

## Waterhergebruik en –berging met aquifer storage and recovery (ASR) op tuinbouwlocatie Nieuw-Prinsenland

*Koen Zuurbier (KWR Watercycle Research Institute), Piet Janmaat (Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij), Klaasjan Raat, Steven Ros (KWR Watercycle Research Institute), Govert ter Mors (Universiteit Utrecht)*

**In Dinteloord is een hoogstaande, duurzame zoetwatervoorziening gerealiseerd voor het glastuinbouwgebied Nieuw-Prinsenland. Gezuiverd effluent van de naastgelegen suikerfabriek wordt tijdens de bietencampagne in grote volumes omgezet naar gietwater. *Aquifer storage and recovery* in de brakke ondergrond maakt het mogelijk om altijd voldoende zoetwater voorhanden te hebben, zonder een grote belasting op schaarse bovengrondse ruimte. Met een gedetailleerd onderzoek en een uitgebreide pilot is aangetoond dat een puttenveld met acht putten 300.000 m<sup>3</sup> gietwater kan opslaan en terug leveren. Vier ASR-putten zijn inmiddels operationeel en vier andere worden binnenkort aangelegd.**

In Dinteloord (Noord-Brabant) werkt de Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij (TOM) samen met de Suiker Unie sinds 2005 aan de ontwikkeling van het moderne Agro- en Foodcluster Nieuw-Prinsenland. Op dit terrein is naast 50 hectare bedrijventerrein ruimte voor ongeveer 200 netto hectare glastuinbouw. Vooral voor de glastuinbouw is continue beschikbaarheid van zoetwater van een zeer goede en betrouwbare kwaliteit een randvoorwaarde. In deze omgeving, met beperkte zoetwateraanvoer en brak grondwater, was dit echter een uitdaging. Voor het grootste gedeelte bood conventionele opvang van hemelwater in grote bovengrondse bassins soelaas, maar in droge perioden zou er toch een fors tekort blijven bestaan. De TOM koos ervoor om effluent van de naastgelegen suikerfabriek van Suiker Unie te benutten. Hier worden van september tot en met januari de aangevoerde bieten verwerkt tot suiker, een proces waarbij vooral veel water vrijkomt. Dit water kon met een aanvullende zuivering worden omgezet naar hoogwaardig zoetwater.

### **Overbrugging tussen watervraag en -aanbod**

De uitdaging bleef echter: waar laat je dit grote watervolume enkele maanden of zelfs jaren tot het moment dat er vraag naar is? Een noodzakelijke overbrugging van de periode tussen aanbod en vraag belemmert vaak (her)gebruik van zoetwater. De voor de hand liggende oplossing voor de TOM was opslag in bovengrondse bassins. Nadelen waren echter de kosten (naar verwachting ca. 1 euro per geleverde m<sup>3</sup>), het ruimtebeslag (ca. 5-10 hectare) en mogelijke achteruitgang van de waterkwaliteit tijdens zo'n 'open opslag' door opwarming, algengroei, atmosferische depositie of zelfs sabotage. In dezelfde periode werden in pilots in Zuid-Holland succesvolle innovatieve systemen voor *aquifer storage and recovery* (ASR) ontwikkeld om hemelwater in de ondergrond op te slaan voor de glastuinbouw [1]. Bij ASR worden via grondwaterputten tijdelijke wateroverschotten in de ondergrond opgeslagen en bij latere vraag teruggewonnen.

Zou opslag in de ondergrond door middel van ASR ook hier operationeel en economisch voordelig zijn? Met ondersteuning vanuit het Topconsortium Kennis en Innovatie (TKI) Watertechnologie is onderzocht of en hoe ASR grootschalig kan worden toegepast voor het gezuiverde effluent in de

