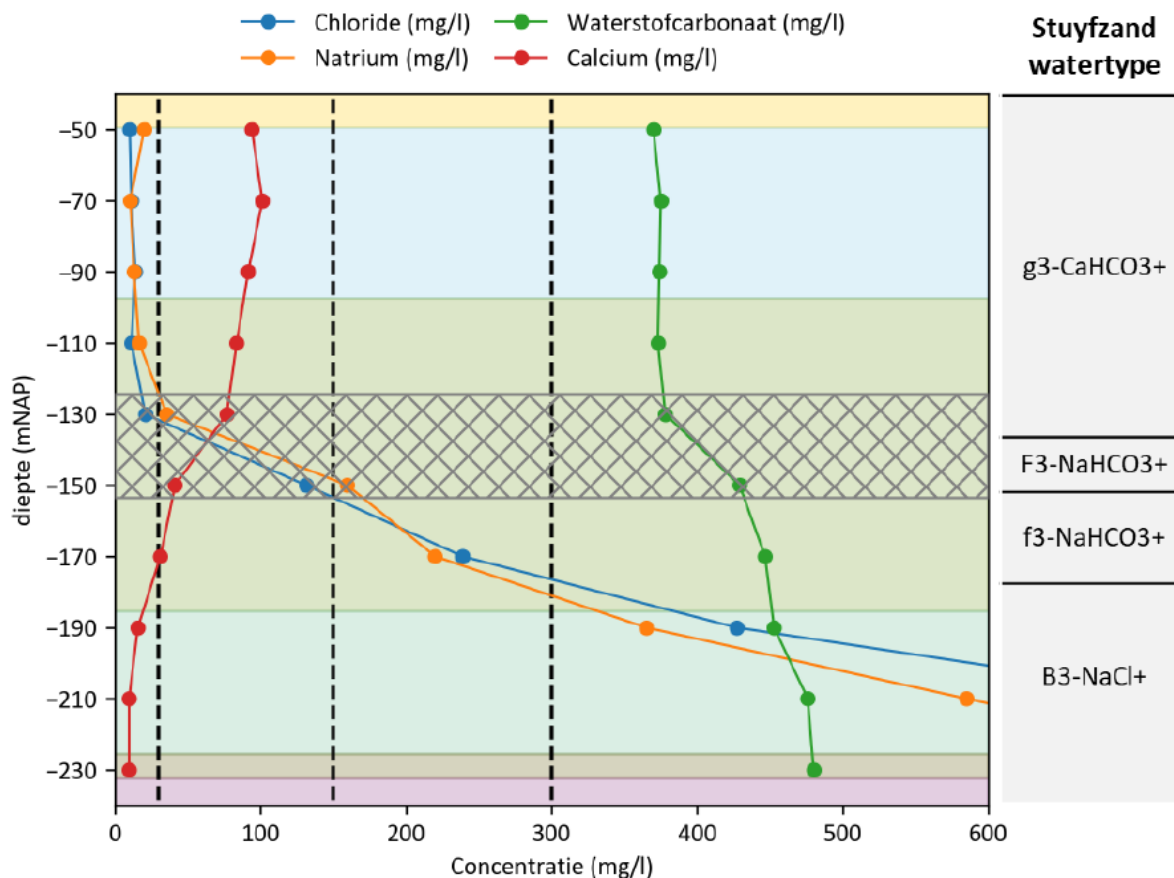


Figuur 23 Vereenvoudigde weergave van de geohydrochemie boven- en benedenstrooms van het zoekgebied (niet op schaal). Hoofdcomponenten in het grondwater op basis van de Stuyfzand classificatie in watertypen. Blauwe pijlen symboliseren een zoete/verzoetende grondwaterstroming aan, rode pijlen een zoute/verziltende. Paars geeft mogelijke kwelstroming aan. Bron: KWR, 2020.

Over de gehele diepte vertoont het grondwater tekenen van verzoeting, met verhoogde concentraties van kationen zoals natrium, magnesium en kalium. Andersom neemt de concentratie calcium hierdoor juist af met de diepte waardoor kalk onderverzadigd raakt, resulterend in kalkoplossing en verhoogde concentraties bicarbonaat. Een meter of 10 onder het bronfilter (~165 m-mv) bevindt zich een scherpe redoxgrens waarbij het grondwater over gaat van ijzer- en methaanhoudend naar sulfaathoudend.

Inbedrijfname van de nieuwe winning zou het samenbrengen van deze twee watertypen tot gevolg kunnen hebben. Dit verdient de aandacht in relatie tot putbeheer omdat methaanoxidatie door sulfaat sulfidevorming en microbiologische groei tot gevolg kan hebben.





Figuur 24 Gemiddelde gemeten concentratie van chloride, calcium, HCO<sub>3</sub> en natrium per diepte-interval van 20 m (links) en dominante Stuyfzand watertype per diepte-interval (rechts) (exclusief wp07 en wp11). Gearceerde diepte-interval geeft de diepte van het bronfilter in de proefput weer en de kleuren de geologische formatie (kleurstelling zoals in REGISII). Verticale lijnen geven chloride grenzen weer van zeer zoet naar zoet (30 mg/l), naar zoet/brak (150 mg/l) en brak (300 mg/l) op basis de Stuyfzand classificatie. Bron: KWR, 2023.

Gedurende de pompproef van een maand werd een vrijwel constante waterkwaliteit geproduceerd: ingezoomd namen de concentraties van sommige parameters licht toe (bv. ijzer en methaan) of juist af (bv. boor, chroom en nikkel). Voor alle gemeten parameters liggen de concentraties in het onttrokken water zowel voorafgaand als na de pompproef onder de grenswaarden in het drinkwaterbesluit. Uitzondering hierop is ijzer dat met een concentratie van 2,2 mg/l (1,1 mg/l bij de nulmeting) hoger is dan de grenswaarde van 0,2 mg/l. Daarnaast liggen de concentraties boor (380 µg/l bij einde pompproef) en arseen (3,25 µg/l bij einde pompproef) niet ver onder de betreffende grenswaarden, en ook deze parameters verdienen daarom in het bijzonder de aandacht.

Concluderend kan gesteld worden dat de samenstelling van het grondwater ter hoogte van het proefperceel geschikt lijkt als bron voor drinkwaterproductie. De resultaten van dit onderzoek tonen verder aan dat na realisatie en inbedrijfname van een nieuwe winning op deze locatie en op deze diepte geen significante verschuivingen in de waterkwaliteit worden verwacht op de korte termijn, gezien al tijdens de pompproef een constant beeld van de watersamenstelling ontstond. Positief is verder dat er geen hoge concentraties van bestanddelen waargenomen zijn die vanuit operationeel oogpunt een probleem kunnen vormen, zoals bijvoorbeeld methaan (1,4 mg/l bij einde pompproef). Daarmee passen de bevindingen in deze studie goed in het eerder geschetste beeld op basis van de regionale geochemie.

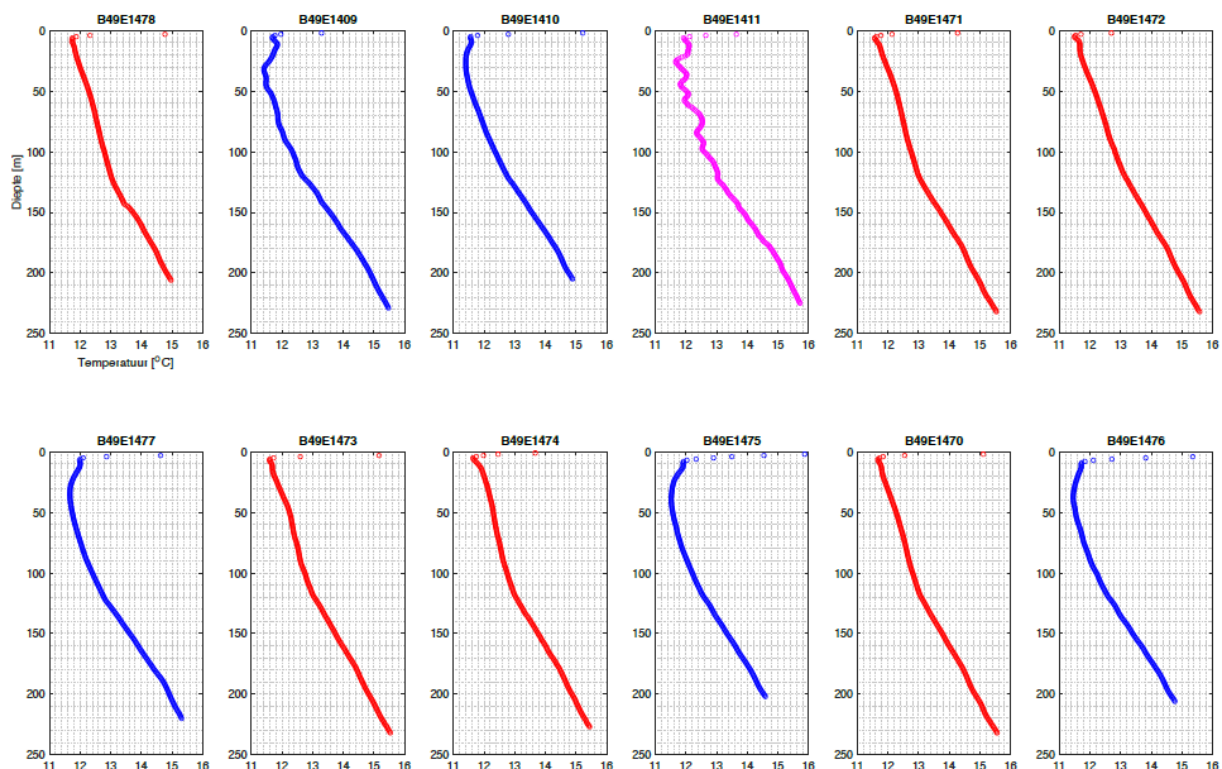
Op de langere termijn zal de waterkwaliteitsontwikkeling (en dus de benodigde zuiveringsinspanning) samenhangen met de dominante richting vanwaar grondwater wordt aangetrokken naar de winputten. Gezien de regionale grondwaterstromingsrichting noordwestelijk is zal het onttrokken grondwater vermoedelijk vooral uit het zuiden en oosten gaan komen en dus ook zoet blijven. Echter, de ruim hogere

