

# VU Research Portal

## Addressing quality issues during potable water ASR

Antoniou, A.E.

2014

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### ***citation for published version (APA)***

Antoniou, A. E. (2014). *Addressing quality issues during potable water ASR: Optimizing Aquifer Storage Recovery through hydrogeochemical analysis of a pilot project, column tests and modeling.*

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

## **SAMENVATTING**

Aquifer Storage & Recovery (ASR) is een watermanagementtechniek waarbij men water in de ondergrond opslaat voor gebruik in tijden van watertekort. Kenmerkend daarbij is dat het infiltreren of injecteren en het terugwinnen met dezelfde put geschiedt, en dat ASR doorgaans 3 fasen kent: een infiltratie-, bergings- en terugwinfase. ASR kan met allerlei soorten water bedreven worden: voorgezuiverd afvalwater, rivierwater, oeverfiltraat, regenwater of drinkwater. De bodem vervult de rol van een ondergronds reservoir, beschermd tegen o.a. radioactieve fall-out, algenbloei en verdampingsverliezen, maar met risico op ongewenste kwaliteitsveranderingen door bodemreacties, putverstopping, waterverliezen door het af- of opdrijven van het geïnfiltreerde watervolume, en menging met oorspronkelijk grondwater van (soms) slechte kwaliteit.

ASR wordt veelal toegepast voor seizoensberging, met opslag gedurende natte periodes en verbruik in droge periodes, maar ASR kan ook watertekorten op langere termijn helpen overbruggen. Een extra voordeel van ASR bestaat uit het efficiënt en kosteneffectief inzetten van bedrijfsmiddelen. Door toepassing van ASR kan een zuiveringsinstallatie gelijkmatiger over het jaar gaan produceren, omdat men piekbehoeften kan dekken vanuit ondergronds geborgen water dat tijdens daluren of dalmaanden (voor)gezuiverd is. Zodoende wordt met een kleinere, dus goedkopere installatie een constanter volume aan water per tijdseenheid bereid.

ASR wordt al enkele decennia wereldwijd toegepast, in zeer uiteenlopende omstandigheden. In Nederland heeft ASR echter nog geen brede ingang gevonden, om vier deels achterhaalde redenen: (i) vrees voor putverstopping, (ii) angst voor nadelige kwaliteitsveranderingen in de ondergrond die in Nederland op veel plaatsen nogal reactief blijkt, (iii) gebrek aan vertrouwen in een voldoende hoog terugwinpercentage, en (iv) onvoldoende motivatie vanwege continue beschikking over voldoende water.

Inmiddels weten wij dat redenen i t/m iii onvoldoende zwaar wegen om ASR uit te sluiten. Er zijn immers vele technische oplossingen voor deze problemen. Daarnaast is de noodzaak tot ondergrondse berging van water met goede kwaliteit enorm toegenomen ten gevolge van de toegenomen frequentie van perioden met wateroverlast en droogte, de verwachte verergering van waterproblemen door klimaatverandering en een toenemende druk op zowel de bovengrondse ruimte als economische doelen.

In dit proefschrift komen vooral de waterkwaliteitsproblemen (en hun oplossingen) aan de orde, die ontstaan bij het infiltreren van zuurstofhoudend water in een zuurstofloze ondergrond gevuld met zoet grondwater. De focus is daarbij vooral gericht op problemen met de opslag van ver voorgezuiverd water zoals drinkwater. De beschouwde methoden van onderzoek, processen en modellen zijn evenwel inzetbaar ook in andere ASR en ASR-achtige toepassingen met andere soorten infiltratiewater voor andere doeleinden, zoals bij de opslag van regenwater voor de landbouw en bij Koude-Warmte opslag.

In hoofdstuk 2 zijn de waterkwaliteitsveranderingen tijdens een 10 jaar durende drinkwater ASR proef in Herten (Limburg, Nederland) geïdentificeerd en gekwantificeerd. Het betreft een wereldwijd veelvoorkomende, dus representatieve situatie, waarin zuurstofverzadigd drinkwater in een zuurstofloze watervoerende laag wordt gebracht en tijdens piekbehoefte wordt teruggewonnen.