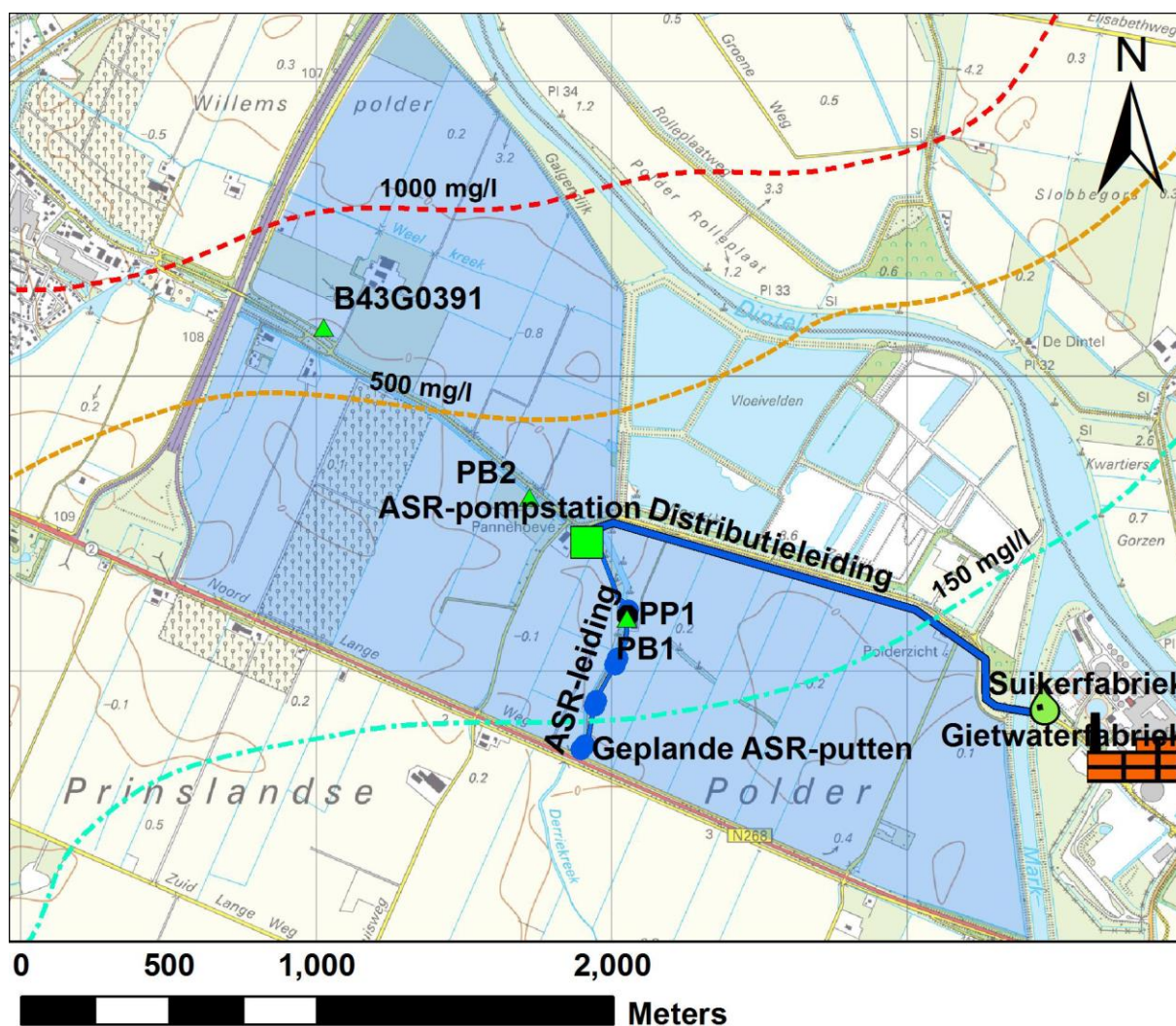
ondergrond van Nieuw-Prinsenland. Beoogd werd om tot een systeem te komen waarmee na zes maanden minstens 80% van het opgeslagen water ongemengd (met een maximale natriumconcentratie van slechts 2.4 mg/l, om zo het water in de kas optimaal te kunnen recirculeren) kon worden teruggewonnen.

### **Locatiekeuze**

In het plangebied is gezocht naar geschikte locaties voor een ASR-puttenveld, rekening houdend met de bodemopbouw, de grondwaterkwaliteit en omringende infrastructuur. Hiervoor werd gezocht naar:

- Een dikke, slechtdoorlatende deklaag ter bescherming van het opgeslagen water tegen activiteiten aan het maaiveld;
- Een goeddoorlatende (zand)laag met een dikte van meer dan 10 meter om de ASR-putfilters in te plaatsen;
- Relatief lage zoutconcentraties in het oorspronkelijke grondwater om extreme verliezen door opdrijving en menging te voorkomen [2];