chloride concentraties op slechts 2 km ten noordwesten van de proefput tonen aan dat verzilting op termijn wel degelijk een risico kan zijn, indien het onttrekkingsdebiet van de winning te hoog wordt opgevoerd. Wat het duurzaam winbare debiet is dat niet tot (te grote) verzilting leidt zal aan de hand van een modelstudie bepaald moeten worden. Verticaal gezien is gebleken dat de proefput voorsnog relatief meer ondieper dan dieper grondwater aan heeft getrokken, waardoor de samenstelling van het onttrokken water relatief zoet is en ijzer-, mangaan- en methaanhoudend. Indien er op termijn toch meer water toe zal stromen van onder(in) de bronfilter dan zal dit leiden tot hogere concentraties chloride en boor, en het aantrekken van sulfaat- in plaats van ijzer- en methaanhoudend water. Ook op dit vlak zal op basis van een modelstudie bepaald moeten worden wat het debiet is dat duurzaam gewonnen kan worden zonder ongewenst effect op de samenstelling van het onttrokken grondwater.

#### 4.6 Thermohydrologische metingen (Bense, 2023)

Temperatuur-diepte profielen zijn gemeten op 24 en 29 Augustus 2022 in de proefput en de waarnemingsputten rondom. Daarbij is gebruik gemaakt van een RBR solo<sup>3</sup>T instrument en het principe van de 'stop-go' meting. Daarbij wordt de thermometer elke 10 seconden een meter dieper de peilbuis ingelaten terwijl het instrument elke seconde een temperatuur meting opslaat. Uit de daaruit resulterende tijdreeks van temperatuur wordt een temperatuur-diepte profiel (TDP) geconstrueerd.

In principe neemt de bodemtemperatuur min of meer lineair toe met de diepte, gedreven door stroming van geothermische warmte naar het oppervlak. Deze warmtestroom wordt primair gedreven door geleiding, echter een relatief sterke verticale grondwaterstroming zorgt ook voor verplaatsing van warmte.



Figuur 25 Temperatuur-diepte profielen gemeten te Kruisland, gekleurd naar de optredende patronen dieper dan 15 m-mv: C-vorm of inversie (blauw), alleen toename (rood), afwijkend (roze) (Bense, 2023).

Alle metingen laten een TDP zien waar in de eerste 15 meter de seizoensinvloed zichtbaar is. Vervolgens zijn er twee typen patronen van het verloop met de diepte: een inversie / C vorm (afname, dan toename) of enkel toename. De TDP's met enkel toename zijn gemeten in waarnemingsputten op het proefperceel, de TDP's met een inversie zijn gemeten in omringende waarnemingsputten (>800 meter afstand). Eén TDP (de meest noordelijke waarnemingsput B43G1411) laat een afwijkend patroon zien.

De temperatuur-diepte profielen reflecteren duidelijk de hydrogeologische condities van het gebied. De temperatuurmetingen suggereren dat in de centrale polder water omhoog komt terwijl dat op vrij korte afstand daarvandaan op de flanken van de polder veel minder het geval is. Vanaf een diepte van rond de 120m is de verstoring van het temperatuur-diepte profiel door grondwaterstroming nog maar zeer gering, er is dus waarschijnlijk sprake van een actieve 'ondiepe' en tragere 'diepe' hydrogeologische circulatie, gescheiden door een weerstand biedende laag rondom 120m diepte<sup>7</sup>. Temperatuur profielen die in het gebied genomen zijn tijdens de pomproef lieten op dat moment geen significante veranderingen zien, wellicht vanwege de relatief korte duur van de pomproef.

In het vervolg zouden de temperatuur-diepte profielen gebruikt kunnen worden om de grootte van de kwelfluxen in het gebied te schatten met behulp van 3D warmte transportmodellen. Een dergelijke analyse kan inzicht geven van de huidige waterbalans van het gebied onafhankelijk van bestaande modelberekeningen. Op het moment dat er een winning operationeel is in het gebied zouden regelmatige temperatuur-dieptemetingen gebruikt kunnen worden als monitor voor hydrogeologische veranderingen in het gebied en de mogelijke uitwisseling van ondiep en diep grondwater.

In een student-onderzoek van Luka Nie (WUR) is uit het temperatuurprofiel over de kleilaag van de formatie van Oosterhout een k-waarde afgeleid (Nie, 2023).

#### **4.7 Indicatieve berekeningen herkomst onttrokken water (RHDHV, 2021)**

Indicatieve berekeningen<sup>8</sup> nog vóór uitvoering van de pomproef zijn uitgevoerd met een grondwatermodel ontwikkeld voor de realisatie van de nieuwe winning in West-Brabant. De parameters van dit model zijn gelijk aan het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV, 2019). Met het grondwatermodel is een stationaire berekening uitgevoerd met een winning van 3,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar op de locatie van het proefperceel te Kruisland. De andere winningen onttrekken volgens het gemiddeld geregistreerde debiet van de periode 2009-2016. De stroombanen zijn terug in de tijd berekend, startend vanaf de virtuele locatie van de winning.

Uit de berekende stroombanen volgt dat het grondwater vanuit een zuidelijk/zuidoostelijk richting aanstroomt. Na zowel 10 als 25 jaar onttrekken, komt ongeveer 90% van het water uit het gepompte pakket, de Formatie van Oosterhout, en ongeveer 10% komt uit de Formatie van Breda. Een kleine fractie van het onttrokken water komt uit de Formatie van Maassluis. De stroombanen zijn gelijk verdeeld in alle richtingen.

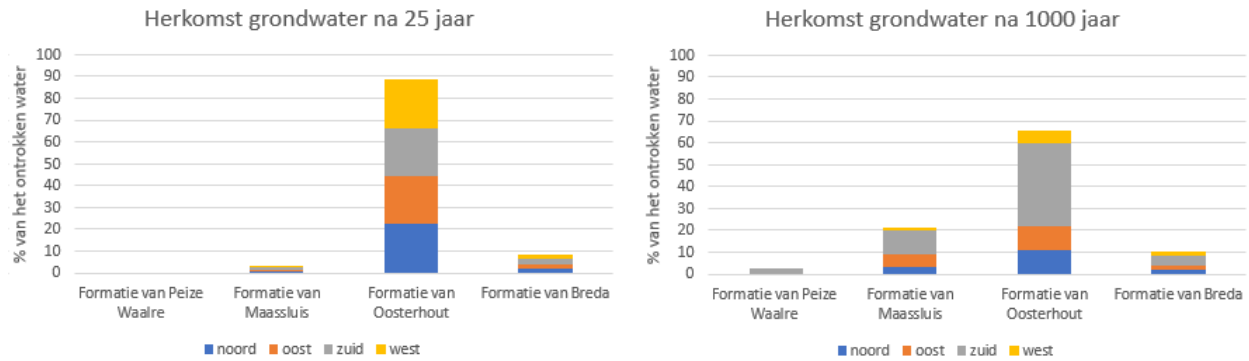
Na 100 en 1000 jaar komt respectievelijk 80% en 65% procent uit de Formatie van Oosterhout. Op langere termijn (100 tot 1000 jaar) komt er meer water uit de bovenliggende Formaties van Maassluis en Peize-Waalre (10% en 25%). De fractie water afkomstig uit de Formatie van Breda komt blijft met 10% ongeveer constant. De doorlatendheid van de Formatie van Breda is beperkt. Daarom is de stroomsnelheid van het grondwater in dit pakket lager dan de andere pakketten. Het grondwater is afkomstig uit de diepere

---

<sup>7</sup> In de boorbeschrijvingen wordt de klei van de Formatie van Oosterhout overigens tussen 95 en 105 m-mv aangetroffen. Mogelijk speelt hier de coarsening upwards in de Formatie van Oosterhout en/of de aanwezigheid van verkitten schelpenlagen een rol?

<sup>8</sup> Op dit moment wordt in het kader van de vrijwillige m.e.r. Kruisland gewerkt aan het definitieve en verbeterde Kruislandmodel, hierin worden (oa) de resultaten van de pomproef verwerkt. In de voorbereiding van de pomproef is een uitsnede van het Brabantmodel2019 gebruikt.

pakketten; geen van de stroombanen komt aan maaiveld in de berekende 1000 jaar. De zuidelijke aanstroomrichting is dominant op de lange termijn.



Figuur 26 Herkomst stroombanen na 25 jaar en 1000 jaar voor een grondwateronttrekking van 3,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar bij Kruisland. De herkomst van de stroombanen is ingedeeld per watervoerend pakket en windrichting (RHDHV, 2021)

Voor de berekeningen met het Kruisland2023-model wordt gekeken naar de mogelijkheden om de Formatie van Oosterhout op te splitsen en aan sublagen aparte k-waardes toe te kennen.





