



KWR2016.117 | Februari 2017

Aquifer storage and recovery van gezuiverd effluent Nieuw Prinsenland (Dinteloord)

Aquifer storage and recovery van gezuiverd effluent Nieuw Prinsenland (Dinteloord)

KWR 2016.117 | Februari 2017

Opdrachtnummer

400531

Projectmanager

drs. Luc Palmen

Opdrachtgever

TKI Watertechnologie, TOM
(Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij C.V.)

Kwaliteitsborger(s)

Prof. dr. Pieter Stuyfzand

Auteur(s)

Dr. Koen Zuurbier, Steven Ros MSc.

Verzonden aan

Dhr. P. Janmaat (TOM)



Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken.

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie

Dr. Koen Zuurbier
T 030 60 69 666
E koen.zuurbier@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

KWR | Februari 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

Samenvatting

Projectdoelen

- Hoofddoel:** Gefundeerde uitspraken doen over de kansrijkheid van het ondergronds bergen en terugwinnen van gietwater op de locatie Nieuw Prinsenland.
- Subdoelen:**
- A. Specifieke informatie te verkrijgen over de fysische en chemische samenstelling van de ondergrond middels proefboring. Bepalen diepte van de laagscheidingen.
 - B. Ontwerpen en realiseren eerste ASR-put voor optimale terugwinning
 - C. Parameterisatie van de hydraulische eigenschappen van de ondergrond (doorlatendheid, porositeit)
 - D. Proof of concept: uitvoeren infiltratieproef om prestaties van de winput met de putconfiguratie te valideren en om inzicht te geven in de ontwikkeling van de gietwaterkwaliteit tijdens ondergronds verblijf.

Uitkomsten

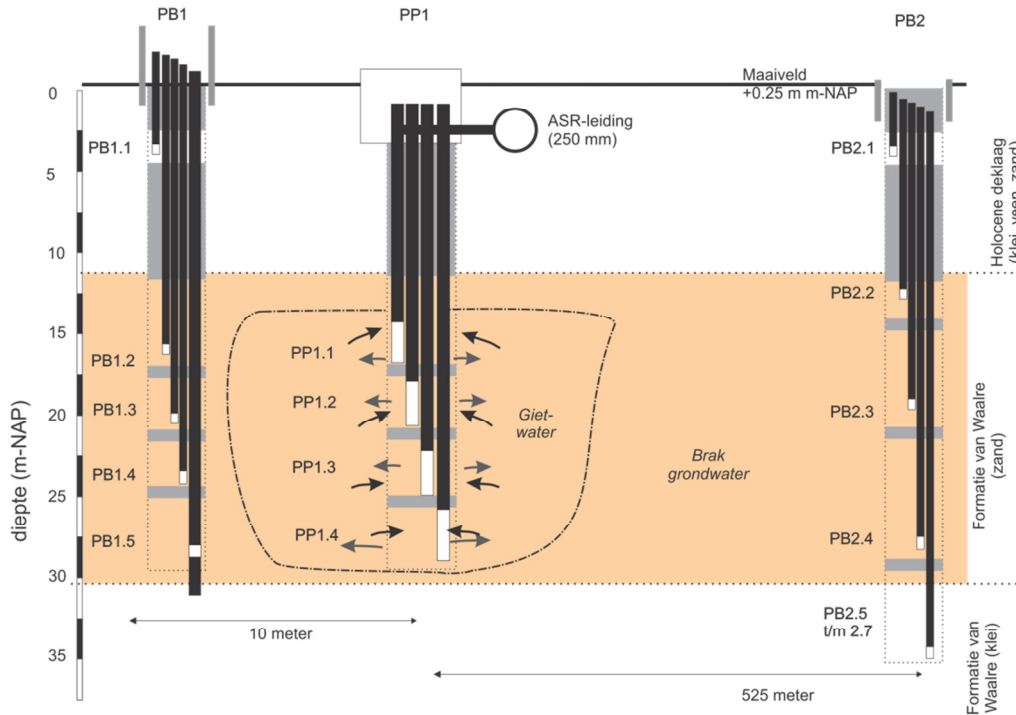
A. Fysisch-chemische samenstelling ondergrond ter plaatse ASR-locatie Nieuw Prinsenland

Een geschikte zandlaag is aangetroffen tussen ca. 10 en 30 m diepte. Het aanwezige fijne zand bevat met name bovenin organische stof, kalk en enkele inschakelingen van klei. Het aanwezige grondwater is zoet (Cl: 28 -54 mg/l) en heeft een EC van ca. 0.7 mS/cm. Het grondwater is ongeschikt als gietwater door hoge concentraties Na, Fe, Mn; het is voor gietwater te 'brak'.

Van +NAP	Tot m+NAP	Omschrijving	Hoofdlithologie	Korrel- grootte (μm)	Grondwater
0	-10	Formatie van Naaldwijk	Klei, zand (matig tot fijn), veen	-	
-10	-20	Formatie van Waalre	Zand, zeer fijn, bevat kleilagen <i>0.8-1.6% CaCO₃ / 0.6 - 2.2% org. stof</i>	150	Zoet
-20	-28	Formatie van Waalre	Zand, matig fijn <i>0.1 - 0.6% CaCO₃ / 0.2 - 0.4% org. stof</i>	215	Zoet
-28	-48	Formatie van Waalre	Klei, licht zandig, met zand gelaagd	-	-

B. Ontwerp eerste ASR-put ASR Nieuw Prinsenland

Een eerste ASR-put is eind 2015 gerealiseerd en begin 2016 in bedrijf gesteld. Deze bestaat uit 4 pompfilters welke onafhankelijk (online) bediend kunnen worden. De ASR-put ('PP1') is vergezeld van twee peilbuisnesten (PB1, PB2) voor monitoring van het grondwater op verschillende diepten.



C. Parameterisatie van de ondergrond

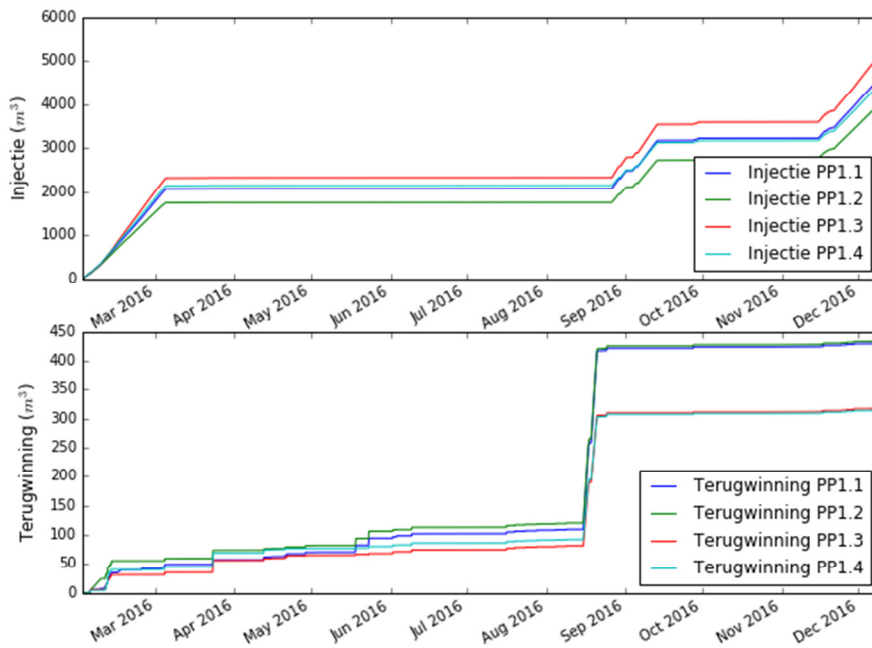
Op basis van een pompproef is vastgesteld dat de kD -waarde van de ondergrond op de ASR-locatie $144 \text{ m}^2/\text{d}$ is. De bijbehorende K_h waarde is 6 tot $18 \text{ m}/\text{d}$ in verschillende secties van de aquifer. De porositeit van het zandpakket is gemiddeld 0.3 tot 0.35.

D. Proof of concept

Tijdens een testcyclus uitgevoerd tussen februari en augustus 2016 is ruim 8.000 m^3 geïnfiltrerd en 1.445 m^3 onttrokken. Monitoring heeft aangetoond dat:

- het gietwater (effluent na RO, zeer zoet) met een constant debiet kan worden geïnfiltrerd ($11 - 13 \text{ m}^3/\text{h}$): verstopping vindt niet of nauwelijks plaats en kan naar verwachting met backflushen van de bron geheel worden voorkomen;
- het opgeslagen gietwater gedurende minimaal 6 maanden niet of nauwelijks verplaatst, waardoor het winbaar blijft in droge perioden;

- de kwaliteit van het winwater voldoet aan een groot deel van de eisen gesteld door TOM. Ten opzichte van het infiltratiewater vindt wel aanrijking met Ca en HCO_3 door carbonaatoplossing plaats. Ook kan een lichte nalevering van Na en Cl plaatsvinden, met name in de eerste jaren. Tijdens de opslagperiode ontstond lokaal rondom de ASR-put een zeer verrijkt watertype met zeer hoge concentraties Ca, Mg, HCO_3 , SO_4 , Fe en Mn, vermoedelijk ten gevolge van de installatie van de ASR-put (boorvloeistof / afdichtingen). Hierdoor voldeed bij de start van de terugwinning het water niet aan de eisen van de TOM. Op basis van deze uitkomsten wordt aanbevolen om ook de volgende cyclus (met een groter infiltratievolume) nauwgezet te monitoren.



De uitkomsten tonen aan dat ASR op de locatie bewezen kansrijk is om aan de eisen van de TOM te voldoen.

Effecten op de omgeving

Voorafgaand aan de implementatie van ASR in het plangebied is een hydrologische effectenrapportage uitgevoerd. Het blijkt dat met de verkregen parameterisatie de effecten beter voorspeld kunnen worden. De effecten in de nabijheid van de ASR-bronnen zullen groter zijn dan verwacht. In gebieden met kwetsbare infrastructuur zijn de verschillen beperkt. De reikwijdte van de invloed van het ASR-systeem blijft vrijwel gelijk.

Verwachte rendement bij opschaling

Uit de modellering van het volledige systeem (Hoofdstuk 6) blijkt dat de winbaarheid van zoetwater ($\text{Cl} < \text{eis TOM}$) vrijwel volledig is. Wanneer Na (zeer lage eis TOM) wordt gemodelleerd is echter met name in de eerste cycli minder water winbaar (33% in jaar 1, 80% in jaar 5, 83% in jaar 10). Wanneer aan het eind van de terugwinning een iets hogere Na-concentratie (ca. 11 mg/l) wordt toegestaan, is het opgeslagen wel volledig terug te winnen.

Opdrijving is in de modellen niet waar te nemen, waardoor er in het vervolg niet per se meer hoeft te worden gekozen voor een viervoudige MPPW. Aanbevolen wordt om verder te gaan met tweevoudige MPPWs. Hiermee wordt kortsluitstroming tussen de onderste en bovenste helft van de doelaquifer voorkomen.

Aandachtspunten

Het belangrijkste aandachtspunt voor de komende jaren is de chemische waterkwaliteit tijdens de terugwinning. Door de zeer scherpe criteria gesteld voor enkele stoffen kan zelfs een geringe aanrijking zorgen voor overschrijding van de criteria. Een tweede aandachtspunt is het kwantificeren of uitsluiten van effecten (verdroging/vernatting) op omliggende akkerbouwgebieden, met name ten zuiden van het geplande puttenveld.

Inhoud

1	Introductie	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Doel	9
1.3	Aanpak	11
2	Materiaal en methoden	12
2.1	Locatie en realisatie ASR-systeem Nieuw-Prinsenland	12
2.2	Nadere karakterisatie ondergrond PB1	13
2.3	Monitoring bedrijfsvoering, waterkwaliteit en effecten ASR-cyclus 1	14
3	Karakterisatie ondergrond locatie Derriekreek	16
3.1	Karakterisatie ondergrond op basis van boorbeschrijving en geofysische metingen	16
3.2	Geochemische samenstelling	17
3.3	Kwaliteit oorspronkelijke grondwater op de ASR-locatie	18
4	Parameterisatie hydraulische eigenschappen watervoerende pakket (pompproef)	20
4.1	Aanpak	20
4.2	Resultaten pompproef	21
4.3	Kalibratie pompproef	22
4.4	Modellering ASR-cyclus 1	24
5	Veranderingen waterkwaliteit tijdens opslag	26
5.1	Kwaliteit infiltratiewater	26
5.2	Bedrijfsvoering ASR-systeem	27
5.3	Modelering proef ASR (februari – augustus 2016)	27
5.4	Veranderingen in de chemische waterkwaliteit	29
5.5	Onderliggende processen	35
6	Verwachte prestatie ASR-bron 1 op lange termijn.	37
6.1	Prestaties op basis van chloride (Cl)	37
6.2	Prestaties op basis van natrium (Na)	38
7	Effecten op de omgeving	41
7.1	Waargenomen veranderingen in de grondwaterstanden	41
8	Conclusies en aanbevelingen	45
8.1	Samenstelling ondergrond ASR-locatie Derriekreek Nieuw Prinsenland	45
8.2	Prestaties van het ASR-systeem	45
8.3	Effecten op de omgeving	45
9	Referenties	47

1 Introductie

1.1 Aanleiding

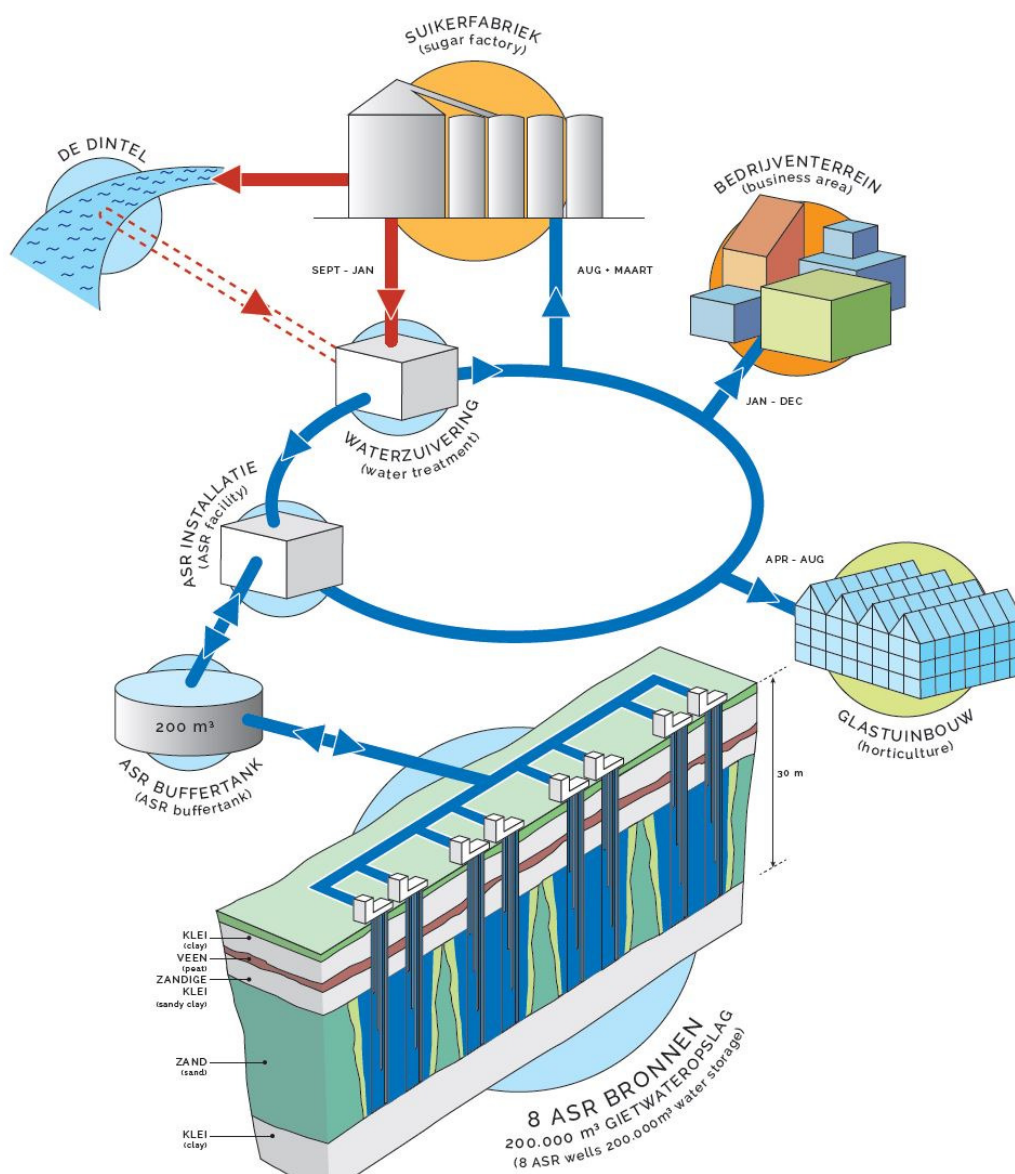
Voor het glastuinbouwgebied AFC Nieuw Prinsenland (Dinteloord) is het van belang om de gietwatervoorziening duurzaam vorm te geven. Naast het gebruik van hemelwater is er een aanvullende watervraag vanuit de glastuinbouw. Eind 2012 heeft de Tuinbouw Ontwikkelingsmaatschappij (TOM) het besluit genomen voor de realisatie van een gietwaterfabriek. In deze gietwaterfabriek wordt het proceswater uit de nabijgelegen suikerfabriek gezuiverd tot gietwater (RO-kwaliteit). De fabriek kan 200.000 m³/jaar aanvullend hoogwaardig gietwater produceren.

Een probleem is dat de perioden van wateraanbod en watervraag niet goed matchen. Het water uit de suikerfabriek komt vrij als de AWZI van de suikerfabriek in werking is (september tot en met januari), terwijl de vraag naar aanvullend gietwater vanuit de glastuinbouw zich concentreert in voorjaar en zomer (Figuur 1). Dit betekent dat er een behoefte is aan het tijdelijk bergen van het aanvullende gietwater.

Eén van de mogelijkheden is om het geproduceerde gietwater via grondwaterputten ondergronds op te slaan: aquifer storage and recovery (ASR). Voordelen van ASR in vergelijking met andere bergingsopties zijn onder andere de bovengrondse ruimtebesparing en de bescherming van het water tegen invloeden van buitenaf (temperatuur constant, geen zwevende stof, buiten bereik van kwaadwillenden).

Het probleem is dat zich ter plaatse van het glastuinbouwgebied een overgang van zoet naar zout grondwater bevindt. Dit kan sterk van invloed zijn op de terugwinbaarheid en kwaliteit van het ondergronds opgeslagen gietwater. Het geïnjecteerde water loopt met name het risico om 'op te drijven' in het oorspronkelijke, zoutere grondwater. Dit betekent dat voor een effectieve terugwinning van zoet water het putontwerp en de putconfiguratie hierop moeten worden aangepast.

In deze studie zijn de potenties van het ondergronds opslaan van RO-water in de ondergrond om dit later terug te winnen als gietwater nader verkend.



FIGUUR 1: DUURZAAM (GIET)WATERSYSTEEM NIEUW-PRINSENLAND.

1.2 Doel

Eerder is de haalbaarheid benaderd met behulp van een proefboring en modellering van grondwatertransport (KWR2013.106). Op basis van deze studie is geconcludeerd dat een geavanceerde putconfiguratie nodig zal zijn, namelijk multiple partially penetrating wells (MPPW, Figuur 2). Dit betekent dat het water op verschillende diepten in het watervoerende pakket wordt geïnjecteerd en teruggewonnen.

Het doel van het huidige onderzoek is om de potenties van ASR van gietwater op de locatie Nieuw Prinsenland (Dinteloord) te valideren en gefundeerde uitspraken te doen over de kansrijkheid van het ondergronds bergen en terugwinnen van gietwater op de locatie Nieuw Prinsenland.

Om hiertoe te komen zijn de volgende subdoelen gesteld:

A. Specifieke informatie te verkrijgen over de fysische en chemische samenstelling van de ondergrond middels proefboring. Bepalen diepte van de laagscheidingen.