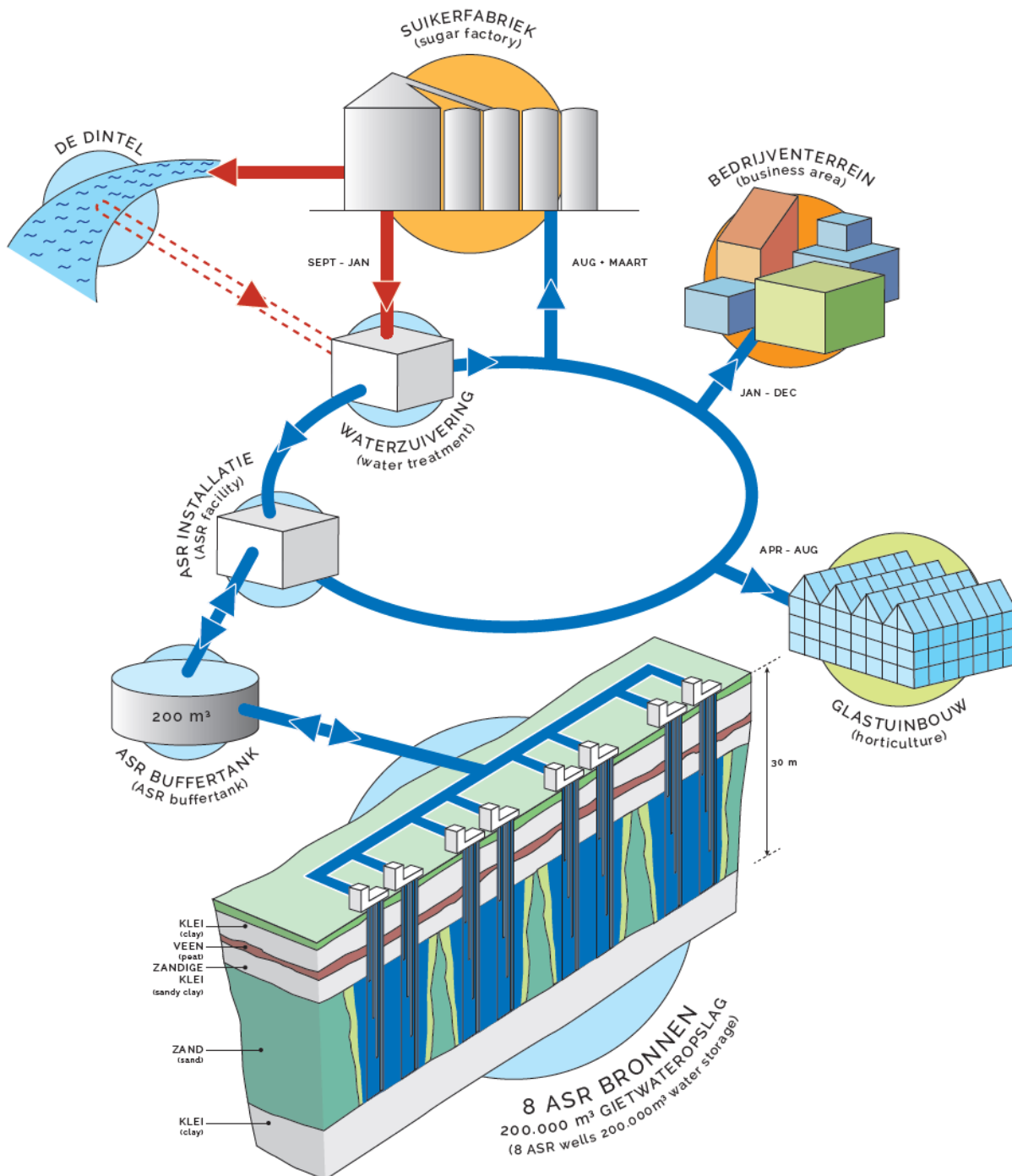
Uit een bureaustudie bleek dat de overgang van zout naar zoet grondwater dwars door het plangebied heen lijkt te lopen. Het voorkomen van zoutwater in het gebied is een gevolg van overstromingen in het Holoceen en infiltratie van zoutwater (tot afsluiting van deze zeearmen in de jaren '70) uit het Krammer Volkerak, Hollands Diep en de Dintel. Door een gebrek aan boringen en (bemonsterde) peilbuizen in het gebied waren de exacte ligging van deze zoet-zoutovergang en de verspreiding van slechtdoorlatende lagen echter slecht bekend. Daarom werden aanwezige peilbuizen ter plaatse van B43G0391 (afbeelding 1) bemonsterd en is er een proefboring uitgevoerd, waarbij ook peilbuizen werden achtergelaten (PB2, afbeelding 2). Ook hier zijn monsters genomen. Hieruit bleek dat het noordwestelijke gedeelte aanmerkelijk zouter was dan op basis van TNO-Grondwaterkaarten werd verondersteld, met name in de diepere secties van het eerste watervoerende pakket (waar chlorideconcentraties tot 4330 mg/l werden aangetroffen). Ter plaatse van PB2 was het grondwater weliswaar aanmerkelijk zoeter (tot 1050 mg Cl/l, maar werd op basis van modelberekeningen nog een aanzienlijk verlies aan zoetwater voorspeld (ca. 30% van het opgeslagen water bij gebruik van het eerste watervoerende pakket). Met name tijdens langdurige opslag in, bijvoorbeeld, een nat jaar met beperkte watervraag zou het verlies groot zijn. Ook bleek het nabijgelegen gasontvangststation gevoelig voor veranderingen in de bodem als gevolg van de opslag. Eventuele opslag in het dikkere en zoutere tweede watervoerende pakket was geen optie vanwege naar verwachting nog veel lagere terugwinrendementen. Daarop is besloten het ASR-puttenveld in het zoetere gebied rondom de Derriekreek (midden onder) aan te leggen en de opslag te laten plaatsvinden in het eerste watervoerende pakket.



