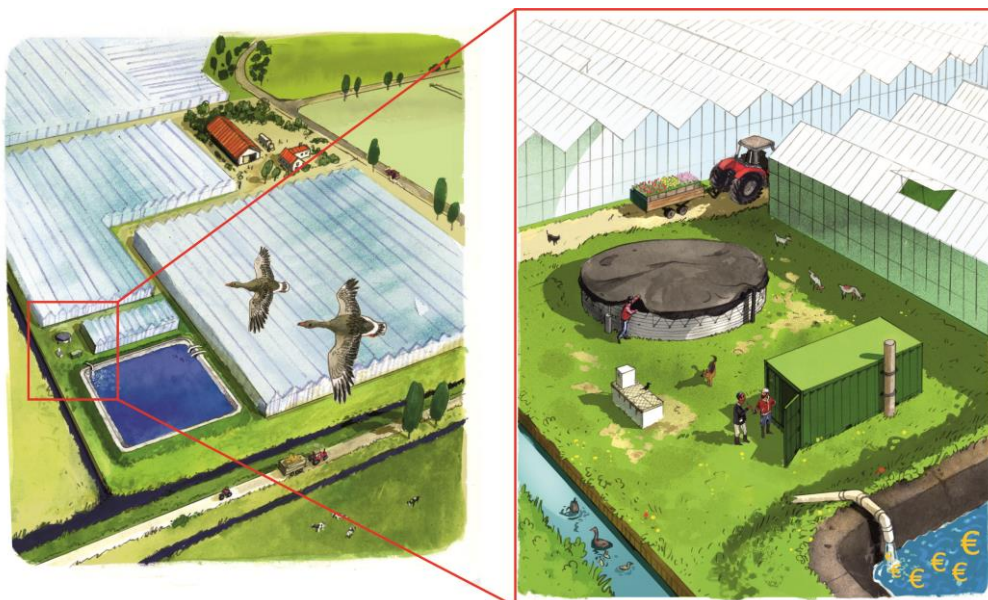


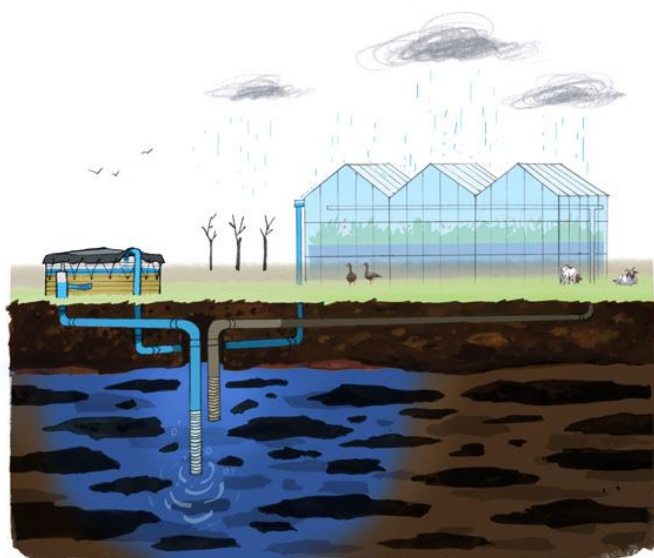
Ondergrondse wateropslag in aquifers als bron voor irrigatie: kostentechnisch interessant?

Koen Zuurbier (Allied Waters, KRW Watercycle Research Institute), Govert ter Mors (Universiteit Utrecht, thans Nelen en Schuurmans), Friso van Bijnen (Arcadis, thans AECOM)