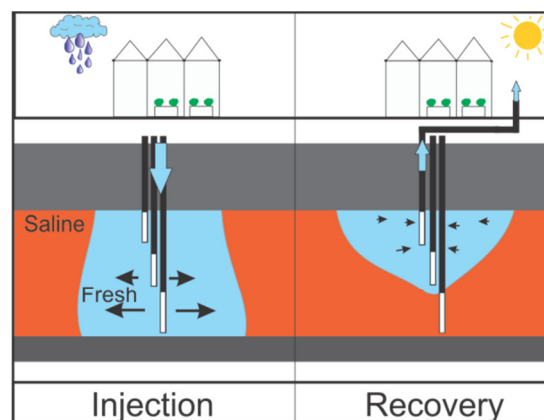
B. Ontwerpen en realiseren eerste ASR-put voor optimale terugwinning

C. Parameterisatie van de hydraulische eigenschappen van de ondergrond (doorlatendheid, porositeit)

D. Proof of concept: uitvoeren infiltratieproef om prestaties van de winput met de putconfiguratie te valideren en om inzicht te geven in de ontwikkeling van de gietwaterkwaliteit tijdens ondergronds verblijf

Nader te onderzoeken factoren die bepalend zijn voor het al dan niet succesvol opereren van het ASR-systeem zijn de:

- *lokale geologie en geochemie* - bepalen lithologische grenzen, heterogeniteit en reactiviteit.
- *parameterisatie* - bepalen doorlatendheden, weerstand deklaag en slecht-doorlatende laag aan basis van doelaquifer.
- *Waterkwaliteit* - inzicht verkrijgen in de stratificatie van de ondergrondse waterkwaliteit, daar de uitkomst bepalend is voor:
 - terugwinrendementen;
 - vormgeven van het ideale putontwerp (dieptes, debieten);
 - waterkwaliteitsontwikkeling tijdens verblijf in de ondergrond.
- *Bedrijfsvoering van de MPPW* - door de meerdere putfilters van de MPPW kan er gekozen worden voor verschillende soorten bedrijfsvoering. De belangrijkste verschillen zitten hierbij in de verdeling van injectie- en onttrekkingsdebieten over de verschillende putfilters.



FIGUUR 2: HET TEGENGAAN VAN OPDRIJVING MET MULTIPLE PARTIALLY PENETRATING WELLS (MPPW) TIJDENS ASR IN BRAKKE OF ZOUTE WATERVOERENDE PAKKETTEN.

1.3 Aanpak

In 2015 is gekozen voor een nieuwe locatie (op ca. 500 m afstand van de eerste locatie) voor de realisatie van het ASR-systeem, in verband met effecten van zetting op nabijgelegen gasleidingen bij de eerdere locatie (KWR2013.106). De nieuwe locatie is opnieuw gekarakteriseerd, maar met minder sedimentanalyses. Wel is een uitvoerige pompproef uitgevoerd om vooral de juiste bodemparameters te verzamelen. Vervolgens is een volledige, kleinschalige ASR-cyclus (infiltratie, opslag, terugwinning) uitgevoerd en gemonitord.

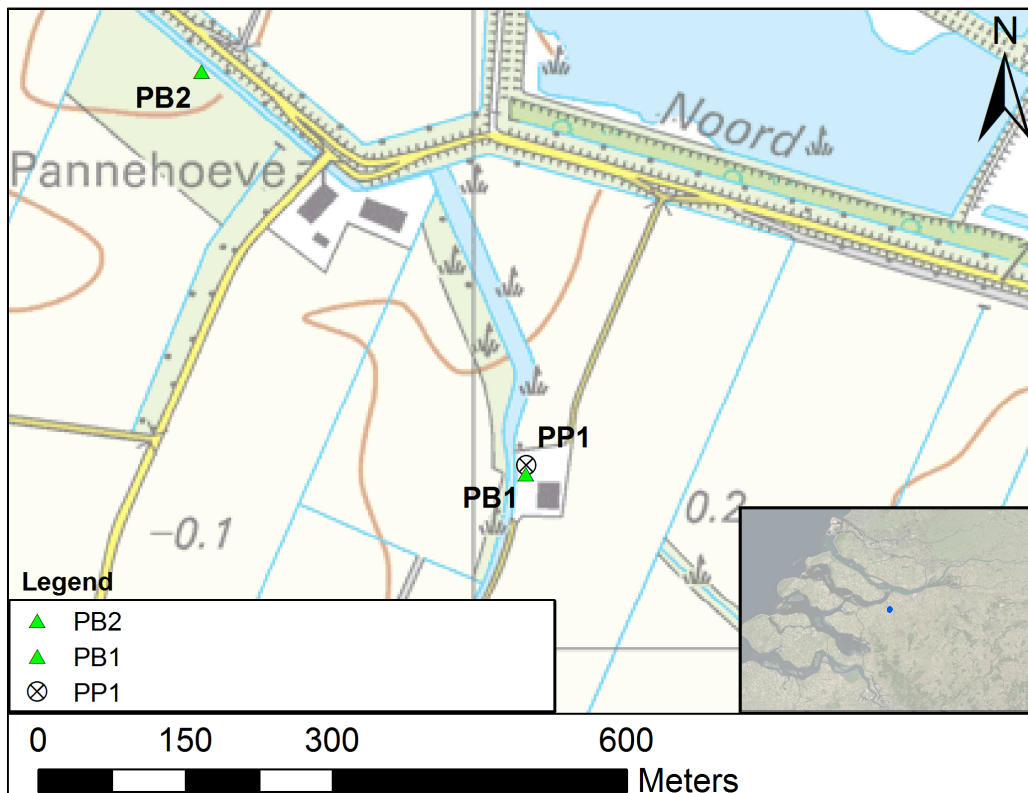
In dit rapport worden de ondergrondkarakterisatie op de nieuwe ASR-locatie en de resultaten van de eerste ASR-cyclus gepresenteerd. Ook worden de effecten en de te verwachten prestaties van het grootschalige systeem berekend. Op basis hiervan kan een nader besluit genomen worden over de eventuele voortzetting, aanpassing en uitbreiding van de ondergrondse waterberging ter plaatse van het tuinbouwgebied Nieuw-Prinsenland.

2 Materiaal en methoden

2.1 Locatie en realisatie ASR-systeem Nieuw-Prinsenland

De locatie van het ASR-systeem bevindt zich centraal in het plangebied en ligt in de ecologische verbindingzone langs de Derriekreek (Figuur 3). De toevoer van het gietwater vindt plaats via de waterruimte ter plaatse van Noordzeedijk 114, alwaar een aansluiting is gerealiseerd op de gietwaterleiding van de TOM. Ter plaatse van de Derriekreek is de horizontale grondwaterstroming nihil (KWR2012.071), er wordt dan ook geen afdrijving verwacht.

Op 11 en 15 september 2015 zijn er, gebruikmakend van zuigboortechniek, boorgaten gerealiseerd door "Schijf Grondboringen B.V." om zowel een monitoringsput (PB1, 350 mm diameter) als een ASR-put (PP1, 500 mm diameter) te plaatsen. Hierbij zijn de doorboorde kleilagen afgedicht met bentoniet om kortsluitstroming via het boorgat te voorkomen. De locaties van de boringen alsook de locatie van een eerdere proefboring (PB2) zijn weergegeven in Figuur 3.



FIGUUR 3: LOCATIE VAN MONITORINGSPUTTEN PB1 EN PB2 EN VAN DE ASR-PUT (PP1).

Bij PB1 zijn er vier peilbuizen geplaatst in het eerste watervoerend pakket en één in de deklaag, zie Tabel 1. Bij PB2 zijn er vier peilbuizen geplaatst in het eerste watervoerend pakket, één in het tweede watervoerend pakket en één in de deklaag, zie Tabel 2. ASR-put PP1 is uitgevoerd als MPPW met vier pompputten. In de omstorting zijn tevens vier

peilbuizen geplaatst, telkens in het hart van ieder pompfilter, zie Tabel 3 en Tabel 4. De locaties en filterstellingen zijn weergegeven in Figuur 4

TABEL 1: LOCATIE EN FILTERSTELLINGEN PEILBUIZEN MONITORINGSPUT PB1 (MAAIVELD +0.25 M+NAP)

Filter	RD_x (m)	RD_y (m)	Diepte filtertop (m +NAP)	Diepte filterbodem (m +NAP)	Opmerkingen
PB1.1	87055	404175	-2.25	-2.75	CTD-diver
PB1.2	87055	404175	-15.75	-16.25	
PB1.3	87055	404175	-19.25	-19.75	
PB1.4	87055	404175	-23.75	-24.25	
PB1.5	87055	404175	-28.25	-28.75	

TABEL 2: LOCATIE EN FILTERSTELLINGEN PEILBUIZEN MONITORINGSPUT PB2 (MAAIVELD 0 M+NAP)

Filter	RD_x (m)	RD_y (m)	Diepte filtertop (m +NAP)	Diepte filterbodem (m +NAP)	Opmerkingen
PB2.1	86724	404590	-1,5	-2,5	CTD-diver
PB2.2	86724	404590	-10,0	-11,0	
PB2.3	86724	404590	-20,0	-21,0	
PB2.4	86724	404590	-28,0	-29,0	
PB2.5	86724	404590	-37,0	-38,0	
PB2.6	86724	404590	-62,0	-63,0	

TABEL 3: LOCATIE EN FILTERSTELLINGEN ASR-PUT PP1 (MAAIVELD +0.25 M+NAP)

Filter	RD_x (m)	RD_y (m)	Diepte filtertop (m +NAP)	Diepte filterbodem (m +NAP)
PP1.1	87053	404190	-14.35	-16.85
PP1.2	87053	404190	-17.95	-20.45
PP1.3	87053	404190	-22.25	-25.25
PP1.4	87053	404190	-26.25	-29.25

TABEL 4: LOCATIE EN FILTERSTELLINGEN PEILBUIZEN IN POMPPUT PP1 (MAAIVELD +0.25 M+NAP)

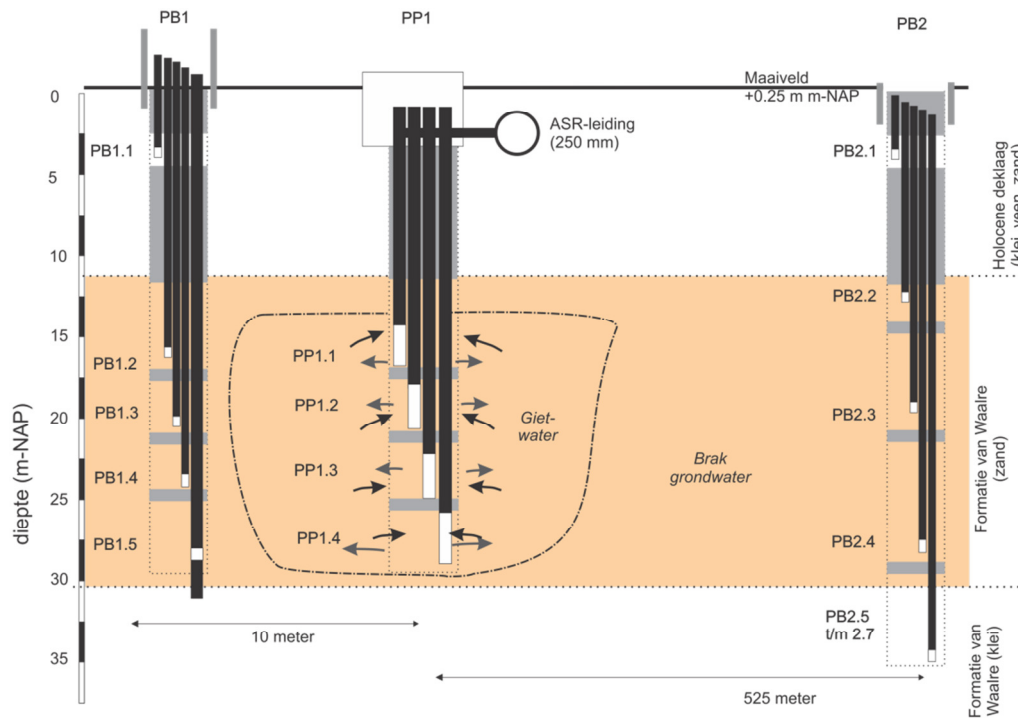
Filter	RD_x (m)	RD_y (m)	Diepte filtertop (m +NAP)	Diepte filterbodem (m +NAP)
PP1.1f	87053	404190	-14.35	-16.35
PP1.2f	87053	404190	-17.95	-19.95
PP1.3f	87053	404190	-22.75	-24.75
PP1.4f	87053	404190	-26.75	-28.75

2.2 Nadere karakterisatie ondergrond PB1

Ter plaatse van PB1 is de lokale bodemopbouw nader onderzocht door middel van:

- De zeefmethode op verzamelde monsters (Bijlage II)
- Een boorgatmeting met de Robertson DIL-38 probe op 23 maart 2016 (na de infiltratieperiode).
- Representatieve monsters van ca. 1kg zijn genomen van boring PB1 en samengesteld voor de intervallen van de pompfilters van PP1 en bewaard in plastic zakken voor verwerking door KWR. Voor het verkrijgen van inzicht in de

geochemische samenstelling van het sediment zijn de 4 sedimentmonsters geanalyseerd via salperterzuurdestructie en thermografische analyse (droogrest -bij 105 °C, Organische stofgehalte bij 550 °C en klakgehalte bij 1000 °C). Daarnaast zijn C en S-analyses uitgevoerd.



FIGUUR 4: DOORSNEDE VAN DE ASR-PUT (PP1) EN DE PEILBUIZEN IN DE OMGEVING (PB1, PB2)

2.3 Monitoring bedrijfsvoering, waterkwaliteit en effecten ASR-cyclus 1

Iedere tien minuten zijn de watermeterstanden van het ASR-systeem en de ECs van het winwater weggeschreven in een logfile. De EC ter plaatse van PB1.1 en PB1.5 is gemeten door middel van CTD-divers ter hoogte van de waarnemingsfilters, waarbij met name PB1.5 niet altijd een accurate meetwaarde leek te geven. Mogelijk heeft dit te maken met het relatief korte filter (0.5 m), waardoor onvoldoende grondwater door het filter stroomt.

De grondwaterkwaliteit is gemeten in verschillende rondes, zie Tabel 5. De oorspronkelijke grondwaterkwaliteit is bepaald op 23 oktober 2015 (6 weken na boring).

TABEL 5: UITGEVOERDE MEETRONDES EN DE IN BESCHOUWING GENOMEN LOCATIES VOOR MONSTERNAME OM DE CHEMISCHE GRONDWATERKWALITEIT RONDOM DE ASR-PUT TE MONITOREN.

Datum meetronde	Meetlocaties
23-10-2015	PP1.1-1.4; PB1.2-1.5
12-2-2016	IN; PB1.2-1.5
21-3-2016	IN; PB1.2-1.5
28-4-2016	PP1.1-1.3; PB1.2-1.3
9-6-2016	PP1.1-1.4; PB1.2-1.5

De stijghoogten van de filters PB1.1, PB1.5, en PB2.2 zijn gemonitord met behulp van CTD-divers (Van Essen Instruments, Delft) en geverifieerd via handmetingen.

3 Karakterisatie ondergrond locatie Derriekreek

3.1 Karakterisatie ondergrond op basis van boorbeschrijving en geofysische metingen

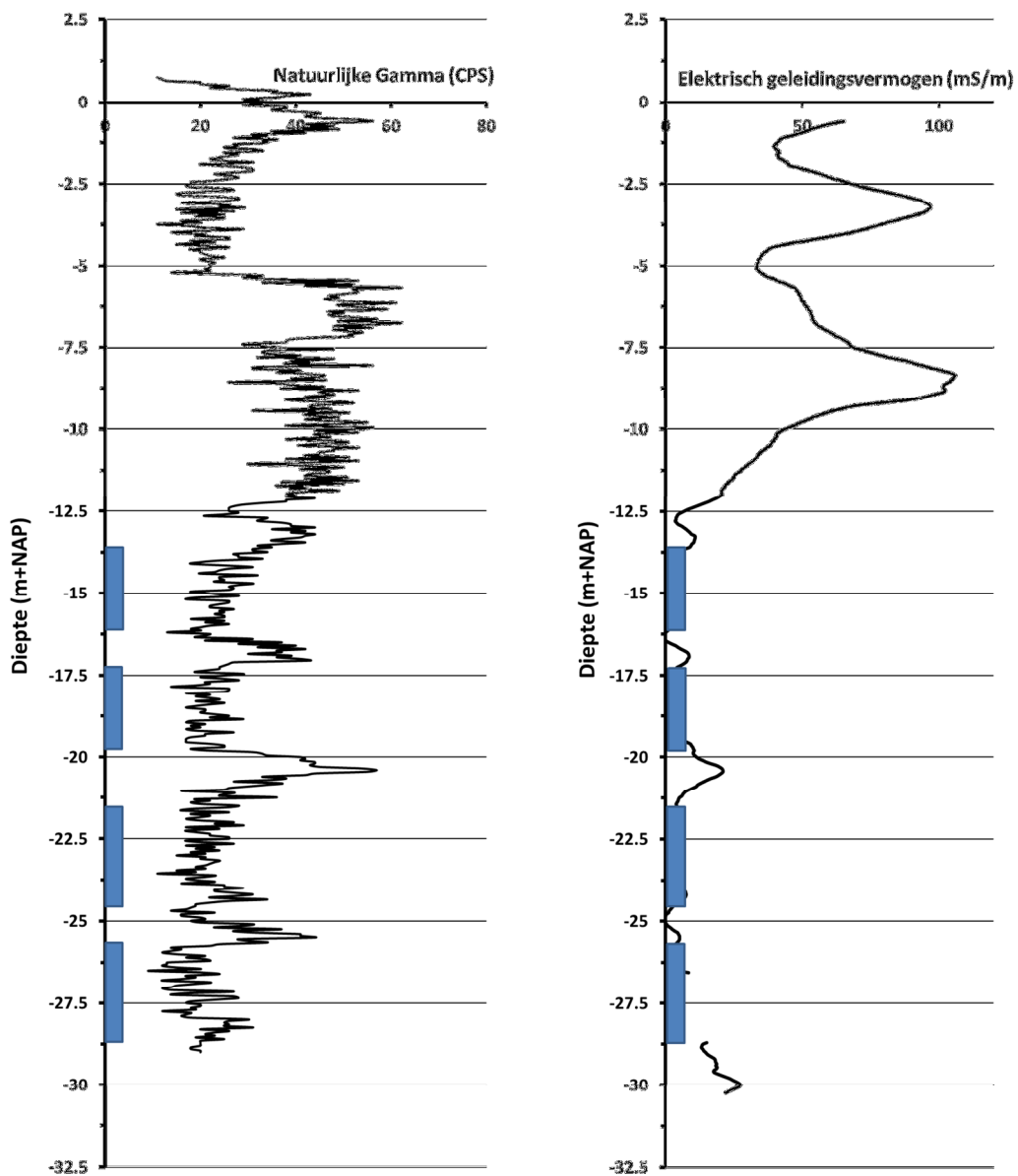
De aangetroffen bodemopbouw bij PB1 is als volgt:

1. Tussen maaiveld (ca. 0 m+NAP) en -10 m+NAP bevindt zich een Holocene deklaag welke voornamelijk bestaat uit klei, fijn zand en veen. Door de dikte en lithologie dient de formatie als een goed afsluitende toplaag.
2. Het eerste watervoerend pakket (doelpakket) is lokaal 18 m dik en bevindt zich op een diepte van -11 tot -29 m+NAP. De onderste 5 m hiervan bestaat uit matig fijn tot fijn zand. Het bovenste deel van de laag bestaat uit zeer fijn tot fijn zand. Hierbinnen bevindt zich een dunne kleilaag op ca. -20 tot -21 m+NAP (zie boorbeschrijving en zeefresultaten in Bijlage I en Bijlage II). Dit wordt onderschreven door de metingen van natuurlijke gammastraling en de elektrische geleidbaarheid (Figuur 5), welke ook op -20 m+NAP een grotere anomalie laten zien dan kan worden verklaard door de bentonietafdichtingen (ook geplaatst op ca. -16.5 m+NAP en -25 m+NAP).