## 5. SYNTHESE EN DISCUSSIE

SYNTHESE RAPPORT POMPPROEF KRUISLAND

## 5. Synthese en discussie

### 5.1 Samenvatting

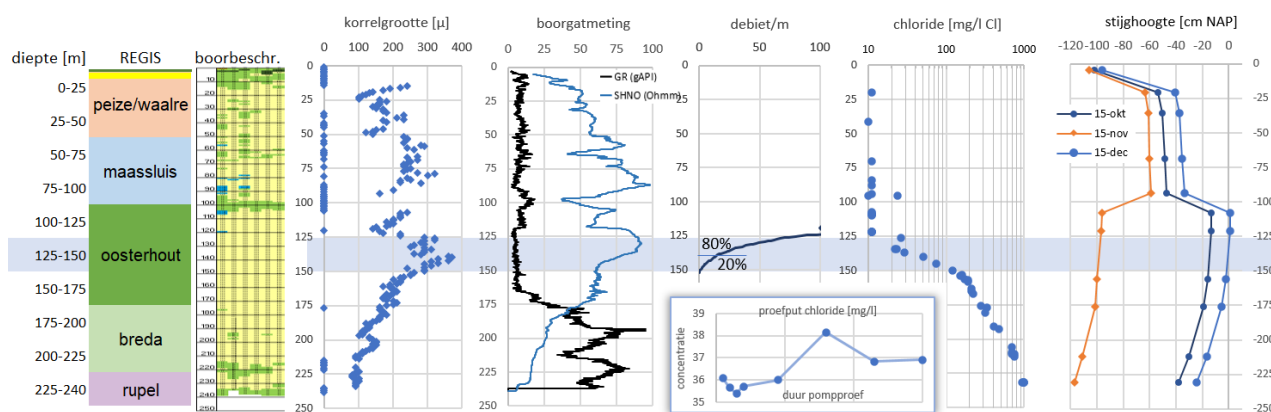
De beoogde winning in de Formatie van Oosterhout wordt afgedekt (en beschermd) door de kleien van deze formatie, ter plaatse van het proefperceel zo'n 10 meter dik aangetroffen in alle boringen. Uit de pompproef komt voor deze kleilaag een weerstand van 2800 – 4200 dagen. Bovenliggende kleilagen (Holoceen en Waalreklei 1) zijn goed voor nog eens 1200 – 1600 dagen weerstand. Naast bescherming van de winning zorgen deze kleilagen ook voor het dempen van de effecten van de onttrekking.

Het bovenste deel van de zanden van de Formatie van Oosterhout bevat grove zanden met veel schelpenresten, meer onderin is het materiaal fijner. Deze 'coarsening upwards' opeenvolging start in de fijne zanden op een diepte van ongeveer 180 m-mv en eindigt op ongeveer 125 m-mv. De korrelgroottes ter hoogte van het onttrekkingsfilter (tussen 124 en 153 m-mv) liggen in de boringen op het proefperceel tussen de 250 en 450  $\mu$  (waarbij waardes groter dan 375  $\mu$  zich in de bovenste helft bevinden). Uit de pompproef komt voor de zanden van de Formatie van Oosterhout een gemiddelde horizontale doorlatendheid van 22 – 23 meter per dag.

Over het traject van het onttrekkingsfilter neemt de chlorideconcentratie toe van 30 naar 150 mg/l. Het onttrokken water tijdens de pompproef heeft echter een chlorideconcentratie tussen de 35 en 38 mg/l. Onder het onttrekkingsfilter is een verdere toename van de chlorideconcentratie tot ruim 1000 mg/l onderin de Formatie van Breda. De korrelgroottes nemen daar af naar 150 $\mu$ .

De flowmeting na realisatie van de put wijst uit dat 80% van het onttrokken water uit de bovenste helft van het onttrekkingsfilter komt. Dit verklaart de lage chlorideconcentraties in het onttrokken water. Het grondwater toont over de gehele diepte tekenen van natuurlijke verzoeting<sup>9</sup>. Een meter of 10 onder het onttrekkingsfilter bevindt zich een scherpe redoxgrens waarbij het grondwater overgaat van ijzer- en methaanhoudend naar sulfaathoudend.

In de Formatie van Breda (dieper dan 180 m-mv) bevatten de sedimenten glauconiet, toenemend tot bijna de maximale boordiepte in de Boom Formatie. Uit de pompproef komt voor de zanden van de Formatie van Breda een horizontale doorlatendheid van 0,5 meter per dag.



Figuur 27 Samenvattend overzicht resultaten pompproef Kruisland. Van links naar rechts: diepte t.o.v. maaiveld, indeling volgens REGIS, boorbeschrijvingen proefperceel, korrelgrootte proefput, boorgatmeting proefput, flowmeting proefput, chloride peilfilters waarnemingsputten proefperceel, (inzet) verloop chlorideconcentratie proefput tijdens pompproef, en stijghoogten voor (okt), tijdens (nov) en na (dec) de pompproef in B49E1472. In blauw de diepte van de onttrekking (124-153 m-mv).

<sup>9</sup> Dus niet als gevolg van de pompproef, maar natuurlijke verzoeting op de geologische tijdschaal

Conclusie: De uitgevoerde geohydrologische onderzoeken en analyses te Kruisland geven geen redenen om te veronderstellen dat het realiseren van een grondwaterwinning ten behoeve van drinkwaterbereiding ter plaatse van het proefperceel niet mogelijk is: de doorlatendheid op de diepte van de beoogde winning is voldoende, en de waterkwaliteit (m.n. chloride) voldoet.

## 5.2 Discussie

In een synthesebijeenkomst met alle betrokken partijen en geohydrologen<sup>10</sup> zijn de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd. Dit leverde interessante en verhelderende inzichten op die in onderstaande paragraaf zijn samengevat.

Met de uitgevoerde onderzoeken en analyses hebben we voldoende informatie om conclusies over bodemopbouw en herkomst te kunnen trekken én om de vervolgonderzoeken (met name met het grondwatermodel) te voeden. Toch blijven er altijd vervolgvragen en zijn er parameters met een grotere onzekerheid dan andere.

### Waalre klei

De dikte en verspreiding van de Waalre klei heeft een onregelmatig patroon. Deze laag bepaalt mede de effecten van de winning richting maaiveld. De geplaatste boringen geven extra informatie over deze kleilaag, maar enkel op de locaties waar boringen zijn gezet. De pompproef geeft vooral algemene informatie: de weerstand boven de laag waaruit wordt onttrokken is een samenvattende somparameter en geeft geen informatie over het lokale kleivoorkomen.

Aanpak: de bekende gegevens uit de boringen worden zo goed als mogelijk verwerkt in het grondwatermodel én getoetst middels de validatie van dat model. Hiermee wordt de onzekerheid in de uitkomsten verkleind. Daarnaast wordt een monitoringsplan opgesteld voor de toekomstige winning. Het nationale project FreshEM, wat later gaat lopen (2024/2025), gaat wellicht nog extra informatie opleveren over de aanwezigheid van ondiepe kleilagen.

### Eigenschappen Formatie van Oosterhout

De invloed van de 'coarsening upwards' en/of de schelpenlagen (al dan niet verkit) bovenin de Formatie van Oosterhout op de herkomst en (verandering van de) waterkwaliteit van het onttrokken water vraagt om aandacht. Uit de analyse van de pompproef komt één doorlatendheid voor deze formatie, met een kleine onzekerheid. Eventuele weerstand zit pas onder deze formatie (tussen F.v. Oosterhout en F.v. Breda). Toch lijkt uit de korrelgroottes en de flowmeting dat er verschil zit over de diepte van de formatie en het gepompte traject. De variatie in de flowmeting valt overigens waarschijnlijk ook te verklaren uit het algemeen bekende toestromingspatroon van een (onvolkomen) filter in een homogeen pakket. En kan dus niet met zekerheid worden toegeschreven worden aan de 'coarsening upwards'.

Aanpak: binnen het grondwatermodel wordt de Formatie van Oosterhout opgedeeld in drie lagen, om per sublaag de eigenschappen te kunnen variëren. We gaan kijken naar (flowmetingen van) vergelijkbare winningen om te zien of bovengenoemde ook daar speelt: hoe zien de flowmetingen er uit en wat is de relatie tussen het zoet-zout grensvlak en de redoxgrens met de winning daar? De uitkomsten zijn met name van belang voor de benodigde zuiveringsinspanning.

### Winveldontwerp

Voor het winveldontwerp van Kruisland bepaalt de winddiepte en capaciteit per winput het benodigd aantal winputten. Het is onzeker of de 80/20 onttrekkingsverhouding uit de flowmeting gelijk blijft als je een korter onttrekkingsfilter neemt wat meer bovenin de formatie. Mogelijk is er impact op de zoet-zout verdeling.

Aanpak: de individuele winputten worden in het grondwatermodel geplaatst (in plaats van rekenen met één puntonttrekking) en de winddiepte wordt aangepast voor het bepalen van het intrekgebied. Op deze manier wordt het winveld zo nauwkeurig mogelijk meegenomen in het grondwatermodel.

---

<sup>10</sup> Bijeenkomst op 12 juni, zie ook [Afl levering 12: de resultaten zijn binnen! | LinkedIn](#).

**Overige opmerkingen**

-Niet alle waarnemingsputten bereiken tijdens de pompproef de 'steady state': zit de oorzaak in lokale verschillen in bodemopbouw? Als er verschillen zijn biedt dit kansen om nader onderzoek te doen naar heterogeniteit. Vraag is wel of het extra en nuttige informatie oplevert.

-in hoeverre beïnvloedt de (noordwaarts gerichte) regionale stroming de resultaten, en is dit zichtbaar in de metingen?

-Put B43G1411 is een 'rare put' in meerdere opzichten (temperatuurprofiel, correlatie tussen weerstand en chloride), tijdens het boren was er veel kleival. Mogelijke oorzaak is dat dit een zoutere put is.

-De aanwezigheid van ondiepe veenlaagjes in de uitgevoerde boringen in beeld brengen vanwege het zettingsrisico.