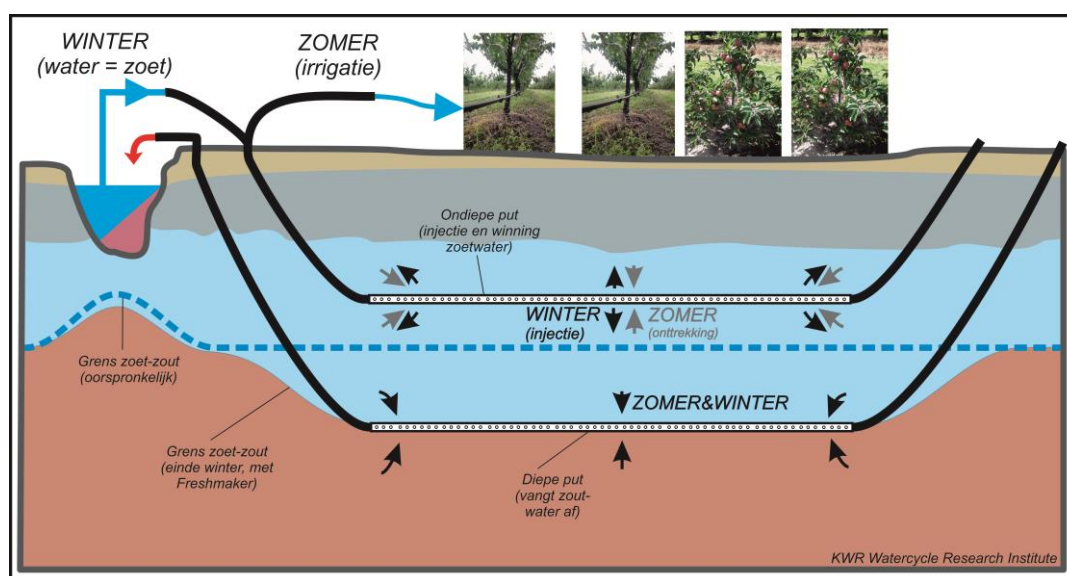
Ondergrondse wateropslag kan een oplossing zijn voor een tekort aan zoet oppervlaktewater voor de tuinbouw in droge perioden. De realisatie, bedrijfsvoering en werkelijke kosten van vier recent ontwikkelde, zeer uiteenlopende systemen hiervoor zijn gedurende meerdere jaren gemonitord. Ondergrondse wateropslag blijkt kostentechnisch een interessante methode voor watervoorziening in vergelijking met opslag bovengronds en alternatieve methoden voor watervoorziening. Het forse ruimtebeslag en het daardoor ontstane productieverlies maken bovengrondse opslag veel duurder. De uiteindelijke kostprijs per geleverde m³ hangt af van de geschiktheid van de ondergrond ('terugwinrendement' van opgeslagen water) en de verhouding tussen gemiddelde en maximale leveringscapaciteit.



De beschikbaarheid van zoetwater is een randvoorwaarde voor de agrarische sector. In Laag Nederland is deze sector door het veelal brakke tot zoute grondwater aangewezen op hemel- of oppervlaktewater, indien nodig opgeslagen in waterbassins. In de toekomst zullen extremere droogte - zoals in 2018 - en de toenemende noodzaak van irrigatie met zoetwater van goede kwaliteit er voor zorgen dat er meer zoetwater moet worden opgeslagen om aan de vraag te kunnen voldoen. Om met beperkt ruimtebeslag grote volumes zoetwater op te slaan, wordt er sinds een aantal jaar gewerkt aan innovatieve manieren om zoetwater op te slaan in watervoerende lagen (aquifers) in de ondergrond. Hierbij worden grondwaterputten gebruikt om zoetwateroverschotten te infiltreren zodra er een overschot is en terug te winnen bij vraag. Dit principe wordt ondergrondse wateropslag genoemd. Aquifer storage and recovery (ASR – met verticale grondwaterputten) en de Freshmaker (horizontale grondwaterputten) zijn twee alternatieven die reeds toegepast worden (zie afbeeldingen 1 en 2).



Afbeelding 1. Schematische weergave ASR-Coastal (illustratie: Irenegoede.nl)



Afbeelding 2. Schematische weergave Freshmaker

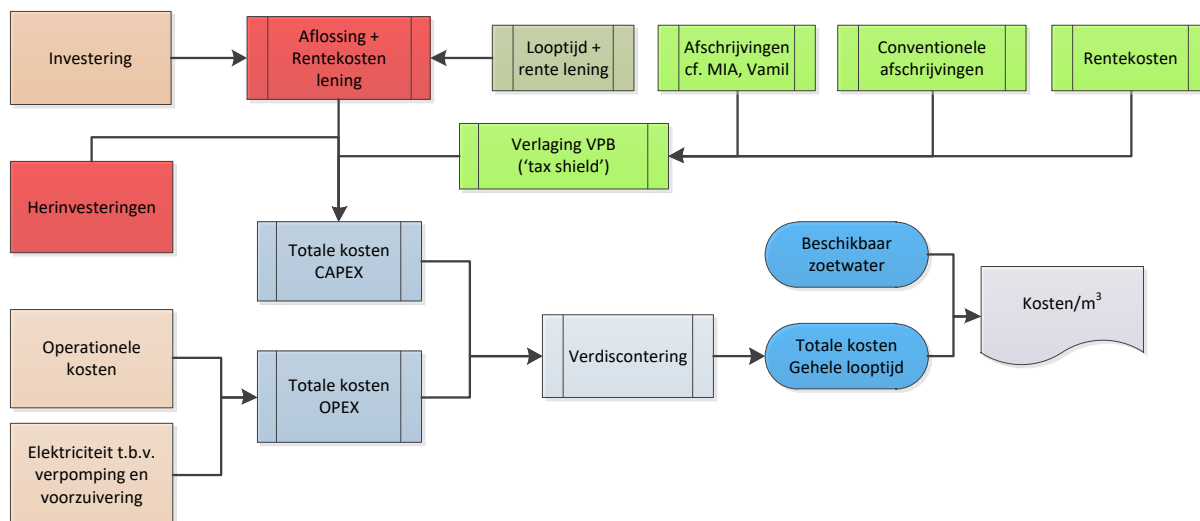
De veronderstelde voordelen van deze manieren van wateropslag in de ondergrond zijn: behoud van waterkwaliteit, minder ruimtebeslag, duurzaamheid en verzoeting van het grondwater. Ook de kosten voor het beschikbaar gemaakte water zijn een zeer belangrijk aspect. Daarom heeft KWR tussen 2012 en 2017 binnen het EU-project SUBSOL [1] vier eindgebruikers van ASR- en Freshmakersystemen (zie afbeelding 3) nauwgezet gevolgd. Op basis hiervan is een betrouwbare raming te maken van de waterbeschikbaarheid uit ondergrondse wateropslag en de bijbehorende werkelijke kosten. Ook is bekeken hoe deze kosten zich verhouden ten opzichte van de kosten van een conventioneel bovengronds waterbassin en andere alternatieve zoetwaterbronnen. Is ondergrondse wateropslag in aquifers voor de tuinbouw ook kostentechnisch interessant?