Afbeelding 1. Overzicht plangebied, ligging infrastructuur en peilbuizen. Chlorideconcentraties op basis van TNO-Grondwaterkaarten

## Gerealiseerd watersysteem

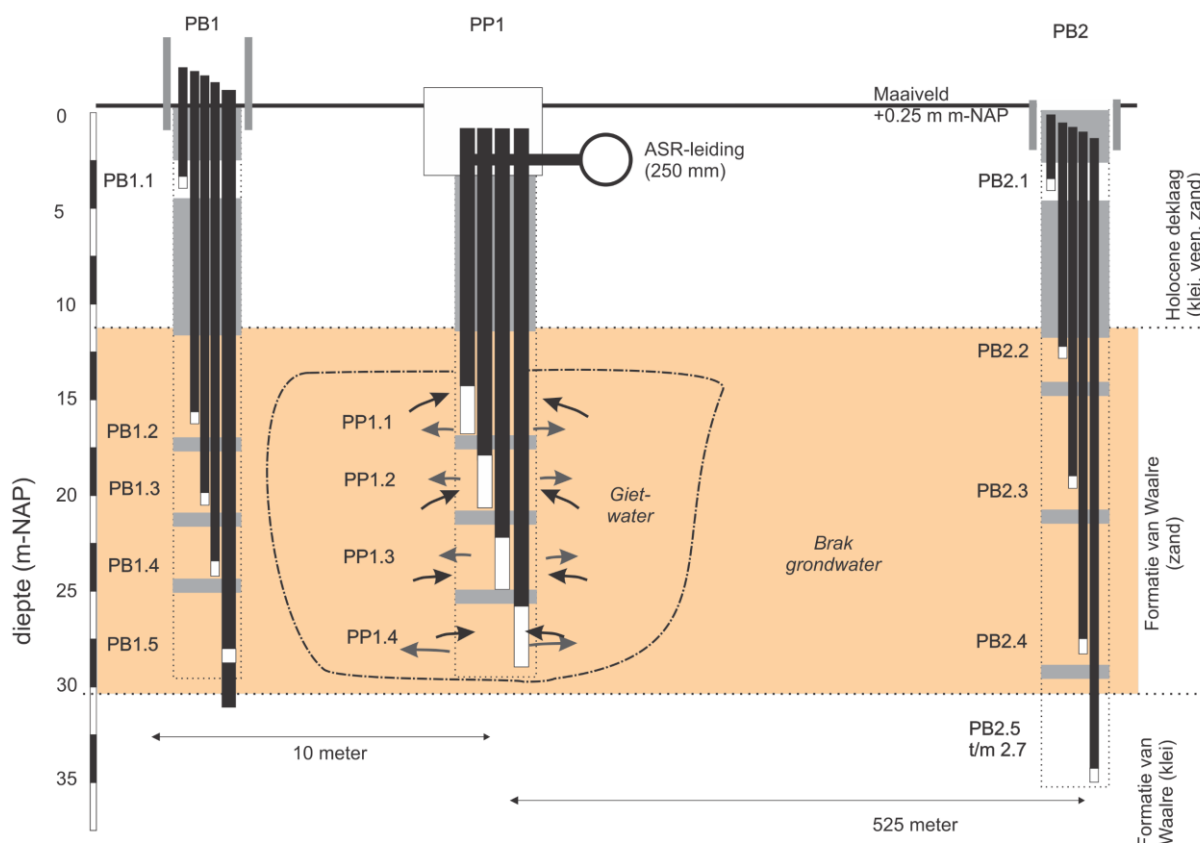
Om het aangeboden effluent te ontvangen en vrij van luchtinsluitingen met gecontroleerde druk richting het ASR-puttenveld te voeren, is een volledig geautomatiseerde installatie ontworpen. Hier wordt het water via de putten geïnfiltreerd. Bij vraag wordt het opgeslagen water met in de putten hangende onderwaterpompen weer teruggevoerd richting de installatie. Hier wordt vervolgens met een hydrofoor de vijf kilometer lange distributieleiding op constante druk gehouden en kunnen gebruikers (glastuinbouw en industrie) bij vraag water afnemen. De kosten worden verrekend op basis van een 'pay per use'-model. Op deze manier is een robuust watersysteem gerealiseerd, dat te allen tijden in de watervraag kan voorzien, mits er voldoende gezuiverd effluent wordt opgeslagen en het overgrote deel van dit opgeslagen water ongemengd kan worden teruggewonnen (zie afbeelding 2).