-Voor de weergave van de effecten én onzekerheden kun je overwegen een kanskaart te maken in plaats van (of naast) een verlagingskaart.

**Risico's**

Voor de toekomstige winning Kruisland zien de betrokken partijen diverse risico's en benoemen ze de opties voor vervolgonderzoek (Bijlage 7.5). Ook tijdens de synthesebijeenkomst worden risico's benoemd.

De risico's zijn op hoofdlijnen:

- De onzekerheid in de aanwezigheid en dikte (weerstand) van de deklaag en de Waalreklei in relatie tot berekening van de effecten van de winning aan maaiveld.
- De toestroom van een significante fractie van het onttrokken water van benedenstreams of dieper uit het pakket. Dit kan leiden tot verzilting, versnelde putverstopping door het samenbrengen van verschillende redoxtypes, en eventuele andere chemische reacties (verwerking glauconiet of ijzerhydroxiden).
- Het mogelijk optreden van zetting en het correct inventariseren van de gevolgen daarvan voor de bebouwing (zijn alle huizen onderheid?).

**Toekomst: geohydrologisch onderzoek brakwater**

Binnenkort gaan we starten in Genderen/Drongelen met een soortgelijke pompproef in de (brakke) Formatie van Oosterhout. Aandachtspunten die genoemd worden:

- Kijk vooraf al of je een goede 'stambuis' hebt voor de analyse van de pompproef
- Het aantal ingehangen sensoren was ruim genoeg: dat is goed en biedt voldoende zekerheid, iets minder zou kunnen, maar je moet wel goed functionerende sensoren hebben.
- Een maand onttrekken is waarschijnlijk lang genoeg, dit biedt ruimte om te variëren in het debiet tijdens de proef (ofwel de pompproef, ofwel de bovenliggende winning Drongelen).
- Als je minder hard pompt kun je de bergingscoëfficiënt beter bepalen, maar heb je het risico dat je geen stationaire toestand bereikt.
- Een analyse van metingen rondom de stop/start van Drongelen (bij werkzaamheden voor de renovatie) kan meer informatie opleveren die nuttig is voor het vormgeven en uitvoeren van de brakke pompproef.



### 5.3 Vervolg

Aan de hand van het Plan van aanpak grondwatermodel is RHDHV bezig met de modellering, als onderdeel van het m.e.r. traject<sup>11</sup>. De opmerkingen uit de synthesebijeenkomst worden daarin meegenomen.

---

<sup>11</sup> [Onderzoek nieuwe drinkwaterbron Kruisland | Brabant Water | bewust. natuurlijk.](#)





## 6. BRONNEN

SYNTHE RAPPORT POMPROEF KRUISLAND

## 6. Bronnen

*Artesia, 2020.* Pompproef winning West, voorbereiding

*Artesia, 2023.* Pompproef Kruisland, analyse

*Bense, 2023.* Thermohydrologische metingen potentiële grondwaterwinning Kruisland

*Deltares, 2022.* Uitwerking boorgatmetingen Kruisland en omgeving

*KWR, 2020.* Verziltingscondities en te verwachten grondwaterkwaliteit in zoekgebied nieuwe winning west Brabant

*KWR, 2023.* Grondwaterkwaliteit bij de nieuwe waterwinlocatie in Kruisland: analyse van de nulmeting en pompproef

*Nie, 2023.* Delineating an aquitard from TDP for inferring the hydraulic conductivity of the Oosterhout aquitard.

*Oosterwijk, 2021.* PVA Pompproef

*Oosterwijk, 2022.* Diverse afleveringen op LinkedIn onder de titel 'Geohydrologisch Onderzoek'

*Oosterwijk, 2022.* Waterkwaliteit Kruisland, update augustus 2022

*RHDHV, 2021.* Effectberekening pompproef.

*RHDHV, 2022.* Systemanalyses natuurgebieden rondom Kruisland.

*TNO, 2023.* Geohydrologisch onderzoek Kruisland e.o. Boorbeschrijvingen en monsteranalyses



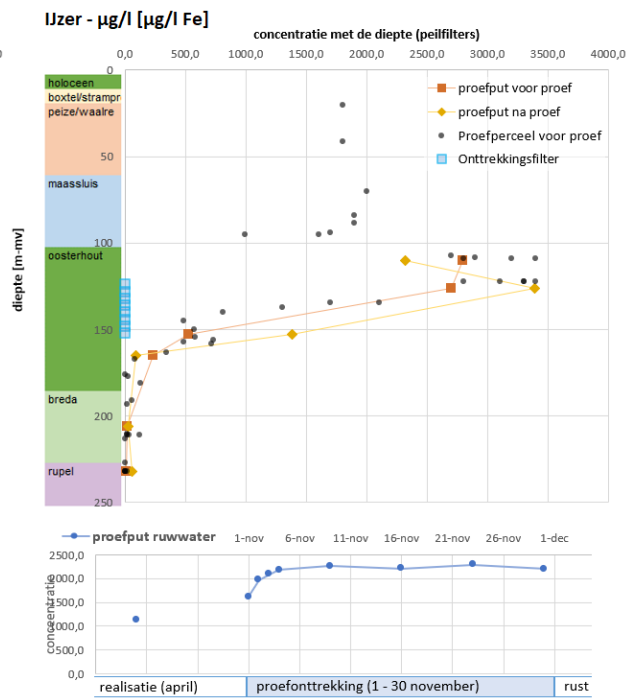
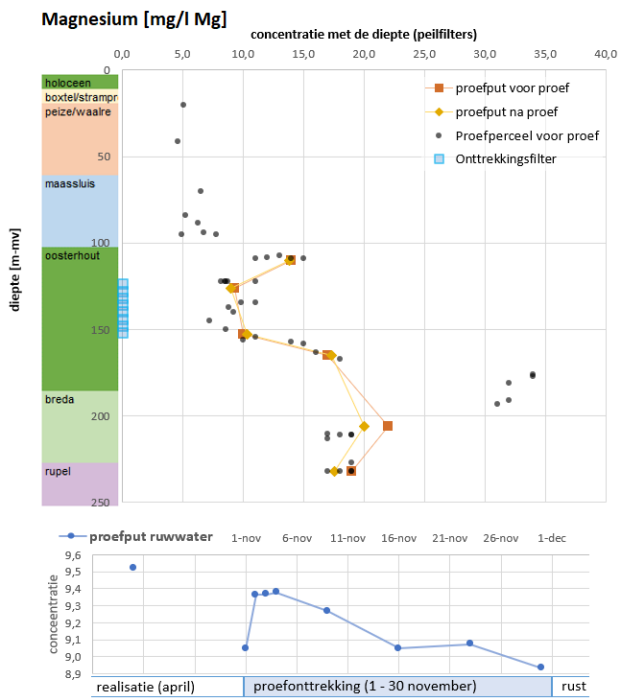
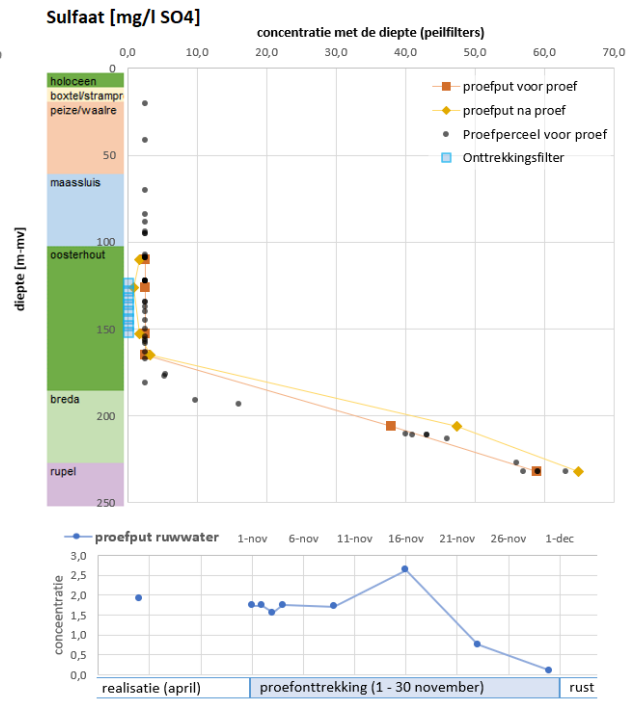
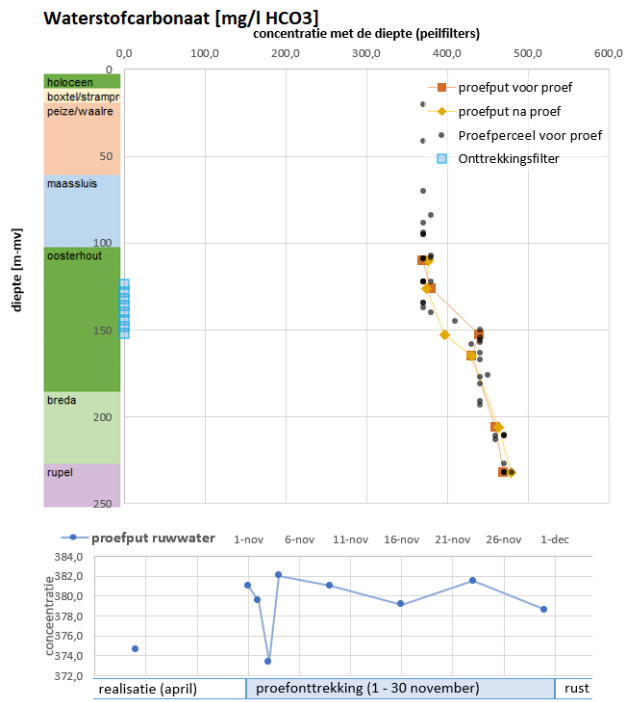