Afbeelding 3. Onderzoeklocaties ondergrondse wateropslag

Aanpak

Om de kostprijs van het beschikbaar gemaakte zoetwater te berekenen is een uniforme en complete rekenmethode opgesteld (zie afbeelding 4). Hierin zijn alle relevante economische aspecten zoals afschrijving, fiscale impact, financieringslasten (samen: kapitaalkosten, CAPEX) en operationele kosten (OPEX) meegenomen. Voor ondergrondse wateropslag (OWO) en het belangrijkste alternatief (bovengrondse wateropslag, BWO) is gebruik gemaakt van hetzelfde kostenmodel. Er is gekeken naar een termijn van 20 jaar, hetgeen ongeveer gelijk is aan de geschatte levensduur van een OWO-systeem. Ook herinvesteringen die nodig zijn om deze levensduur te bereiken, worden meegenomen in de kosten, bijvoorbeeld door de aanname dat na ongeveer tien jaar alle pompen moeten worden vervangen. De totale netto kosten gedurende de termijn worden gedeeld door het beschikbaar gemaakte zoetwater, wat resulteert in een gemiddelde kostprijs per m³.



Afbeelding 4. Schematische weergave van de berekening van de kosten van ondergrondse waterberging

CAPEX

Voor de berekening van de kapitaallasten (CAPEX) wordt er vanuit gegaan dat deze door een bancaire lening worden bekostigd. Deze lening wordt voor de berekening in 10 jaar annuïtair afgelost. De rentekosten (3% op jaarbasis) worden van de winst afgetrokken en hebben daarmee een verlagend effect op de vennootschapsbelasting (VPB, in 2018 was dit 20% van gemaakte winst). De installatie wordt in 10 jaar economisch afgeschreven. Ook deze afschrijving verlaagt de VPB. Door de initiële investering en grote herinvesteringen af te schrijven ontstaat dus een belastingvoordeel (de zogeheten 'tax shield'), wat de kosten reduceert.

Een voordeel van OWO is dat de initiële investeringen gedaan in putten, pompen en filters om het water te infiltreren en onttrekken, volgens de Milieulijst van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in aanmerking komen voor de Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil), samen bekend als MIA/Vamil. De Mia maakt het mogelijk om tot 37 procent van het investeringsbedrag extra in mindering te brengen op de fiscale winst en is zodoende een subsidie. De Vamil maakt het mogelijk om al in het eerste jaar tot 75 procent van deze onderdelen van de OWO versneld af te schrijven. Deze belastingtechnische voordelen worden dus meegerekend en gelden alleen voor onderdelen van de OWO, niet voor de beschouwde alternatieven.

OPEX

De operationele kosten (OPEX) bestaan uit onderhoud, verplichte monitoring en - op de eerste plaats - de elektriciteitskosten. De elektriciteitskosten worden berekend aan de hand van de hoeveelheid geïnjecteerd, gewonnen, gedistribueerd en gezuiverd water, in combinatie met de opgestelde pompvermogens plus de prijs voor elektriciteit (op basis van informatie van de eindgebruiker).

Verdiscontering

De totale jaarlijkse kosten, OPEX en CAPEX samen, worden met een verdisconteringsvoet van 3% doorberekend over de levensduur.

Beschouwde implementaties OWO

In de onderstaande tabel is schematisch uiteengezet op welke wijze OWO is ingezet op de onderzoekslocaties. Er is een grote variatie in toepassing en orde van grootte van de projecten. Zo varieert het oppervlak van de verschillende arealen tussen de 2 en 200 hectare. De waterbronnen zijn hemelwater (2x), oppervlaktewater en gezuiverd restwater uit de industrie. Ook de volumes en terugwinpercentages (het deel van het opgeslagen water dat wordt teruggewonnen) lopen sterk uiteen.