Afbeelding 2. Overzicht watersysteem Nieuw-Prinsenland voor levering gezuiverd effluent aan glastuinbouw en industrie na ondergrondse opslag

### Nader onderzoek

Om de verwachte vraag naar water, het doelvolumen, van de ASR nader te bepalen, is een waterbalansstudie uitgevoerd. Om daarnaast de winbaarheid van het opgeslagen zoetwater te valideren is als onderdeel van het TKI-Watertechnologieproject 'ASR Effluent reuse' een proefstelsel gerealiseerd, waarmee in 2016 een proefcyclus is gedraaid (afbeelding 3).



Afbeelding 3. Proefstelsel zoals in 2016 gerealiseerd voor nader onderzoek ASR Nieuw-Prinsenland

### Karakterisering doelpakket en uitvoering ASR-proefcycli

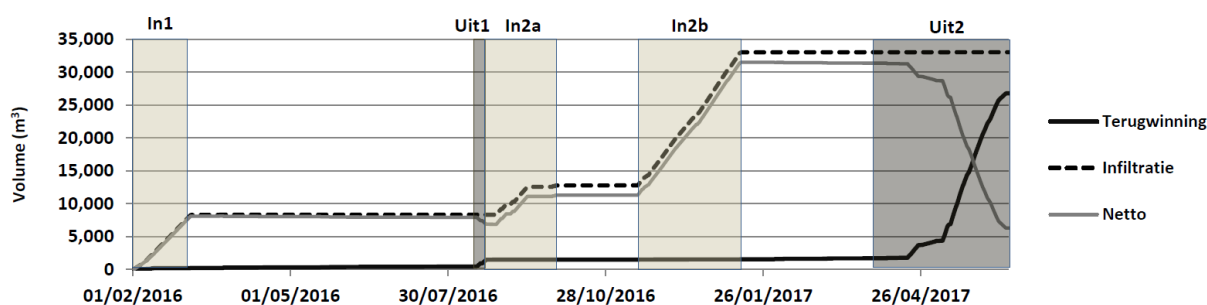
Op de meest geschikte locatie, gelegen in de ecologische verbindingzone rond de Derriekreek, zijn in 2015 de eerste ASR-put en een monitoringsnetwerk gerealiseerd [3]. Ook is het watervoerende pakket onderzocht met sedimentanalyses, boorgatmetingen en bemonstering en analyse van het grondwater. Het eerste watervoerende pakket (ca. -11 tot -30 m NAP) bestaat uit fijn tot matig fijn zand (korrelgrootte: 150-210  $\mu\text{m}$ ) van de Formatie van Waalre met een doorlatendheid van 6 tot 18 m/d. Lagen van maximaal 1 meter dik met meer bijmenging van klei vormen plaatselijk waterremmende tussenlagen in het watervoerende pakket. Aan de bovenzijde is het watervoerende pakket afgesloten door een Holocene deklaag (klei, veen), dekzand van de Buxtelformatie en kleig zand/zandige klei (vermoedelijk Formatie van Stramproy). Onder het watervoerende pakket bevindt zich een kleilaag van ongeveer 7 meter dik (Formatie van Waalre). Het grondwater in het eerste watervoerende pakket bleek aanmerkelijk zoeter (28 tot 54 mg/l Cl) te zijn dan ter plaatse van de 525 meter noordwestelijker gelegen PB2.

In 2016 is een pilot uitgevoerd met de eerste ASR-put, waarbij 8.500 m<sup>3</sup> gezuiverd effluent is opgeslagen (afbeelding 4 en 5).