## 7. BIJLAGEN

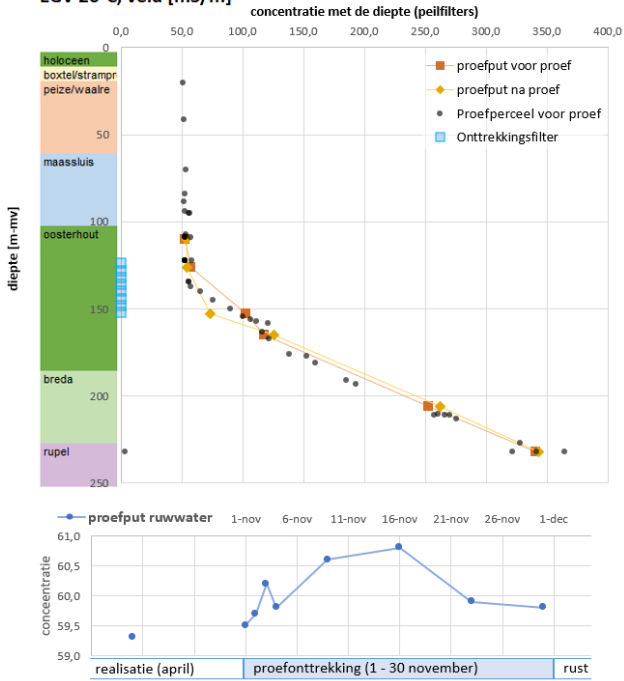
SYNTHE RAPPORT POMPROEF KRUISLAND

## 7. Bijlagen

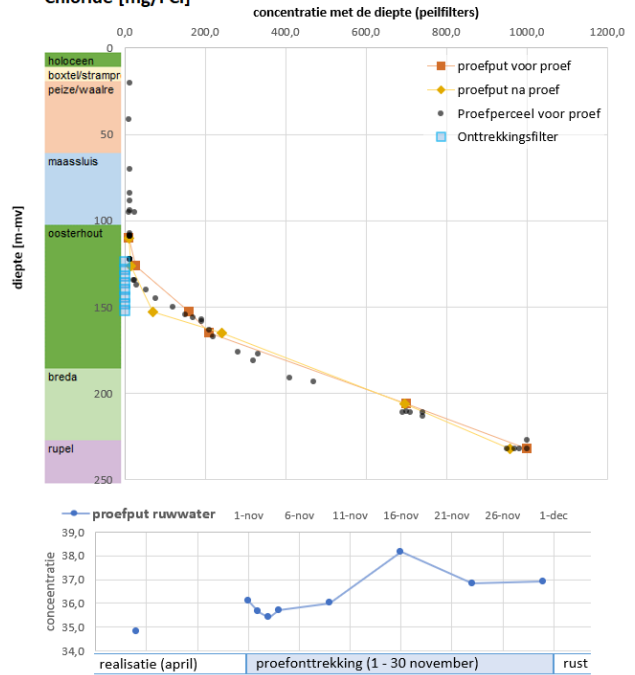
### 7.1 Figuren nulmeting op het proefperceel, meting filters proefput en ruwwater pompproef



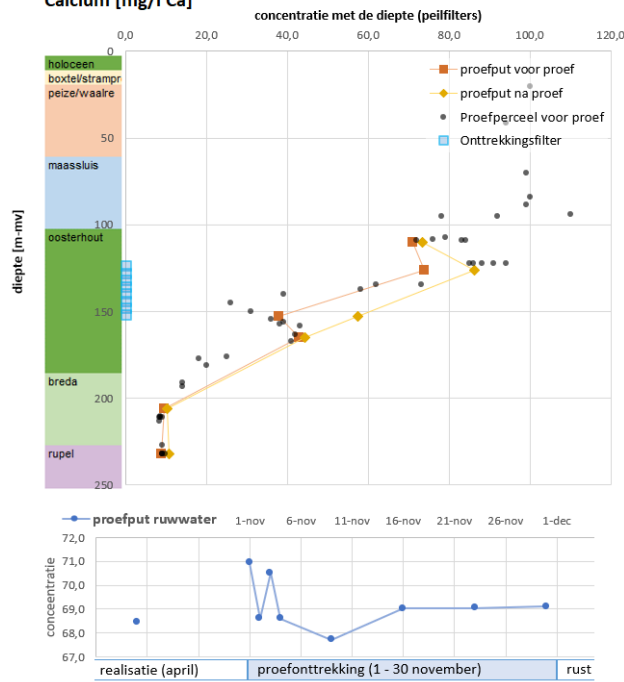
EGV 20°C, veld [mS/m]



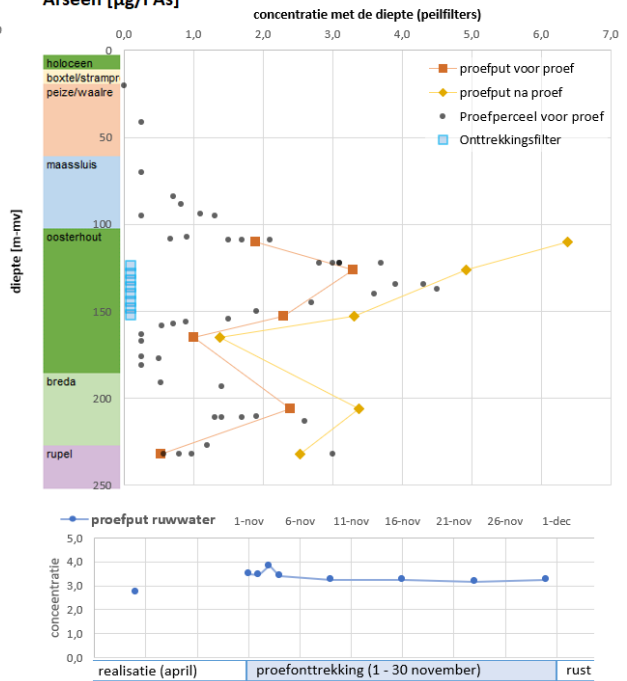
Chloride [mg/l Cl]



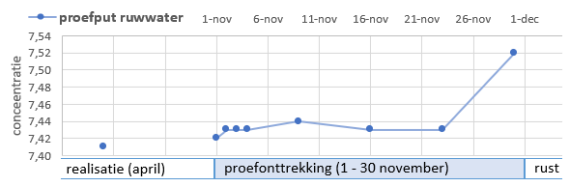
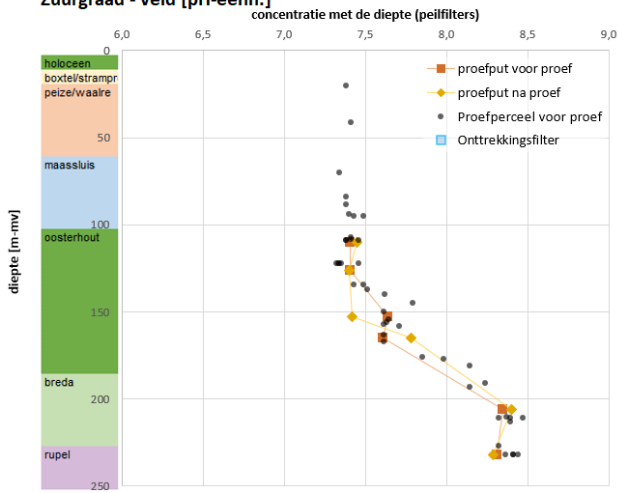
Calcium [mg/l Ca]



Arseen [µg/l As]