Tabel 1. Beschouwde locaties ondergrondse wateropslag, inclusief bijbehorende eigenschappen

Locatie	Techniek	Oppervlakte (ha)	Waterbron	Vereist volume bassin (m ³)	Realisatie	Infiltratie (m ³ /jr)	Winning (m ³ /jr)	Terugwinning (%)
Nootdorp (Orchidee)	ASR [1, 2]	2	Hemelwater	2 000	2012	14 077	7 451	53%
Westland (Tomaat)	ASR + Freshkeeper [3]	27	Hemelwater	15 000	2012	60 000	15 000	25%
Dinteloord (Glasgroente)	ASR [4]	200	Gezuiverd effluent	300 000	2016-2018	125 000	125 000	100%
Ovezande (Peren, Appels)	Freshmaker [1, 2]	15	Oppervlaktewater	6 000	2013	6 000	6 000	100%

Beschouwd alternatief

Een veelgebruikt alternatief voor OWO is bovengrondse opslag (BWO) in silo's of bassins. Gezien de grote volumes wordt in dit onderzoek bij BWO uitgegaan van een waterbassin. De aanlegkosten hiervan worden in het model berekend aan de hand van het maximale benodigde volume. In combinatie met de gangbare bassindiepte voor iedere locatie, is direct het benodigde oppervlak berekend. Voor de berekening van de uiteindelijke kosten van een bassin wordt uitgegaan van vastgestelde aanlegkosten van 6,15 €/m³. Deze kosten zijn gebaseerd op werkelijke kosten van in 2017 gerealiseerde bassins in Dinteloord.

Het grote nadeel van een waterbassin is het ruimtebeslag. Deze ruimte kan niet worden gebruikt voor andere functies, zoals productie van gewassen, en dit productieverlies betekent derving van opbrengsten. Deze gederfde inkomsten worden opgeteld bij de kostprijs van een bassin. Het potentiële netto bedrijfsresultaat (periode 2014-2016) van glastuinbouwgrond is gebaseerd op www.agrimatie.nl en voor de perenteelt op informatie van de zuidelijke Land- en Tuinbouworganisaties (ZLTO). Het potentiële netto bedrijfsresultaat komt zo op respectievelijk 3,60 €/m² (glastuinbouw) en 1,20 €/m² (perenteelt).

Voor de kostenberekening van Dinteloord is daarnaast ook gerekend met realisatie van BWO op te verwerven grond naast het glastuinbouwgebied. Hierbij zijn de kosten van het ruimtebeslag gebaseerd op de rentekosten voor de grondverwerving. Voor de casus Westland is aanvullend ook een systeem

voor ontzilting van brak grondwater via omgekeerde osmose (reverse osmosis, RO) doorgerekend, omdat RO in deze regio het gangbare alternatief is.

Tussen OWO en BWO zit een aantal structurele economische verschillen. Zo zijn de aanlegkosten van OWO doorgaans hoger door het nodige vooronderzoek, het realiseren van de boringen en de installatietechniek. De levensduur is echter over het algemeen meer dan 20 jaar. Een BWO gaat doorgaans ongeveer 15 jaar mee. Er is gerekend met een levensduur van 15 jaar (te verwachten) en 20 jaar (best-case). In de afbeeldingen 6 t/m 9 worden de resultaten voor 20 jaar getoond.

Uitgangspunten voor kostenberekening per locatie

De vergaarde data zijn uiteengezet in tabel 2. In het tweede deel van de tabel zijn de operationele gegevens getoond. Onderaan de tabel is weergegeven wat het noodzakelijke maximumvolume is voor BWO om dezelfde levering te garanderen als OWO. Dit komt voort uit de watervraag van de tuinder. In drie van de vier gevallen is het volume van de BWO gelijk aan de jaarlijkse levering door OWO. De vraag vindt immers vrijwel eenmalig en aaneengesloten in de zomer plaats, doorgaans aanvullend aan een primaire, kleinere, bovengrondse opslag. Alleen in Nootdorp is dit volume lager, omdat hier geen primaire bovengrondse opslag aanwezig is en de hele watervraag dus wordt ingevuld door de OWO, ook buiten de drogere perioden. Een BWO met het vermelde volume zou dezelfde prestaties kunnen leveren als het geplaatste ASR-systeem.