TABEL 6: LITHOLOGIEBESCHRIJVING OP LOCATIE PB1 OP BASIS VAN BESCHRIJVING ZEEFDATA (BIJLAGE II)

Van m+NAP	Tot m+NAP	Omschrijving	Hoofdlithologie	M-waarde
0,0	-10,0	Formatie van Naaldwijk	Klei, zand (matig tot fijn), veen	-
-10,0	-20,0	Formatie van Waalre (zand)	Zand, zeer fijn, kleilaag houdend	150
-20,0	-28,0	Formatie van Waalre (zand)	Zand, matig fijn	215
-28,0	-32,0	Formatie van Waalre (klei)	Klei, licht zandig, met zand gelaagd	-

Het elektrische geleidingsvermogen van de formatie op 23 maart 2016 (Figuur 5) is op de intervallen van de filters van PP1 bijna 0 mS/m, hetgeen betekent dat er op dat moment zeer zoet water in een zandige matrix aanwezig was. Alleen ter plaatse van PB1.5 worden hogere geleidbaarheden gemeten, hetgeen vermoedelijk wordt veroorzaakt door de daar aanwezige CTD-diver.



FIGUUR 5: DIEPTEPROFIELEN VAN DE NATUURLIJKE GAMMASTRALING (LINKS) EN DE ELEKTRISCHE GELEIDBAARHEID (RECHTS) OP LOCATIE PB1 OP 23 MAART 2016. TER INDICATIE IS DE FILTERSTELLING VAN DE ASR-BRON (PP1) WEERGEGEVEN.

3.2 Geochemische samenstelling

De doelaquifer is het meest reactief op het diepteinterval van PP1.F2. Hier zijn hoge gehalten aan organische stof, calcite, siderite and diverse metalen aangetroffen. Ook het interval PP1.F1 laat veel hogere gehalten zien voor deze parameters dan PP1.F3 en F4. Echter, de hoogste concentraties aan pyriet (FeS_2 , met mogelijke insluitingen van Zn, Ni, Co, As) is aangetroffen onderin het watervoerende pakket (PP1.F4).

Hoge gehalten aan Mg duiden erop dat carbonaten vooral als dolomiet (i.e. $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$) aanwezig zullen zijn.

TABEL 7: RESULTATEN GEOCHEMISCHE ANALYSES

Parameter	Diepte:	F1	F2	F3	F4
Droogrest 105°C (g/g monster)	%	81.0	81.8	80.8	85.0
Gloeirest 550°C (g/g monster)	%	79.1	80.1	80.2	84.7
Residu 1000°C (g/g monster)	%	78.1	78.8	79.6	84.3
Kalium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	935	1100	500	250
Magnesium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	2460	4190	2050	430
Mangaan na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	165	380	77	15
Nikkel na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	13	9.3	6.6	4.4
Aluminium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	6820	7285	2980	1470
Arseen na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	2.8	3.8	2.1	18
Calcium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	3170	6575	2330	465
Kobalt na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	4.8	3.7	2.2	4.2
Chroom na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	12	14	7.9	3.2
Ijzer na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	15855	28755	6515	4045
Silicium na salpeterzuurdestructie*	mg/kg ds	2195	2625	1780	1615
Natrium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	100	120	88	53
Barium na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	15	16	7.9	4.5
Zink na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	17	14	9.6	4.7
Titaan na salpeterzuurdestructie	mg/kg ds	32	45	43	22
C originele grondmonster	%	0.31	1.09	0.18	0.07
S originele grondmonster	%	0.05	0.06	0.02	0.16
SOM (berekend op basis van C)	%	0.62	2.18	0.36	0.14
CaCO ₃ (berekend) op basis van Ca	%	0.79	1.64	0.58	0.12
Pyriet (berekend op basis van S)	%	0.09	0.10	0.04	0.30
FeCO ₃ (berekend op basis van Fe)	%	3.29	5.97	1.35	0.84
Mg/Ca		1.28	1.05	1.45	1.52
K/Al		0.09	0.10	0.12	0.12

* *Onbetrouwbaar bij extractie met HNO₃.*

3.3 Kwaliteit oorspronkelijke grondwater op de ASR-locatie

De gemeten chemische waterkwaliteit ter plaatse van PP1 en PB1 is weergegeven in Tabel 8. Het oorspronkelijk grondwater in de buurt van de ASR-put (PP1) is relatief zoet, met maximale chlorideconcentraties van 15 tot 54 mg/L. De relatief hogere Na-concentraties (22-41 mg/l) en BEX duiden op verzoeting van het watervoerende pakket. Het pakket wordt dus doorspoeld met zoeter water, vermoedelijk vanuit het oosten. Verder is het grondwater ijzer- en met name mangaanhoudend (kan ook komen door verstoring door werkwater tijdens de boring) en vermoedelijk zuurstofloos. De lage veldmetingen van zuurstof zijn waarschijnlijk het gevolg van luchttoetreding. De afwezigheid van NO₃ suggereert dat zuurstof niet in het

water aanwezig is. Door een hoge detectielimiet bij de analyse van SO_4 kan geen indicatie worden gegeven van de SO_4 -houdendheid van het oorspronkelijke grondwater. In latere rondes is de detectielimiet voor SO_4 verlaagd. Eerdere bemonstering ter plaatse van PB2 resulteerde in SO_4 -concentraties van gemiddeld 9 mg/l (range: 8-12 mg/l) in het eerste watervoerende pakket (KWR2013.106).

TABEL 8: CHEMISCHE WATERKWALITEIT OP VERSCHILLENDE DIEPTES TER PLAATSE VAN PB1, OP BASIS VAN MONSTERNAME OP 23-10-2015.

Monstercode	PB1.2	PB1.3	PB1.4	PB1.5
Diepte (m+NAP)	-16.00	-19.50	-24.00	-28.50
Datum bemonstering	23/10/2015	23/10/2015	23/10/2015	23/10/2015
EC-25 Lab (uS/cm)	691	691	671	730
Temp (°C)	12.4	11.7	11.7	11.8
pH (Veld)	7.9	7.8	7.8	7.7
Turbidity (NTU)	3.0	1.2	11.4	8.5
DO (mg/L)	1.1	0.5	0.8	1.3
Na (mg/L)	40	41	29	35
K (mg/L)	3.4	3.4	3.5	2.4
Ca (mg/L)	92	91	100	110
Mg (mg/L)	10.0	10.0	11.0	8.6
Fe (mg/L)	0.4	0.4	0.7	1.1
Mn (mg/L)	2.7	2.4	2.2	0.2
NH ₄ (mg NH ₄ /L)	1.7	1.9	1.7	0.5
Cl (mg/L)	32	28	29	54
SO ₄ (mg/L)	<30	<30	<30	<30
HCO ₃ (mg/L)	380	390	370	350
NO ₃ (mg N/L)	<3	<3	<3	<3
PO ₄ -t (mg P/L)	<1	<1	<1	<1
As (ug/L)	6.9	6.6	5.6	<5
IBAL %	2.2	1.8	3.9	3.9
Δ EC-meas %	-22	-10	13	6
BEX (meq/L) excl. dolomiet	1.7	1.9	1.4	0.7
BEX (meq/L) incl dolomiet	1.0	1.2	0.6	0.3
Watertype	F3CaHCO ₃ +	g3CaHCO ₃ +	g3CaHCO ₃ +	F3CaHCO ₃
Ca/Mg	9.2	9.1	9.1	12.8
HCO ₃ /Σ A meq/L	1.0	0.9	0.9	0.8
Fe/Mn	0.1	0.2	0.3	7.3
TDS (mg/L)	562	568	547	562
Dichtheid	1000.2	1000.2	1000.2	1000.2

4 Parameterisatie hydraulische eigenschappen watervoerende pakket (pompproef)

4.1 Aanpak

Een pompproef is uitgevoerd op locatie PP1 met als doel betrouwbare waarden te verkrijgen van zowel de horizontale doorlatendheid van WVP 1 als de verticale weerstand tegen stroming van de deklaag. Tijdens de pompproef is het onttrekkingsdebiet stapsgewijs verhoogd. Aanvankelijk is alleen onttrokken middels PP1.4. Daarna zijn achtereenvolgens PP1.3, PP1.2 en PP1.1 aangeschakeld. Uiteindelijk zijn de onttrekkingen tegelijkertijd gestopt.

De stijghoogten van de filters PB1.1, PB1.2, PB1.3, PB1.4, PB1.5 en PB2.2 zijn gemonitord met behulp van divers (Van Essen Instruments, Delft) en geverifieerd via handmetingen. Ook ter plaatse van de waarnemingsfilters van ASR-put PP1 (nl. bij PP1.1f, PP1.2f, PP1.3f, PP1.4f) zijn handmetingen gedaan. Het verkregen verloop van de stijghoogtes is gebruikt om het eerdere grondwatermodel (KWR2013.106) aan te passen en te kalibreren. Hierbij is gebruik gemaakt van de modelcode MODFLOW (Harbough et al., 2000). Dit grondwatermodel was gebaseerd op boorbeschrijvingen en de korrelgrootteverdeling met diepte op locatie PB2 en is aangevuld met gegevens van PB1 (Tabel 9).

TABEL 9: GESCHATTE BEGINPARAMETERS VOOR AANVANG VAN DE POMPPROEFANALYSE (HOMOGEEN EERSTE WATERVOEREND PAKKET). NB: TEN TIJDE VAN DE POMPPROEF IS UITGEGAAN VAN EEN MAAIVELDHOOGTE VAN 1 M+NAP. IN WERKELIJKHEID IS DIT +0.25 M+NAP. DE DIEPTELIGGING VAN DE LAGEN WIJKT DAAROM AF TOV DE REST VAN HET RAPPORT.

Geologische laag	Diepte (m+NAP)	Modellagen (dikte)	Porositeit, n (-)	K_{hor} (m/d)	VANI (-)	Bergingscapaciteit, S (-)
Deklaag	1 - -11	12 (1 m)	0,2	0,075	10	1,0E-04
WVP 1	-11 - -29	18 (1 m)	0,35	14,6	3	1,0E-06
Aquitard 1	-29 - -36	7 (1 m)	0,2	0,14	10	1,0E-04
WVP 2	-36 - -39	3 (1 m)	0,35	10	3	1,0E-06
Aquitard 2	-39 - -49	10 (1 m)	0,2	0,02	10	1,0E-05
WVP 3	-49 - -69	20 (1 m)	0,35	15	3	1,0E-06

Op basis van de verkregen gegevens uit boorgatmetingen en sedimentbeschrijvingen ter plaatse van PB1 (zie Sectie 3.1) is een homogeen en heterogeen watervoerend pakket 1 (WVP 1) verder onderzocht. Het betreft hierbij de mogelijke aanwezigheid van weerstanden tussen putfilters PPB1.3 en PB1.4 en tussen PB1.4 en PB1.5.

De volgende dikten en bijbehorende initiële parameters zijn aangenomen (Tabel 10). Voorafgaand is geanalyseerd door middel van een Jacobi-matrix (Hill and Tiedeman, 2006) welke parameters bij een 10 % toename het meest van invloed zijn op filterdiepten PB1.2 - PB1.5. Op basis van iteratie en manuele kalibratie (van horizontale doorlatendheden, verticale anisotropie en bergingscapaciteit tussen het maaiveld (1 m+NAP) en -29 m+NAP) is vervolgens een best-fit scenario bepaald.

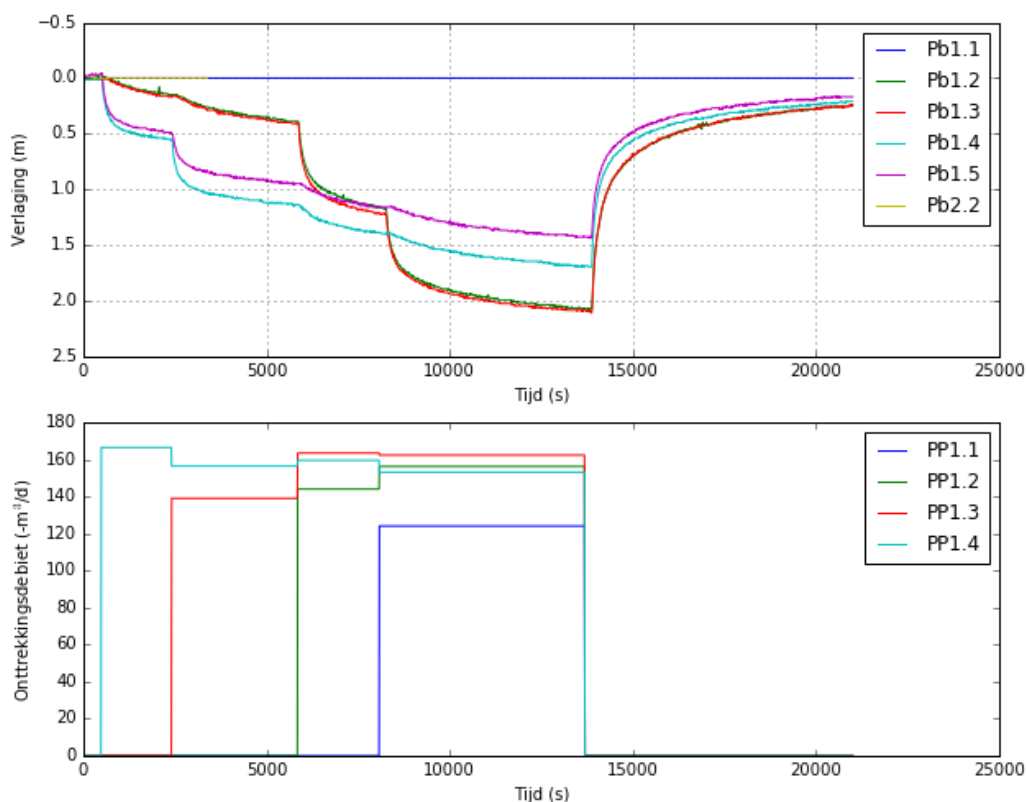
TABEL 10: BEGINPARAMETERS VOOR VERVOLG POMPPROEFANALYSE (AANNAME: HETEROGEEN PAKKET).
WVP 1 IS HIERBIJ OPGEDEELD IN 3 APARTE WATERVOERENDE LAGEN (AQUIFER 1A, 1B EN 1C) MET 3
DAARONDER LIGGENDE SCHEIDENDE LAGEN (AQUITARD 1A, 1B EN 1C).

Geologische laag	Diepte (m+NAP)	Modellagen (dikte)	Porositeit, n (-)	K_{hor} (m/d)	VANI (-)	Bergingscapaciteit, S (-)
Top layer	1 - 0	1 (1 m)	0,3	5	3	0,1
Phreatic layer	0 - -4	4 (1 m)	0,3	5	3	1,0E-04
Clay cap	-4 - -11	7 (1 m)	0,2	0,075	10	1,0E-04
Aquifer 1a	-11 - -19	8 (1 m)	0,35	9	3	1,0E-06
Aquitard 1a	-19 - -20	1 (1 m)	0,2	1	10	1,0E-04
Aquifer 1b	-20 - -24	4 (1 m)	0,35	9	3	1,0E-06
Aquitard 1b	-24 - -25	1 (1 m)	0,2	1	10	1,0E-04
Aquifer 1c	-25 - -29	4 (1 m)	0,35	9	3	1,0E-06
Aquitard 1c	-29 - -36	7 (1 m)	0,2	0,14	10	1,0E-04
Aquifer 2	-36 - -39	3 (1 m)	0,35	10	3	1,0E-05
Aquitard 2	-39 - -49	10 (1 m)	0,2	0,02	10	1,0E-05
Aquifer 3	-49 - -69	20 (1 m)	0,35	15	3	1,0E-06

4.2 Resultaten pompproef

De pompproef heeft meer inzicht gegeven in de hydraulische parameters.

Stijghoogteprofielen voor filters PB1.1, PB1.2, PB1.3, PB1.4, PB1.5 en PB2.2 en de onttrekkingsdebieten per putfilter zijn getoond in Figuur 6. De verlaging is het grootst bij PB1.2 en PB1.3 (namelijk 2.1 m); tegenover 1.7 m (PB1.4), 1.4 m (PB1.5) en de min of meer verwaarloosbare verlaging bij PB1.1 en PB2.2. Daarnaast zijn er significante verschillen in het verloop van de verlaging tussen enerzijds PB1.2 en PB1.3 en anderzijds PB1.4 en PB1.5. De verlaging bij PB 1.2 en PB1.3 wordt pas relatief hoog vanaf het moment van inschakelen van PP1.2 (en PP1.1). De verlaging bij PB1.4 en PB1.5 is reeds relatief hoog vanaf het moment van onttrekken met PP1.4, maar toont slechts een geringe reactie bij inschakelen van PP1.2. Tevens is er een indicatie voor weerstand tussen PB1.4 en PB1.5 (ca. -25 m+NAP), gezien de relatief grote verlaging bij PB1.4 ten opzichte van PB1.5 kort na aanschakelen van PP1.3.

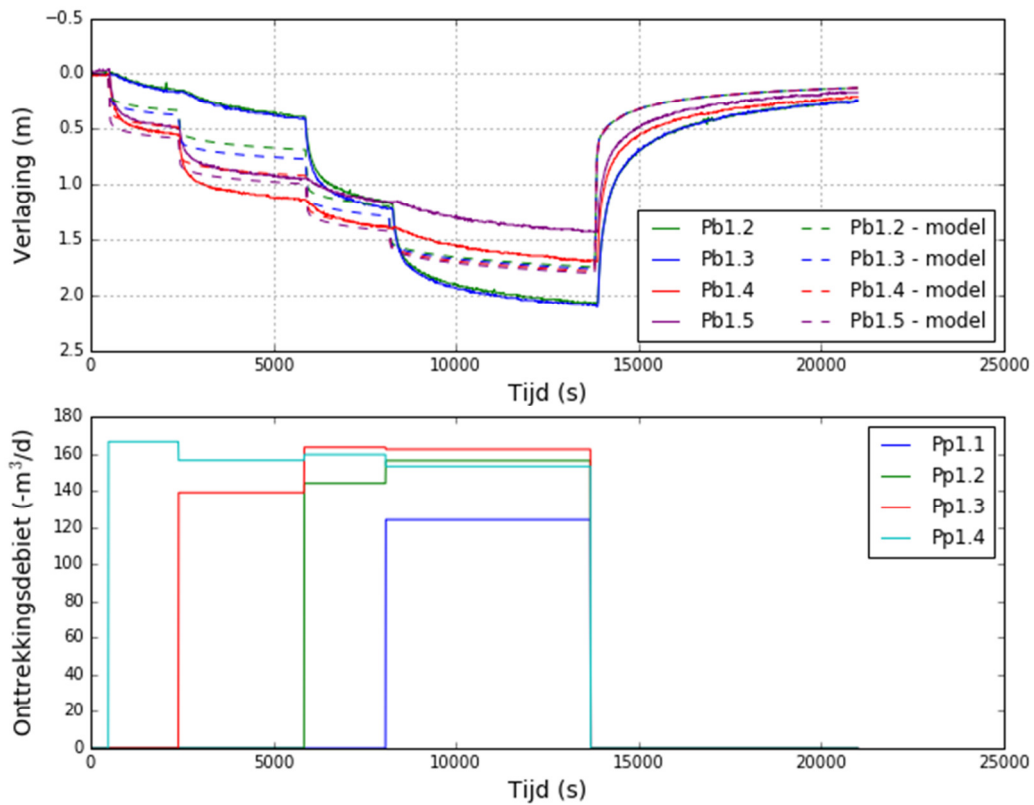


FIGUUR 6: GEMETEN VERLOOP VAN DE STIJGHOOGTEVERLAGING MET DE TIJD VOOR PB1.1, PB1.2, PB1.3, PB1.4, PB1.5 EN PB2.2 (BOVEN); SAMEN MET HET ONTTREKKINGSDEBIET (M³/D) VOOR ELK PUTFILTER (ONDER).

4.3 Kalibratie pompproef

Voor de modelkalibratie is in eerste instantie aangenomen dat het eerste watervoerend pakket (WVP 1) homogeen is, ondanks de eerder beschreven tijdsafhankelijke verschillen in stijghoogteverlaging tussen de monitoringsfilters (PB1.2-1.5). De minimale afwijking met de gemiddelde eindverlaging werd bereikt bij een horizontale doorlatendheid van 9 m/d voor WVP 1. De totale kD-waarde van het doelpakket is 144 m²/d. De hierop volgende tijdsafhankelijke calculatie resulteerde in het verloop, zoals getoond in Figuur 7. Hoewel de gemiddelde gemeten eindverlaging gelijk is aan die van de berekende eindverlaging, is uit de grafiek af te leiden dat:

- de berekende eindverlaging van PB1.2 en PB1.3 de werkelijke situatie onderschat
- de berekende eindverlaging van PB1.4 en PB1.5 de werkelijke situatie overschat
- de berekende verlaging tot het aanschakelen van PP 1.3 ofwel de werkelijke verlaging onderschat (PB1.4) dan wel overschat (PB1.2 en PB1.3)
- de berekende verlaging tijdens het vervolg van de onttrekking de werkelijke verlaging ofwel onderschat (PB1.2 en PB1.3) dan wel overschat (PB 1.4 en PB1.5).