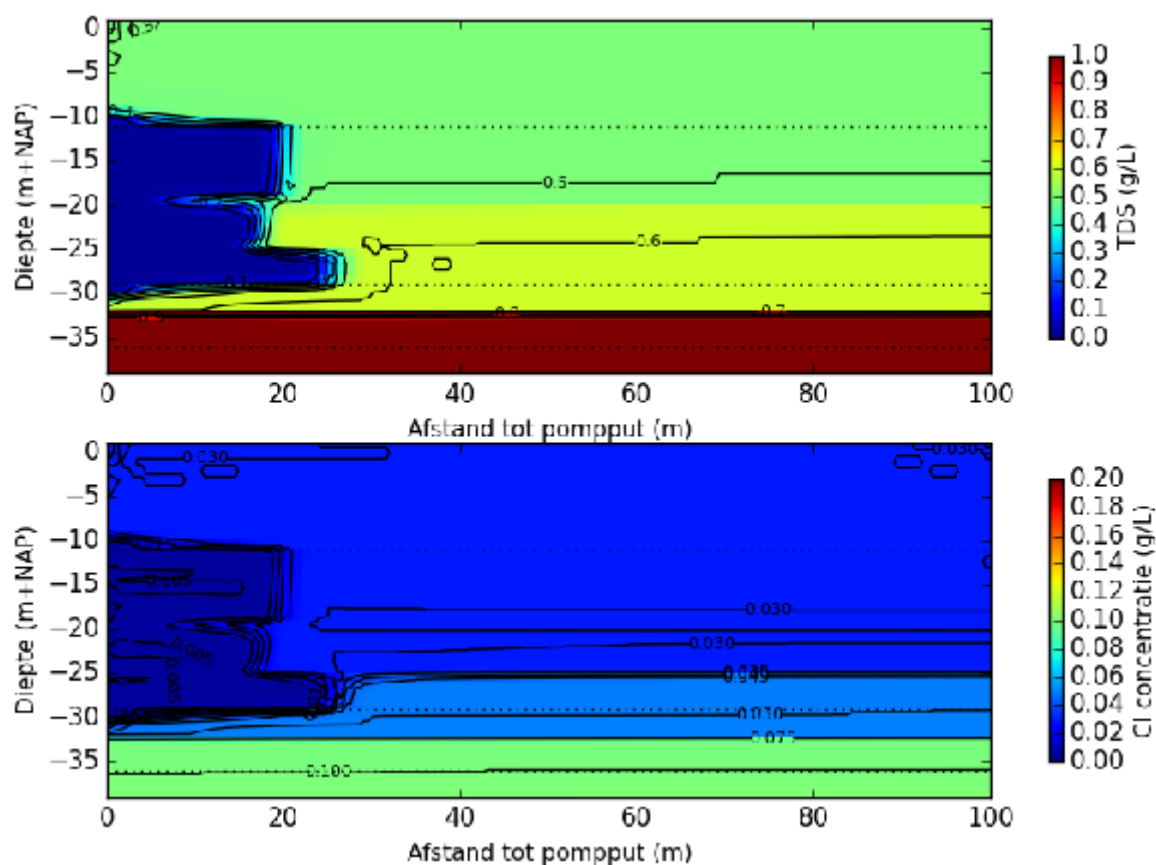
Na zes maanden verblijf in de ondergrond is tijdens een proefonttrekking ruim 1.000 m<sup>3</sup> water succesvol teruggewonnen. Dit bleek nog altijd aan de kwaliteitseisen voor hoogwaardig gietwater te voldoen. Een SEAWAT-model voor het simuleren van grondwaterstroming en stoftransport in de bodem is op basis van de waarnemingen in deze pilot gekalibreerd. Met dit model konden ook toekomstige cycli worden voorspeld. Zo werd aangetoond dat natrium (maximaal 2.4 mg Na/l)

bepalend zou gaan worden voor het winbare volume zoetwater. Het terugwinpercentage van de ASR zou op basis van het model in de eerste jaren toenemen van ruim 30 naar 80%.

In het najaar van 2016 is een tweede infiltratiebron gerealiseerd en werd met beide bronnen samen nog eens 25.000 m<sup>3</sup> gezuiverd effluent opgeslagen. In het zeer droge voorjaar van 2017 kon daardoor eveneens 25.000 m<sup>3</sup> worden teruggewonnen en geleverd aan de reeds gevestigde tuinders en Suiker Unie zelf. Het bleek dat zelfs 80% van het teruggewonnen water beneden de doelconcentratie voor natrium bleef en het systeem beter functioneerde dan op basis van de modellering verwacht. Naast natrium bedreigde alleen gemobiliseerd ijzer de gewonnen waterkwaliteit. Door echter het water in de gietwaterbassins van de tuinders te beluchten kon dit als ijzeroxide worden neergeslagen, en leidde het niet tot operationele problemen. Wel is deze mobilisatie van ijzer onderdeel van nader onderzoek.