Tabel 2. Investerings en operationele parameters OWO en BWO

Benodigde parameters		Nootdorp	Westland	Dinteloord	Ovezande
Looptijd	Jaren	20	20	20	20
CAPEX, aanvang	€	76 000	235 000	892 000	55 000
CAPEX, herinvestering	€	2 000	24 000	112 900	15 800
OPEX (jaarlijks)	€/jr	2 000	4 750	21 250	1 100
Jaarlijkse waterinjectie (gemiddeld)	m ³ /jr	14 500	60 000	125 000	6 000
Jaarlijkse waterwinning (gemiddeld)	m ³ /jr	7 500	15 000	125 000	6 000
Jaarlijkse waterwinning (maximaal)	m ³ /jr	10 900	15 000	300 000	6 000
Noodzakelijke maximum te leveren volume (= volume BWO)	m ³	4 000	15 000	300 000	6 000

Resultaten kostenanalyses

De resultaten van de individueel berekende kosten voor zowel de OWO als de BWO, zijn weergegeven in tabel 3. De kosten van OWO variëren tussen 0,50 en 0,85 €/m³. Er is geen sterke relatie tussen de schaalgrootte (het geleverde volume) en de kostprijs. Dit kan verklaard worden door het feit dat een groter volume ook een groter aantal putten en een grotere voorzuivering vereist en meer energie verbruikt. De kosten nemen daardoor tamelijk lineair toe bij grotere winvolumes. Ook blijken andere aspecten sterk sturend voor de kostprijs:

- Een laag terugwinrendement (zoals in de casus Westland: slechts 25% kan succesvol worden onttrokken) leidt tot veel hogere kosten per m³. Er dienen dan relatief hoge kosten te worden gemaakt voor verzameling, zuivering en infiltratie, ten opzichte van het uiteindelijk te winnen volume;

- Een grote pieklevering (voor 100% zekerheid tijdens extreem droge jaren, zoals 2018) tegenover een veel lager gemiddeld winvolume leidt ook tot relatief hoge gemiddelde kosten per m³, hoewel vrijwel 100 procent van het opslagen water kan worden onttrokken en ondanks de grote schaal van de opslag. De casus Dinteloord laat dit zien.

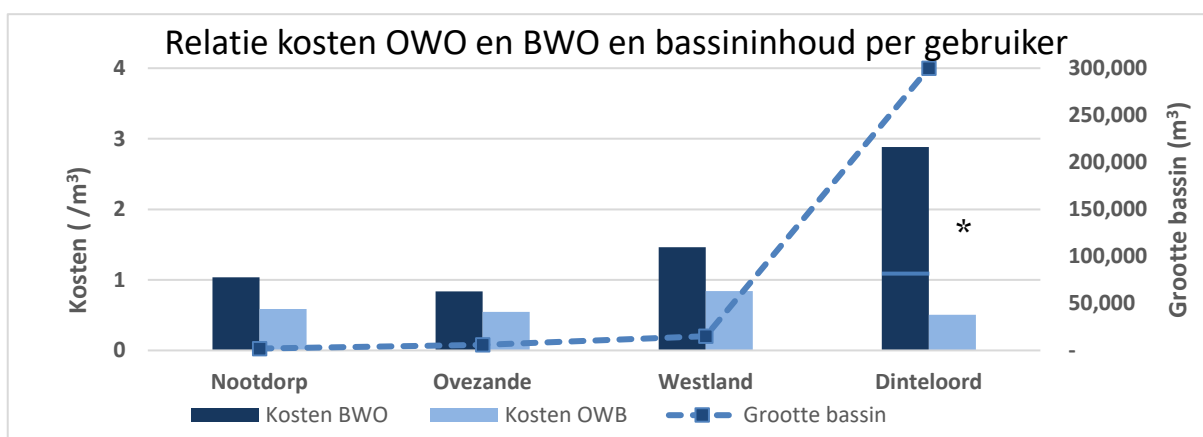
De kosten voor BWO variëren tussen de 1,00 en 1,63 €/m³. Indien de realisatie van de opslag ten koste zou gaan van glastuinbouwgrond en dus zou leiden tot productieverlies, zou de prijs voor BWO in Dinteloord zelfs uitkomen op maar liefst 3,09 euro/m³. Wanneer BWO net als de ASR een levensduur van 20 jaar haalt, lopen de kosten van BWO uiteraard iets terug, maar de kostprijs per m³ van BWO blijft altijd hoger dan die van OWO (afbeelding 5).

Tabel 3. Relatie tussen kosten OWO, BWO, leidingwater en RO-water (kosten bij zelfde systematiek, uitgaande van brakwater als voeding voor RO)

Locatie	Kosten OWO (€/m ³)	Kosten BWO 15 jaar (€/m ³)	Kosten BWO 20 jaar (€/m ³)	Kosten leidingwater	Kosten RO (€/m ³)
Nootdorp	0,58	1,08	1,02	1,00	Niet beschouwd
Westland	0,84	1,63	1,46	0,69	0,96
Dinteloord (bassin in plangebied)	0,51	3,09	2,88	0,43 – 0,90*	Niet toegestaan
Dinteloord (bassin naast plangebied)	0,51	1,26	1,06	0,43 – 0,90*	Niet toegestaan
Ovezande	0,54	1,00	0,78	0,58	Niet mogelijk