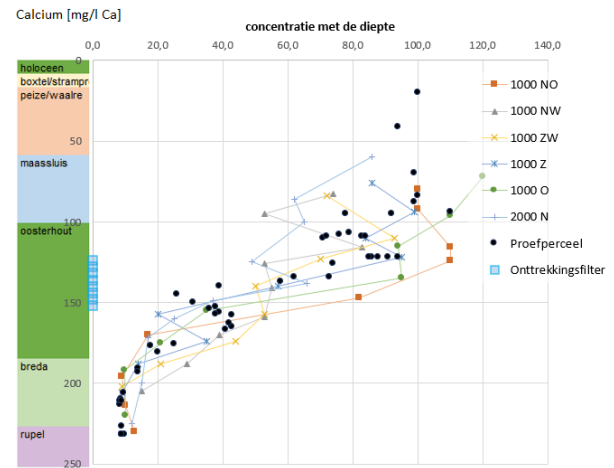
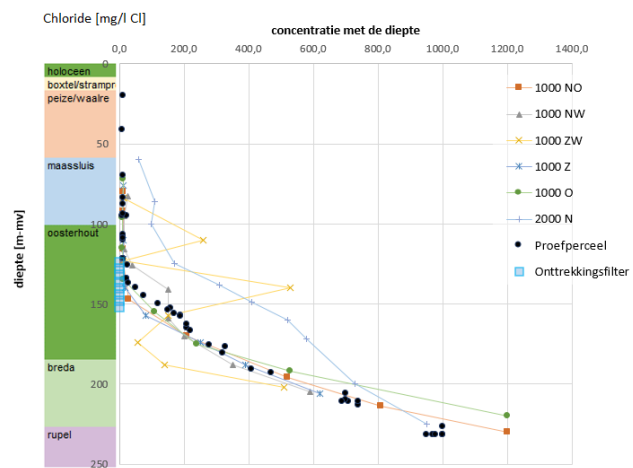
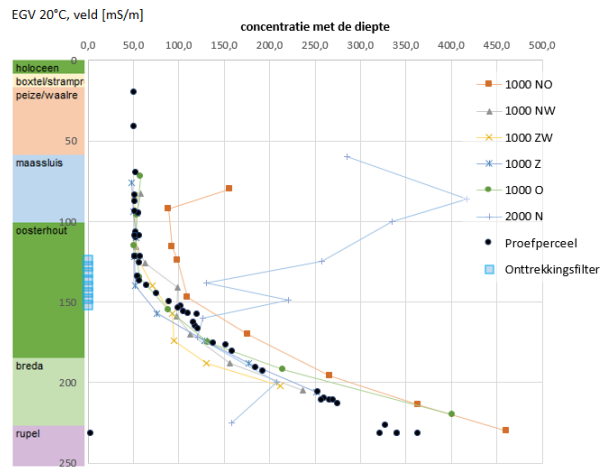
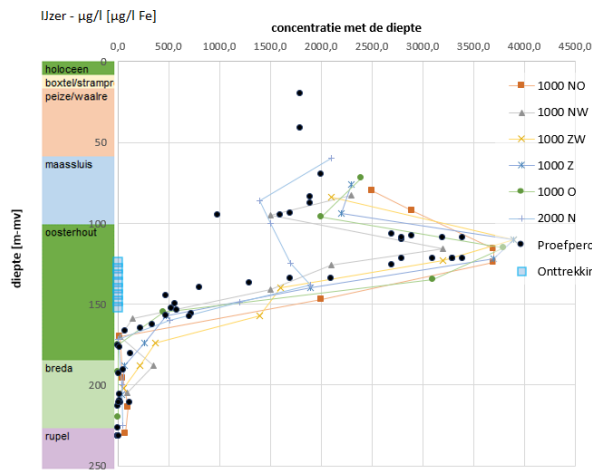
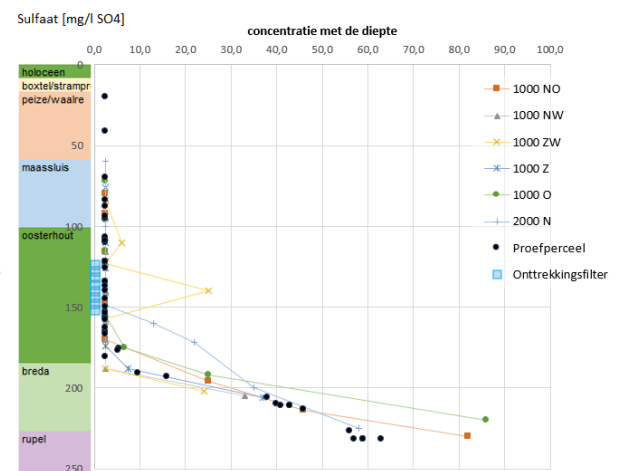
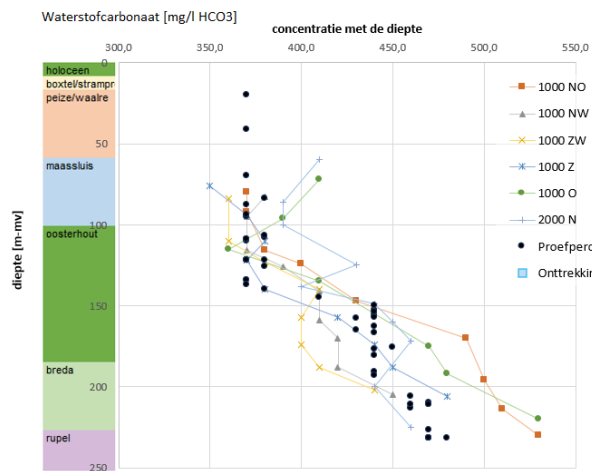


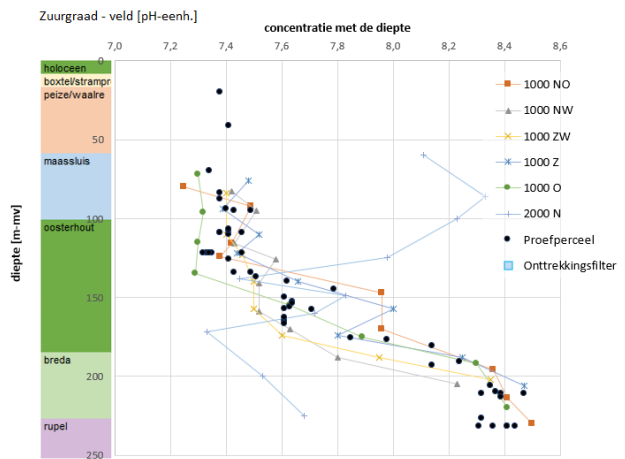
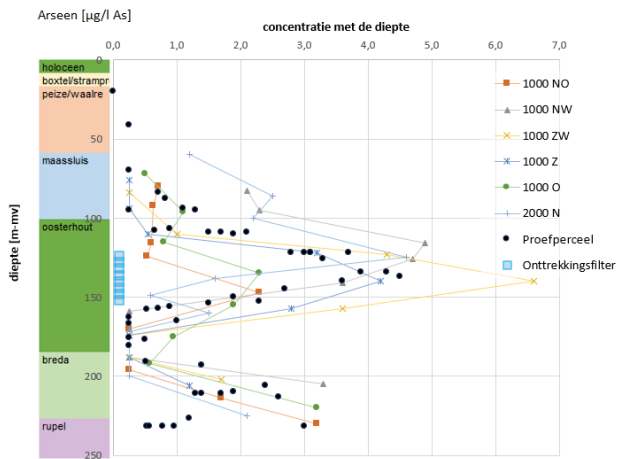
Zuurgraad - veld [pH-eenh.]