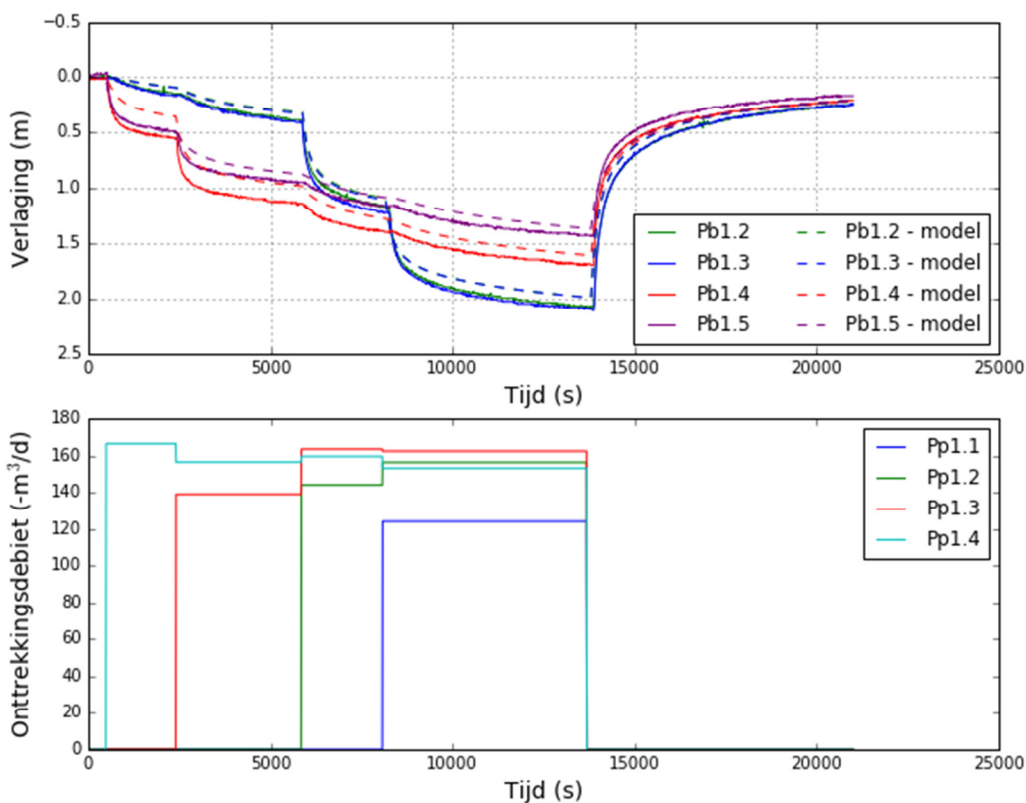
FIGUUR 7: VERGELIJKING GEMETEN EN BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN BIJ PB1.2, PB1.3, PB1.4 EN PB1.5, UITGAANDE VAN EEN HOMOGEE EERSTE WATERVOEREND PAKKET (BOVEN); EN HET ONTTREKKINGSDEBIET (M³/D) VOOR ELK PUTFILTER (ONDER).

De mate van heterogeniteit binnen het eerste watervoerend pakket is onderzocht met de beginparameters van Tabel 10. De eindparameters van de analyse en de bijbehorende verlagingen met tijd zijn weergegeven in Tabel 11 en Figuur 8. Uit de figuur blijkt dat het berekende verloop - met uitzondering van de periode voor het aanschakelen van Pp1.3 - de werkelijke verlaging benadert. Hierbij is Aquifer 1a isotroop geacht door de afwezigheid van een verschil in de verlaging. Aquifer 1a en 1b hebben een lagere K-waarde dan Aquifer 1c. Dit is in overeenstemming met de lithologiebeschrijving (gemiddeld grover: Tabel 6) én met de nucleaire gammalog in combinatie met de elektrische geleidbaarheid (Figuur 5).

De totale kD-waarde van het doelpakket is ook bij aanname van een heterogeen pakket 144 m²/d op basis van de herleide K-waarden en laagdikten.

TABEL 11: EINDPARAMETERS VOLGEND UIT MANUELE KALIBRATIE, UITGAANDE VAN HETEROGENITEIT BINNEN WVP1.

Geologische laag	Diepte (m+NAP)	Modellagen (dikte)	Porositeit, n (-)	K_{hor} (m/d)	VANI (-)	Bergingscapaciteit, S (-)
Top layer	1 - 0	1 (1 m)	0,3	5	3	0,1
Phreatic layer	0 - -4	4 (1 m)	0,3	5	3	1,0E-04
Clay cap	-4 - -11	7 (1 m)	0,2	0,1	10	1,0E-04
Aquifer 1a	-11 - -19	8 (1 m)	0,35	6	1	5,0E-05
Aquitard 1a	-19 - -20	1 (1 m)	0,2	0,4	10	1,0E-04
Aquifer 1b	-20 - -24	4 (1 m)	0,35	6	3	1,0E-04
Aquitard 1b	-24 - -25	1 (1 m)	0,2	3	10	1,0E-04
Aquifer 1c	-25 - -29	4 (1 m)	0,35	18	3	1,0E-04
Aquitard 1c	-29 - -36	7 (1 m)	0,2	0,14	10	1,0E-04
Aquifer 2	-36 - -39	3 (1 m)	0,35	10	3	1,0E-05
Aquitard 2	-39 - -49	10 (1 m)	0,2	0,02	10	1,0E-05
Aquifer 3	-49 - -69	20 (1 m)	0,35	15	3	1,0E-06



FIGUUR 8: VERGELIJKING GEMETEN EN BEREKENDE STIJGHOOGTEVERLAGINGEN BIJ PB1.2, PB1.3, PB1.4 EN PB1.5, UITGAANDE VAN EEN HETEROGEEN EERSTE WATERVOEREND PAKKET (BOVEN); EN HET ONTTREKINGSDEBIET (m^3/d) VOOR ELK PUTFILTER (ONDER).

4.4 Modelling ASR-cyclus 1

Het gekalibreerde MODFLOW model is uitgebreid tot een SEAWAT model (Langevin et al., 2007) om het transport van geïnfiltrerd zoetwater te simuleren. Hierbij is rekening

gehouden met dichtheidsverschillen (op basis van total dissolved solids, TDS), ondanks dat die verschillen door het relatief zoete omringende grondwater op de huidige ASR-locatie klein zijn. Het SEAWAT model is allereerst geladen met de achtergrondconcentraties en de verkregen pompdata van het ASR-systeem (zie Figuur 9).

Vervolgens zijn 5 extra cycli met opslag van 28.800 m³ (per ASR-put) gemodelleerd cf. Tabel 12. Dit is het vermoedelijke, toekomstige, operationele schema bij verdere ontwikkeling van het gebied (totaal resulteert dit in 230.000 m³ opslag). Per putfilter (PP1.1 – PP1.4) is onttrokken met een relatief debiet, conform die van eerdere bedrijfsvoering verkregen uit de pompdata. Hierbij wordt uitgegaan van een biencampagne van ca. 100 dagen ('opladen' ASR-bel), een maximaal infiltratiedebiet van 12 m³/h (cf. de ervaringen in de eerste ASR-cyclus), ca. 5 maanden opslag, en winning in een droge periode rondom de maand juli (in 40 dagen). Telkens als de Cl-concentratie boven 0,5 mmol/l (18 mg/l) kwam is terugwinning gestopt en het rendement bepaald. Een dergelijke overschrijding is de belangrijkste indicatie dat het teruggewonnen water niet meer aan de kwaliteitseisen van de TOM voldoet.

TABEL 12: GEPLANDE OPERATIONELE SCHEMA VOOR INJECTIE, OPSLAG EN WINNING VAN GEZUIVERD EFFLUENT (PER ASR-PUT).

Fase	Duur (d)	Q (m3/d)	Volume (m3)	Rel. debiet per filter (%)
Injectie	100	288	28,800	PP1.1: 25, PP1.2: 21, PP1.3: 28, PP1.4: 26
Opslag	150	0	0	-
Winning	40	-720	-28,800	PP1.1: 25, PP1.2: 21, PP1.3: 28, PP1.4: 26

5 Veranderingen waterkwaliteit tijdens opslag

5.1 Kwaliteit infiltratiewater

Het infiltratiewater (oppervlaktewater Dintel na RO) is bijzonder zoet en wordt dus gekenmerkt door een zeer lage EC en TDS. Opvallend is dat er een relatief groot verschil zit in de concentratie anionen tussen de verschillende bemonsteringsrondes. Ook maakt de ionenbalans in combinatie met de EC duidelijk dat de anionen te hoog uitpakken. Verder is opvallend dat, volgens de metingen in de winter van 2016, het water al zuurstofloos bij infiltratie is (hetgeen de reactiviteit van het infiltratiewater ten aanzien van pyriet in gunstige zin verlaagt). Ook bleek hierbij dat het infiltratiewater al lage concentraties Zn bevat. Het water voldoet, behalve voor Zn, aan de eisen van de TOM. Het water is bovendien kalkagressief.

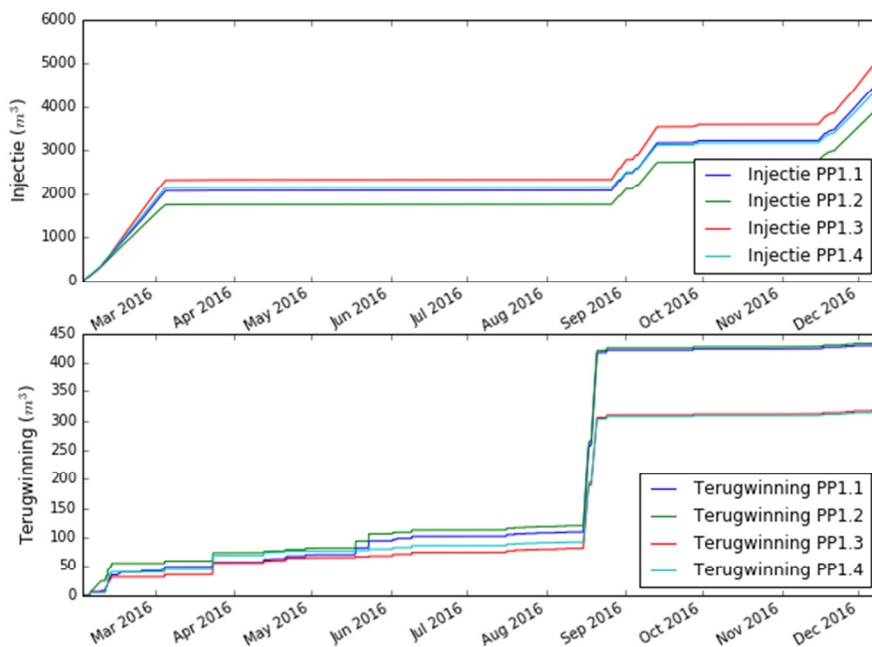
TABEL 13: KARAKTERISTIEKEN INFILTRATIEWATER EN EISEN GESTELD DOOR TOM

Monstercode	IN_12-2-16	IN_21-3-16	IN_4-10-16	Eis TOM
Datum bemonstering	12/02/2016	21/03/2016	4/10/2016	21/03/2016
EC-25 Lab (uS/cm)	13	14	19	300
Temp (°C)	11.4	10.2	14.5	-
pH (Veld)	6.8	7.2	5.7	6.5
Turbidity (NTU)	4.1	0.8		-
DO-calc (mg/L)	0.8	0.7	0.8	-
Na (mg/L)	1.5	1.2	2.0	2.3
K (mg/L)	0.5	0.6	1.2	46.9
Ca (mg/L)	<0,5	<0,5	<1.2	32.1
Mg (mg/L)	<0,5	<0,5	<0.15	4.9
Fe (mg/L)	<0,01	<0,01	<0.09	0.25
Mn (mg/L)	<0,002	0.0	<0.01	0.25
NH ₄ (mg NH ₄ /L)	0.2	0.1	<0.05	0.4
Cl (mg/L)	7.3	<1	1	17.7
SO ₄ (mg/L)	5.3	<1	<0.6	28.8
HCO ₃ (mg/L)	25	16	7.6	91.5
NO ₃ (mg N/L)	<3	<3	<0.1	217
PO ₄ -t (mg P/L)	<1	<1	<0.06	27
As (ug/L)	<5	<5	0.08	-
Zn (ug/L)			375	196
DOC	<5		0.1	-
IBAL %	-78.2	-56.7	-13.8	
TDS (mg/L)	40	18		
Dichtheid	999.8	999.8	999.8	

5.2 Bedrijfsvoering ASR-systeem

De volumes van injectie en onttrekking zijn getoond in Figuur 9 voor de periode van 2 februari tot en met 16 december 2016. Van 28 januari tot en met 4 maart is ca. 8,300 m³ geïnfiltrerd. Hierbij zijn alle vier de putfilters van PP1 gebruikt. In de eerste periode (ca. 10 dagen) bleken de infiltratiekleppen niet volledig open te gaan, waardoor er toen met een lager debiet geïnfiltrerd is (ca. 8 m³/u).

Na openen en ontwikkelen van de putfilters werd een totaaldebiet van ca. 12 m³/u gehaald. Het infiltratiedebiet bleef vrijwel gelijk bij een gelijke infiltratiedruk (ca. 0.3 bar), hetgeen erop duidt dat verstopping van put en aquifer niet of nauwelijks plaatsvond. Verschillen in capaciteiten per bronlaag zorgden ervoor dat er relatief met name veel water via PP1.3 kon worden geïnfiltrerd en juist iets minder via PP1.2 (33 % meer via PP1.3 ten opzichte van PP1.2).



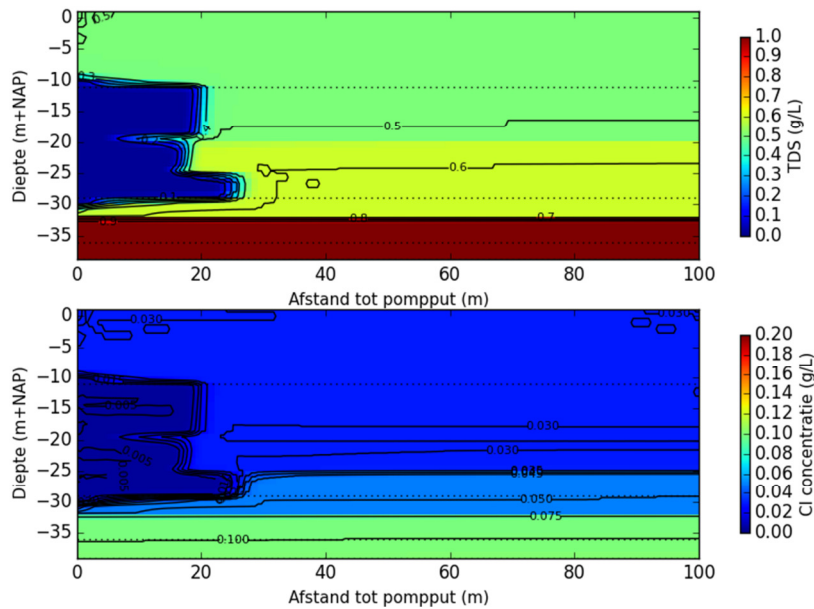
FIGUUR 9: INJECTIE EN TERUGWINNING (M3) VIA ASR-PUTFILTERS PP1.1-1.4.

Gedurende een korte onttrekkingsperiode van 15 tot en met 20 augustus is in totaal 1,040 m³ aan geproduceerd gietwater teruggewonnen, waardoor er op dat moment in totaal (inclusief eerdere korte terugwinperiodes voor schoonspoelen en bemonsteren) 1,445 m³ (ca. 17 %) van het geïnfiltrerde water is teruggewonnen. Hiervan is 58% gewonnen via PP1.1 en PP1.2, terwijl 42% is teruggewonnen met PP1.3 en PP1.4.

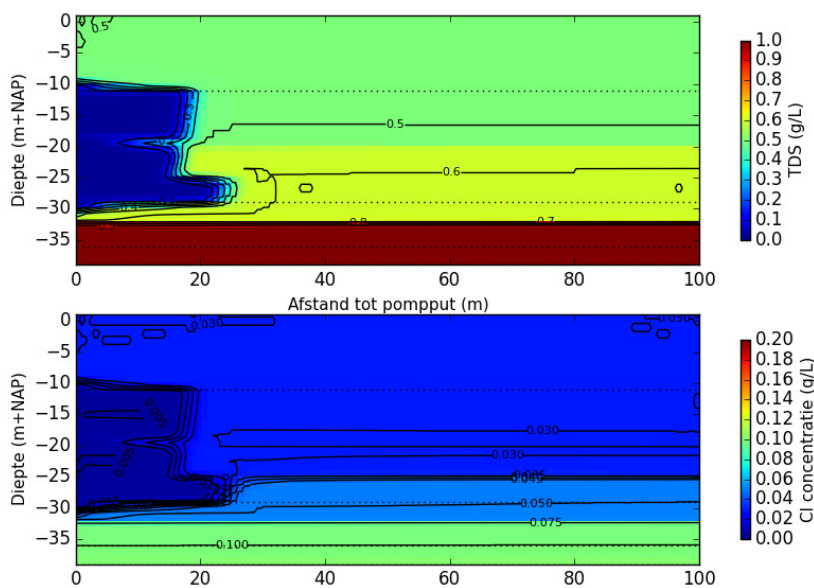
5.3 Modelering proef ASR (februari – augustus 2016)

Met het verbeterde grondwatermodel (gekalibreerde SEAWAT model op basis van pompproef) is de proefcyclus tevens gemodelleerd. De verdeling van de TDS en Cl concentratie in Figuur 10 vertegenwoordigt de situatie in de opslagperiode (3 juni). De verdeling van TDS en Cl na de terugwinperiode (21 augustus) is getoond in Figuur 11. Op basis van modellering worden invloeden van opdrijving en diffusie beperkt geacht. De

geïnfiltreerde zoetwaterbel blijft goed op zijn plek. Het stromingspatroon in Dinteloord zal daarom vooral horizontaal gericht zijn: geïnfiltreerd water wordt daarbij met hetzelfde putfilter geïnfiltreerd en gewonnen.



FIGUUR 10: VERDELING VAN TDS (BOVEN) EN CL CONCENTRATIE (ONDER) IN G/L IN DE OPSLAGPERIODE (3 JUNI 2016).



FIGUUR 11: VERDELING VAN TDS (BOVEN) EN CL CONCENTRATIE (ONDER) IN G/L AAN HET EINDE VAN DE (EERSTE) ONTTREKKINGSPERIODE (21 AUGUSTUS 2016).

5.4 Veranderingen in de chemische waterkwaliteit

5.4.1 Veranderingen ter plaatse van PB1 (10 m van de ASR-bron)

De belangrijkste veranderingen in waterkwaliteit ter plaatse van PB1 zijn getoond in Figuur 12.

De grootste veranderingen tijdens infiltratie zijn:

- aanvankelijk verdunning met infiltratiewater, waarneembaar in een afname in vrijwel alle concentraties;
- doorbraak infiltratiewater, waarbij concentraties Na en Cl gelijk zijn aan het infiltratiewater (enkele mg/l). Alleen bij PB1.5 wordt de infiltratieconcentratie niet gehaald (niet lager dan ca. 5 mg/l);
- oplossing Ca en Mg. Dit betreft ca. 20 mg/l (PB1.4 en 1.5) en 30 mg/l (PB1.2 en 1.3) aan Ca en ca. 2 mg/l aan Mg. Hieraan gekoppeld neemt HCO_3 in het infiltratiewater tijdens verblijf toe tot 60 mg/l (PB1.4 en PB1.5) tot ruim 100 mg/l (PB1.2 en PB1.3);
- mobilisatie SO_4 : ca. 7 mg/l ter hoogte van PB1.2 en PB1.3 en ca. 9 mg/l ter hoogte van PB1.4 en PB1.5. Opgemerkt wordt wel dat aan het begin van de infiltratie al ca. 5 mg/l SO_4 in het infiltratiewater is waargenomen. Dit kan betekenen dat de werkelijke mobilisatie beperkt is;
- Fe en Mn concentraties nemen licht toe, met name ter plaatse van PB1.2 en PB1.3 (ca. 0.15 mg/);
- de pH neemt toe tot ca. 8. De temperatuur neemt iets af ten opzichte van het oorspronkelijke grondwater.