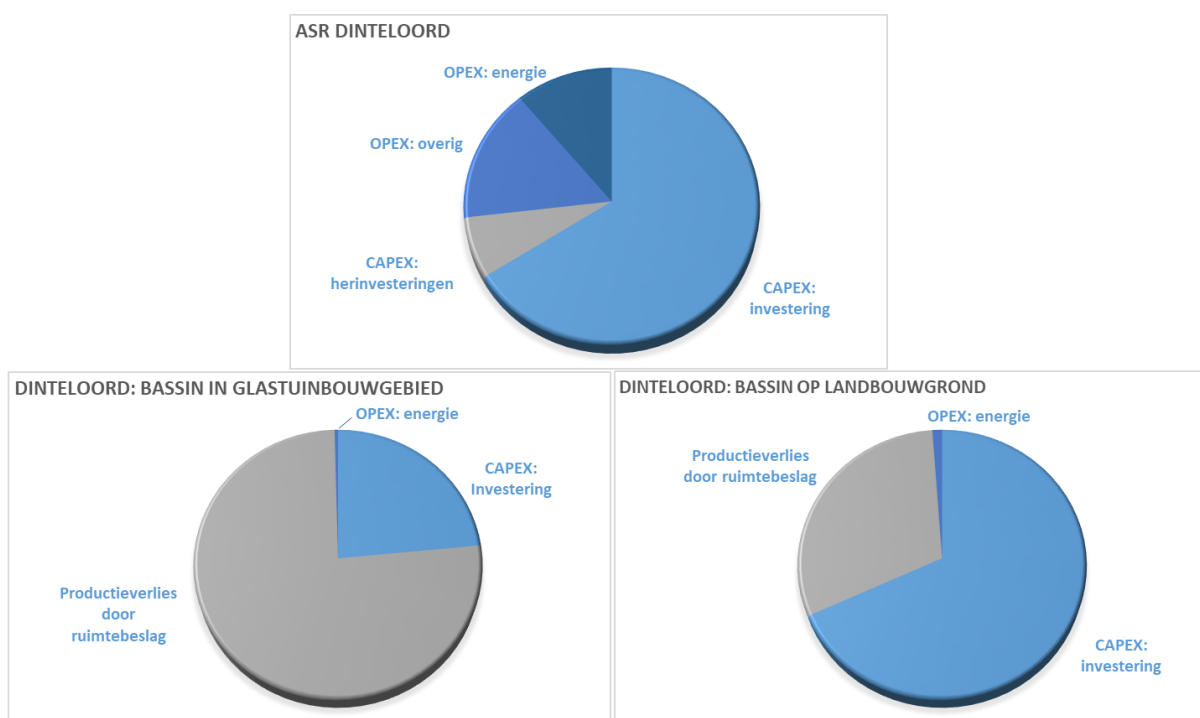
*Prijs bij plaatsen tijdelijk opzetstuk op kwadrant van het drinkwaternet, geen vaste aansluiting.

Afbeelding 5. Kosten OWO en BWO en de bassinhoud per gebruiker. Uitgangspunt is dat beiden een levensduur van 20 jaar bereiken. * = Dinteloord bij ligging naast glastuinbouwgebied