## 7.2 Figuren waarnemingsputten (nulmeting)





### 7.3 Resultaten monsternames

Rijlabel	EGV 20°C, veld (m5/m)	EGV 20°C, veld-µs/cm (µs/cm)	Fluoride (µg/l)	Kalium (µg/l)	Organisch koolstof, opgelost (mg/l C)	Fosfaat, ortho (µg/l P)	Strontium (µg/l Sr)	Sulfaat (µg/l SO4)	WATERSTOFKARBONaat (µg/l Al)	Aluminium (µg/l Al)	Ammonium - NH4 (mg/l NH4)	Arsen (µg/l As)	Barium (µg/l Ba)	Bor- (µg/l B)	Bromide (µg/l Br)	Calcium (mg/l Ca)	Chloride (mg/l Cl)	IJzer- (µg/l Fe)	Magnesium (mg/l Mg)	Mangaan (µg/l Mn)	Methaan (µg/l CH4)	Molybdeen (µg/l Mo)	Natrium (µg/l Na)	Nikkel (µg/l Ni)	Zuurgraad d(-ve) (pH-eenh.)	Zuurgraad (pH-eenh.)	Koolstofdioxide (mg/l CO2)	
TIDSTIP 1: bij oplevering put (nulmeting)																												
PP OCP-124-153	59	59	12		0,12	2,5	370	1,5	0,67	2,7	2,7	440			68	35	11800	9,5	29	1,2			59	2	7,41	7,41	22	
PP OCP-p003, 108-110	52,9	52,9	17			2,5	370	1,5		1,9	5,5	170	0,038	71	11	2800	14	73										
PP OCP-p004, 124-126	57,2	57,2	12			2,5	380	1,5		3,3	2,2	320	0,089	74	26	2700	9,3	34										
PP OCP-p005, 151-153	103	103	14			2,5	440	3,5		2,3	10	1000	0,57	38	160	530	10	22										
PP OCP-p006, 163-165	118	118,3	18			2,5	430	3,1		1,4	14	500	0,76	43	210	230	19	19										
PP OCP-p007, 204-206	252	253	30			38	460	7,3		2,4	3,3	3000	2,4	9,5	700	19	22	9,7										
PP OCP-p008, 230-232	341	341	30			59	470	6,7		0,54	8,3	3600	3,4	8,9	1000	7,6	19	7,5										
WP B49E1470-p005, 86-88	51,9	51,9	3,8			2,5	370	1,5		0,82	15	120	0,034	99	11	1900	6,3	71	1,5									
WP B49E1470-p006, 106-108	52,6	52,6	15			2,5	380	1,5		0,66	4	140	0,034	76	11	2900	12	68	1,6									
WP B49E1470-p007, 120-122	52,5	52,5	8,7			2,5	380	1,5		2,8	3,8	160	0,036	91	11	3400	8,5	43	1,6									
WP B49E1470-p008, 132-134	55,3	55,3	13			2,5	370	1,5		3,9	2,5	360	0,073	73	22	2100	9,8	30	1,1									
WP B49E1470-p009, 146-150	89,7	89,7	13			2,5	440	7,8		1,9	8,8	1000	0,42	31	120	570	8,6	7,7	0,066									
WP B49E1470-p010, 165-167	121	121,4	19			2,5	440	1,5		0,25	15	300	0,81	41	220	76	18	3	0,01									
WP B49E1470-p011, 209-211	266	266	27			43	470	4,9		1,3	1,2	3100	2,5	8,6	710	31	19	4	0,01									
WP B49E1470-p012, 230-232	341	341	30			59	470	9,5		0,57	5,9	3700	3,4	9	970	2,5	19	8,7	0,01									
WP B49E1471-p010, 18-20	51,1		2		0,28	2,5	370	1,5	1						100	11	1800	5,1	78				9,1		2,5	7,41		
WP B49E1471-p012, 39-41	51,4		2,4		0,28	2,5	370	1,5	0,69	2,5				380	10	1800	4,6	46					20		0,25	7,41		
WP B49E1471-p013, 82-84	52,2		2,8		0,29	2,5	380	1,5	1,4	0,71				150	0,038	100	11	1900	5,2	71			11		0,25	7,38		
WP B49E1471-p014, 105-107	53	0,13	14	3,3	0,24	540	2,5	430	1,5	0,91	5,9	5,8	120	0,037	75	11	2700	13	63	1,4	0,5	1,6	0,5	1,6	0,25	7,41		
WP B49E1471-p015, 120-122	52,4	0,14	10	3,6	0,26	590	2,5	370	1,5	0,37	3	4,1	140	0,036	88	11	3300	8,2	47	1,5	0,5	1,7	0,5	1,7	0,25	7,35		
WP B49E1471-p016, 132-134	55,4	0,17	14	4,2	0,22	410	2,5	370	1,5	0,91	4,3	3,6	420	0,077	62	23	1700	11	36	0,84	0,5	4,5	0,25	7,49				
WP B49E1471-p017, 143-145	75,4	0,31	11	6,4	0,17	190	2,5	410	3,2	0,71	2,7	5,4	990	0,28	26	75	480	7,2	1,2	0,21	2,2	1,50	0,25	7,79				
WP B49E1471-p018, 154-156	106	0,41	14	5	0,059	390	2,5	440	1,5	0,72	0,89	10	1000	0,6	39	170	730	10	4,6	0,042	2,3	210	0,25	7,63				
WP B49E1471-p019, 161-163	116	0,52	16	4,4	0,034	860	2,5	440	3,1	0,69	0,25	13	920	0,74	42	210	340	16	6,4	0,12	0,5	200	0,25	7,61				
WP B49E1471-p020, 174-176	138	1,1	22	3,1	0,045	5000	5,4	450	3,6	0,94	0,25	9,8	1200	0,98	25	280	2,5	34	7	0,01	0,5	260	0,25	7,85				
WP B49E1471-p021, 209-210	260	2,4	25	3,1	0,083	630	40	470	6,8	0,93	1,9	2,4	2800	2,3	8,6	700	170	17	8	0,01	3,4	530	0,25	8,37				
WP B49E1471-p022, 230-232	334	2,7	30	3,6	0,069	460	57	470	8,7	1	0,79	7,3	3700	3,3	9	950	2,5	18	12	0,01	5	800	0,25	8,44				
WP B49E1472-p004, 68-70	52,9	52,9	2,9			2,5	370	1,5		0,25	16	67	0,033	99	11	2000	6,5	56	2,5									
WP B49E1472-p005, 93-95	56,4	56,4	7,2			2,5	370	1,5		1,3	8,2	250	0,075	78	24	990	7,8	49	1,4									
WP B49E1472-p006, 107-109	52,7	52,7	17			2,5	370	1,5		1,7	5,9	140	0,037	72	11	3400	15	61	1,9									
WP B49E1472-p007, 120-122	52,3	52,3	7,5			2,5	370	1,5		3,1	7,8	130	0,037	86	11	3100	8,7	62	1,8									
WP B49E1472-p008, 138-140	65,3	65,3	13			2,5	380	1,5		3,6	4,6	740	0,17	39	51	810	9,2	15	0,43									
WP B49E1472-p009, 151-152	111	111,1	16			2,5	440	1,5		0,71	12	390	0,66	38	130	480	14	3,8	0,033									
WP B49E1472-p010, 175-177	152	151,7	25			5,3	440	1,5		0,5	7,8	1400	1,1	18	330	23	34	9,3	0,01									
WP B49E1472-p011, 211-213	275	275	28			46	460	8,6		2,6	9,6	3400	2,5	8,4	740	2,5	17	24	0,01									
WP B49E1472-p012, 230-232	364	364	29			63	480	11		3	17	3600	3,6	9,8	1000	2,5	17	31	0,01									
WP B49E1473-p005, 93-95	55,7	55,7	2,5			2,5	370	1,5		0,25	9	380	0,036	92	10	1600	4,9	52	1,2			24			7,49	7,42	21	
WP B49E1473-p006, 107-109	56,8	56,8	15			2,5	370	1,5		1,5	4,9	98	0,041	83	11	3200	11	73	1,5			15			7,46	7,39	23	
WP B49E1473-p007, 120-122	57,5	57,5	15			2,5	370	1,5		3,7	4,5	130	0,038	85	11	3300	11	44	1,7			14			7,46	7,35	25	
WP B49E1473-p008, 154-158	120,9	120,9	17			2,5	430	1,5		0,54	12	890	0,68	43	700	710	15	3,8	0,036							7,71	7,6	17
WP B49E1473-p009, 179-181	159,1	159,1	29			2,5	440	1,5		0,25	2	1400	1,1	20	300	130	32	4	0,01							8,14	7,98	7,1
WP B49E1473-p010, 189-191	184,5	184,5	30			9,7	440	3,4		0,52	2,9	2000	1,5	14	410	536	32	6,9	0,01							8,24	8,11	5,3
WP B49E1473-p011, 209-211	256,9	256,9	27			41	470	7,40		1,4	4	3100	2,3	8,4	690	120	18	4,9	0,01							8,47	8,3	0,5
WP B49E1473-p012, 230-232	321,7	321,7	29			59	470	7,7		0,97	7,4	3600	3,2	9	980	15	19	11	0,01							8,41	8,27	3,9
WP B49E1474-p005, 92-94	52,2	52,2	2,1			2,5	370	1,5		1,1	7,6	190	0,035	110	11	1700	6,7	80	1,8									
WP B49E1474-p006, 107-109	52,4	52,4	13			2,5	370	1,5		2,1	10	100	0,042	84	11	2800	14	94	1,8									
WP B49E1474-p007, 120-122	52,2	52,2	6,4			2,5	370	1,5		2,5	370	1,5	0,036	94	11	2800	8,6	59	1,9									
WP B49E1474-p008, 135-137	57	57	12			2,5	370	1,5		4,5	4,6	540	0,097	58	29	1300	8,8	28	0,66									