Na infiltratie (tijdens de bergingsfase) voldoet het water gemiddeld aan de eisen gesteld door de TOM (Tabel 13). De Ca en HCO_3 concentraties naderen tot de gestelde maximale concentratie. Hiervoor is kalkoplossing de oorzaak. De verhoogde Na concentraties ter plaatse van PB1.5 zijn een tweede aandachtspunt.

Tijdens verblijf in de ondergrond valt op:

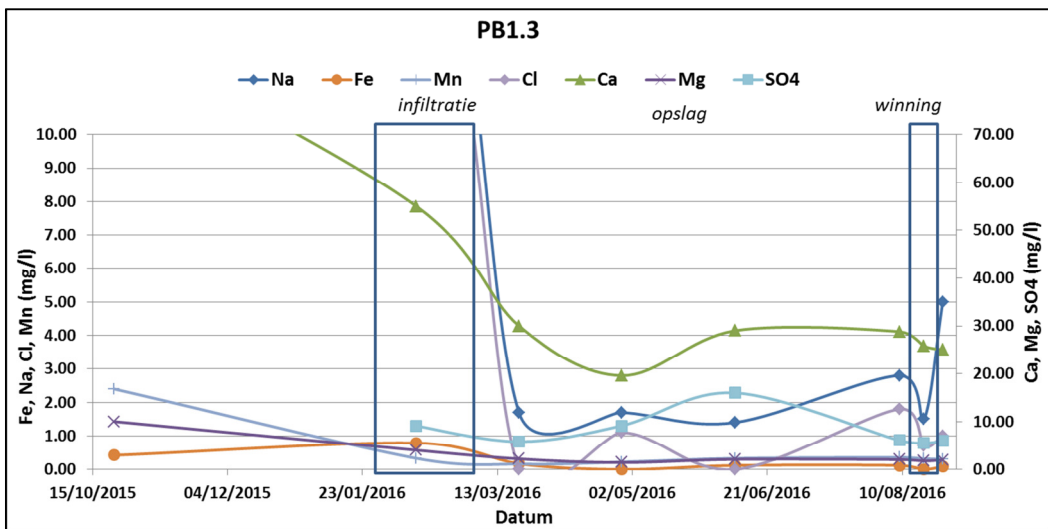
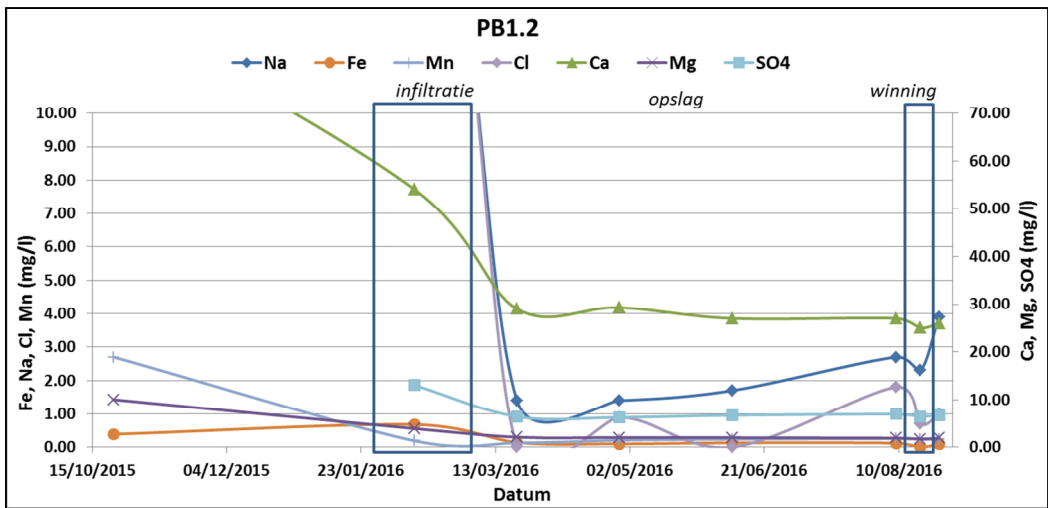
- Cl, Na, Ca en HCO_3 lijken licht toe te nemen tijdens ondergronds verblijf, met name ter plaatse van PB1.5;
- Fe blijft vrijwel gelijk, maar Mn neemt licht toe tot nabij de maximale concentratie gesteld door TOM (0.25 mg/l).

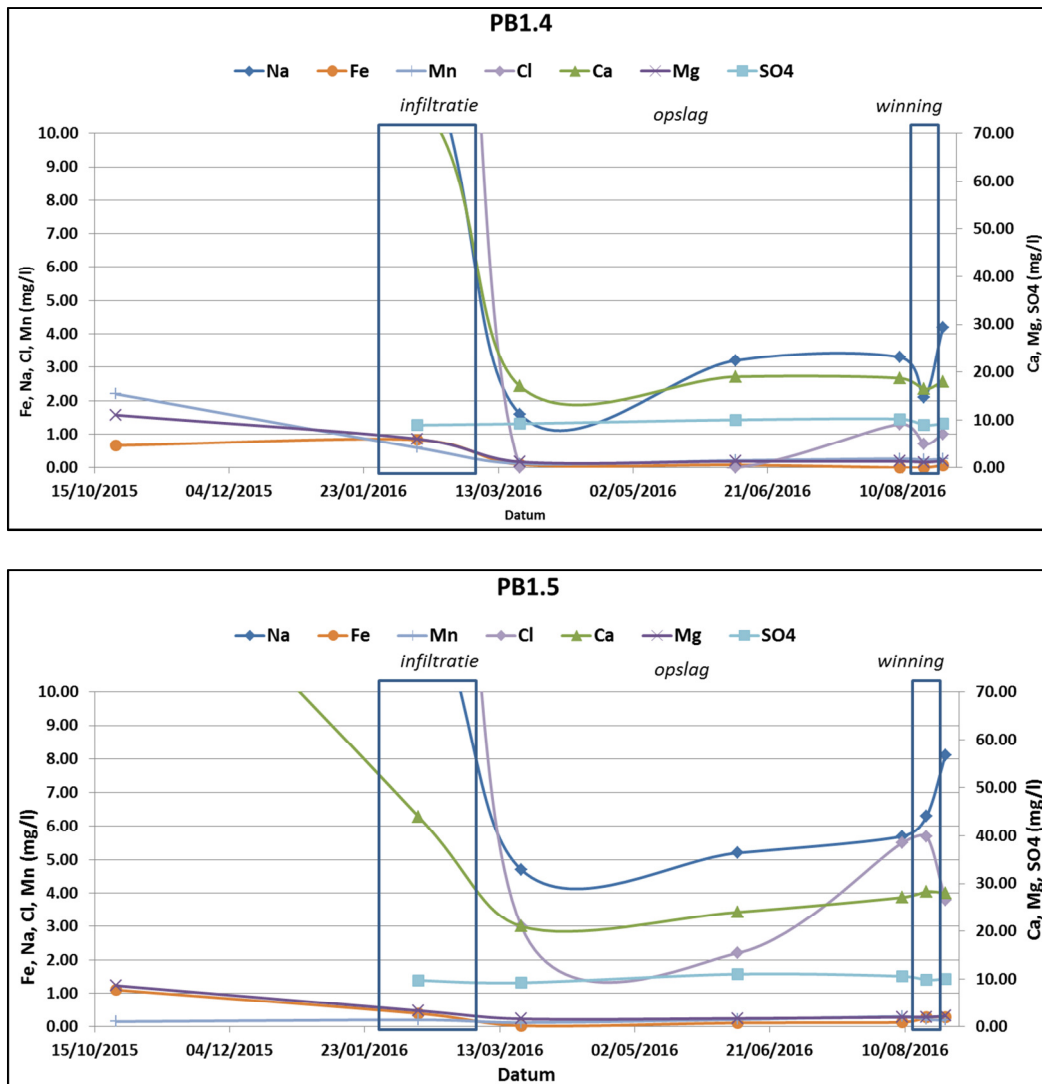
Hoewel grote veranderingen in de waterkwaliteit uitblijven, verdienen de waargenomen verhogingen wel aandacht omdat het water voor een Na, Ca, HCO_3 en Cl tot rond de toegestane concentraties van de TOM worden gebracht.

Bij terugwinning van de ruim 1.000 m³ zoetwater in de augustus 2016 is te zien dat:

- Met name Na iets oploopt bij alle peilbuizen. Alleen bij PB1.5 neemt ook Cl licht toe;
- Ca en HCO_3 concentraties blijven gelijk, of nemen zelfs licht af;
- Ter plaatse van PB1.2 tot en met PB1.4 neemt Fe af bij een gelijkblijvende Mn concentraties. Ter plaatse van PB1.5 neemt Fe juist toe ten opzichte van Mn.

Al-met-al is de invloed van de ondergrond op de waterkwaliteit met name terug te zien in een significante toename in Ca en HCO₃, waarbij concentraties worden gehaald die dichtbij de maximale concentraties van TOM liggen. Daarnaast is de aanrijking met Na een aandachtspunt, in verband met de zeer lage bovengrens, zoals gesteld door de TOM (2.3 mg/l). De lichte aanrijking met Fe en Mn zoals waargenomen bij PB1 leidt vermoedelijk niet tot operationele problemen bij gebruik als gietwater na verblijf in regenwaterbassins.





FIGUUR 12: MACROCHEMISCHE VERANDERINGEN TER PLAATSE VAN PB1 TIJDENS DE EERSTE ASR-CYCLUS

5.4.1.1 Bepaling effectieve porositeit op basis van de doorbraak van infiltratiewater

Op 12 februari is de EC gemiddeld 51% van de oorspronkelijke EC. Dit betekent theoretisch dat de zoetwaterbel precies tot aan de peilbuis is gekomen met het geïnfilterde volume sinds de start van de proef (2200 m³). Hieruit kan een porositeit van 0.38 worden herleid. Rekening houdend met mineraaloplossing en diffusie vanuit de aanwezige klei in het pakket, wordt aangenomen dat de EC kunstmatig iets is verhoogd, zoals te zien bij latere monsternames (ca. 100 uS/cm). Hiervoor corrigerend bestond het water ten tijden van deze bemonstering reeds voor 34% infiltratiewater en was de rand van de bel dus al voorbij de peilbuis. Een iets lagere porositeit (0.3 tot 0.35) ligt daarom voor de hand.

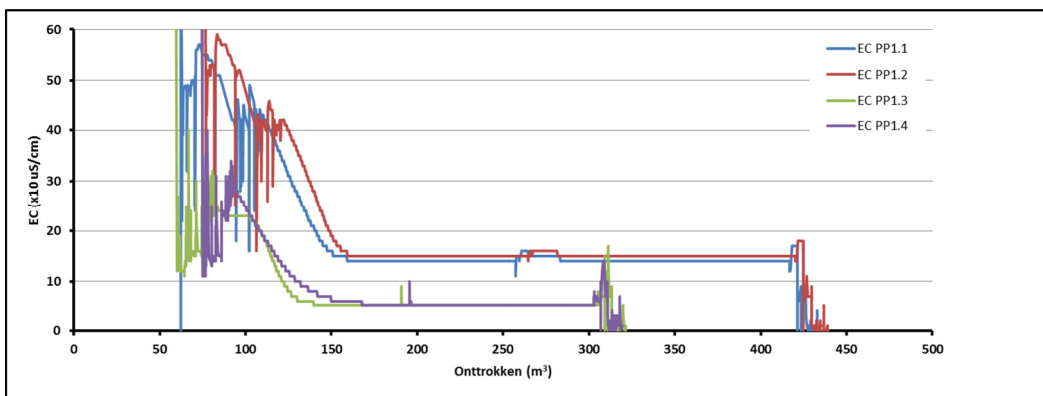
5.4.2 Waterkwaliteitsveranderingen rond de ASR-put (PP1) en tijdens terugwinning

Tijdens de opslagperiode is het opgeslagen water enkele malen onttrokken en bemonsterd. Hierbij zijn opvallende waarnemingen gedaan:

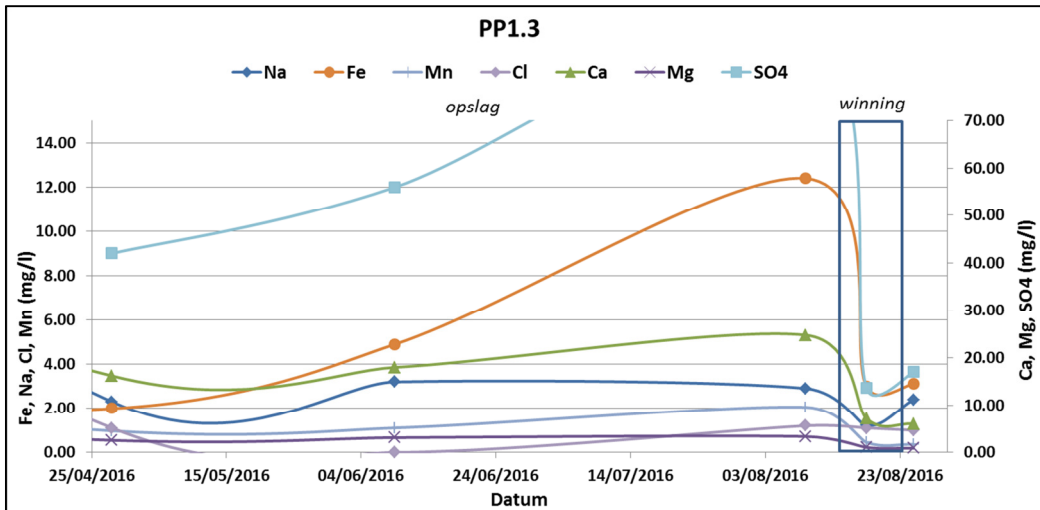
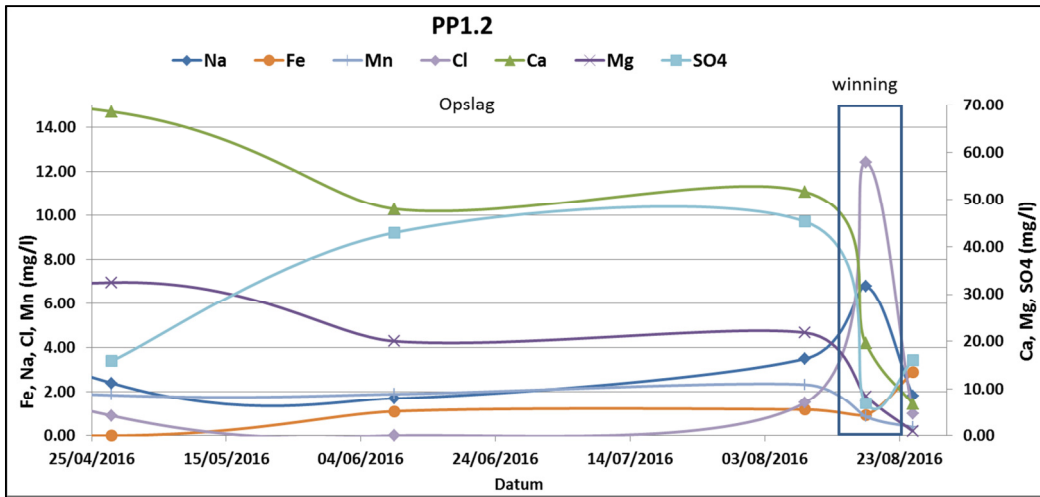
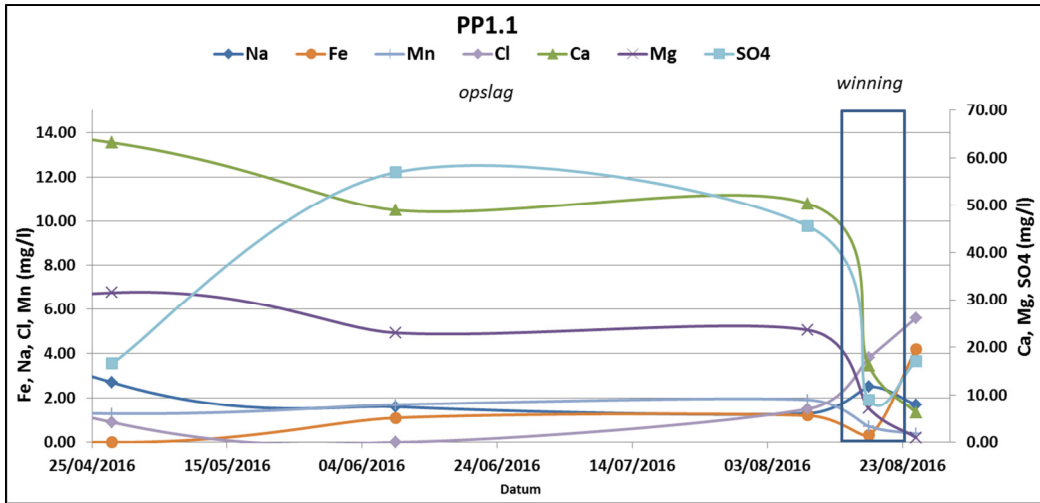
- de EC loopt met name ter plaatse PP1.1 en PP1.2 sterk op (tot 500 uS/cm), in mindere mate vindt hetzelfde plaats bij PP1.3 en PP1.4 (tot 250 uS/cm)
- deze toename wordt ter plaatse van PP1.1 en PP1.2 veroorzaakt door een sterke oplossing van Ca (tot ca. 70 mg/l), Mg (tot ca. 30 mg/l) en HCO_3 (tot 400 mg/l). Ook SO_4 neemt toe, tot ca. 50 mg/l;
- ter plaatse van PP1.3 en PP1.4 nemen Ca, Mg en HCO_3 in mindere mate toe, maar SO_4 neemt juist veel sterker toe, tot ongeveer 100 mg/l;
- ook Fe en Mn nemen sterk toe naar enkele mg/l;
- de pH daalt naar ca. 6;
- Na en Cl concentraties blijven vrijwel gelijk aan de concentraties in het infiltratiewater.

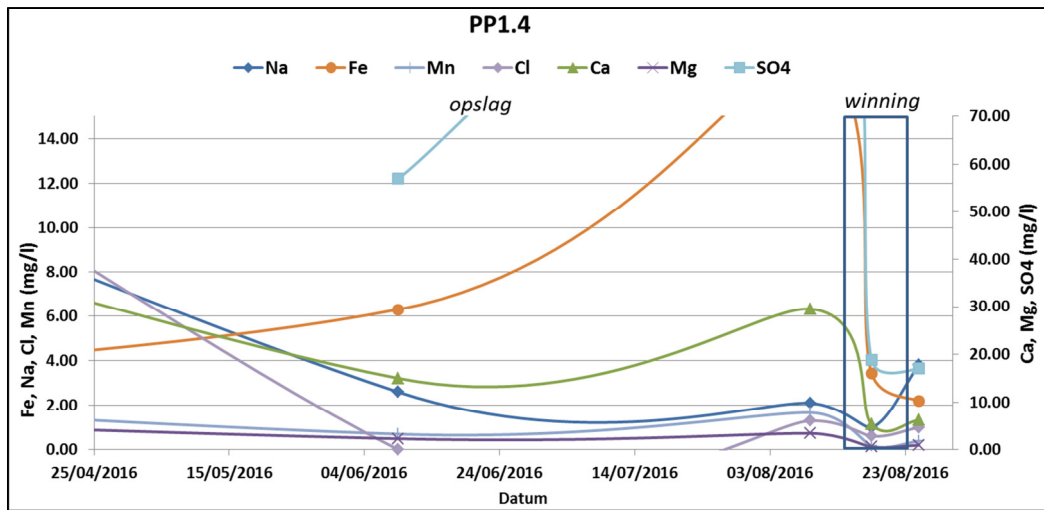
Hoewel er dus geen vermenging met oorspronkelijk grondwater plaatsvindt (Na en Cl veranderen niet), verandert de samenstelling van het water dat zich rond PP1 bevindt, en wel in sterke mate. Hierdoor overschrijden SO_4 , Fe, Mn, Ca, Mg en HCO_3 de maximale concentraties zoals gesteld door TOM. Tijdens langere onttrekkingsperiode blijkt de EC echter langzaam te dalen. De gemeten waterkwaliteit is dan ook alleen representatief voor de zone direct rondom PP1, tot ca. 4 m afstand (vastgesteld op basis EC tijdens onttrekking). De waarnemingen bij PB1 op 10 m van PP1 bevestigen dit beeld.