De injectie van dit water veroorzaakte oxidatiereacties met de meest reactieve aquifer bestanddelen, namelijk pyriet, organisch materiaal en geadsorbeerd ijzer en mangaan. Het hierbij vrijkomende zuur werd gebufferd door omzetting van in het drinkwater overvloedig aanwezige bicarbonaat in koolzuur en door langzame oplossing van carbonaatmineralen, voornamelijk bestaande uit kalk en mangaanhoudende sideriet. Dit leidde tot de mobilisatie van vooral sulfaat, anorganische koolstof, ijzer en mangaan in het teruggewonnen drinkwater. Ook losten er sporenelementen (Al, Co en Ni) op door pyrietoxidatie, maar deze werden tijdens de bergings- en terugwinfase weer in de bodem vastgelegd in vers gevormde ijzerhydroxiden. Vooral de oplossing van mangaan vormde een probleem, omdat dit de drinkwaternorm van het teruggewonnen drinkwater (0,05 mg/L) iets deed overschrijden. Dit in combinatie met een afgenomen drinkwaterbehoefte leidde ertoe dat Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) destijds (!) afzag van ASR toepassing.

In hoofdstuk 3 is een reactieve transportsimulatie beschreven van de in hoofdstuk 2 gepresenteerde meetresultaten met betrekking tot de Herten pilot. De simulatie geschiedde met ééndimensionale stroombanen vanuit de ASR put de aquifer in en weer terug, met PHREEQC-2 als reactief transport model en met PEST als kalibratiegereedschap. De aquifer werd geschematiseerd door middel van 2 geochemisch homogene bodemlagen. Het gekalibreerde en gevalideerde model werd vervolgens gebruikt om de effectiviteit te testen van verschillende voorbehandelingstechnieken om het infiltratiewater minder aggressief te maken ten aanzien van de doelaquifer in Herten. De gesimuleerde resultaten maken duidelijk dat zuurstofverrijking van het infiltratiewater, alleen in combinatie met pH-buffering door bijvoorbeeld NaOH, de mobilisatie van ijzer en mangaan voldoende kan reduceren. Deze werkwijze voorkomt de geconstateerde mangaanproblemen en verhoogt het terugwinpercentage.

Het model is in hoofdstuk 4, na inbouw van een Python script, verder toegepast om te testen hoe de kwaliteit verandert van 3 infiltratiewatersoorten (ontzilt zeewater, regenwaterafvoer in stedelijk gebied en drinkwater) tijdens ASR toepassing in een zuurstofloze aquifer, met of zonder beldrift (zijdelingse verplaatsing van het geïnfilterde volume door de 'natuurlijke' grondwaterstroming). De geteste watersoorten beslaan een breed spectrum aan infiltratiewateren die ook in andere delen van de wereld worden gebruikt voor ASR toepassing. Uitgangspunt bij de simulaties was dat er met het infiltratiewater eerst een bufferzone rond het opgeslagen water wordt opgebouwd, om tijdens navolgende ASR cycli te zorgen voor maximalisatie van het terugwinpercentage zonder overschrijding van drinkwaternormen. Het Python script zorgt ervoor dat de terugwinning automatisch wordt stopgezet en de volgende injectiefase begint, zodra de concentratie van kritische bestanddelen tijdens terugwinning een bepaalde drempelwaarde overschrijdt.

Het model maakt het mogelijk om vooraf de prestatie te voorspellen van verschillende ASR systemen ten aanzien van de kwaliteit en kwantiteit van het terug te winnen water. Dit houdt in dat de geschiktheid getest kan worden van zowel de aquifer als de kwaliteit van het infiltratiewater voor ASR-toepassing in een bepaalde setting.

In hoofdstuk 5 zijn de mogelijkheden onderzocht om door voorbehandeling van de watervoerende laag met een kaliumpermanganaatoplossing de geconstateerde mangaanmobilisatie te onderdrukken, ter verhoging van de terugwinefficiëntie. Hiertoe zijn kolomproeven uitgevoerd met een zelfontworpen kolomopstelling, die haar bijzonderheid

ontleent aan de complexe simulatie van ASR cycli in een zuurstofloze omgeving. Met deze kolomopstelling werd aangetoond dat voorbehandeling van zuurstofloos, pyriet- en sideriethoudend zand met een kaliumpermanganaatoplossing succesvol is in het onderdrukken van de gevreesde mangaanmobilisatie, en dat dit tot een verbeterd terugwinrendement leidt.