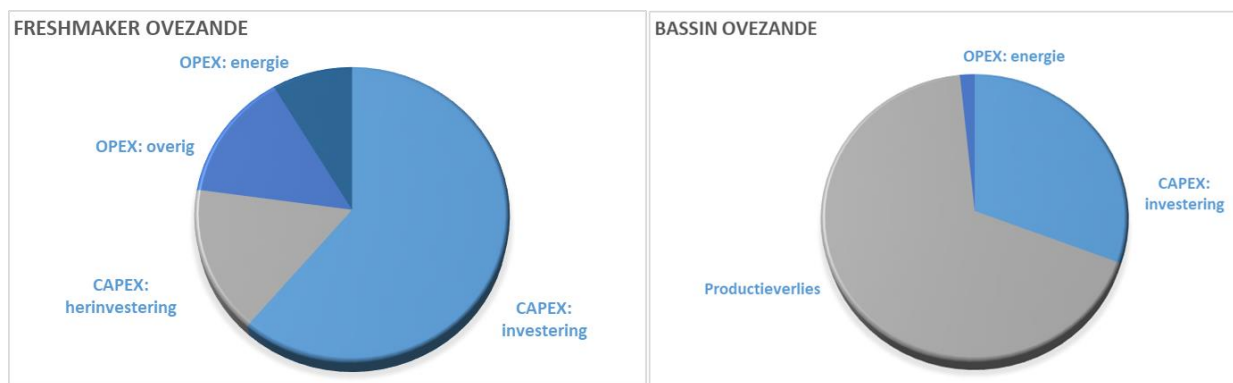
Nadere blik op de kosten

De cirkeldiagrammen van de kostenverdeling van Dinteloord (afbeelding 6) geven een duidelijk beeld van de verschillen in kostenopbouw tussen BWO en OWO. Bij OWO worden de kosten gedomineerd door de investeringskosten (CAPEX), terwijl voor de BWO het productieverlies de grootste kostenpost vormt. Herinvesteringen (ook onderdeel van de CAPEX) zijn voor OWO van minder groot belang dan voor BWO, omdat een waterbassin doorgaans na 15-20 jaar geheel moet worden gerenoveerd en dit voor OWO een minder grote ingreep betreft (vervanging pompen, afsluiters, etc.). Daarentegen zijn elektriciteitskosten (OPEX) voor BWO verwaarloosbaar in vergelijking tot OWO doordat er geen water hoeft te worden voorgezuiverd en geïnjecteerd en het bassin zich in de glastuinbouw onder vrij verval vult.



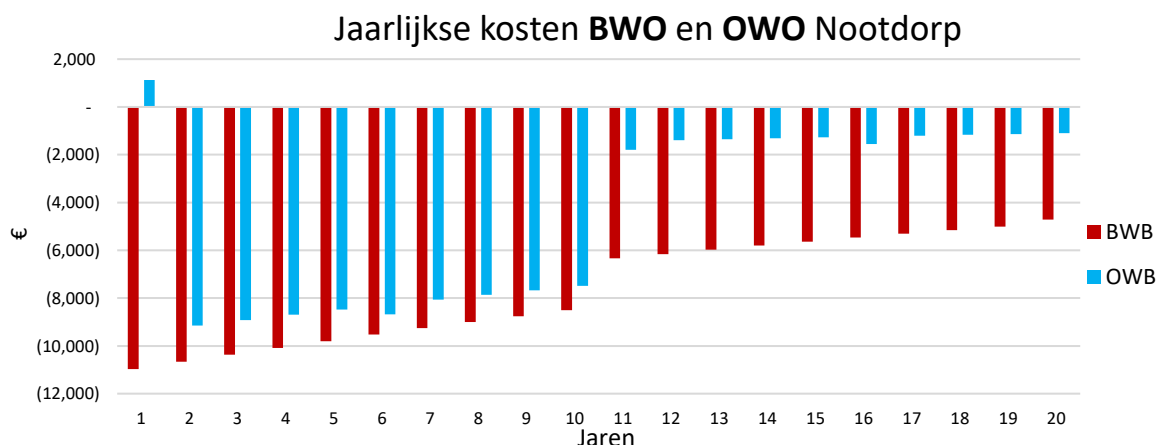
Afbeelding 6. Kostenverdeling OWO en BWO. Uitgangspunt is dat beiden een levensduur van 20 jaar bereiken

Voor de casus Ovezande en Dinteloord is ook met minder productieverlies gerekend, overeenkomend met het realiseren van BWO op grond in gebruik als respectievelijk boomgaard en naastgelegen land, buiten het projectgebied waar de bestemming 'glastuinbouw' op rust. In Dinteloord en Ovezande zou dit uiteraard geleid hebben tot een reductie in de kosten voor BWO, maar desondanks blijft OWO kostentechnisch interessanter. De kostenverdeling van Ovezande (afbeelding 7) laat zien dat ook bij fruitteelt de grootste kostenpost van een BWO het verlies aan productie is, terwijl op de OWO vooral de investering zwaar drukt.

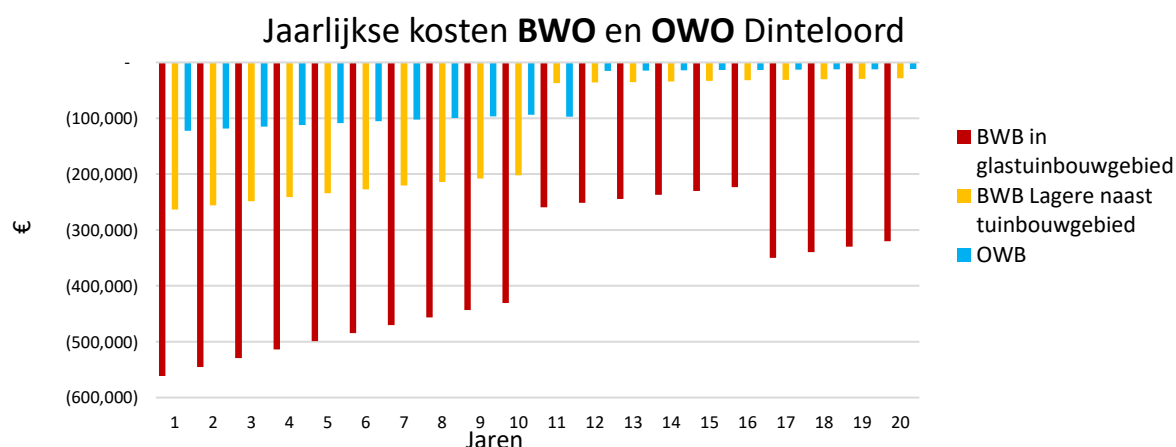


Afbeelding 7: Kostenverdeling OWO en BWO Ovezande. Uitgangspunt is dat beiden een levensduur van 20 jaar bereiken