Tijdens de terugwinning van ruim 1.000 m³ in augustus 2016, bleek de EC van het winwater binnen tientallen m³ (per bronlaag) sterk te dalen naar ongeveer 50 uS/cm (PP1.3 en PP1.4) tot ruim 100 uS/cm (PP1.1 en PP1.2). Aan het einde van de winning werd een tamelijk stabiele waterkwaliteit gewonnen (Figuur 12). Uit Tabel 14 blijkt dat het winwater voor Na vrijwel op de limiet van de TOM zit. Mn en met name Fe overschrijden de gestelde maximale concentraties. Ook de pH is hoger dan verlangd (7.7 vs 6.5).



FIGUUR 13: EC TER PLAATSE VAN PP1 TIJDENS DE EERSTE ASR-CYCLUS





FIGUUR 14: MACROCHEMISCHE VERANDERINGEN TER PLAATSE VAN PPI TIJDENS DE EERSTE ASR-CYCLUS

TABEL 14: WATERKwaliteit WINWATER AAN HET EINDE VAN ASR-CYCLUS 1 (AUGUSTUS 2016). RODE WAARDEN VOLDOEN NIET AAN DE EISEN VAN DE TOM, GROENE WAARDEN WEL.

Sample:		PP1.1	PP1.2	PP1.3	PP1.4	PP1	Eis TOM
Monstername		25/08/2016	25/08/2016	25/08/2016	25/08/2016		
Infiltratie	m ³	2072.3	1751.5	2325.9	2146.9		
Winning	m ³	421.4	424.8	309.2	306.9		
O2	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Turbidity	NTU	8	12	12	9	10.3	
EC-25	uS/cm	53	27	48	43	43	300
Temp	°C	13.1	13	12.9	13	13.0	
pH-Lab		8.4	7.9	7.4	7.1	7.7	6.5
pH-field		7.6	7.7	7.8	7.7	7.7	6.5
Na	mg/l	1.7	1.8	2.4	3.8	2.4	2.3
K	mg/l	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	46.9
Ca	mg/l	6.2	6.7	6	6.2	6.3	32.1
Mg	mg/l	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	4.9
Fe	mg/l	4.2	2.9	3.1	2.2	3.1*	0.25
Mn	mg/l	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4*	0.3
NH ₄	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
Cl	mg/l	5.6	1	1	1	2	17.7
SO ₄	mg/l	17	16	17	17	16.8	28.8
HCO ₃	mg/l	16	20	18	27	20.3	91.5
NO ₃	mg/l	0	0	0	0	0	217
PO ₄ -t	mg/l	0	0	0	0	0	27.0
As	mg/l	10	6	6	<5	7.1	-
Zn	ug/l	10	10	53	82	39	196

* Hoge concentraties in het winwater bij de bron, maar lage concentraties op 10 m afstand (ca. 0.25 mg/l). Mogelijk nemen de concentraties verder af bij langere terugwinning.

5.5 Onderliggende processen

De waargenomen waterkwaliteitsveranderingen tijdens de eerste, kleinschalige ASR-cyclus zijn niet typisch voor ASR. Zo is het injectiewater (volgens de metingen) vrijwel anoxisch en zeer zoet, terwijl dit doorgaans (bij gebruik hemelwater, oppervlaktewater, drinkwater) oxisch is en meer mineralen bevat. De processen die spelen tijdens infiltratie lijken daardoor gelimiteerd tot:

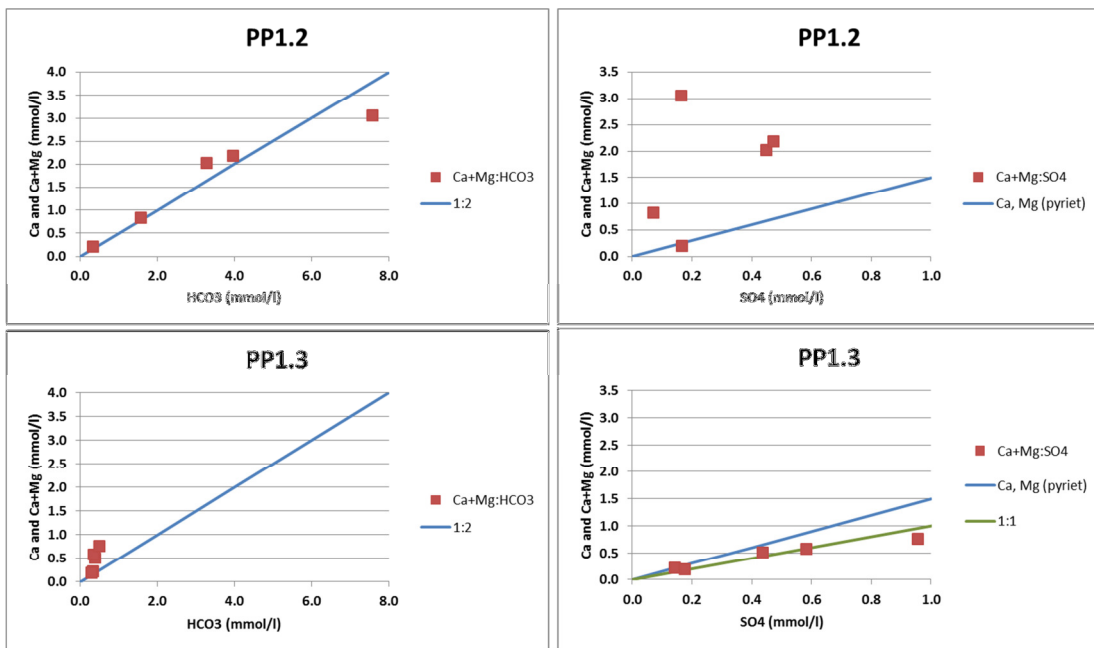
- *menging*: op de rand van de bel mengen de twee watertypen, wat leidt tot een verhoging in Na, Cl, Ca, HCO_3 , Fe, Mn en SO_4 , conform mengverhouding, maar zodra het front verder verplaatst vindt menging met oorspronkelijk grondwater nabij de ASR-put niet meer plaats;
- *carbonaatoplossing*: het infiltratiewater is sterk onderverzadigd, dit leidt tot de aanrijking met Ca en HCO_3 .
- *ionuitwisseling*: door de verschillen in samenstelling tussen het grondwater en het infiltratiewater zullen ionen gehecht aan het sediment uitwisselen met ionen in het passerende geïnfilterde water. Hierdoor kan een kation als Na bijvoorbeeld nageleverd worden aan het passerende water. Cl wisselt niet of nauwelijks uit en toont dit effect niet. De zone waarin dit plaatsvindt is beperkt tot de rand van de bel.

Tijdens de opslag vinden er zeer opvallende veranderingen plaats nabij de ASR put: Ca, Mg en HCO_3 nemen sterk toe (met name in de eerste fase, in de bovenste helft van de aquifer: PP1.1 en PP1.2), terwijl onderin (PP1.3 en PP1.4) vooral sterke SO_4 - productie plaatsvindt gedurende vrijwel de gehele opslagperiode. Tegelijkertijd komt er zeer veel Fe en Mn vrij, met name in wederom de onderste helft. Oplossing van calcium- en magnesiumcarbonaat (dolomiet) en oxidatie van pyriet om SO_4 (en Fe) te produceren zijn mogelijke processen en de geochemische samenstelling van het sediment maakt dit mogelijk. Wel vereist dit een beschikbaar zuur (zoals H^+ of CO_2) om tot zoveel oplossing te komen en een oxidator (zuurstof, nitraat) voor pyrietoxidatie.

Kijkend naar de ontwikkeling van de som Ca en Mg tegen de concentraties HCO_3 en SO_4 , lijkt in de bovenste aquifer (PP1.2 als voorbeeld, Figuur 15) met name sprake van oplossing van dolomiet door productie van CO_2 . Voor oplossing van dolomiet door alleen maar protonbuffering na pyrietoxidatie ontstaat teveel Ca en Mg ten opzichte van SO_4 bij PP1.2.

In de onderste helft van de aquifer zijn de trends wezenlijk anders. De toename van HCO_3 is relatief beperkt (<0.4 mmol/l), terwijl Ca en SO_4 op een 1:1 lijn lijken te liggen. Er lijkt hier dan ook met name sprake van oplossing van gips (CaSO_4) en slechts beperkte oplossing van dolomiet (dit is ook maar in lage gehalten aanwezig). Mogelijk vindt CO_2 productie wel plaats, hetgeen herleid kan worden uit de sterk afnemende pH (ca. 5.5).

Zowel bij PP1.2 als PP1.3 ontstaat relatief veel meer SO_4 dan op basis van de potentiële zuurstof- en nitraatconcentraties in het injectiewater kan worden verwacht (maximaal 0.15 mmol/l).



FIGUUR 15: VERHOUDINGEN TUSSEN CALCIUM+MAGNESIUM EN RESP. HCO₃ EN SO₄.

In onderstaande volgen enkele hypothesen, waarvan de meest waarschijnlijke via bemonstering van de tweede ASR cyclus getoetst moeten worden:

1. Tijdens het boren en ontwikkelen van de put zijn verstoringen opgetreden die de put nabije zone nadelig beïnvloed hebben. Te denken valt aan de introductie van reactieve materialen in boorvloeistof/afdichtingen (gips (met als gevolg oplossing Ca en SO₄), maar ook organische bestanddelen, welke kunnen leiden tot CO₂-productie) of het reacteren van in de doelaquifer aanwezige mineralen;
2. Er is ongemerkt een afwijkende kwaliteit water geïnfiltrerd aan het einde van de infiltratieperiode. Dit volgt echter niet uit de EC-waarnemingen bij het terugspoelen van de bronnen direct na de laatste injectie.
3. Via de ontluchtingsbuis in de ASR put wordt tijdens stilstand lucht aangezogen welke met pyriet reageert en zo de SO₄ toename verklaart;
4. Tijdens stilstand lekt er grondwater vanuit het boven- of onderliggende pakket de ASR put in. Dit is te weerleggen door de laag blijvende Cl concentratie;
5. Tijdens stilstand sterft de microbiologische populatie rond de ASR-put af, waarbij vooral koolzuur gevormd wordt en anaërobie ontstaat, tenzij hypothese 3 ook juist is. Dit verklaart nog niet de productie van SO₄.

Het meest waarschijnlijke op basis van de eerste cyclus lijken hypothese 1 en 3. Ten tijde van het schrijven van deze rapportage bleek het winwater in de eerste fase van de opslagperiode (februari 2017) na de tweede infiltratieperiode de extreme EC-verhogingen niet meer te vertonen. Hypothese 1 lijkt hierdoor het meest aannemelijk.

Op 10 m afstand van de ASR-put vinden de processen zoals waargenomen bij de ASR-put niet plaats. Wel lijkt hier nog wat trage nalevering plaats van Na en Cl, mogelijk vanuit kleiige delen van de aquifer die nog niet goed doorspoelt zijn. Een geringe hoeveelheid natrium zou kunnen oplossen vanuit Na-silicaat (albiet). Het is aan te bevelen om ook in de tweede cyclus nauwgezet de waterkwaliteitsontwikkelingen in beeld te brengen, om zo een betere inschatting van de ontwikkeling van de waterkwaliteit te maken.

6 Verwachte prestatie ASR-bron 1 op lange termijn.

Het verwachte terugwinrendement van het opgeschaalde systeem (acht putten) is geanalyseerd met het verbeterde grondwatermodel. Hierbij is uitgegaan van een jaarlijkse geplande terugwinning van 25.000 m³ per ASR-put en infiltratie van 25.200 m³ (zie Tabel 15). Er zijn geen infiltratieperiodes vooraf gemodelleerd.

6.1 Prestaties op basis van chloride (Cl)

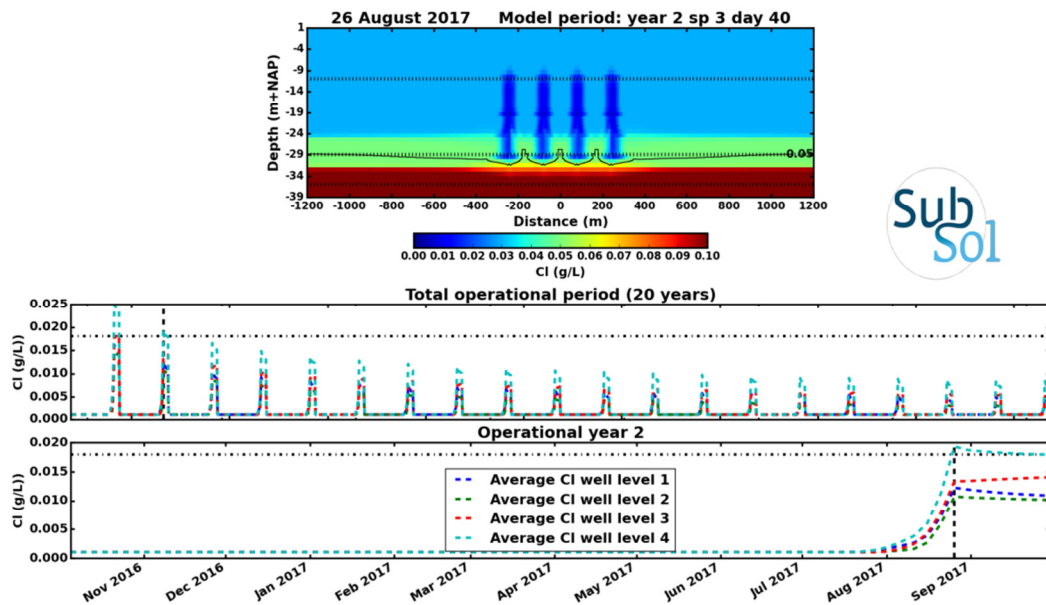
Er is allereerst gekeken hoe snel de putten water zouden aantrekken met Cl-concentraties >17.7 mg/l. Binnen een periode van vijf jaar neemt het rendement toe van 92,5 % naar meer dan 99 %, zie Tabel 16. Naar verwachting kan dus binnen enkele cycli aan de gewenste bedrijfsvoering voldaan worden. De resultaten laten wel zien dat de concentraties in de tweede helft van de terugwinning iets oplopen door vermenging en enigszins door oprijving/kwel (bronlaag 4, Figuur 16).

TABEL 15: AANGENOMEN OPERATIONELE SCHEMA PER ASR-PUT (TOTAAL: 8 PUTTEN)

Fase	Duur (d)	Q (m3/d)	Volume (m3)	Rel. debiet per filter (%) op basis proef
Injectie	140	180	25.200	PP1.1: 25, PP1.2: 21, PP1.3: 28, PP1.4: 26
Opslag	150	0	0	-
Winning	40	-625	-25.000	PP1.1: 25, PP1.2: 21, PP1.3: 28, PP1.4: 26

TABEL 16: RENDEMENT PER CYCLUS (1 CYCLUS = 1 JAAR) OP BASIS VAN CHLORIDE

Cyclus	Terugwinrendement (%)
1	92,5
2	95,9
3	98,4
4	98,4
5	98,4
6 - 20	99,2



FIGUUR 16: MODELUITKOMSTEN MODELLERING CHLORIDE (JAAR 2, VOLLEDIGE ASR-SYSTEEM IN BEDRIJF)

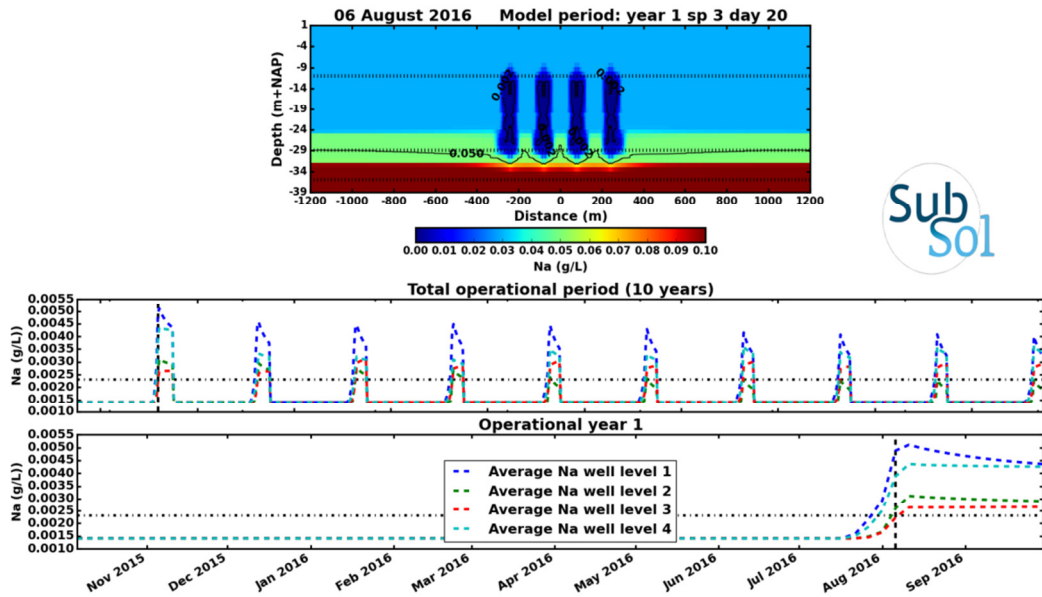
6.2 Prestaties op basis van natrium (Na)

Zoals het voorgaande hoofdstuk laat zien, is Na een kritischer parameter dan Cl, omdat er voor Na nauwelijks menging met het oorspronkelijke grondwater kan worden toegestaan. Daarom is het model nogmaals doorgerekend, maar dan met Na als kritische parameter. Het gedrag van Na in de bodem is hierbij als conservatief beschouwd.