Afbeelding 4. Infiltratie en terugwinning gietwater in de periode 2016-2017



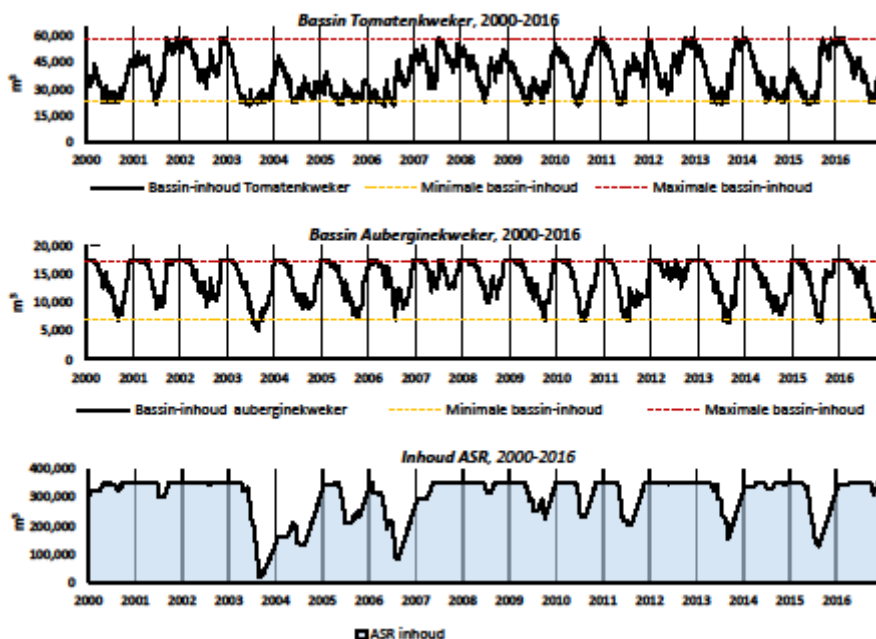
Afbeelding 5. Gemodelleerde verspreiding van het zoete water vanaf de ASR-put (linkerzijde) in het eerste watervoerende pakket (opslagfase Cyclus 1: 3 juni 2016). Boven: TDS (total dissolved solids). Onder: Cl (chloride)

### **Inzet ASR op basis van waterbalans Nieuw-Prinsenland**

Nadat duidelijk was geworden dat ASR een geschikte opslagmethode bood, is door middel van een uitgebreid waterbalansmodel de toekomstige inzet van de ASR benaderd. Zo kan worden bepaald hoeveel water opgeslagen zou moeten worden om zelfs in een extreem droog jaar voldoende te kunnen leveren. Met het gerealiseerde waterbalansmodel wordt de inhoud van individuele waterbassins gesimuleerd aan de hand van reeksen van de dagelijkse neerslag minus verschillende verdampingsposten en reeksen van de dagelijkse watervraag van de tuinders. Hierbij is het gebruik van de ASR berekend op basis van sturingsregels voor de vulgraad van het bassin (gemiddeld volume ca. 3000 m<sup>3</sup>/ha) van iedere tuinder. Wanneer deze een ingesteld minimumniveau (doorgaans 40%) heeft bereikt, wordt levering vanaf de ASR gestart met de contractueel vastgelegde minimale levering van 1 m<sup>3</sup>/ha per uur.

De waterbalans is gesimuleerd op basis van de neerslagreeks van de jaren 2000-2017 en het watergebruik van de twaalf tuinders die uiteindelijk in Nieuw-Prinsenland gevestigd zullen zijn. Als voorbeeld zijn twee grafieken weergegeven van het jaarlijkse bassinvolume van respectievelijk een tomaten- en een auberginekweker. De tomatenkweker werkt met belichting en heeft dientengevolge een continu hoge watervraag (afbeelding 6). De auberginekweker heeft geen belichting. Daarnaast wisselt de tomatenkweker doorlopend zijn gewas en is er bij de auberginekweker enkel in de winter een teeltwisseling. Hierdoor bereikt de tomatenkweker in slechts de helft van de gemodelleerde jaren zijn maximale bassinhoud, terwijl de auberginekweker deze elke winter bereikt en overtollig water laat overstorten. De minimale bassinhoud wordt door de auberginekweker echter minder vaak bereikt dan bij de tomatenkweker.