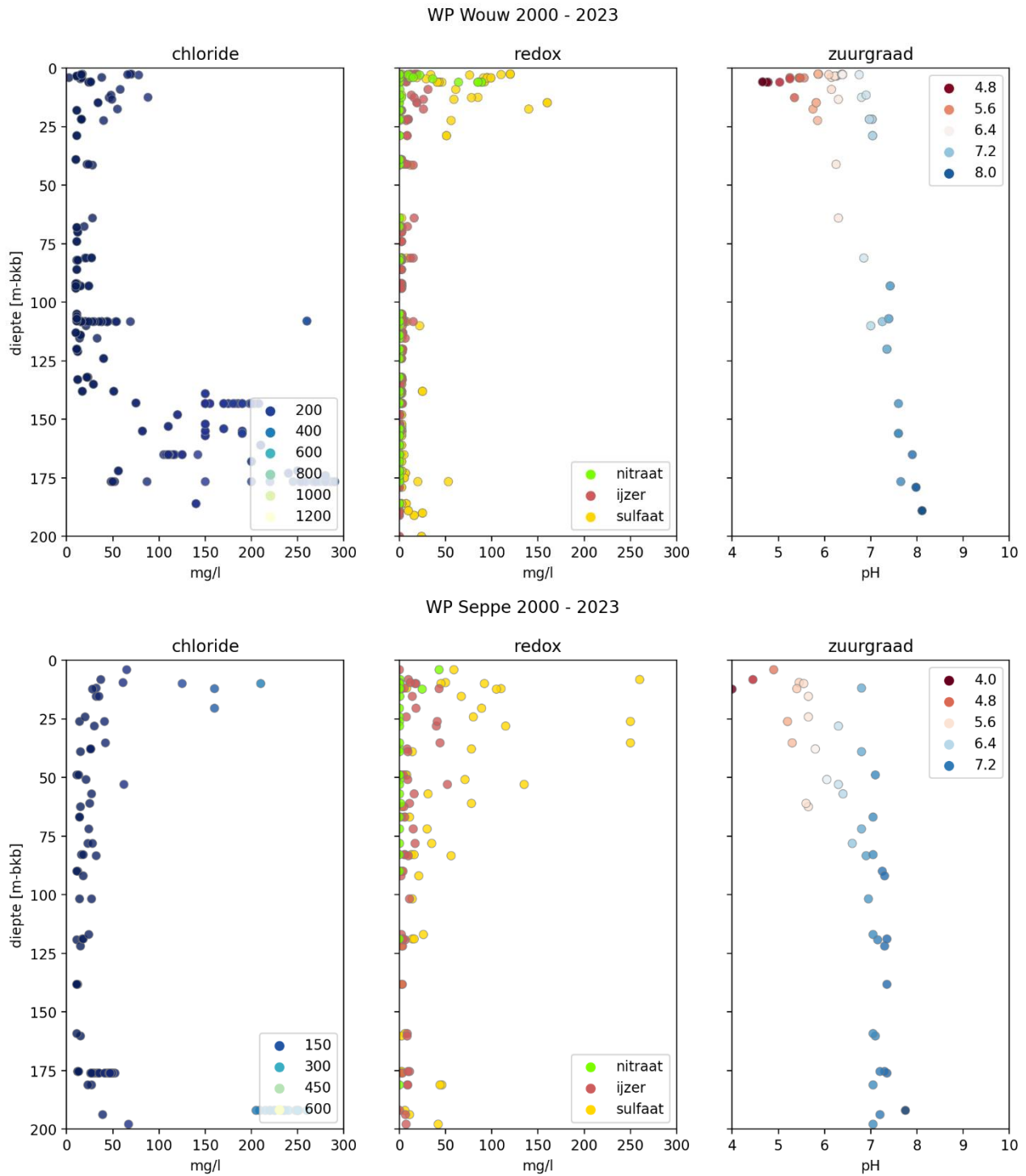
### 7.4 Vergelijking andere winningen

Roosendaal (diep): 100 – 135 m-NAP

Seppe: 140 – 200 m-NAP

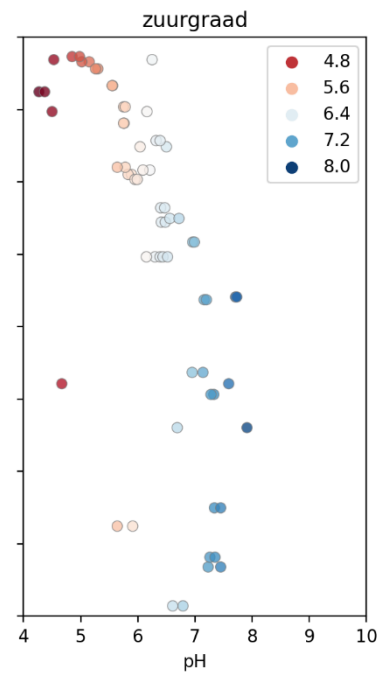
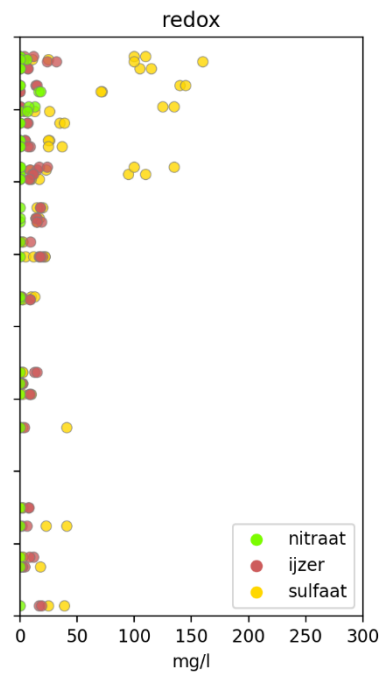
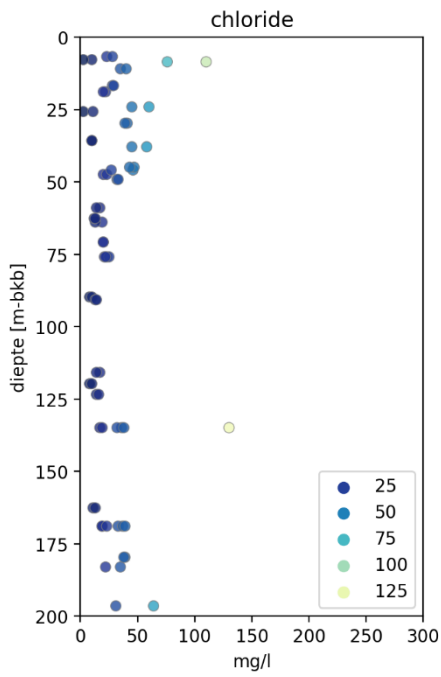
Wouw: 100 – 140 m-NAP

Schijf: 90 – 150 m-NAP

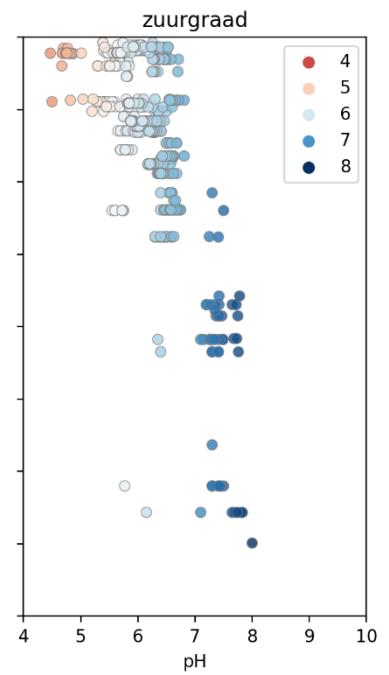
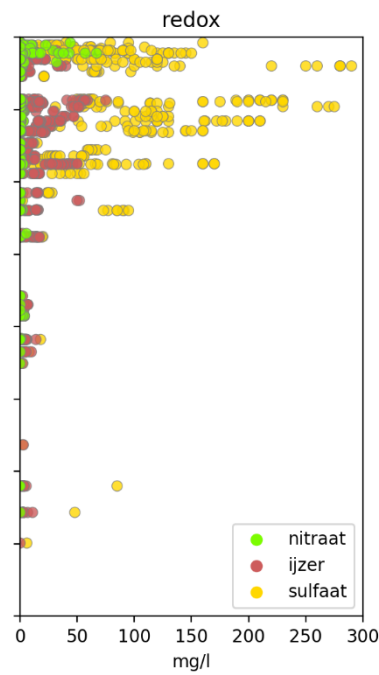
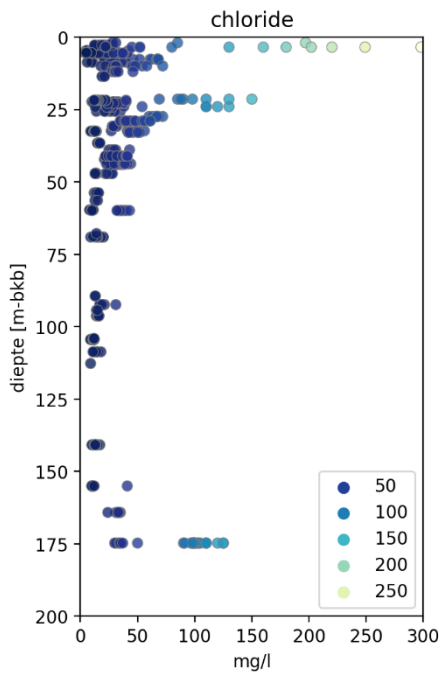




WP Schijf 2000 - 2023



WP Roosendaal 2000 - 2023



## 7.5 Risico's en opties vervolgonderzoek

Onderstaand de feedback uit een mailinventarisatie bij de partijen die de diverse onderzoeken hebben gedaan. Voorafgaand aan de synthesebijeenkomst van 12 juni. De vraagstelling: 'Wat zie je vanuit jouw onderzoek en expertise als het grootste risico in aanloop naar de nieuwe winning en bij het realiseren en bedrijven van de nieuwe winning? en: Wat is, gezien vanuit jouw analyse, het nog benodigde vervolgonderzoek?' Onderstaand de reacties van de verschillende bedrijven. Hierbij moet opgemerkt dat ieder voor zich wat heeft bedacht, maar dat integrale afstemming tussen de uitgevoerde onderzoeken, en weging van het nut van voorgestelde opties nog niet heeft plaatsgevonden.

Floris Verhagen, RHDHV: "Als grootste risico zie ik de onzekerheid in de dikte van de Waalreklei en daarmee de onzekerheid om effecten aan maaiveld te kunnen berekenen.

Als vervolgonderzoek zie ik de noodzaak van een goede monitoring om de resultaten uit modellering met metingen te kunnen vergelijken. En zo te toetsen of de voorspelde effecten ook werkelijk kloppen."


Gilian Schout, KWR: "Grootste risico is dat er op termijn toch een significante fractie van het onttrokken water toestroomt van dan wel benedenstrooms, of van dieper uit dezelfde watervoerende laag. Dit kan namelijk leiden tot (1) verzilting, (2) het samenbrengen van verschillende redoxtypes en daardoor versnelde putverstopping en (3) andere chemische reacties die nadelig zijn voor de grondwaterkwaliteit (denk aan versnelde verwerking van glauconiet of ijzerhydroxiden).

Vervolg: Met input vanuit de pompproef en op basis van geüpdatete grondwatermodellen de stroombanen van het toestromende grondwater en onzekerheid hierin bepalen, voor de situatie waar de winning volledig in bedrijf is. Met die resultaten in de hand kunnen wij beginnen met reflecteren op wat dat zou betekenen voor de waterkwaliteitsontwikkeling op lange termijn en bij veel grotere onttrekkingsdebieten dan dat van de pompproef. Daaruit moet dan blijken of nieuw geochemisch onderzoek van nut kan zijn, maar daarnaast bijvoorbeeld ook wat een geschikte monitoringsopzet is."

David Brakenhoff, Artesia: "De belangrijkste onzekerheid is de weerstand van de hoger gelegen lagen, en met name de deklaag. Deze is namelijk bepalend voor het freatische effect van de winning. Vervolgonderzoek: Twee mogelijkheden om daar mee om te gaan: 1. een pompproef in een hoger gelegen watervoerende laag uitvoeren. of 2. het goed meenemen van de onzekerheid t.a.v de weerstand van de deklaag in een effectenstudie."

Victor Bense, WUR: "Vervolg onderzoek voor wat betreft de temperatuurmetingen lijkt mij nuttig. Met behulp van warmte transport modellering kan dan meer kwantitatief conclusies getrokken worden wat betreft de sterkte van de huidige grondwater circulatie op grond van deze metingen, onafhankelijk van wat er in een grondwatermodel berekend wordt. Een meer gedetailleerde analyse van de relatie tussen geologische opbouw en thermische eigenschappen lijkt mij ook essentieel, maar dat is dacht ik ook iets dat al bij TNO gebeurd.

Wat betreft de risico's, de temperatuur metingen suggereren niet dat er sterkte diepe kwel optreedt, maar in hoeverre diep en ondiep grondwater gaan bijdragen aan de stroming naar een putten veld hangt natuurlijk sterk af van de weerstand van de Oosterhout klei(schelpen?). Hoe goed is die nu eigenlijk bekend en is duidelijk hoe de onzekerheid daarin leidt tot verschillende scenarios voor de uiteindelijke impact van een winning en op de herkomst van het water dat naar de put stroomt?"



[www.brabantwater.nl/kruisland](http://www.brabantwater.nl/kruisland)

## SYNTHESE RAPPORT POMPPROEF KRUISLAND