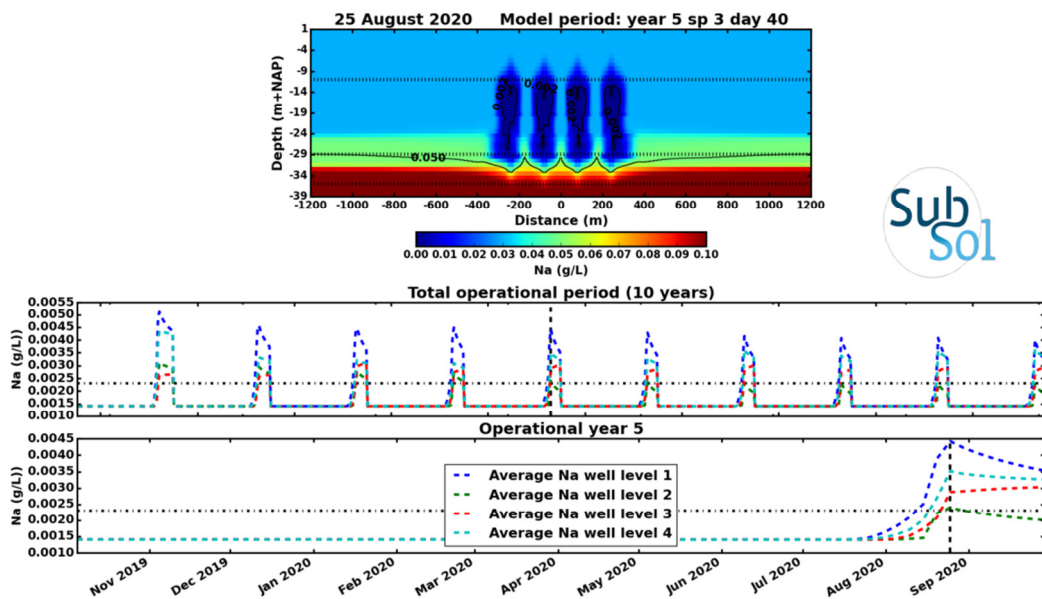
De natriumconcentratie blijkt in veel gevallen inderdaad limiterend voor de terugwinning. Het verwachte terugwinrendement valt hierdoor lager uit (Tabel 17). Met name bronlaag 1 en 4 blijken al voor het einde van de terugwinning de limiet voor Na niet te overschrijden door lichte diffusie vanuit de kleilagen boven en onder het zandpakket. Na jaar 5 wordt een terugwinrendement van meer dan 80% gehaald. Indien net als voor Cl in de laatste fase van de winning een maximale concentratie van 0.5 mmol/l (11 mg/l) wordt aangehouden zijn de prestaties vrijwel gelijk aan het scenario waarin op Cl wordt gestuurd (paragraaf 1). Overwogen kan worden om bij intense droogte toch iets hogere Na-concentraties te accepteren, of om in de eerste cycli bewust meer te infiltreren dan de beoogde terugwinning om zo versneld een bufferzone op te bouwen

TABEL 17: RENDEMENT OP BASIS VAN DE MAXIMALE NATRIUMCONCENTRATIE PER CYCLUS (1 CYCLUS = 1 JAAR)

Cyclus	Terugwinrendement (%)
1	33,8
2	59,7
3	70,5
4	75,9
5-6	80,3
7-8	82,6
9-10	83,5



FIGUUR 17: MODELUITKOMSTEN MODELLERING NATRIUM (JAAR 1, VOLLEDIGE ASR-SYSTEEM IN BEDRIJF)



FIGUUR 18: MODELUITKOMSTEN MODELLERING NATRIUM (JAAR 5, VOLLEDIGE ASR-SYSTEEM IN BEDRIJF)

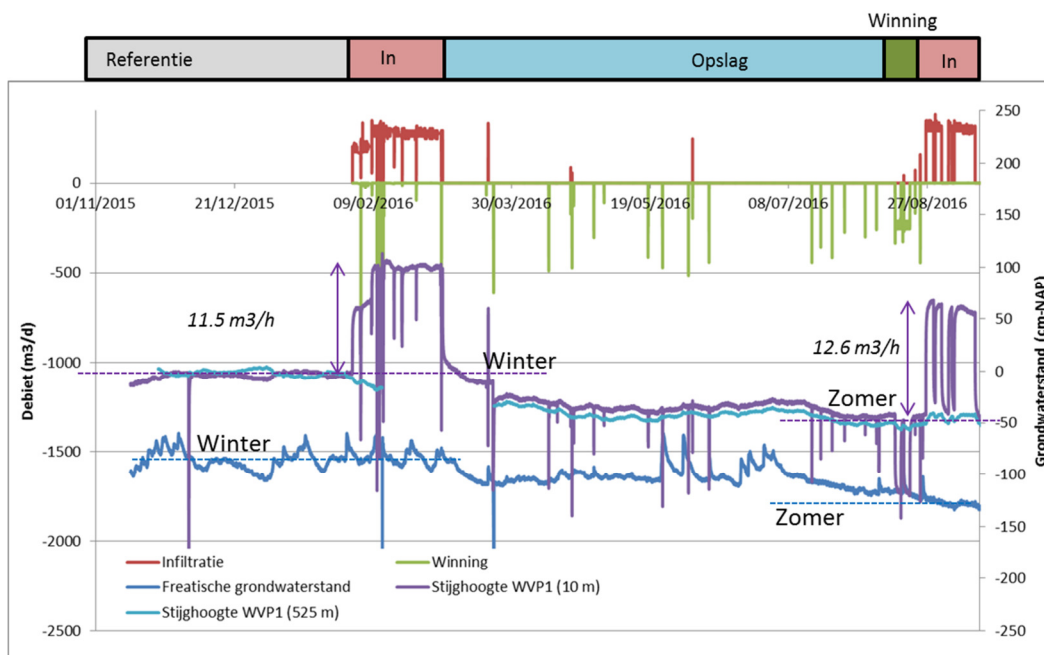
7 Effecten op de omgeving

7.1 Waargenomen veranderingen in de grondwaterstanden

Tijdens de verschillende fasen zijn de grondwaterstandsveranderingen op meerdere punten in het watervoerende pakket waargenomen. Hieruit volgen de veranderingen zoals weergegeven in Tabel 18 en Figuur 19. Met name de eerste infiltratieperiode is interessant, omdat daarin gedurende langere tijd met een constant debiet is geïnfiltriseerd en het watervoerende pakket de tijd heeft gehad om hier volledig op te reageren.

TABEL 18: VERANDERINGEN IN DE GRONDWATERSTAND AAN HET EINDE VAN DE EERSTE INJECTIEPERIODE (Q= 12 M3/H)

Fase	Verandering (cm) waargenomen	Verandering (cm) model
PB1.1	0	+13
PB1.5	+105	+100
PB2.2	+ 8	+7

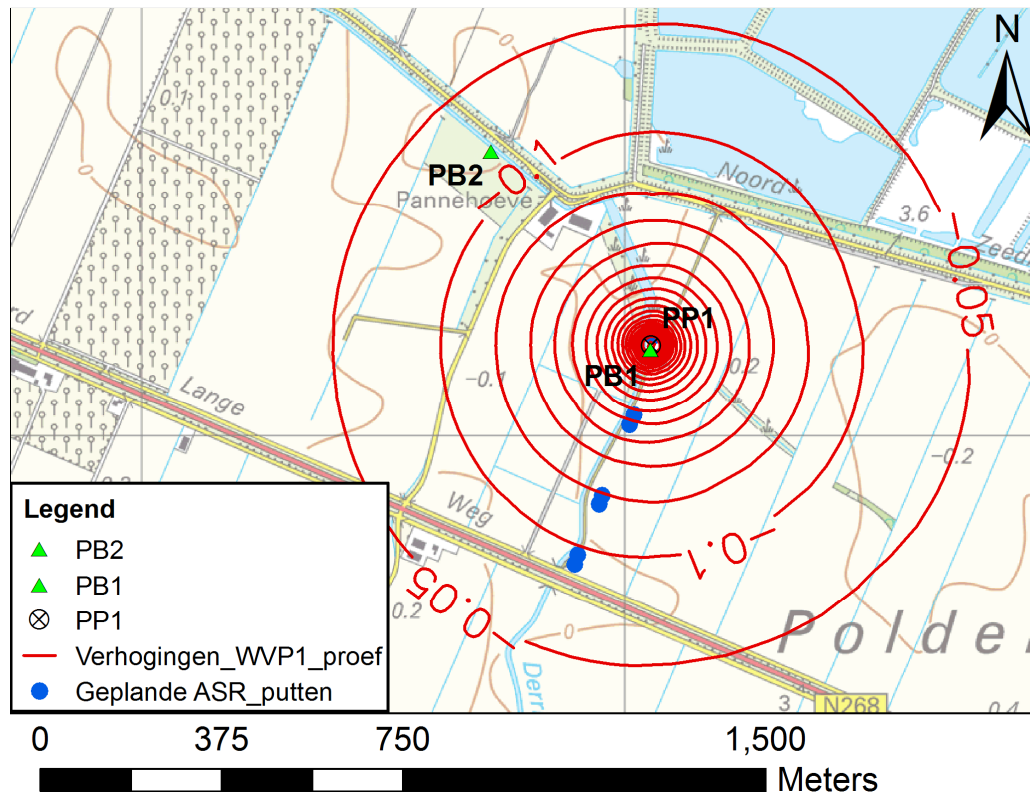


FIGUUR 19: VERPOMPINGEN ASR SYSTEEM EN VERANDERINGEN STIJGHOOGTES TIJDENS ASR PROEF NIEUW PRINSENLAND. DOOR EEN DEFECTE DIVER (DRUKSENSOR) ONTBREEKT VAN DE STIJGHOOGTE OP 525 M DE PERIODE 11-2-2016 T/M 26-3-2016.

7.1.1 Invloed op stijghoogte 1e watervoerende pakket

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket varieert tussen +5 cm+NAP en -65 cm+NAP. In de injectieperiode nam de stijghoogte naast de infiltratieput (PB1) met ruim 1 m toe. Op ruim 500 m afstand was deze toename 8 cm. Deze veranderingen zijn in lijn met de waarnemingen van het verbeterde grondwatermodel (MODFLOW model op basis pompproef).

Het verbeterde model is daarom geschikt om de effecten van ASR op de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket opnieuw te bepalen.



FIGUUR 20: VERHOOGING VAN DE STIJGHOOGTE IN EERSTE WATERVOERENDE PAKKET AAN HET EINDE VAN DE EERSTE INFILTRATIEFASE.

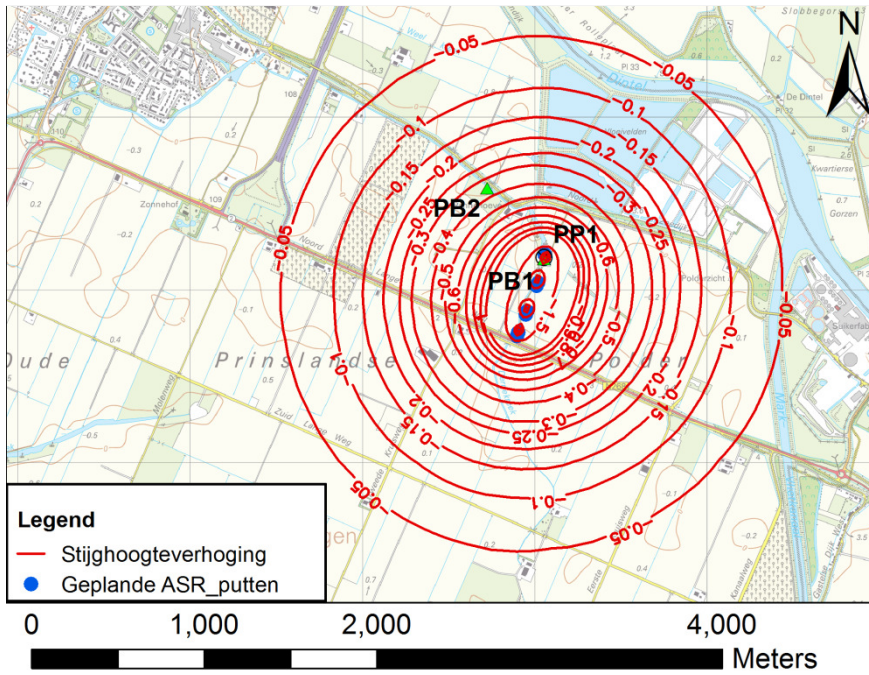
7.1.2 Invloed op de freatische grondwaterstand

De freatische grondwaterstand varieert tussen -0.60 en -1.40 m+NAP en wordt niet significant beïnvloed door het ASR-systeem. Zelfs naast de infiltratiebron (PB1) zijn geen veranderingen waargenomen die direct te koppelen zijn aan de ASR. Wel wordt de freatische grondwaterstand sterk beïnvloed door de neerslag, zoals te zien is in de (natte) periode juni 2016. De oorzaken voor het ontbreken van effecten in het eerste watervoerende pakket zijn de scheidende kleilaag (met name tussen -2 en -10 m+NAP) en de nabijgelegen Derriekreek. Door het gereguleerde peil in deze watergang op enkele meters van het ASR-systeem en de meetpunten zullen de effecten veroorzaakt door de dieper gelegen ASR-putten in de omgeving van de Derriekreek gecompenseerd worden. Deze complexere interactie met het oppervlaktewatersysteem is niet opgenomen in het grondwatermodel. Het grondwatermodel kan dus alleen gebruikt worden om een worst-case inschatting te maken van de effecten op de freatische grondwaterstand.

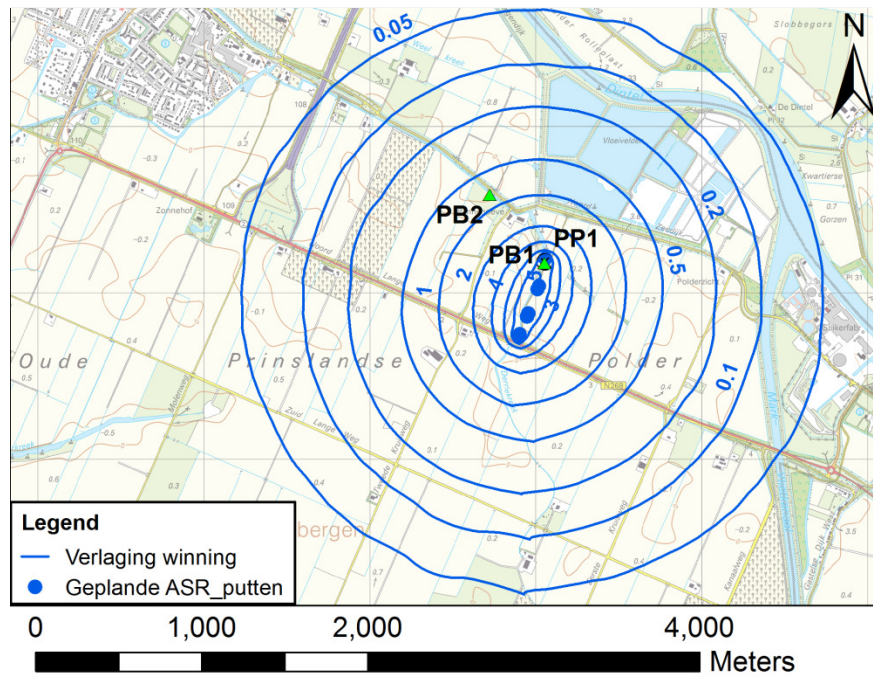
7.1.3 Effecten bij opschaling

Met het bijgewerkte grondwatermodel zijn opnieuw de effecten op het grondwatersysteem in de omgeving bij volledige realisatie in beeld gebracht. De resultaten zijn wat de reikwijdte betreft in lijn met de eerdere effectenrapportage (memo KWR, d.d. 15 november 2014 - 'Effecten verplaatsing locatie ondergrondse waterberging AFC Nieuw Prinsenland'). Door de lagere kD-waarde zijn de effecten met name in de directe omgeving van het ASR systeem groter. Op locaties met kwetsbare infrastructuur in de omgeving (leidingen, waterkeringen in omgeving Noordzeedijk) wijken de verwachte hydrologische effecten niet sterk af (ca. 0.1 -

0.2 m extra verhoging, vrijwel gelijke verlaging). Aanbevolen wordt om deze uitkomst te valideren bij opschaling door het voortzetten van de registratie ter plaats van PB2.2.



FIGUUR 21: VERWACHTE STIJGHOOGTEVERHOOGING TIJDENS INFILTRATIE BIJ VOLLEDIGE REALISATIE ASR NIEUW-PRINSENLAND



FIGUUR 22: VERWACHTE STIJGHOOGTEVERLAGING TIJDENS WINNING BIJ VOLLEDIGE REALISATIE ASR NIEUW-PRINSENLAND

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Samenstelling ondergrond ASR-locatie Derriekreek Nieuw Prinsenland

De ondergrond op de ASR-locatie Derriekreek is nader onderzocht bij de realisatie van de eerste ASR-put (Hoofdstuk 2). De ondergrond lijkt geschikt op basis van de aanwezige laagopbouw en het relatief zoete grondwater (Hoofdstuk 3). Door de combinatie van de dikte en de doorlatendheid van het fijne zandpakket, is de kD-waarde wel lager dan verwacht (Hoofdstuk 4).

8.2 Prestaties van het ASR-systeem

Het ASR systeem is door middel van een kleinschalige ASR-cyclus (ruim 8.000 m³) getest. Hiervan is 1.445 m³ teruggewonnen, waarvan ruim 1.000 m³ tijdens een onttrekkingsperiode eind augustus 2016. Uit de monitoring van het grondwater ter plaatse van PB1 blijkt dat het ingebrachte zoete water gedurende de zes maanden lange opslagperiode op zijn plaats blijft. Sterke opdrijving of afdrijving vond niet plaats. Tijdens de onttrekkingsperiode kan daarom weer zeer zoetwater van een zeer hoge kwaliteit worden onttrokken, waarbij Cl aan de eis van de TOM voldeed, terwijl Na vrijwel aan de eis van de TOM voldeed.

Rondom de waterkwaliteit zijn twee belangrijke aandachtspunten waar te nemen:

1. Natrium (Na): door lichte vermenging met oorspronkelijk grondwater en nalevering vanuit kleiige delen van de aquifer en enige mineraaloplossing (albiet) is het goed mogelijk dat de strenge eis voor Na, zeker richting het einde van de terugwinning en in de eerste jaren, niet gehaald wordt. Aanbevolen wordt om dit bij een tweede cyclus nogmaals te monitoren tijdens de terugwinning en ook te bezien of de zeer lage concentratie van 2.3 mg/l in droge perioden iets verruimd kan worden;
2. Rondom de ASR-put ontstaat na het stopzetten van de infiltratie een volume van enkele ca. 200 m³ met een sterk afwijkende waterkwaliteit. Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Fe, Mn en EC zijn sterk verhoogd. Na het onttrekken van dit volume bereikt een veel betere waterkwaliteit de ASR-put, waarin vooral Fe en Mn, alsmede een verhoogde pH de waterkwaliteit bedreigen. Dit is waarschijnlijk is een gevolg van toevoegingen in de boorvloeistof / afdichtingen tijdens installatie van PP1. Ook deze waterkwaliteitsontwikkeling zou in een tweede ASR-cyclus nader onderzocht moeten worden.

Uit de modellering van het volledige systeem (Hoofdstuk 6) blijkt dat de winbaarheid van zoetwater (Cl < eis TOM) vrijwel volledig is. Wanneer Na (zeer lage eis TOM) wordt gemodelleerd is echter met name in de eerste cycli minder water winbaar (33% in jaar 1, 80% in jaar 5, 83% in jaar 10). Opdrijving is in de modellen niet waar te nemen, waardoor er in het vervolg niet per se meer hoeft te worden gekozen voor een viervoudige MPPW. Aanbevolen wordt om verder te gaan met tweevoudige MPPWs. Hiermee wordt kortsluitstroming tussen de onderste en bovenste helft van de doelaquifer voorkomen.

8.3 Effecten op de omgeving

De effecten op de omgeving zijn opnieuw berekend met het verbeterde grondwatermodel (Hoofdstuk 0). Hieruit blijkt dat de reikwijdte van de invloed vrijwel gelijk blijft, maar dat de verhogingen en verlagingen met name dichtbij de ASR-putten groter zullen zijn. Technisch kan de huidige installatie dat aan, afgaande op de infiltratiedruk en de dieptes van de

bronnepompen. De invloed op het freatische grondwater blijft beperkt, en wordt gedempt door de Derriekreek. De verandering van de invloed op de kritische infrastructuur op grotere afstand van de ASR-putten is relatief beperkt.

8.4 Aanbevelingen

Op basis van de waarnemingen tijdens de eerste cyclus van het ASR systeem wordt aanbevolen:

- Door te gaan met een tweede, langere ASR-cyclus om ook de subtielere waterkwaliteitsontwikkelingen nader in beeld te krijgen (vindt plaats binnen het EU-project SUBSOL);
- Bij uitbreiding te kiezen voor een tweevoudige MPPW in verband met het beperkte effect van opdrijving;
- Het vervolg van het ASR-puttenveld verder te realiseren conform vergunning.

9 Referenties

- Harbough, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., McDonald, M.G., 2000. Modflow-2000, the U.S. Geological Survey modular groundwater model - User guide to modularization concepts and the Groundwater Flow Process. Open-File Report 00-92, U.S. Geological Survey.
- Hill, M.C., Tiedeman, C.R., 2006. Effective Groundwater Model Calibration: With Analysis of Data, Sensitivities, Predictions, and Uncertainty. Wiley.
- Langevin, C.D., Thorne, D.T., Dausman, A.M., Sukop, M.C., Guo, W., 2007. SEAWAT version 4: a computer program for simulation of multi-species solute and heat transport. In: U.S.G.S. (Ed.), Techniques and Methods, book 6, Reston, Virginia, USA.