In droge jaren, zoals 2003, bereiken de bassins van de tuinders de minimale vulgraad al vroeg in het voorjaar en blijft de vraag naar ASR-water hoog, waardoor 340.000 m<sup>3</sup> gietwater zou moeten worden onttrokken. Tijdens een zeer nat jaar kan het echter voorkomen dat er helemaal geen ASR-water wordt afgenomen, waardoor het ASR systeem extra kan opladen. Gemiddeld wordt er naar verwachting 125.000 m<sup>3</sup> per jaar afgenomen. Mits tuinders tijdig beginnen met het afnemen van ASR-water, vormt de ASR in combinatie met de hemelwaterbassins een robuust systeem. Het model laat zien dat de ASR in dat geval genoeg water kan leveren en zo watertekorten kan voorkomen, mits de ondergrondse bel vooraf voldoende is gevuld. Concreet betekent dit dat er tijdens de bietencampagnes telkens moet worden aangevuld, totdat het doelvolumen (de gewenste levering van ASR-water in een zeer droog jaar) is bereikt.



Afbeelding 6. Gemodelleerd bassinvolume voor twee tuinders Nieuw-Prinsenland en inhoud van de ASR (2000-2016)

### Toekomst en verwachte kostprijs ondergrondse opslag

In het voorjaar van 2017 is het puttenveld uitgebreid naar vier ASR-putten om bij piekvraag maximaal 100 m<sup>3</sup>/uur te kunnen gaan leveren. Sinds begin september 2017 wordt hier met 40 m<sup>3</sup>/uur geïnfiltreerd om eind januari 2018 ongeveer 150.000 m<sup>3</sup> op voorraad te hebben. Vervolgens zal het puttenveld opnieuw worden uitgebreid om met in totaal acht putten 200 m<sup>3</sup>/uur te kunnen leveren, 60 m<sup>3</sup>/uur (maximale capaciteit gietwaterfabriek) te infiltreren en ruim 300.000 m<sup>3</sup> op te slaan. Op basis van alle investeringen, operationele kosten en de gemiddelde terugwinning, is de verwachte kostprijs van de opslag via ASR 0,46 euro/m<sup>3</sup>. Dit is aanmerkelijk goedkoper dan het eerder beoogde alternatief: bovengrondse opslag in een extra foliebassin (ca. 10 ha voor 300.000 m<sup>3</sup>; kostprijs: 1,23 euro/m<sup>3</sup>). Dit komt vooral door de kortere levensduur van het bassin en de grondkosten. Zeker wanneer niet de grondkosten maar inkomstenderving door het ruimtebeslag van het benodigde bassin wordt meegewogen (op de plaats van het bassin kan immers geen glastuinbouw gerealiseerd worden, er wordt dus niets verdiend), blijkt ASR interessant te zijn (kostprijs: 3,09 euro/m<sup>3</sup>).

### Conclusies

Door middel van *aquifer storage and recovery* (ASR) is ter plaatse van Nieuw-Prinsenland de brug geslagen tussen de beschikbaarheid van gezuiverd effluent van de suikerfabriek en de vraag naar dit hoogwaardige zoetwater bij de lokale glastuinbouw en industrie. Een grondige voorstudie was daarbij noodzakelijk om tot de juiste locatiekeuze en ontwerp te komen. De succesvolle werking van de ontworpen ASR is in 2016 en 2017 in proefcycli aangetoond, waarop besloten is een systeem te realiseren met een leveringscapaciteit van 300.000 m<sup>3</sup>/jaar. Het gemiddelde gebruik van dit systeem zal op basis van de doorgerekende waterbalans zo'n 125.000 m<sup>3</sup>/jaar zijn. Ondergrondse opslag via ASR blijkt in Nieuw-Prinsenland bedrijfseconomisch aanmerkelijk interessanter dan bovengrondse opslag. Hierdoor kan het dus een belangrijke bijdrage leveren aan de business case van waterhergebruik.



### Verantwoording

Dit project is uitgevoerd door KWR Watercycle Research Institute en de Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij (TOM). Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en het EU Horizon 2020-project SUBSOL (grant agreement No. 642228). De technische realisatie van het ASR-systeem is uitgevoerd door Codema B-E de Lier.

### Referenties

1. Zuurbier, K.G., Paalman, M., Linde, S. van der, Gelder, D.de & Meeuwse, P.J. (2015). Innovatieve putconcepten maken zoetwaterreservoir in verzilte ondergrond mogelijk. *H2O-Online*, 11 maart 2015.
2. Zuurbier, K., Bakker, M., Zaadnoordijk, W., Stuyfzand, P. (2013). Identification of potential sites for aquifer storage and recovery (ASR) in coastal areas using ASR performance estimation methods. *Hydrogeology Journal*, 21(6): 1373-1383.
3. Zuurbier, K., Ros, S. (2016). *Aquifer storage and recovery van gezuiverd effluent Nieuw Prinsenland (Dinteloord)*. KWR 2016.117, KWR, Nieuwegein.