Met het kostenmodel wordt ook de verdeling van kosten over de tijd inzichtelijk (afbeelding 8). Deze laat zien dat het MIA/Vamil-voordeel een grote impact heeft op de kosten in het eerste jaar van de OWO. In het geval van Dinteloord gold er geen MIA/Vamil en is een gebruikelijker kostenverdeling zichtbaar (afbeelding 9).



Afbeelding 8. Jaarlijkse kosten Nootdorp voor BWO en OWO (beiden hebben een levensduur van 20 jaar)



Afbeelding 9. Jaarlijkse kosten Dinteloord voor BWO en OWO (beiden hebben een levensduur van 20 jaar)

Vergelijking kosten voor water

De alternatieven voor wateropslag in de beschouwde gebieden met een verzilte ondergrond en dus geen mogelijkheid tot winning van zoet grondwater zijn: de landbouwwaterleiding (delen van Zeeland), ontzilting van brak grondwater (RO) en drinkwater. In Zeeland kan aan een deel van de tuinders via de landbouwwaterleiding voor ongeveer 0,58 €/m³ (+ kosten vastrecht) water worden geleverd, een vergelijkbare prijs als de watervoorziening uit de Freshmaker (OWO).

De kosten voor ontzilten van brak grondwater zijn ongeveer 0,96 €/m³ (Westland). Hiermee kan tegen hogere kosten voldoende water van een zeer hoge kwaliteit worden geproduceerd. Het voordeel hiervan is dat men onafhankelijk is van eerdere infiltratie van overtollig water. Wel ontstaat hierbij een afvalstroom met de verwijderde zouten, die moet worden geloosd en tot verzilting kan leiden. Omdat hiervoor doorgaans geen andere route beschikbaar is, vindt lozing plaats in de bodem. Hiervoor is toestemming van bevoegd gezag nodig via een maatwerkvoorschrift. Als laatste redmiddel wordt sporadisch gebruik gemaakt van drinkwater. De prijs van drinkwater op de locaties ligt tussen de 0,43 en 1,00 €/m³ (excl. belastingen). Dit water heeft door de hoge natriumconcentratie niet de gewenste kwaliteit voor een groot deel van de glastuinbouw, waardoor daar nabehandeling moet plaats vinden of het water minder vaak hergebruikt kan worden in de kas. Als gevolg moet er dan meer afvalwater gespuid moet worden. De beschouwde alternatieven zijn volwassen technieken, waar verdere kostenreductie niet te verwachten is. Ondergrondse opslag voor de tuinbouw is echter nog in ontwikkeling, waardoor de kosten ervan in de toekomst nog kunnen dalen.

Conclusies

Geconcludeerd wordt dat, indien de ondergrondse condities het toelaten, ondergrondse wateropslag kostentechnisch een interessante methode voor watervoorziening in de tuinbouw is in vergelijking met opslag bovengronds en alternatieve methoden (leidingwater, ontzilting). Bovengrondse opslag valt van de onderzochte systemen het duurste uit door het forse ruimbetrag en het daardoor ontstane productieverlies. Naast geschiktheid van de ondergrond ('terugwinrendement' van het opgeslagen zoete water) is ook de verhouding tussen gemiddelde en maximale leveringscapaciteit sterk sturend voor uiteindelijke kostprijs per geleverde m³.

Referenties

1. <http://www.subsol.org/>
2. Zuurbier, K., et al. (2015), Innovatieve putconcepten maken zoetwaterreservoir in verzilte ondergrond mogelijk. *H2O-Online*, 11 maart 2015.
3. Zuurbier, K. (2016). Increasing freshwater recovery upon aquifer storage. A field and modelling study of dedicated aquifer storage and recovery configurations in brackish-saline aquifers. *Earth Sciences*. 2016, Technische Universiteit Delft: Delft. p. 220.
4. Zuurbier, K.G., et al. (2018), Duurzame zoetwatervoorziening door combinatie van ondergrondse opslag en ontzilting in *Water Matters*, juni 2018. p. 4-7.
5. Zuurbier, K.G., et al. (2017), Waterhergebruik en -berging met aquifer storage and recovery (ASR) op tuinbouwlocatie Nieuw-Prinsenland. *H2O-Online*, 7 november 2017.