Bijlage I Boorbeschrijving PB1

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	1 / 4
		Datum:	22-12-10
		Versie:	2.0



Drechtdijk 36, 1424 RH De Kwakel
Tel: 0297-563260, Fax: 0297-540592

BOORPROFIEL (uitgevoerd onafhankelijk van de opdrachtgever en onder BRL SIKB 2100, VKB pr

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode			11-9-2015
Boringnummer/code	B1/peilbuis boring		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø300		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	34.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven		Hoeveelheid werkwater	8m³
XY-coördinaten			

Diepte in mtrs - maaiveld	Omschrijving grondlagen vlgns NEN 5104	M-waarde
00.00 - 00.40	Puin (repak)	
00.40 - 01.20	klei, matig zandig, lichte puin resten, bruin	
01.20 - 02.00	klei, matig zandig, lichte humeus, grijs/bruin	
02.00 - 03.50	zand, zeer fijn, licht kleiig, grijs	
03.50 - 05.00	veen, bruin	
05.00 - 06.20	zand, fijn, grijs	
06.20 - 07.75	klei, licht zandig, grijs	
07.75 - 08.50	klei, matig zandig, grijs	
08.50 - 10.00	klei, grijs	
10.00 - 11.50	klei, grijs	
11.50 - 12.50	klei, matig zandig met schelp en zandsteen resten, grijs	
12.50 - 14.00	zand, zeer fijn, grijs	
14.00 - 14.50	zand, zeer fijn, grijs	
14.50 - 14.75	klei met zeer fijn zand en zandsteen met kalkresten, grijs/wit	
14.75 - 16.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
16.00 - 17.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
17.00 - 18.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
18.00 - 19.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
19.00 - 19.20	zand, zeer fijn met kleibrokjes (kalk), grijs/wit	
19.20 - 20.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
20.00 - 21.25	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
21.25 - 21.90	klei, licht zandig, grijs	
21.90 - 23.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
23.00 - 24.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
24.00 - 24.75	zand, matig fijn tot fijn, grijs	

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	2 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	11-9-2015		
Boringnummer/code	B1/peilbuis boring		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø300		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	34.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boerspoeiling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	8m³
XY-coördinaten	0		

Diepte in mtrs - maaiveld	VERVOLG omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde
24.75 - 25.25	zand, matig fijn tot fijn met kleibrokjes, grijs	
25.25 - 26.00	zand, matig fijn tot fijn, grijs	
26.00 - 27.00	zand, matig fijn, grijs	
27.00 - 28.00	zand, matig fijn, grijs	
28.00 - 29.00	zand, matig fijn tot fijn met kleibrokken, grijs	
29.00 - 30.00	zand, matig fijn tot fijn met kleibrokken, grijs	
30.00 - 30.80	zand, matig fijn tot fijn met kleibrokken, grijs	
30.80 - 32.00	klei, licht zandig, grijs	
32.00 - 34.00	klei met veel zandlaagjes, grijs	
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		

Schijf Grondboringen B.V.

Formulier	Doc.code:	OPR
Opleverrapportage	Pagina:	3 / 4
	Datum:	16-07-10
	Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	11-9-2015		
Boringnummer/code	B1/peilbuis boring		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø300		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	34.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	8m³
XY-coördinaten	0		

Eventuele opmerkingen / tekortkomingen / getroffen maatregelen / verontreinigingen / onderbouwing bij afwijking van BRL SIKB 2100 - VKB Protocol 2101:		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		

Constructie					
Constructie	Diepte m-mv	Lengte m	Materiaal	Diam. mm	Perf.mm
stijgbuis	00.00-28.50	28.5	pvc	75	
filter	28.50-29.00	0.5	pvc	75	0.5
zandvang	29.00-32.00	3.0	pvc	75	

Pijlbuisconstructie						
Stijgbuis m- mv	Diam.mm	Materiaal	Nr.	Filter m - mv	materiaal	Perf.mm
00.00-02.50	33	pvc	1	02.50-03.00	pvc	0.5 met 0.5 zandvang
00.00-16.00	33	pvc	2	16.00-16.50	pvc	0.5 met 0.5 zandvang
00.00-19.50	33	pvc	3	19.50-20.00	pvc	0.5 met 0.5 zandvang
00.00-24.00	33	pvc	4	24.00-24.50	pvc	0.5 met 0.5 zandvang

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	4 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	11-9-2015		
Boringnummer/code	B1/peilbuis boring		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø300		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	34.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	8m³
XY-coördinaten	0		

Kleiafdichting			
kleiafdichting 300	00.50-02.00	kleiafdichting 300	26.00-26.50
grnd 08-125	02.00-03.50	grnd 08-125	26.50-34.00
kleiafdichting 300	03.50-05.00		
grnd 08-125	05.00-06.20		
kleiafdichting 300	06.20-08.00		
grnd 08-125	08.00-10.50		
kleiafdichting 300	10.50-13.00		
grnd 08-125	13.00-13.60		
kleiafdichting 300	13.60-14.50		
grnd 08-125	14.50-17.25		
kleiafdichting 300	17.25-18.00		
grnd 08-125	18.00-20.80		
kleiafdichting 300	20.80-21.75		
grnd 08-125	21.75-26.00		

Grondwaterinformatie			
m-mv	2.7		PH / EC 1.7
m-mv	1.0		PH / EC 0.93
m-mv	1.0		PH / EC 0.90
m-mv	1.0		PH / EC 0.90
m-mv	1.0		PH / EC 1.02

Bijlage II Zeefresultaten PP1

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	1 / 4
Datum:		22-12-10	
Versie:		2.0	



Drechtdijk 36, 1424 RH De Kwakel
Tel: 0297-563260, Fax: 0297-540592

BOORPROFIEL (uitgevoerd onafhankelijk van de opdrachtgever en onder BRL SIKB 2100, VKB pr

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	Hoeveelheid werkwater	16m³	
XY-coördinaten			

Diepte in mtrs - maaiveld	Omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde
00.00 - 00.40	Puin (repak)	
00.40 - 00.80	klei, matig zandig, lichte zandig, grijs	
00.80 - 02.00	klei, matig zandig, lichte humeus, grijs/bruin	
02.00 - 03.50	zand, zeer fijn, licht kleig, grijs	
03.50 - 05.00	veen, bruin	
05.00 - 06.20	zand, fijn, grijs	150
06.20 - 07.50	klei, licht zandig, grijs	
07.50 - 08.25	klei, matig zandig, wat zandlaagjes, grijs	
08.25 - 09.50	klei, grijs	
09.50 - 11.00	klei, grijs	
11.00 - 12.50	klei, matig zandig met schelp en zandsteen/kalk resten, grijs/wit	
12.50 - 14.00	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	150
14.00 - 15.50	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	150
15.50 - 16.50	zand, zeer fijn afw kleibrokjes, grijs	150
16.50 - 18.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
18.00 - 19.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
19.00 - 19.20	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	150
19.20 - 20.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
20.00 - 20.75	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
20.75 - 22.00	klei, licht zandig, grijs	150
22.00 - 23.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
23.00 - 24.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
21.90 - 23.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
23.00 - 24.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150
24.00 - 24.75	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	150



Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	2 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	16m³
XY-coördinaten	0		

Diepte in mtrs - maaiveld	VERVOLG omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde
24.75 - 25.25	zand, matig fijn tot fijn met kleibrokjes, grijs	150/215
25.25 - 26.00	zand, matig fijn tot fijn, grijs	215
26.00 - 27.00	zand, matig fijn, grijs	215
27.00 - 27.80	zand, matig fijn, grijs	215
27.80 - 29.50	zand, matig fijn met kleibrokken, grijs	150/215
29.50 - 30.00	klei, licht zandig, grijs	
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		



Bijlage III Boorbeschrijving PP1

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	1 / 4
Datum:		22-12-10	
Versie:		2.0	



Drechtijk 36, 1424 RH De Kwakel
Tel: 0297-563260, Fax: 0297-540592

BOORPROFIEL (uitgevoerd onafhankelijk van de opdrachtgever en onder BRL SIKB 2100, VKB pr

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	Hoeveelheid werkwater	16m³	
XY-coördinaten			

Diepte in mtrs - maaiveld	Omschrijving grondlagen volgens NEN 5104	M-waarde
00.00 - 00.40	Puin (repak)	
00.40 - 00.80	klei, matig zandig, lichte zandig, grijs	
00.80 - 02.00	klei, matig zandig, lichte humeus, grijs/bruin	
02.00 - 03.50	zand, zeer fijn, licht kleiig, grijs	
03.50 - 05.00	veen, bruin	
05.00 - 06.20	zand, fijn, grijs	
06.20 - 07.50	klei, licht zandig, grijs	
07.50 - 08.25	klei, matig zandig, wat zandlaagjes, grijs	
08.25 - 09.50	klei, grijs	
09.50 - 11.00	klei, grijs	
11.00 - 12.50	klei, matig zandig met schelp en zandsteen/kalk resten, grijs/wit	
12.50 - 14.00	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	
14.00 - 15.50	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	
15.50 - 16.50	zand, zeer fijn afw kleibrokjes, grijs	
16.50 - 18.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
18.00 - 19.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
19.00 - 19.20	zand, zeer fijn met kleibrokjes, grijs	
19.20 - 20.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
20.00 - 20.75	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
20.75 - 22.00	klei, licht zandig, grijs	
22.00 - 23.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
23.00 - 24.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
21.90 - 23.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
23.00 - 24.00	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	
24.00 - 24.75	zand, zeer fijn tot fijn, grijs	

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	2 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	16m ³
XY-coördinaten	0		

Diepte in mtrs - maaiveld	VERVOLG omschrijving grondlagen vlgns NEN 5104	M-waarde
24.75 - 25.25	zand,matig fijn tot fijn met kleibrokjes,grijs	
25.25 - 26.00	zand,matig fijn tot fijn,grijs	
26.00 - 27.00	zand,matig fijn,grijs	
27.00 - 27.80	zand,matig fijn,grijs	
27.80 - 29.50	zand,matig fijn met kleibrokken,grijs	
29.50 - 30.00	klei,licht zandig,grijs	
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	3 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	16m³
XY-coördinaten	0		

Eventuele opmerkingen / tekortkomingen / getroffen maatregelen / verontreinigingen / onderbouwing bij afwijking van BRL SIKB 2100 - VKB Protocol 2101:		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		

Constructie						
Constructie	Diepte m-mv	Lengte m	Materiaal	Diam. mm	Perf.mm	
stijgbuis	00.00-14.60	14.6	pvc	125		14.6 meter ø125
filter	14.60-17.10	2.5	pvc	125	0.5	
stijgbuis	00.00-18.20	18.2	pvc	125/90		9.5 meter ø125
filter	18.20-20.70	2.5	pvc	90	0.5	
stijgbuis	00.00-22.50	22.5	pvc	125/90		10.2 meter ø125
filter	22.50-25.50	3.0	pvc	90	0.5	
stijgbuis	00.00-26.50	26.5	pvc	125/90		11.5 meter ø125
filter	26.50-29.50	3.0	pvc	90	0.5	

Pijlbuisconstructie						
Stijgbuis m- mv	Diam.mm	Materiaal	Nr.	Filter m - mv	materiaal	Perf.mm
00.00-14.60	50	pvc	1	14.60-16.60	pvc	0.5
00.00-18.20	33	pvc	2	18.20-20.20	pvc	0.5
00.00-23.00	33	pvc	3	23.00-25.00	pvc	0.5
00.00-27.00	33	pvc	4	27.00-29.00	pvc	0.5

Schijf Grondboringen B.V.

	Formulier	Doc.code:	OPR
	Opleverrapportage	Pagina:	4 / 4
		Datum:	16-07-10
		Versie:	1.0

Plaats	Dinteloord		
Locatie	Noordzeedijk		
Uitvoeringsperiode	15-9-2015		
Boringnummer/code	B2/OWB		
Boorsyst./diam.	Zuigboring/ø500		
Opdrachtgever	KWR-Water		
Boormeester	M Schijf		
Einddiepte	30.00		
Hulp-boormeester	M Elings		
Boorspoeling / additieven	0	Hoeveelheid werkwater	16m³
XY-coördinaten	0		

Kleiafdichting			
kleiafdichting 300	00.80-02.50	kleiafdichting 300	17.10-17.60
grind 08-125	02.50-03.75	grind 08-125	17.60-20.60
kleiafdichting 300	03.75-05.00	kleiafdichting 300	20.60-22.00
grind 08-125	05.00-06.10	grind 08-125	22.00-25.50
kleiafdichting 300	06.10-07.10	kleiafdichting 300	25.50-26.00
grind 08-125	07.10-07.90	grind 08-125	26.00-30.00
kleiafdichting 300	07.90-08.70		
grind 08-125	08.70-09.10		
kleiafdichting 300	09.10-10.20		
grind 08-125	10.20-10.70		
kleiafdichting 300	10.70-11.50		
grind 08-125	11.50-12.00		
kleiafdichting 300	12.50-13.50		
grind 08-125	13.50-17.10		

Grondwaterinformatie			
m-mv	1.0		PH / EC 0.83
m-mv	1.0		PH / EC 0.84
m-mv	1.0		PH / EC 0.93
m-mv	1.0		PH / EC 0.98
m-mv			PH / EC

Bijlage IV Analyses infiltratiewater



Tabel 3 van 4

ANALYSECERTIFICAAT

Project code : 575423
 Project omschrijving : 24077
 Opdrachtgever : Grondslag Heerhugowaard

Monsterreferenties
 0667659 = Infl-1-1 Infl (-)

Opgegeven bemonsteringsdatum : 12/02/2016
 Ontvangstdatum opdracht : 12/02/2016
 Startdatum : 12/02/2016
 Monstercode : 0667659
 Matrix : Grondwater

Algemeen onderzoek - fysisch

S	zuurgraad (pH)		8,0
	meettemperatuur pH	°C	14,2
S	geleidbaarheid	mS/m	1,3
	meettemperatuur EC	°C	14,4

Anorganische parameters - metalen

Metalen ICP-MS (opgelost):

S	arsen (As)	µg/l	< 5
Q	calcium (Ca)	mg/l	< 0,5
Q	ijzer (Fe)	µg/l	< 10
Q	kaliüm (K)	mg/l	0,51
Q	magnesium (Mg)	mg/l	< 0,5
Q	mangaan (Mn)	µg/l	< 2
Q	natrium (Na)	mg/l	1,5

Anorganische parameters - overig

Q	ammonium als N	mg N/l	0,15
Q	bicarbonaat	mg/l	25

Ionchromatografie:

S	chloride	mg/l	7,3
S	oplosbaar fosfaat	mg P/l	< 1
S	oplosbaar nitraat	mg N/l	< 3
S	sulfaat	mg/l	< 30

Koolstofbepalingen:

Q	opgelost organisch koolstof	mg C/l	< 5
---	-----------------------------	--------	-----

ANALYSECERTIFICAAT

Project code : 582085
 Project omschrijving : 24077
 Opdrachtgever : Grondslag Kamerik

Monsterreferenties
 1265347 = B1.5-1-3 B1.5 (-)
 1265348 = Inf1-1-1 Inf1 (-)

Opgegeven bemonsteringsdatum :	21/03/2016	21/03/2016
Ontvangstdatum opdracht :	21/03/2016	21/03/2016
Startdatum :	21/03/2016	21/03/2016
Monstercode :	1265347	1265348
Matrix :	Grondwater	Grondwater
Algemeen onderzoek - fysisch		
S zuurgraad (pH)	8,2	8,2
meette temperatuur pH °C	12,4	8,5
S geleidbaarheid mS/m	8,1	1,4
meette temperatuur EC °C	14,1	10,0
Anorganische parameters - metalen		
<i>Metalen ICP-MS (opgelost):</i>		
S arseen (As) µg/l	9,1	< 5
Q calcium (Ca) mg/l	21	< 0,5
Q ijzer (Fe) µg/l	29	< 10
Q kalium (K) mg/l	0,73	0,59
Q magnesium (Mg) mg/l	1,6	< 0,5
Q mangaan (Mn) µg/l	120	2,2
Q natrium (Na) mg/l	4,7	1,2
Anorganische parameters - overig		
Q ammonium als N mg N/l	0,27	0,07
Q bicarbonaat mg/l	74	16
<i>Ionchromatografie:</i>		
S chloride mg/l	3,0	< 1
S oplosbaar fosfaat mg P/l	< 1	< 1
S oplosbaar nitraat mg N/l	< 3	< 3
S sulfaat mg/l	9,2	< 1
sulfaat als S mg S/l	3,0	< 1

Bijlage V Extra analyses opgeslagen water (zomer 2016)



Distributieweg 1
2045 EG Delfgauw
Tel. : +31 (0)15 2572511
Fax : +31 (0)15 2572522
Mail: info@agrocontrol.nl

Analyse certificaat

Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij TOM
Postbus 1498
5200 BM 'S HERTOGENBOSCH

Rapport

Rapportnummer : C5480255 Bemonsterd : niet door GAC Aantal pagina's : 1
Monstercode : BSW160810575 Monsterlocatie :
Datum rapport : 24-8-2016 Klantnummer : 7079
Datum ontvangst : 10-8-2016 Locatie : Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij TOM
Gebruikte methoden : GC-MSMS (A122), LC-MSMS (A122)

Monsterinformatie

Product : Gietwater Herkomstland : Nederland
Variëteit : Gietwater Klantcode : PB1
Leverancier: TOM Referentie : Perceel: Nieuw-Prinsenland
De resultaten in het rapport hebben alleen betrekking op het onderzochte monster

Resultaten residuanalyses

Methode	Component	Eenheid	Concentratie			
GC-MSMS	Geen					
LC-MSMS	Geen					

De componenten en hun rapportagegrens zijn weergegeven in de analyselijst pesticiden GAC Water versie 2.0, www.agrocontrol.nl

(namens) Dr. J.B.A. van Tol directeur:

'Geen': geen residu gedetecteerd boven de rapportagegrens met de weergegeven methode.
Dit rapport mag zonder schriftelijke toestemming niet anders dan in zijn geheel worden geproduceerd.
Al onze werkzaamheden worden uitgevoerd onder de leveringsvoorwaarden zoals gedeponeerd bij de KvK Haaglanden, handelsregisternr. 27233



Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Tel.: 015 - 2572511
Fax: 015 - 2572522

Microbiologisch Analyserapport

Analyserapport : C5479373
 Datum rapport : 22-08-2016
 Aantal pagina's : 1

Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij TOM
 Postbus 1496
 5200 BM 'S HERTOGENBOSCH

Monstername door : niet door GAC
 Datum monstername : 09-08-2016
 Datum ontvangst : 10-08-2016
 Onderzoekspakket : *Ralstonia solanacearum* - Bio PCR-25st

Klannummer : 7079
 Locatie : Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij TOM
 Postbus 1496
 5200 BM 'S HERTOGENBOSCH

Monstercode	Omschrijving	Type monster	<i>Ralstonia solanacearum</i> - Bio PCR
MOR160810153	Opgeslagen gietwater TOM	gewas	n.a.

Het monster is met de Bio-PCR onderzocht op aanwezigheid van de plantpathogene bacterie *Ralstonia solanacearum*.

Uitleg:

V: Het monster is verdacht voor *Ralstonia solanacearum*.
 n.a.: In het monster is *Ralstonia solanacearum* niet aangetoond.

(namens) Dr. J.B.A. van Tol
 directeur:

Onderzoek wordt verricht en adviezen worden uitgebracht alleen onder onze leveringsvoorwaarden zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Haaglanden onder nummer 1265. Op verzoek zenden wij u een kopie van de voorwaarden kosteloos toe.

J- 2572522

MVT - Viruspakket tomaat

Tuinbouwontwikkelingsr
TOM
Postbus 1496
5200 BM 'S HERTOGE

: **C5476558**
: 11-08-2016
: Viruspakket tomaat

Ontvangst datum : 10-08-2016
Monstername : niet door GAC
Klant nummer : 7079
Locatie : Tuinbouwontwikkelingsr
TOM
Postbus 1496
5200 BM 'S HERTOGE

Ischrijving
Jpgeslagen gekwater TOM
est onderzocht op aanwezigheid van virussen.

·	Pepinomozaïekvirus								
·	Aardappelvirus X								
·	Aardappelvirus Y								
·	Tomatenmozaïekvirus								
·	Konkommemozaïekvirus								
·	Tomatenbronsvlekkenvirus								
·	Impatiens-vlekkenvirus								
·	Alfalfamozaïekvirus								

en Pepinomozaïekvirus, Aardappelvirus X, Aardappelvirus Y, Tomatenmozaïekvirus, Konkommemozaïekvirus, Tomatenbronsvlekkenvirus, Impatiens-
getoond.

den uitgebracht zijn onder andere leveringsvoorwaarden zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Haaglanden, handelsregisternummer 27233900.
voorwaarden kosteloos toe.

(namens) Dr. J.B
directi